ગુજરાત રાજ્યના શિક્ષણવિભાગના પત્ર-ક્રમાંક
મશબ/1219/119-125/છ, તા. 16-02-2019-થી મંજૂર

જીવવિજ્ઞાન

ધોરણ XII

પ્રતિજ્ઞાપત્ર

ભારત મારો દેશ છે.
બધાં ભારતીયો મારા ભાઈબહેન છે.
હું મારા દેશને ચાહું છું અને તેના સમૃદ્ધ અને
વૈવિધ્યપૂર્ણ વારસાનો મને ગર્વ છે.
હું સદાય તેને લાયક બનવા પ્રયત્ન કરીશ.
હું મારાં માતાપિતા, શિક્ષકો અને વડીલો પ્રત્યે
આદર રાખીશ અને દરેક જણ સાથે સભ્યતાથી વર્તીશ.
હું મારા દેશ અને દેશબાંધવોને મારી નિષ્ઠા અર્પું છું.
તેમનાં કલ્યાણ અને સમૃદ્ધિમાં જ મારું સુખ રહ્યું છે.

રાજ્ય સરકારની વિનામૂલ્યે યોજના હેઠળનું પુસ્તક

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ
'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર-382 010

© NCERT, નવી દિલ્લી તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, ગાંધીનગર
આ પાઠ્યપુસ્તકના સર્વ હક NCERT, નવી દિલ્લી તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળને હસ્તક છે. આ પાઠ્યપુસ્તકનો કોઈ પણ ભાગ કોઈ પણ રૂપમાં NCERT, નવી દિલ્લી અને ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળની લેખિત પરવાનગી વગર પ્રકાશિત કરી શકાશે નહિ.

અનુવાદ

ડૉ. નરસિંહ બી. પટેલ
ડૉ. ચિરાગ એ. આચાર્ય
શ્રી નીતિન ડી. દવે
શ્રી મેહુલ એસ. પટેલ

સમીક્ષા

ડૉ. એમ. આઇ. પટેલ
ડૉ. બી. કે. જૈન
ડૉ. નૈનેશ આર. મોદી
ડૉ. રાજીવ એસ. હર્ડીકર
શ્રી વિજય આર. ઉપાધ્યાય
શ્રી વિષ્ણુભાઈ એમ. પટેલ
શ્રી જયસુખભાઈ બી. હરમાણી
શ્રી પરેશ એમ. પરીખ
ડૉ. ધર્મેન્દ્ર એમ. પટેલ
શ્રી કલ્પેશ કે. પંડ્યા
શ્રી રાજીવકુમાર સી. જોશી
ડૉ. રક્ષિત પી. જોશી
શ્રી નિતેષકુમાર સી. પટેલ
શ્રીમતી ભાર્ગવી જી. વાનખેડે
કુ. પાયલ એ. પંચાલ

ભાષાશુદ્ધિ

શ્રી વિજય ટી. પારેખ

સંયોજન

ડૉ. ચિરાગ એચ. પટેલ
(વિષય-સંયોજક : ભૌતિકવિજ્ઞાન)

નિર્માણ-સંયોજન

શ્રી હરેન શાહ
(નાયબ નિયામક : શૈક્ષણિક)

મુદ્રણ-આયોજન

શ્રી હરેશ એસ. લીમ્બાચીયા
(નાયબ નિયામક : ઉત્પાદન)

પ્રસ્તાવના

રાષ્ટ્રીય સ્તરે સમાન અભ્યાસક્રમ રાખવાની સરકારશ્રીની નીતિના અનુસંધાને ગુજરાત સરકાર તથા ગુજરાત માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક શિક્ષણ બોર્ડ દ્વારા તા. 25/10/2017ના ઠરાવ-ક્રમાંક મશબ/1217/1036/છ થી શાળા કક્ષાએ NCERTનાં પાઠ્યપુસ્તકોનો સીધો જ અમલ કરવાનો નિર્ણય કરવામાં આવ્યો. તેને અનુલક્ષીને NCERT, નવી દિલ્લી દ્વારા પ્રકાશિત **ધોરણ XII**ના **જીવવિજ્ઞાન** વિષયના પાઠ્યપુસ્તકનો ગુજરાતીમાં અનુવાદ કરીને વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ મૂકતાં ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ આનંદ અનુભવે છે.

આ પાઠ્યપુસ્તકનો અનુવાદ તથા તેની સમીક્ષા નિષ્ણાત પ્રાધ્યાપકો અને શિક્ષકો પાસે કરાવવામાં આવ્યા છે અને સમીક્ષકોનાં સૂચનો અનુસાર હસ્તપ્રતમાં યોગ્ય સુધારા-વધારા કર્યા પછી આ પાઠ્યપુસ્તક પ્રસિદ્ધ કરતાં પહેલાં આ પાઠ્યપુસ્તકની મંજૂરી માટે એક સ્ટેટ લેવલની કમિટીની રચના કરવામાં આવી. આ કમિટીની સાથે NCERTના પ્રતિનિધિ તરીકે RIE, ભોપાલથી ઉપસ્થિત રહેલા નિષ્ણાતોની સાથે એક દ્વિદિવસીય કાર્યશિબિરનું આયોજન કરવામાં આવ્યું અને પાઠ્યપુસ્તકને અંતિમ સ્વરૂપ આપવામાં આવ્યું. જેમાં ડૉ. એસ. કે. મકવાણા (RIE, ભોપાલ), ડૉ. કલ્પના મસ્કી (RIE, ભોપાલ), ડૉ. એન. બી. પટેલ, ડૉ. આર. એસ. હર્ડીકર, ડૉ. ચિરાગ આચાર્ય, ડૉ. નૈનેષ મોદી, શ્રી ભાર્ગવી વાનખેડે અને શ્રી રાજીવ જોષી ઉપસ્થિત રહી પોતાનાં કીમતી સૂચનો અને માર્ગદર્શન પૂરાં પાડ્યાં છે.

પ્રસ્તુત પાઠ્યપુસ્તકને રસપ્રદ, ઉપયોગી અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે મંડળ દ્વારા પૂરતી કાળજી લેવામાં આવી છે, તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

NCERT, નવી દિલ્લીના સહકાર બદલ તેમના આભારી છીએ.

પી. ભારતી (IAS)
નિયામક — કાર્યવાહક મુખ
તા. 18-12-2019 — ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2019, પુનઃમુદ્રણ : 2020

પ્રકાશક : ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર વતી પી. ભારતી, નિયામક

મુદ્રક :

FOREWORD

The National Curriculum Framework (NCF) 2005, recommends that children's life at school must be linked to their life outside the school. This principle marks a departure from the legacy of bookish learning which continues to shape our system and causes a gap between the school, home and community. The syllabi and textbooks developed on the basis of NCF signify an attempt to implement this basic idea. They also attempt to discourage rote learning and the maintenance of sharp boundaries between different subject areas. We hope these measures will take us significantly further in the direction of a child-centred system of education outlined in the National Policy on Education (1986).

The success of this effort depends on the steps that school principals and teachers will take to encourage children to reflect on their own learning and to pursue imaginative activities and questions. We must recognise that, given space, time and freedom, children generate new knowledge by engaging with the information passed on to them by adults. Treating the prescribed textbook as the sole basis of examination is one of the key reasons why other resources and sites of learning are ignored. Inculcating creativity and initiative is possible if we perceive and treat children as participants in learning, not as receivers of a fixed body of knowledge.

These aims imply considerable change in school routines and mode of functioning. Flexibility in the daily time-table is as necessary as rigour in implementing the annual calendar so that the required number of teaching days are actually devoted to teaching. The methods used for teaching and evaluation will also determine how effective this textbook proves for making children's life at school a happy experience, rather than a source of stress or boredom. Syllabus designers have tried to address the problem of curricular burden by restructuring and reorienting knowledge at different stages with greater consideration for child psychology and the time available for teaching. The textbook attempts to enhance this endeavour by giving higher priority and space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience.

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) appreciates the hard work done by the textbook development committee responsible for this book. We wish to thank the Chairperson of the advisory group in science and mathematics, Professor J.V. Narlikar and the Chief Advisor for this book, Professor K. Muralidhar, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi for guiding the work of this committee. Several teachers contributed to the development of this textbook. We are grateful to their principals for making this possible. We are indebted to the institutions and organisations which have generously permitted us to draw upon their resources, material and personnel. We are especially grateful to the members of the National Monitoring Committee, appointed

by the Department of Secondary and Higher Education, Ministry of Human Resource Development under the Chairmanship of Professor Mrinal Miri and Professor G.P. Deshpande, for their valuable time and contribution.

As an organisation committed to systemic reform and continuous improvement in the quality of its products, NCERT welcomes comments and suggestions which will enable us to undertake further revision and refinement.

Director
National Council of Educational
Research and Training

New Delhi
20 November 2006

PREFACE

Biology is the study of life in its entirety. The growth of biology as a natural science during the last 1000 years is interesting from many points of view. One feature of this growth is changing emphasis. Initially it was description of life forms. Identification, nomenclature, classification of all recorded living forms enjoyed the attention of scientists for a long time. Description of their habitats and (in the case of animals) their behaviour was included in this study. In later years, the focus was physiology and internal morphology or anatomy. Darwinian ideas of evolution by natural selection changed the perception completely. Classical descriptive and clueless biology found a theoretical framework in the evolutionary theory of Darwin.

In the nineteenth and twentieth centuries, Physics and Chemistry were applied to Biology and the new science of Biochemistry soon became the dominant face of biology. On one hand Biochemistry was integrating with Physiology, becoming almost synonymous with it. On the other hand it gave rise to Structural Biology (structure of biomacromolecules), originally called Molecular Biology. The work of Bernal, Pauling, Watson and Crick, Hodgkins, Perutz and Kendrew, Delbruck, Luria, Monod, Beadle and Tatum, Lederberg, Brenner, Benzer, Nirenberg, Khorana, Mclintock, Sanger, Cohen, Boyer, Kornbergs (father and son), Leder, Chambon and scores of others brought in and established a modern version of Molecular Biology dealing with life processes at molecular level.

Physics and Chemistry dominated public perception of science for a long time. Daytoday life of man was influenced by developments in Physics, Chemistry and their respective manufacturing industries. Slowly and steadily, Biology, not to be left behind, demonstrated its utility for human welfare. Medical practice, especially diagnostics, green revolution and the newly emerging biotechnology and its success stories made the presence of biology felt by the common man. Patent laws brought biology into political domain and commercial value of biology became obvious.

For more than a century, classical and so-called reductionist biology fought artifical battles. The fact is both are important. Ecology brought in synthesis of both approaches and emphasised integrated understanding of biology. Form and process are both equally important. Systems biology, using mathematical tools, is bringing about a modern synthesis of both the aspects of Biology.

The Class XI and XII textbooks in biology essentially were to reflect these threads of biological thought. While the Class XI book dealt with morphology, taxonomy, molecular and cellular aspects of physiology, the Class XII book deals with the physiological process of reproduction in flowering plants and humans, the principles of inheritance, the nature of genetic material and its function, the contributions of biology to human welfare, basic principles of biotechnological processes and their applications and achievements. The Class XII book also relates genes to evolution on one hand and presents ecological interactions, behaviour of populations and ecosystems on the other. Most important, the guidelines under NCF-2005 have been followed in letter and spirit. The total learning load has been reduced

considerably and themes like environmental issues, adolescent problems and reproductive health have been dealt with in some detail. Studied together, the class XI and class XII textbooks in Biology would enable the student to —

(i) become familiar with the diversity of biological material.
(ii) appreciate and believe in the Darwinian evolutionary process exhibited by the living world.
(iii) understand the dynamic state of constituents of living bodies, i.e., metabolic basis of all physiological processes in plants, animals and microbes.
(iv) realise the structure and function of genetic material in directing the inherited phenotype pattern as well as a mediator of evolutionary process.
(v) appreciate the profound contributions of biology to human welfare.
(vi) reflect on the physico-chemical basis of living processes and at the same time realise the limitation of reductionism in understanding behaviour of organisms.
(vii) experience the humbling effect of this realisation that all living organisms are related to each other by virtue of shared genetic material.
(viii) realise that biology is the story of the struggle of living organisms for existence and survival.

One may notice a perceptible change in the writing style. Most of the chapters are written in an easy dialogue style engaging the student constantly while some chapters are in the form of critical comments on the subject matter. A number of questions have been provided at the end of each chapter though answers to some may not be found in the text. Students have to read supplementary material, upon advise from the teacher, to answer such questions.

I am thankful to Professor Krishna Kumar, Director NCERT; Professor G. Ravindra, Joint Director, NCERT and Professor Hukum Singh, Head, DESM, NCERT for constant support. I must place on record my deep appreciation for Dr B.K. Tripathi, *Reader,* DESM, NCERT for his relentless efforts as coordinator in bringing out the Biology textbook for both the Class XI and XII. All the members of the development team, the experts and reviewers, and the school teachers have contributed enormously in the preparation of this book. I thank them all. I am indeed highly thankful to the members of monitoring committee constituted by Ministry of Human Resource Development for their valuable observation that helped in the improvement of the book at the final stage. The book is prepared keeping in mind the guidelines of the NCF-2005 especially the emphasis on reducing the learning load. We hope that the book would meet the expectations of all the stakeholders. All suggestions for further improvement are always welcome.

K. Muralidhar
Chief Advisor
Biology Textbook for Class XII

Department of Zoology
University of Delhi

TEXTBOOK DEVELOPMENT COMMITTEE

Chairperson, Advisory Group for Textbooks in Science and Mathematics

J.V. Narlikar, *Emeritus Professor*, Inter University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA), Pune University, Pune

Chief Advisor

K. Muralidhar, *Professor*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi

Members

Ajit Kumar Kavathekar, *Reader* (Botany), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

B.B.P. Gupta, *Professor*, Department of Zoology, North-Eastern Hill University, Shillong

B.N. Pandey, *Principal,* Ordinance Factory Higher Secondary School, Dehradun

C.V. Shimray, *Lecturer*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT, New Delhi

Dinesh Kumar, *Reader*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT, New Delhi

J.P. Gaur, *Professor,* Department of Botany, Banaras Hindu University, Varanasi

J.S. Virdi, *Reader,* Department of Microbiology, University of Delhi, South Campus, New Delhi

K. Sarath Chandran, *Reader* (Zoology), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

L.C. Rai, *Professor,* Department of Botany, Banaras Hindu University, Varanasi

M.M. Chaturvedi, *Professor,* Department of Zoology, University of Delhi, Delhi

N.V.S.R.K. Prasad, *Reader* (Botany), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

Sangeeta Sharma, *PGT* (Biology), Kendriya Vidyalaya, JNU, New Delhi

Savithri Singh, *Principal*, Acharya Narendra Dev College, University of Delhi, Delhi

Shanti Chandrashekaran, *Principal Scientist,* Division of Genetics, I.A.R.I., New Delhi

Shardendu, *Reader,* Department of Botany, Science College, Patna University, Patna

Simminder K. Thukral, *Assistant Professor,* NIIT Institute of Information Technology, New Delhi

Sunaina Sharma, *Lecturer* (Biology), Rajkiya Pratibha Vikas Vidyalaya, Dwarka, New Delhi

T.R. Rao, *Professor* (Retd.) School of Enviornmental Studies, University of Delhi, Delhi

V.K. Kakaria, *Reader,* Regional Institute of Education, Bhopal

V.V. Anand, *Reader,* Regional Institute of Education, Mysore

Member-coordinator

B.K. Tripathi, *Reader*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT, New Delhi

ACKNOWLEDGEMENTS

National Council of Educational Research and Training (NCERT) gratefully acknowledges the valuable contribution of K.R. Shivanna, *Professor (Retd.)*, Department of Botany, University of Delhi, Delhi; S.K. Saidapur, *Professor*, Department of Zoology, Karnataka University Dharwad; Vani Brahmachari, *Professor*, Ambedkar Centre for Biomedical Research, University of Delhi, Delhi; A.N. Lahiri Majumdar, *Professor*, Bose Institute, Kolkata; Anil Tripathi, *Professor*, Department of Biotechnology, Banaras Hindu University, Varanasi; J.L. Jain, *Senior Physician*, WUS Health Centre, University of Delhi, Delhi, in the development of the Biology textbook for Class XII. NCERT is also grateful to K.R. Shivanna and T.Subramanyam, IIT, Kanpur for some of the photographs used in the book.

NCERT sincerely acknowledges the contributions of the members who participated in the review of the manuscripts – A.S. Dixit, *Reader*, Department of Zoology, North-Eastern Hill University, Shillong; S.L. Varte, *Lecturer*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT, New Delhi; Sushma Jairath, *Reader*, Department of Women's Education, NCERT, New Delhi; Mona Yadav, *Lecturer*, Department of Women's Education, NCERT, New Delhi; Poonam A. Kant, *Reader* (Zoology), Acharya Narendra Dev College, New Delhi; Mrs. Suvarna Fonseca è Antao, *Gr. I Teacher* (Biology), Carmel Higher Secondary School, Nuvem, Goa; Rashmi Mishra, *PGT* (Biology), Carmel Convent Senior Secondary School, BHEL, Bhopal; Ishwant Kaur, *PGT* (Biology), D.M. School, RIE, Bhopal; A.K. Singh, *PGT (Biology)*, Kendriya Vidyalaya, Cantt, Varanasi; R.P. Singh, *Lecturer* (Biology), Rajkiya Pratibha Vikash Vidyalaya, Kishan ganj, Delhi; M.K. Tiwari, *PGT* (Biology), Kendriya Vidyalaya, Mandsaur, Madhya Pradesh; A.K. Ganguly, *PGT* (Biology), Jawahar Navodaya Vidyalaya, Roshnabad, Haridwar; Chaitali Dixit, *PGT* (Biology), St. Anthony's Higher Secondary School (Don Bosco), Shillong and Abhishek Chari, Acharya Narendra Dev College, New Delhi.

Special thanks are due to Rita Sharma, *Retd. Professor,* RIE Bhopal, A.K. Mohapatra *Professor*, RIE Bhubaneswar, J.S. Gill, *Retd. Professor*, DESM, NIE, G.V. Gopal, *Professor*, RIE Mysore, Jaydeep Mandal, *Professor*, RIE Bhopal, C. Padmija, *Professor*, RIE Mysore, Dr. Pushplata Verma, *Associate Professor*, DESM, NIE, Ishwant Kaur, *Vice Principal*, DM School Ajmer for their valuable contribution in review and updation of the textbook.

The Council is highly thankful to Hukum Singh, *Professor and Head,* Department of Education in Science and Mathematics, NCERT for his valuable support throughout the making of this book.

The contributions of Deepak Kapoor, *Incharge*, Computer Station; Seema Mehmi and Arvind Sharma, *DTP operators*; Deepti Sharma, *Copy Editor;* Rachna Dogra and Abhimanu Mohanty, *Proof Readers* and APC office and administrative staff of Department of Education in Science and Mathematics, NCERT also acknowledged.

The efforts of the Publication Department, NCERT, in bringing out this publication are highly appreciated.

અનુક્રમણિકા

FOREWORD *iii*

PREFACE *vii*

એકમ 6

પ્રજનન **1-66**

પ્રકરણ 1 : સજીવોમાં પ્રજનન 3

પ્રકરણ 2 : સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં લિંગીપ્રજનન 19

પ્રકરણ 3 : માનવ-પ્રજનન 42

પ્રકરણ 4 : પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય 57

એકમ 7

જનીનવિદ્યા અને ઉદ્‌વિકાસ **67-142**

પ્રકરણ 5 : આનુવંશિકતા અને ભિન્નતાના સિદ્ધાંતો 69

પ્રકરણ 6 : આનુવંશિકતાનો આણ્વિય આધાર 95

પ્રકરણ 7 : ઉદ્‌વિકાસ 126

એકમ 8

માનવ-કલ્યાણમાં જીવવિજ્ઞાન **143-190**

પ્રકરણ 8 : માનવસ્વાસ્થ્ય અને રોગો 145

પ્રકરણ 9 : અન્ન-ઉન્નતીકરણ માટેની કાર્યનીતિ 165

પ્રકરણ 10 : માનવ-કલ્યાણમાં સૂક્ષ્મ જીવો 179

એકમ 9

બાયૉટેક્નોલૉજી **191-216**

પ્રકરણ 11 : બાયૉટેક્નોલૉજી : સિદ્ધાંતો અને પ્રક્રિયાઓ 193

પ્રકરણ 12 : બાયૉટેક્નોલૉજી અને તેનાં પ્રયોજનો 207

એકમ 10

પરિસ્થિતિવિદ્યા **217-286**

પ્રકરણ 13 : સજીવો અને વસ્તી 219

પ્રકરણ 14 : નિવસનતંત્ર 241

પ્રકરણ 15 : જૈવ-વિવિધતા અને સંરક્ષણ 258

પ્રકરણ 16 : પર્યાવરણીય સમસ્યાઓ 270

એકમ 6
પ્રજનન
(Reproduction)

પ્રકરણ 1
સજીવોમાં પ્રજનન
પ્રકરણ 2
સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં લિંગીપ્રજનન
પ્રકરણ 3
માનવ-પ્રજનન
પ્રકરણ 4
પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય

પૃથ્વી પરના જીવનની વાત કરવામાં જીવવિજ્ઞાન આવશ્યક છે. જ્યારે વ્યક્તિગત સજીવો નિ:સંદેહ મૃત્યુ પામે છે તે જાતિઓ લાખો વર્ષો સુધી જીવે છે. જ્યાં સુધી કુદરતી કે માનવીય પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા તેઓ લુપ્ત ન થાય. પ્રજનન એક મહત્ત્વપૂર્ણ પ્રક્રિયા બને છે જેના વગર દરેક જાતિ લાંબા સમય સુધી જીવિત રહી શકતી નથી. અલિંગી કે લિંગીપ્રજનન દ્વારા પ્રત્યેક સજીવ તેઓની સંતતિ સર્જી શકે છે. લિંગીપ્રજનન પદ્ધતિથી નવી જાતિઓનું નિર્માણ થાય છે જેથી ચિરંજીવિતામાં વધારો થાય છે. આ એકમ સજીવોમાં પ્રજનનની પ્રક્રિયાઓના સામાન્ય સિદ્ધાંતોની જાણકારી આપે છે અને પછી સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં તેમજ માનવમાં તેને સંબંધિત સરળતમ ઉદાહરણ સાથે વિસ્તૃતમાં સમજૂતી આપે છે. માનવ પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય અને કેવી રીતે પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યને બીમાર પડવાથી દૂર રાખી શકાય તેના પર સંબંધિત પરિપ્રેક્ષ્ય વિશેની પ્રાજનનિક જીવવિજ્ઞાનની આપણી સમજણને પણ પૂર્ણપણે પ્રસ્તુત કરવામાં આવી છે.

પંચાનન મહેશ્વરી
(Panchanan Maheshwari)
(1904 – 1966)

પંચાનન મહેશ્વરીનો જન્મ નવેમ્બર, 1904માં જયપુર (રાજસ્થાન)માં થયો હતો. તેઓ માત્ર ભારતના જ નહિ પરંતુ સમગ્ર વિશ્વના એક માત્ર પ્રતિષ્ઠિત વનસ્પતિશાસ્ત્રી બન્યા હતા. તેઓ ઉચ્ચ અભ્યાસ માટે અલાહાબાદ સ્થળાંતરિત થયા. જ્યાં તેમણે તેમની D.Sc.ની પદવી મેળવી. તેઓ કૉલેજના દિવસો દરમિયાન એક અમેરિકન મિશનરી શિક્ષક ડૉ. ડબલ્યુ ડુડગોન દ્વારા પ્રભાવિત થયા હતા. વનસ્પતિશાસ્ત્ર અને ખાસ કરીને બાહ્યાકારવિદ્યામાં તેમનો રસ જાગૃત કરવા તેમના શિક્ષકે એક વખત જણાવ્યું કે, જો તેમનો વિદ્યાર્થી તેમના કરતા વધારે પ્રગતિ કરશે તો તેમને વધુ સંતૃપ્તિ થશે. આ શબ્દોએ પંચાનનને પ્રેરણા આપી, જે તેમણે તેમના શિક્ષકને માટે તે બધું જ કરી બતાવ્યું.

તેમણે ભ્રૂણ વિદ્યાકીય મુદ્દાઓ પર કામ કર્યું અને વર્ગીકરણવિદ્યામાં ભ્રૂણવિદ્યાકીય લક્ષણોનો ઉપયોગ પ્રચલિત કર્યો. તેમણે દિલ્લી વિશ્વવિદ્યાલયમાં વનસ્પતિશાસ્ત્ર વિભાગની ગર્ભવિદ્યા અને પેશીસંવર્ધનના અગત્યના કેન્દ્ર તરીકે સ્થાપના કરી. તેમણે અપરિપક્વ ભ્રૂણના કૃત્રિમ સંવર્ધન પર પ્રારંભિક કાર્યની આવશ્યકતા પર પણ કાર્ય કર્યું હતું. આ દિવસોમાં પેશી-સંવર્ધન વિજ્ઞાનમાં એક સીમાસ્તંભ બન્યું હતું. તેમનું ટેસ્ટટ્યૂબ ફલન પર અને અંતઃ અંડાશય પરાગનયન પરનું કાર્ય વિશ્વ કક્ષાએ ખ્યાતિ પામ્યું.

તેઓને ફેલોશિપ ઑફ રૉયલ સોસાયટી ઑફ લંડન (FRS), ઇન્ડિયન નેશનલ સાયન્સ ઍકેડેમી તેમજ ઘણી બધી પ્રખ્યાત સંસ્થાઓ દ્વારા સન્માનિત કરવામાં આવ્યા હતા. તેઓએ સામાન્ય શિક્ષણને પ્રોત્સાહિત કર્યું અને તેમની આગેવાનીમાં 1964માં NCERT દ્વારા ઉચ્ચતર માધ્યમિક શાળાઓ માટેના જીવવિજ્ઞાનનું પ્રથમ પાઠ્યપુસ્તક પ્રકાશિત કરી શાળાકીય શિક્ષણમાં મહત્ત્વનું યોગદાન આપ્યું.

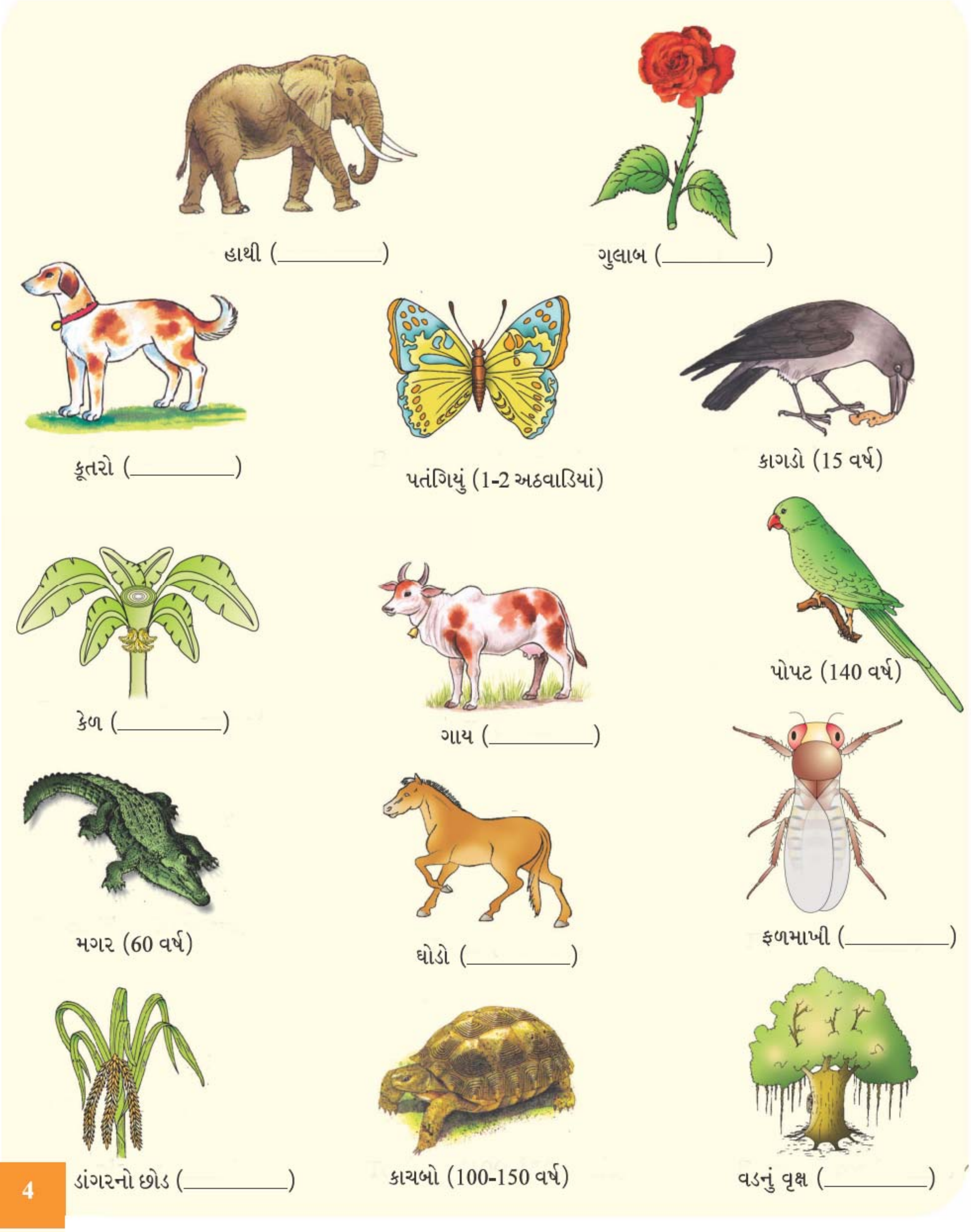
પ્રકરણ 1

સજીવોમાં પ્રજનન (Reproduction in Organisms)

1.1 અલિંગીપ્રજનન

1.2 લિંગીપ્રજનન

બધા સજીવ ચોક્કસ સમય માટે જીવી શકે છે. સજીવના જન્મથી લઈ તેના કુદરતી મૃત્યુને આવરતો સમય તેનો **જીવનકાળ (life span)** દર્શાવે છે. આકૃતિ 1.1માં કેટલાક સજીવોનો જીવનકાળ આપેલ છે. *બીજા ઘણા સજીવો દોરેલા છે. તમે તેમનો જીવનકાળ શોધી કાઢો અને આપવામાં આવેલ ખાલી જગ્યામાં લખો.* આકૃતિ 1.1માં પ્રસ્તુત કરેલ સજીવોનો જીવનકાળ ચકાસો. જે તમને રસપ્રદ અને ધ્યાન ખેંચે તેવું નથી લાગતું કે જીવનકાળ થોડાક દિવસોનો ટૂંકો અથવા કેટલાંક હજાર વર્ષ સુધી લાંબો પણ જોવા મળે છે ? આ બંને સિમાંતો (extremes)ની વચ્ચે મોટા ભાગના સજીવોનો જીવનકાળ જોવા મળે છે. તમે નોંધી શકો છો કે, સજીવનો જીવનકાળ તેના કદ સાથે સંકળાયેલ હોય તે જરૂરી નથી. કાગડો અને પોપટના કદમાં કોઈ ખાસ તફાવત નથી, છતાં તેમના જીવનકાળમાં બહોળો તફાવત જોવા મળે છે. તેવી જ રીતે, પીપળાના વૃક્ષની સાપેક્ષે કેરીના વૃક્ષનો જીવનકાળ ઘણો ટૂંકો છે. સજીવનો જીવનકાળ ભલે ગમે તે હોય, પરંતુ, દરેક વ્યક્તિગત સજીવનું મૃત્યુ નિશ્ચિત છે. એટલે કે, એકકોષીય સજીવો સિવાય કોઈ પણ સજીવ અમર નથી. *આપણે શા માટે કહી શકીએ કે એક કોષીય સજીવોમાં નૈસર્ગિક (કુદરતી) મૃત્યુ નથી ?* કદી તમને આશ્ચર્ય થયું છે કે પૃથ્વી પર ઘણાં હજારો વર્ષો સુધી વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓ ખૂબ વિશાળ સંખ્યામાં અસ્તિત્વ ધરાવતાં હતાં ? સજીવોમાં કોઈ પ્રક્રિયા હોવી જ જોઈએ, જે આ સાતત્યતાની ખાતરી આપે છે. હા, આપણે પ્રજનન વિશે વાત કરી રહ્યાં છીએ, જેને આપણે માન્ય રાખીએ.



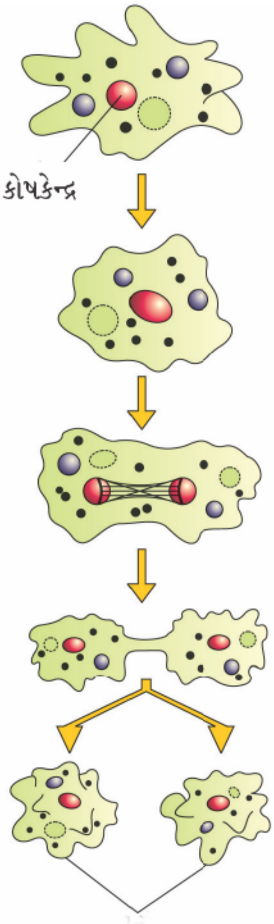
આકૃતિ 1.1 : કેટલાક સજીવોનો અંદાજિત જીવનકાળ

પ્રજનન એક એવી જૈવિક પ્રક્રિયા છે જેમાં પોતાને મળતી આવે તેવી સંતતિ ઉત્પન્ન કરે છે. આ સંતતિ વૃદ્ધિ પામે, પુખ્ત બને અને બદલામાં નવી સંતતિ ઉત્પન્ન કરે છે. આમ જન્મ, વૃદ્ધિ અને મૃત્યુનું ચક્ર ચાલ્યા જ કરે છે. પ્રજનનથી જાતિઓ પેઢી દર પેઢી સાતત્ય જાળવવા માટે સમર્થ બને છે. તમે કેવી રીતે જનીનિક ભિન્નતા સર્જાય છે અને પ્રજનન દરમિયાન વારસામાં ઊતરે છે તેનો અભ્યાસ પ્રકરણ 5 (આનુવંશિકતા અને ભિન્નતાના સિદ્ધાંતો)માં પછીથી કરશો.

સજીવ વિશ્વમાં ખૂબ જ વિવિધતા જોવા મળે છે અને દરેક સજીવે બહુગુણિત થવા અને સંતતિ ઉત્પન્ન કરવા પોતાની આગવી ક્રિયાવિધિ વિકસિત કરી છે. સજીવ કઈ રીતે પ્રજનન કરે છે તે માટે તેનું નિવાસસ્થાન, તેની આંતરિક દેહધર્મક્રિયા અને અન્ય બીજાં પરિબળો સામૂહિક રીતે જવાબદાર છે. પ્રજનનની ક્રિયામાં એક સજીવ કે બે સજીવો ભાગ લે છે. તેને આધારિત તેના બે પ્રકાર છે. જ્યારે એક જ પિતૃમાંથી જન્યુઓના નિર્માણ કે નિર્માણ થયા વગર સંતતિઓનું સર્જન થાય તો તેને **અલિંગીપ્રજનન (asexual reproduction)** કહે છે. જ્યારે બે પિતૃ (વિરુદ્ધ જાતિના) પ્રજનનની ક્રિયામાં ભાગ લેતા હોય અને નર અને માદા જન્યુઓનું જોડાણ થતું હોય, તો તેને **લિંગીપ્રજનન (sexual reproduction)** કહે છે.

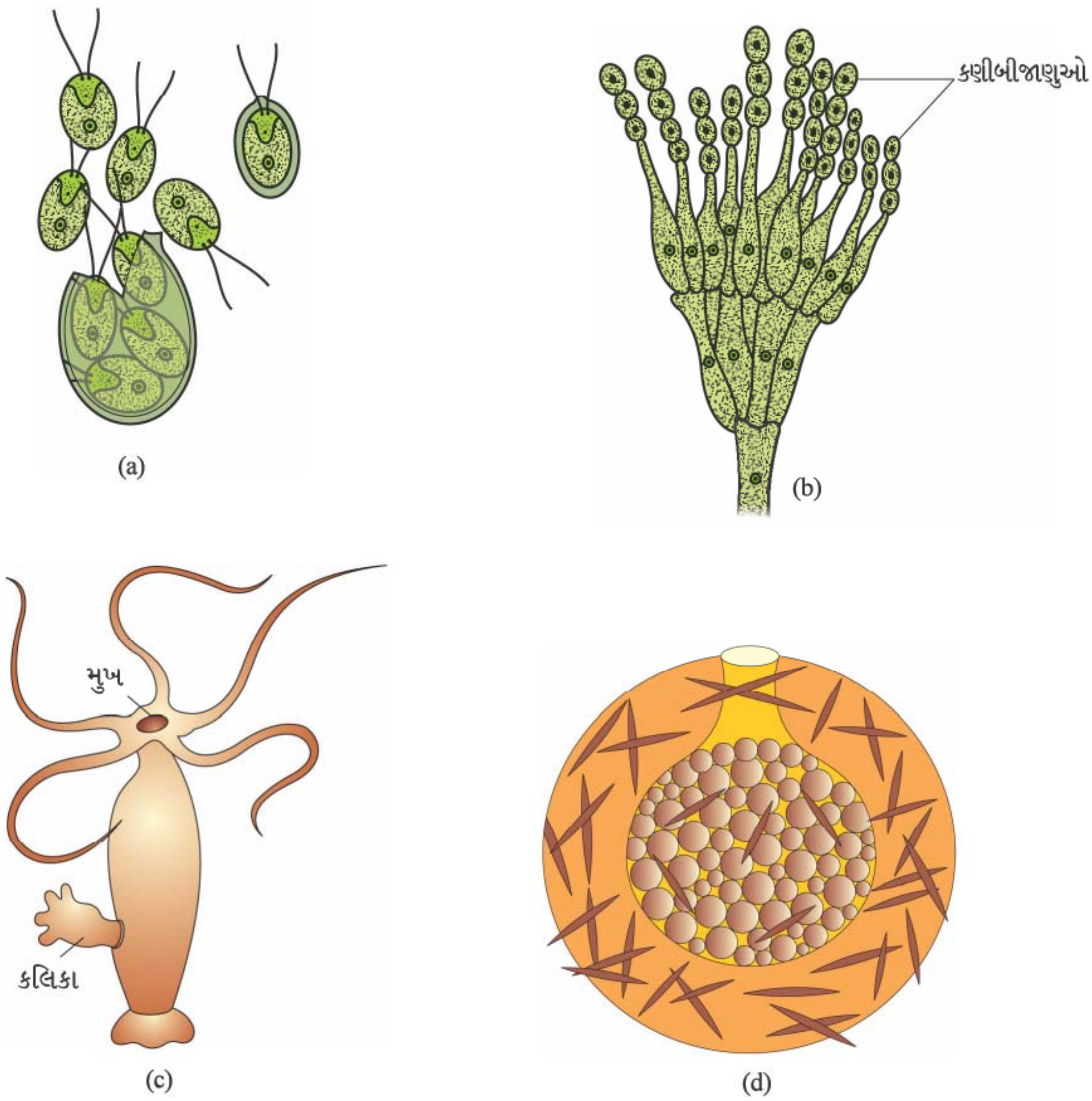
1.1 અલિંગીપ્રજનન (Asexual Reproduction)

આ પદ્ધતિમાં એક પિતૃ સંતતિ સર્જવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. પરિણામે, સર્જાતી નવી સંતતિ એકબીજાના જેવી જ નહિ, પરંતુ તેઓના પિતૃની આબેહૂબ પ્રતિકૃતિ પણ હોય છે. *શું આ સંતતિઓ જનીનિક દૃષ્ટિએ સમાન (identical) કે ભિન્ન હોય છે ?* આમ, બાહ્યાકાર અને જનીનિક રીતે સમાન સજીવો માટે **જનીનિક પ્રતિકૃતિ (clone)** શબ્દ વપરાય છે.



આકૃતિ 1.2 : એકકોષી સજીવોમાં કોષવિભાજન (a) યીસ્ટમાં કલિકાસર્જન (b) અમીબામાં દ્વિભાજન

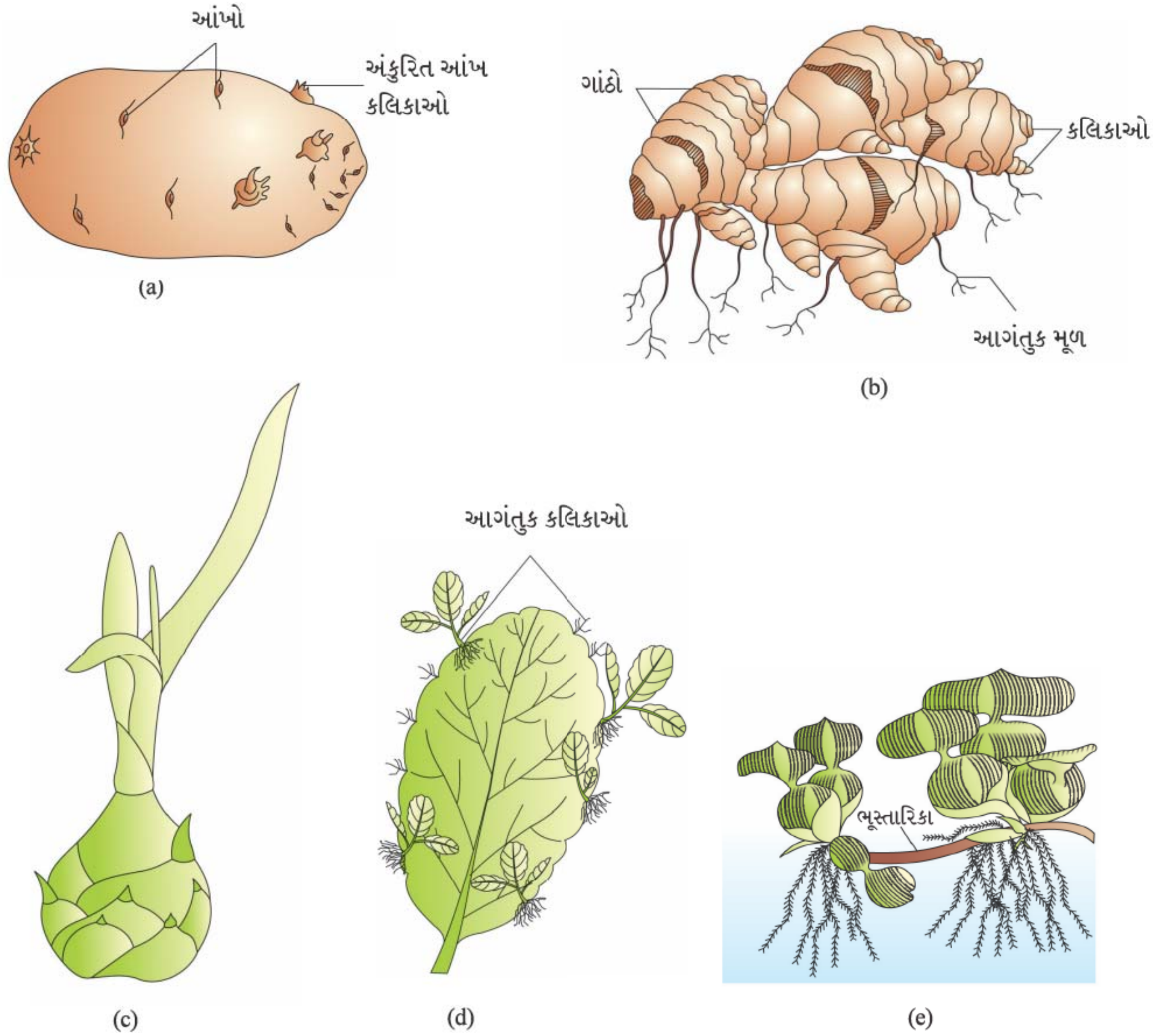
ચાલો, આપણે જુદા-જુદા સજીવ સમૂહોમાં વ્યાપકરૂપે જોવા મળતું અલિંગીપ્રજનન કેવી રીતે થાય છે તે જોઈએ. અલિંગીપ્રજનન એકકોષીય સજીવોમાં સામાન્ય છે અને સરળ કક્ષાનું આયોજન ધરાવતી વનસ્પતિઓ તેમજ પ્રાણીઓમાં સામાન્ય છે. પ્રોટિસ્ટા અને મોનેરામાં, સજીવ કે પિતૃકોષ સમવિભાજનથી વિભાજન પામીને બે કોષો સર્જે છે, જે નવા સજીવ તરીકે વર્તે છે (આકૃતિ 1.2). આમ, આ સજીવોમાં **કોષવિભાજન** પોતે પ્રજનનનો પ્રકાર છે. ઘણા એકકોષી સજીવો **દ્વિભાજન (binary fission)** દ્વારા પ્રજનન કરે છે, જેમાં કોષ બે અર્ધભાગમાં વિભાજિત થાય છે અને દરેક ભાગ ઝડપી વૃદ્ધિ પામી પુખ્ત બને છે (દા.ત., અમીબા, પેરામિશિયમ). યીસ્ટમાં, વિભાજન અસમાન હોય છે અને નાની **કલિકાઓ (buds)** સર્જે છે. જે પ્રારંભમાં પિતૃકોષ સાથે જોડાયેલી હોય છે. આ કલિકાઓ છેવટે છૂટી પડી નવી યીસ્ટ (સજીવ કોષ) તરીકે પુખ્ત બને છે.



આકૃતિ 1.3 : અલિંગીપ્રજનનની રચનાઓ (a) ક્લેમિડોમોનાસના ચલબીજાણુઓ (b) પેનિસિલિયમના કણીબીજાણુઓ (c) હાઇડ્રામાં કલિકા (d) વાદળીમાં અંત:કલિકા

પ્રતિકૂળ સંજોગોમાં અમીબા પોતાના ખોટા પગને પાછા ખેંચી લે છે અને પોતાની આસપાસ મજબૂત ત્રિસ્તરીય આવરણ કે કોષ્ઠ (cyst)નો સ્રાવ કરે છે. આ ક્રિયાને **કોષ્ઠન (encystation)** કહે છે. જ્યારે અનુકૂળ પરિસ્થિતિ પ્રાપ્ત થાય ત્યારે કોષ્ઠન પામેલ અમીબા બહુભાજન પામે છે અને ઘણા સૂક્ષ્મ અમીબા કે કૂટપાદીય બીજાણુઓ (pseudopodiospores) સર્જે છે. કોષ્ઠની દીવાલ તૂટે છે અને બીજાણુઓ આસપાસના માધ્યમમાં મુક્ત થઈ અમીબા તરીકે વૃદ્ધિ પામે છે. આ ક્રિયાને **બીજાણુનિર્માણ (sporulation)** કહે છે.

ફૂગ સૃષ્ટિના સભ્યો અને લીલ જેવી સરળ વનસ્પતિઓ વિશિષ્ટ અલિંગીપ્રજનન પ્રેરતી રચનાઓ દ્વારા પ્રજનન કરે છે (આકૃતિ 1.3). આ રચનાઓ પૈકી **ચલબીજાણુઓ (zoospores)** સર્વ સામાન્ય છે, જે સૂક્ષ્મદર્શી ચલિત રચના છે. બીજી, અન્ય અલિંગીપ્રજનન કરતી રચનાઓ **કણીબીજાણુઓ (conidia)** ઉદા. : પેનિસિલિયમ, **કલિકાઓ (buds)** ઉદા. : હાઇડ્રા અને **અંત:કલિકાઓ (gemmules)** ઉદા. : વાદળી છે.



આકૃતિ 1.4 : આવૃત્ત બીજધારીમાં વાનસ્પતિક પ્રજનન (a) બટાટાની આંખ (b) આદુની ગાંઠામૂળી (c) રામબાણની પ્રકલિકા (d) પાનફૂટીની પર્ણકલિકાઓ (e) જળકુંભિની ભૂસ્તારિકા

તમે ધોરણ XIમાં વાનસ્પતિક પ્રજનન વિશે અભ્યાસ કરેલ છે. શું તમે વિચારો છો કે વાનસ્પતિક પ્રજનન પણ એક પ્રકારનું અલિંગીપ્રજનન છે ? તમે આવું શા માટે કહો છો ? શું વાનસ્પતિક પ્રજનન દ્વારા સર્જાયેલ સંતતિ માટે ક્લોન (clone) શબ્દ વાપરી શકાય ?

પ્રાણીઓ અને અન્ય સરળ સજીવોમાં **અલિંગી** શબ્દ સુસ્પષ્ટ રીતે વપરાય છે; જ્યારે વનસ્પતિઓમાં સામાન્યતઃ વાનસ્પતિક પ્રજનન શબ્દ વારંવાર વપરાય છે. વનસ્પતિઓમાં, **વાનસ્પતિક પ્રજનન**ની રચનાઓ જેવી કે **ભૂસ્તારી, ગાંઠામૂળી, અધોભૂસ્તારી, ગ્રંથિલ, ભૂસ્તારિકા, કંદ** વગેરે નવી સંતતિ સર્જવાની ક્ષમતા ધરાવે છે (આકૃતિ 1.4). આ રચનાઓને **વાનસ્પતિક પ્રસર્જકો (vegetative propagules)** કહે છે. સ્વાભાવિકપણે, આ રચનાઓના સર્જનમાં બે પિતૃઓ ભાગ લેતાં નથી તેથી તેમાં સમાવિષ્ટ પ્રક્રિયા અલિંગી છે.

કેટલાક સજીવોમાં સજીવ દેહ, અલગ ભાગો કે ટુકડાઓમાં તૂટીને વિભાજિત થાય અને દરેક ટુકડો

પુખ્ત પ્રાણીમાં ફેરવાય છે અને સંતતિ સર્જવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. (ઉદાહરણ : હાઇડ્રા). આ પણ અલિંગીપ્રજનનનો એક પ્રકાર જ છે જેને **અવખંડન (fragmentation)** કહે છે.

તમે જળાશયોમાં શાપ (scourge) કે 'ટેરર ઑફ બેંગાલ' (terror of Bengal) વિશે તો સાંભળ્યું જ હશે. તે કંઈ જ નથી, પણ સ્થગિત પાણીમાં ઊગતી જળકુંભિ મોટા ભાગના અતિક્રમણ પામતા નીંદણ પૈકીની એક છે. તે પાણીમાંનો O_2 દૂર કરે છે જેના કારણે માછલીઓ મૃત્યુ પામે છે. તમે તેના વિશે વધુ પ્રકરણ 13 અને 14માં ભણશો. તમને જાણીને રસ પડશે કે, આ વનસ્પતિનો પ્રવેશ ભારતમાં તેનાં સુંદર પુષ્પો અને પર્ણના આકારને કારણે કરવામાં આવ્યો હતો. આ વનસ્પતિ ઘટનાકીય દરે (phenomenal rate) વાનસ્પતિક પ્રસર્જન કરી ખૂબ જ ઝડપથી પાણીની સપાટી પર છવાઈ જાય છે, જેનાથી છૂટકારો પામવો ખૂબ જ અઘરો છે.

શું તમે જાણો છો કે બટાટા, શેરડી, કેળાં, આદુ, ડહાલિયા કેવી રીતે ઉછેરવામાં આવે છે ? શું તમે બટાટાના ગ્રંથિલ પરની કલિકા (આંખ), કેળ અને આદુની ગાંઠામૂળીમાંથી નવા છોડને ઊગતા જોયા છે ? ઉપર્યુક્ત જણાવેલ વનસ્પતિઓમાં જ્યારે તમે કાળજીપૂર્વક પ્રાંકુર(નવી વનસ્પતિ)નાં સર્જનની જગ્યા નક્કી કરો ત્યારે તમે નોંધશો કે તે રૂપાંતરિક પ્રકાંડમાં રહેલી ગાંઠોમાંથી ઉદ્ભવે છે. જ્યારે આ **ગાંઠો (nodes)** ભીની જમીન કે પાણીના સંપર્કમાં આવે છે ત્યારે મૂળ અને નવા છોડ વિકસાવે છે. આ જ રીતે, પાનફૂટીના પર્ણની કિનારીએ રહેલી આવી ખાંચોમાંથી અસ્થાનિક કલિકાઓ ઉદ્ભવે છે. આ ક્ષમતાનો બહોળા પ્રમાણમાં ઉપયોગ વનસ્પતિઓના વ્યાપારિક ધોરણે ઉત્પાદન કે પ્રસર્જન માટે માળીઓ કે ખેડૂતો દ્વારા કરવામાં આવે છે.

એ નોંધવું રસપ્રદ છે કે, સરળ કક્ષાનું આયોજન ધરાવતા સજીવો જેવાં કે લીલ અને ફૂગમાં અલિંગીપ્રજનન સર્વસામાન્ય પદ્ધતિ છે અને જ્યારે પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિ સર્જાય એટલે તેઓ લિંગીપ્રજનન દર્શાવે છે. *તમે શોધી કાઢો કે આ સજીવોને પ્રતિકૂળ સ્થિતિમાં જીવિત રહેવા માટે લિંગીપ્રજનન કઈ રીતે સક્ષમ બનાવે છે ?* શા માટે લિંગીપ્રજનન આવી પરિસ્થિતિમાં થાય છે ? ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓ દ્વારા અલિંગી (વાનસ્પતિક) તેમજ લિંગીપ્રજનન દર્શાવવામાં આવે છે. જ્યારે બીજી બાજુ, મોટા ભાગનાં પ્રાણીઓમાં માત્ર લિંગીપ્રજનન જોવા મળે છે.

1.2 લિંગીપ્રજનન (Sexual Reproduction)

લિંગીપ્રજનનમાં એક પિતૃ અથવા બે વિરુદ્ધ જાતિના વ્યક્તિગત સજીવો નર અને માદા જન્યુઓનું નિર્માણ કરે છે. આ જન્યુઓ જોડાઈને યુગ્મનજનું નિર્માણ કરે છે, જે નવા સજીવમાં પરિણમે છે. અલિંગી પ્રજનનની સાપેક્ષે તે એક વિસ્તૃત, જટિલ અને ધીમી પ્રક્રિયા છે. નર અને માદા જન્યુઓના જોડાણને કારણે લિંગીપ્રજનનને પરિણામે ઉત્પન્ન થતી સંતતિ પિતૃ પેઢીને અથવા એકબીજાને મળતી આવતી નથી.

વિવિધ સજીવો જેવાં કે વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ કે ફૂગનો અભ્યાસ દર્શાવે છે કે તેઓ બાહ્યાકારવિદ્યા, અંતઃસ્થ-રચના અને દેહધર્મવિદ્યામાં જુદાપણું ધરાવે છે. જ્યારે લિંગીપ્રજનનની પદ્ધતિ માટે આશ્ચર્યની વાત એ છે કે તેઓ, આ બાબતે સરખાપણું દર્શાવે છે. ચાલો, આપણે ચર્ચા કરીએ કે કયાં લક્ષણો આ વિવિધલક્ષી સજીવોમાં સામાન્ય છે. બધા સજીવો લિંગીપ્રજનન કરે તે પહેલાં તેમના જીવનમાં વૃદ્ધિ અને પરિપક્વતાના નિશ્ચિત તબક્કે પહોંચે છે. વૃદ્ધિના આ સમયગાળાને **જુવેનાઈલ તબક્કો (juvenile phase)** કહે છે. વનસ્પતિમાં તેને **વાનસ્પતિક તબક્કો (vegetative phase)** કહે છે. વિવિધ સજીવોમાં તેનો સમયગાળો જુદો-જુદો હોય છે.

ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન સાથે પ્રાજનનીય તબક્કાની શરૂઆત સરળતાથી જોઈ શકાય છે. જે જુવેનાઇલ/વાનસ્પતિક તબક્કાનો અંત છે. *ગલગોટા (હજારીગલગોટા – Marigold) ચોખા / ઘઉં / નાળિયેર / આંબામાં પુષ્પસર્જન માટે કેટલો સમય લાગે છે ? ઘણી વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન એક કરતાં વધુ વખત જોવા મળે છે. તમે તેને શું કહેશો ? આંતર-પુષ્પ સર્જનકાળ - જુવેનાઇલ કે પુખ્તતા !*

તમારા વિસ્તારનાં થોડાંક વૃક્ષોનું અવલોકન કરો. શું તેઓ વર્ષોવર્ષ તે જ મહિનામાં પુષ્પસર્જન દાખવે છે ? તમે વિચારી શકો છો કે શા કારણે કેરી, સફરજન, ફણસ (jack fruit) તેમની ઋતુમાં જ પ્રાપ્ય બને છે ? શું એવી વનસ્પતિઓ પણ છે જે સમગ્ર વર્ષ દરમિયાન પુષ્પસર્જન દર્શાવે છે અને કેટલાક ઋતુકીય પુષ્પસર્જન દાખવે છે ? એકવર્ષીય અને દ્વિવર્ષાયુ પ્રકારની વનસ્પતિઓમાં વાનસ્પતિક, પ્રાજનનિક અને જીર્ણ અવસ્થાઓ સ્પષ્ટપણે જોવા મળે છે; પરંતુ બહુવર્ષાયુ વનસ્પતિઓમાં આ અવસ્થાઓને સ્પષ્ટ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરવી અઘરી છે. કેટલીક વનસ્પતિઓ પુષ્પસર્જનની અસમાન (unequal) પ્રક્રિયા દર્શાવે છે; જેમકે વાંસ (Bamboo) જાતિની વનસ્પતિ પોતાના જીવનકાળ દરમિયાન એક જ વખત પુષ્પસર્જન દાખવે છે. સામાન્ય રીતે 50-100 વર્ષ બાદ મોટી સંખ્યામાં ફળો સર્જે છે અને પછી મૃત્યુ પામે છે. અન્ય વનસ્પતિ *Strobilanthus kunthiana* (નીલ કુરંજીત) દર 12 (બાર) વર્ષે એક વખત પુષ્પ સર્જે છે. તમારામાંના ઘણા જાણતા હશે કે, આ વનસ્પતિમાં સપ્ટેમ્બર-ઑક્ટોબર, 2006માં પુષ્પસર્જન થયું હતું. તેમનાં પુષ્પોના સમૂહોએ કેરલ, તમિલનાડુ અને કર્ણાટકના પર્વતીય પ્રદેશોમાં વાદળી પટ્ટો (strecher) બનાવ્યો હતો અને મોટી સંખ્યામાં પર્યટકો આકર્ષાયા હતા. પ્રાણીઓમાં, સક્રિય પ્રાજનનિક વર્તણૂક પૂર્વે જુવેનાઇલ તબક્કો બાહ્યાકાર વિદ્યાકીય અને દેહધાર્મિક ફેરફારોને અનુસરે છે. વિવિધ સજીવોમાં પ્રાજનનિક તબક્કો જુદી-જુદી અવધિ ધરાવે છે.

શું તમે મનુષ્ય જાતિના એવા ફેરફારોની યાદી બનાવી શકો છો જે પ્રાજનનિક પુખ્તતાના સૂચક હોય ?

પ્રાણીઓમાં, દાખલા તરીકે પક્ષીઓ, શું તેઓ વર્ષભર ઈંડાં મૂકે છે ? અથવા તે ઋતુકીય (seasonal) ઘટના છે ? બીજાં પ્રાણીઓ જેવાં કે દેડકાં અને ગરોળીમાં શું હોય છે ? તમે નોંધશો કે, કુદરતી વસવાટમાં પક્ષીઓ ઋતુકીય રીતે જ ઈંડાં મૂકે છે. તેમ છતાં, બંધનાવસ્થાનાં પક્ષીઓ (મરઘાંઉછેર કેન્દ્રમાં) વર્ષભર (આખા વર્ષ દરમિયાન) ઈંડાં આપે તે રીતે કેળવવામાં આવે છે. આ કિસ્સામાં, ઈંડાં મૂકવા એ પ્રજનનલક્ષી નથી પરંતુ માનવકલ્યાણ અર્થે વ્યાપારિક હેતુ માટે છે. જરાયુ ધરાવતાં માદા સસ્તનો પ્રાજનનિક તબક્કા દરમિયાન અંડપિંડ અને સહાયક ગ્રંથિઓ તેમજ અંતઃસ્રાવોની પ્રવૃત્તિમાં ચક્રીય ફેરફારો દર્શાવે છે. ગાય, ઘેટાં, ઉંદર, હરણ, કૂતરાં, વાઘ વગેરે જેવા પ્રાઇમેટમાં ન હોય (non primate) તેવાં સસ્તનોમાં પ્રજનન દરમિયાન જોવા મળતા આવા ચક્રીય ફેરફારોને **ઋતુકીય ઋતુચક્ર (oestrus cycle)** કહે છે. જ્યારે પ્રાઇમેટ્સ (વાંદરા, એપ, મનુષ્ય)માં તેને **માસિક ઋતુચક્ર (menstrual cycle)** કહે છે. ઘણાં સસ્તનો ખાસ કરીને જેઓ કુદરતમાં જંગલી પરિસ્થિતિમાં વસે છે તેઓમાં આ ચક્ર માત્ર તેમના પ્રાજનનિક તબક્કામાં સાનુકૂલિત ઋતુ (favourable season) દરમિયાન જોવા મળે છે અને આથી તેઓને **ઋતુકીય સંવર્ધકો (seasonal breeders)** કહે છે. જ્યારે ઘણાં સસ્તનો તેમના સમગ્ર પ્રાજનનિક તબક્કા દરમિયાન પ્રજનન માટે સક્રિય હોય છે અને આથી તેઓને **સતત સંવર્ધકો (continuous breeders)** કહે છે.

આપણે બધા વૃદ્ધ (જો લાંબું જીવીએ તો) થઈએ છીએ. જે આપણે યાદ કરવું રહ્યું. *પરંતુ વૃદ્ધ થવું એટલે શું છે ?* પ્રાજનનિક તબક્કાનો અંત એ જીર્ણતા કે વૃદ્ધ વય માટેના એક પરિમાપન (parameter)

તરીકે લઈ શકાય. જીવનકાળના અંતિમ તબક્કામાં શરીરમાં આનુસંગિક (concomitant) ફેરફારો થાય છે (જેવાં કે ચયાપચયનું ધીમું થવું). વૃદ્ધત્વ મૃત્યુ તરફ દોરી જાય છે.

વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ બંનેમાં, ત્રણ તબક્કાઓ વચ્ચેની સંક્રાન્તિ (transition) માટે અંતઃસ્રાવો જવાબદાર છે. અંતઃસ્રાવો અને ચોક્કસ પર્યાવરણીય પરિબળો વચ્ચેની આંતરક્રિયા પ્રજનનની પ્રક્રિયાને નિયંત્રિત કરે છે અને સજીવોની વર્તણૂકીય અભિવ્યક્તિને સાંકળે છે.

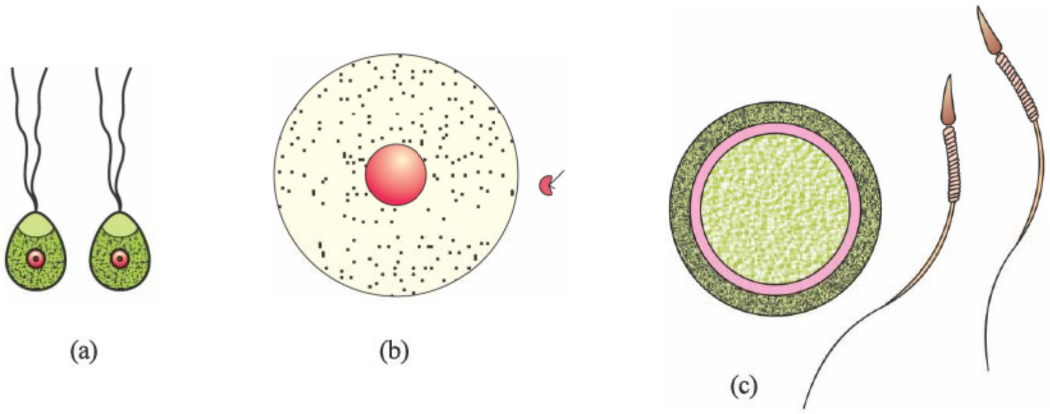
લિંગીપ્રજનનમાં થતી ઘટનાઓ (Events in sexual reproduction) : પુખ્તતાએ પહોંચ્યા બાદ, લિંગીપ્રજનન કરતાં બધા જ સજીવો વિવિધ ઘટનાઓ અને પ્રક્રિયાઓ પ્રદર્શિત કરે છે, જે બંધારણીય રીતે સમાનતા દર્શાવે છે, તેમ છતાં, લિંગીપ્રજનન સાથે સંકળાયેલ રચનાઓમાં સ્પષ્ટપણે જુદાપણું હોય છે. લિંગીપ્રજનનની ઘટનાઓ વિસ્તૃત અને જટિલ છે અને નિયમિત ક્રમને અનુસરે છે કે, તેમાં નર અને માદા જન્યુઓનું જોડાણ (અથવા ફલન), યુગ્મનજનું નિર્માણ અને ભ્રૂણજનન એ લિંગીપ્રજનનની લાક્ષણિકતા છે. સાનુકૂળતા માટે આ ઘટનાઓને ત્રણ તબક્કાઓમાં વહેંચવામાં આવે છે. જેમકે, પૂર્વ ફલન, ફલન અને પશ્ચ ફલન ઘટનાઓ.

1.2.1 પૂર્વ ફલન ઘટનાઓ (Pre-fertilization events)

જન્યુઓના જોડાણ પહેલાં જોવા મળતી તમામ ઘટનાઓનો અહીં સમાવેશ થાય છે. **જન્યુજનન (gametogenesis)** અને **જન્યુવહન (gamete transfer)** બે મુખ્ય પૂર્વ ફલન ઘટનાઓ છે.

1.2.1.1 જન્યુજનન (Gametogenesis)

તમે જાણો જ છો કે, **જન્યુજનન** એ જન્યુઓના નિર્માણની ક્રિયા છે. જે દરમિયાન બે પ્રકારના જન્યુઓ - નર અને માદા સર્જાય છે. જન્યુઓ એકકીય (n) કોષો છે. કેટલીક લીલમાં બંને જન્યુઓ દેખાવમાં સરખા હોય છે જેથી તેમને નર અને માદા જન્યુ તરીકે જુદા તારવી શકાતા નથી. તેથી



(a) (b) (c)

આકૃતિ 1.5 : જન્યુઓના પ્રકારો (a) ક્લેડોફોરા (લીલ)ના સમજન્યુઓ (b) ફ્યુક્સ (લીલ)ના વિષમ જન્યુઓ (c) હોમો સેપિયન્સ (માનવ)ના વિષમજન્યુઓ

તેઓને **સમજન્યુઓ (homogametes** અથવા **isogametes)** કહે છે (આકૃતિ 1.5 a). જ્યારે, મોટા ભાગના લિંગીપ્રજનન કરતા સજીવોમાં ઉત્પન્ન થતા બંને જન્યુઓ બાહ્યાકારવિદ્યાની દૃષ્ટિએ અલગ પ્રકારના હોય છે જેમને **વિષમજન્યુઓ (heterogametes** અથવા **anisogametes)** કહે છે. આવા સજીવોમાં નરજન્યુઓને ચલપુંજન્યુ (antherozoid) અથવા શુક્રકોષો (sperms) અને માદા જન્યુને **અંડકોષ (egg** or **ovum)** કહે છે (આકૃતિ 1.5 b, c).

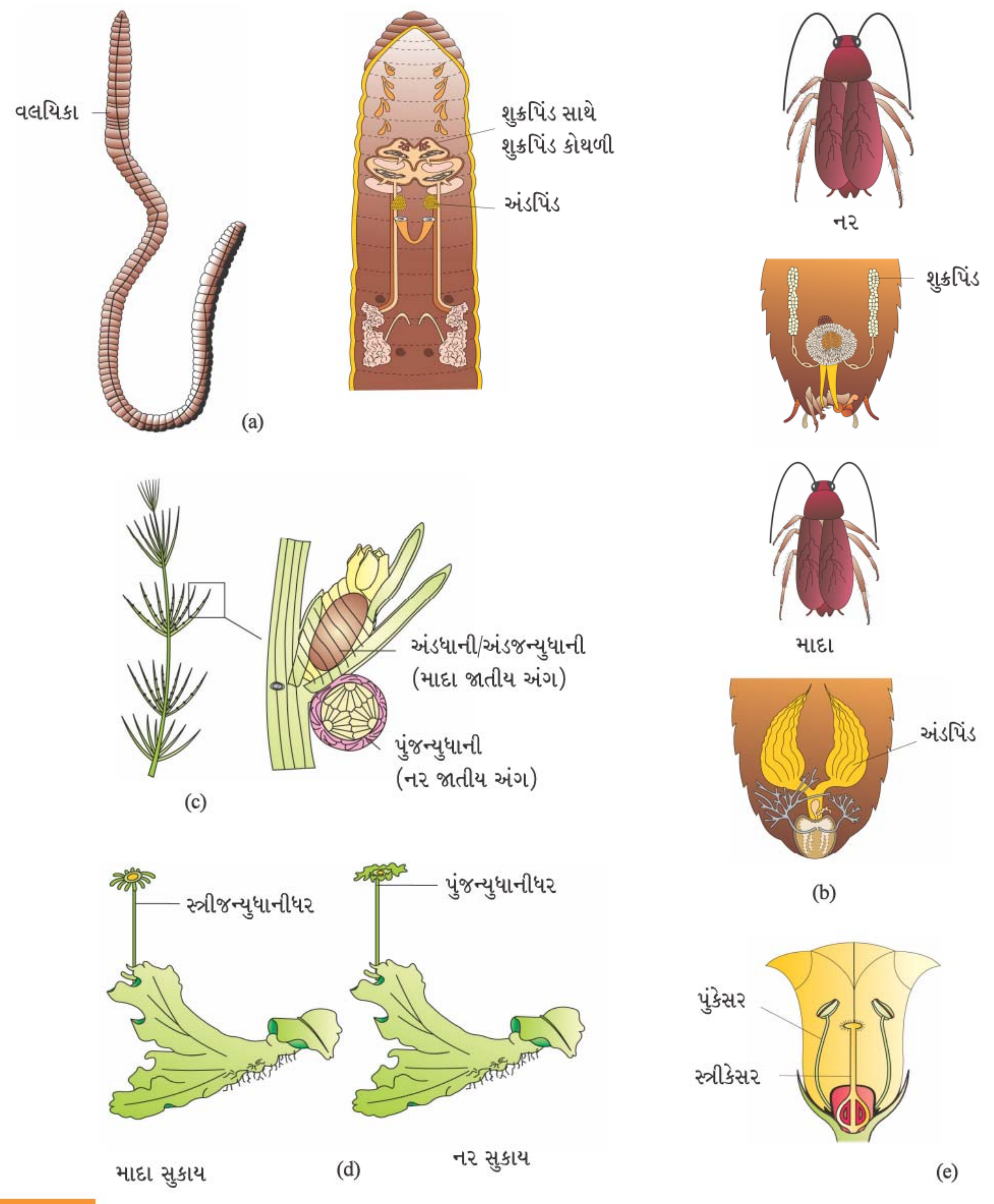
સજીવોમાં જાતીયતા (Sexuality in Organisms) : સામાન્યતઃ લિંગીપ્રજનનમાં બે ભિન્ન સજીવોના જન્યુઓનું જોડાણ થાય છે. પરંતુ, દરેક વખતે આ સાચું જ હોય એવું નથી. *ધોરણ XIમાં તમે કરેલ અભ્યાસનાં કેટલાંક ઉદાહરણોને યાદ કરો અને શોધો કે કેટલાક કિસ્સાઓમાં સ્વફલન જોવા મળ્યું હતું ?* સ્વાભાવિકપણે, વનસ્પતિઓમાં આવાં ઉદાહરણો નોંધવા સરળ છે.

વનસ્પતિમાં નર અને માદા પ્રાજનનિક રચના એક જ વનસ્પતિમાં જોવા મળે (**દ્વિલિંગી**) (આકૃતિ 1.6 c, e) અથવા ભિન્ન વનસ્પતિમાં (**એકલિંગી**) (આકૃતિ 1.6 d) જોવા મળે છે. કેટલીક ફૂગ અને વનસ્પતિઓમાં, દ્વિલિંગી પરિસ્થિતિને સૂચવતો શબ્દ **સમસુકાયક (homothallic)** અને **એકસદની (monoecious)** વપરાય છે. જ્યારે એકલિંગી પરિસ્થિતિ સૂચવતો શબ્દ **વિષમસુકાયક (heterothallic)** અને **દ્વિસદની (dioecious)** છે. સપુષ્પ વનસ્પતિમાં, એકલિંગી નર પુષ્પને **પુંકેસરીય (staminate)** પુષ્પ એટલે કે પુંકેસરો ધરાવતું પુષ્પ, જ્યારે માદા પુષ્પને **સ્ત્રીકેસરીય (pistillate)** પુષ્પ અથવા સ્ત્રીકેસર ધરાવતું પુષ્પ કહે છે. કેટલીક સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં નર અને માદા પુષ્પ એક જ વનસ્પતિ (એકસદની) પર ઊગે છે અથવા ભિન્ન વનસ્પતિઓ (દ્વિસદની) પર ઊગે છે. કાકડી અને નાળિયેર એકસદની વનસ્પતિનાં ઉદાહરણો છે. જ્યારે પપૈયું અને ખજૂર (date palm) દ્વિસદની વનસ્પતિનાં ઉદાહરણો છે. *જન્યુઓના પ્રકારનાં નામ જણાવો કે જે પુંકેસરીય પુષ્પ (staminate) અને સ્ત્રીકેસરીય પુષ્પ (pistillate)માં સર્જાય છે.*

પરંતુ, પ્રાણીઓ માટે શું ? શું બધી જાતિના સજીવો નર કે માદા (**એકલિંગી**) હોય છે ? અથવા શું એવી જાતિઓ પણ છે કે જે બંને પ્રકારનાં પ્રજનનાંગો (**દ્વિલિંગી**) ધરાવે છે ? તમે સંભવિત રીતે એકલિંગી પ્રાણીઓની જાતિઓની યાદી બનાવી શકો છો. અળસિયું (આકૃતિ 1.6 a). વાદળી, ચપટા કૃમિ અને જળો વગેરે લાક્ષણિક દ્વિલિંગી પ્રાણીઓ છે કે જે નર અને માદા બંને પ્રજનનાંગો ધરાવે છે અને તેઓ **hermaphrodites** (**ઊભયલિંગી કે દ્વિલિંગી**) છે. જ્યારે (આકૃતિ 1.6 b) વંદો એકલિંગી જાતિ છે.

જન્યુનિર્માણ દરમિયાન કોષવિભાજન (Cell division during gamete formation) : તમામ વિષમજન્યુક જાતિઓમાં બે પ્રકારના જન્યુઓ – **નર** અને **માદા** હોય છે. જન્યુઓ **એકકીય** (n) છે. પરંતુ, પિતૃ વનસ્પતિ દેહ કે જેમાંથી તેઓ સર્જાય છે તે એકકીય (n) અથવા દ્વિકીય (2n) હોઈ શકે. એકકીય પિતૃ સમવિભાજન દ્વારા જન્યુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. *એનો અર્થ શું એવો કે એકકીય સજીવોમાં ક્યારેય અર્ધીકરણ જોવા ન મળે ?* આ તમે ધોરણ XI (પ્રકરણ 3)માં આપેલ લીલના જીવનચક્રના ચાર્ટને યોગ્ય જવાબ મેળવવા કાળજીપૂર્વક ચકાસો.

મોનેરા, ફૂગ, લીલ અને દ્વિઅંગીમાં સમાયેલ ઘણા સજીવો **એકકીય** (n) વનસ્પતિ દેહ ધરાવે છે. પરંતુ, ત્રિઅંગી, અનાવૃત્ત બીજધારી, આવૃત્ત બીજધારી અને મનુષ્ય સહિતનાં અનેક પ્રાણીઓમાં પિતૃદેહ **દ્વિકીય (2n)** હોય છે. આથી આ સ્વાભાવિક છે કે, દ્વિકીય દેહમાંથી. એકકીય જન્યુઓના નિર્માણ માટે અર્ધીકરણ કે અવનત વિભાજન (reductional division) થાય છે.



આકૃતિ 1.6 : સજીવોમાં લિંગિતા (જાતીયતા)ની વિવિધતા (a) દ્વિલિંગી/ઊભયલિંગી પ્રાણી (અળસિયું) (b) એકલિંગી પ્રાણી (વંદો) (c) એકસદની વનસ્પતિ (કારા) (d) દ્વિસદની વનસ્પતિ (માર્કેન્શિયા) (e) દ્વિલિંગી પુષ્પ (શક્કરિયું)

કોષ્ટક 1.1 : કેટલાક સજીવોના જન્યુ માતૃકોષ (meiocytes)માં રંગસૂત્રની સંખ્યા (દ્વિકીય, 2n) અને જન્યુ (એકકીય, n)માં રંગસૂત્રની સંખ્યા ખાલી જગ્યામાં પૂરો.

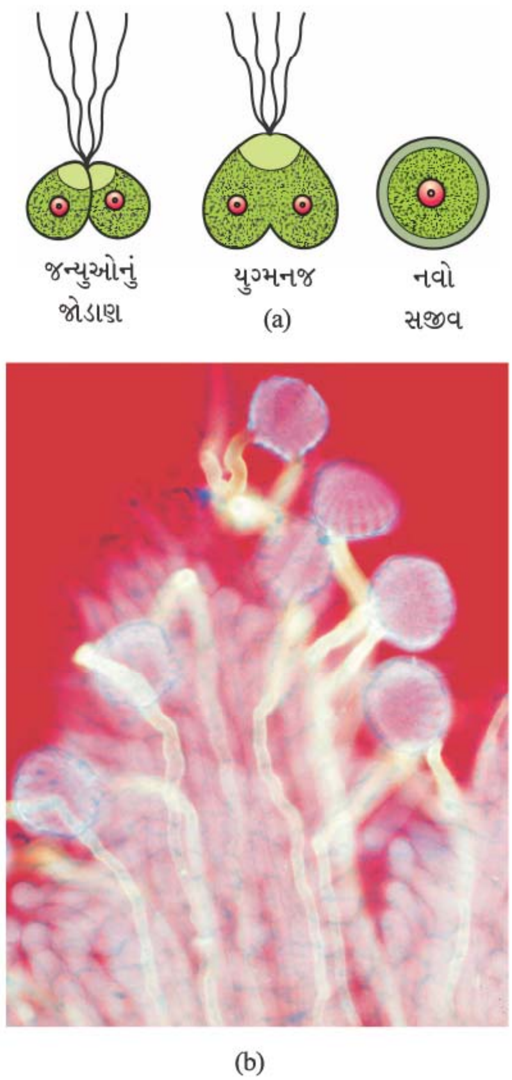
સજીવનું નામ	જન્યુ માતૃકોષમાં રંગસૂત્રની સંખ્યા (2n)	જન્યુમાં રંગસૂત્રની સંખ્યા (n)
મનુષ્ય	46	23
ઘરમાખી	12	–
ઉંદર	–	21
કૂતરો	78	–
બિલાડી	–	19
ફળમાખી	08	–
ઓફિઓગ્લોસમ (ત્રિઅંગી)	–	630
સફરજન	34	–
ચોખા	–	12
મકાઈ	20	–
બટાટા	–	24
પતંગિયું	380	–
ડુંગળી	–	08

દ્વિકીય સજીવોમાં, વિશિષ્ટ કોષો તરીકે ઓળખાતા **જન્યુ માતૃકોષો (meiocytes)** અર્ધીકરણમાં પ્રવેશે છે. અર્ધીકરણમાં અંતે રંગસૂત્રોનું એક જ જૂથ (n) દરેક **જન્યુ**માં દાખલ થાય છે. કોષ્ટક 1.1નો ચીવટપૂર્વક અભ્યાસ કરો અને સજીવોના એકકીય અને દ્વિકીય રંગસૂત્રની સંખ્યા ખાલી જગ્યામાં લખો. *શું જન્યુ માતૃકોષ અને જન્યુની રંગસૂત્ર સંખ્યા વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે ?*

1.2.1.2 જન્યુવહન (Gamete Transfer)

જન્યુઓના નિર્માણ બાદ, નર અને માદા જન્યુઓ તેમનાં સાનુકૂળ જોડાણ (ફલન) માટે ભૌતિક રીતે ભેગા થાય છે. *શું તમને ક્યારેય આશ્ચર્ય થયું છે કે, નર અને માદા જન્યુઓ કેવી રીતે ભેગા થાય છે ?* મોટા ભાગના સજીવોમાં નર જન્યુ ચલિત અને માદા જન્યુ અચલિત હોય છે. અપવાદરૂપે, કેટલીક ફૂગ અને લીલમાં બંને પ્રકારના જન્યુઓ ચલિત હોય છે (આકૃતિ 1.7 a). આથી, એવા માધ્યમની જરૂર પડે છે કે જેથી નર જન્યુનું વહન થાય. લીલ, દ્વિઅંગી અને ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓમાં પાણીના માધ્યમ દ્વારા જન્યુઓ સ્થાનફેર પામે છે. મોટી સંખ્યામાં નર જન્યુઓ, માદા જન્યુઓ સુધી પહોંચવામાં નિષ્ફળ જાય છે. વહન દરમિયાન ગુમાવાતા નર જન્યુઓની પૂર્તતા કરવા માટે, માદા જન્યુની સરખામણીમાં નર જન્યુઓની સંખ્યા હજારો ગણી વધારે હોય છે.

આવૃત્ત બીજધારીઓમાં પરાગરજ એ નર જન્યુઓનું અને અંડક એ અંડકોષનું વહન કરે છે. માટે પરાગાશયમાં સર્જાતી પરાગરજનું ફલન પહેલાં, પરાગાસન પર સ્થળાંતરણ થવું જરૂરી છે



આકૃતિ 1.7 : (a) લીલમાં સમજન્યુઓનો સંપર્ક (b) પુષ્પના પરાગાસન પર પરાગરજનું અંકુરણ

(આકૃતિ 1.7 b). વટાણા જેવી સ્વફલિત દ્વિલિંગી વનસ્પતિઓમાં પરાગાશય અને પરાગાસન એકબીજાની ખૂબ નજીક હોવાને કારણે, પરાગરજનું પરાગાસન પર સ્થાપન પ્રમાણમાં સરળ છે. જેથી પરાગાશયમાંથી મુક્ત થતી પરાગરજ તરત જ પરાગાસનના સંપર્કમાં આવે છે. પરંતુ, પરફલન દર્શાવતી વનસ્પતિઓ (દ્વિસદની વનસ્પતિઓ સહિત) પરાગરજનું પરાગાસન પર સ્થાપન કરવા માટે એક ખાસ પ્રકારની ઘટના દર્શાવે છે જેને **પરાગનયન (pollination)** કહે છે. પરાગરજનું પરાગાસન પર અંકુરણ થાય છે અને પરાગનલિકા નરજન્યુઓનું વહન કરીને અંડક સુધી પહોંચે છે અને નરજન્યુઓને અંડકોષ નજીક મુક્ત કરે છે. દ્વિસદની (એકલિંગી) પ્રાણીઓમાં નર અને માદા જન્યુઓ સ્વતંત્ર રીતે જુદા-જુદા સજીવોમાં સર્જાય છે. તેથી આવા સજીવોમાં જન્યુવહન માટે ખાસ પ્રકારની ક્રિયાવિધિ વિકસાવેલી હોવી જોઈએ. જન્યુઓનું સફળતાપૂર્વક વહન અને તેઓનું એકબીજાની નજીક આવવું એ લિંગીપ્રજનનમાં સૌથી જટિલ (critical) ઘટના 'ફલન' માટે આવશ્યક છે.

1.2.2 ફલન (Fertilisation)

લિંગીપ્રજનન માટેની સૌથી આવશ્યક જીવંત ઘટના હોય તો તે કદાચ જન્યુઓનું જોડાણ છે. આ પ્રક્રિયાને **જન્યુયુગ્મન (syngamy)** કહે છે. જેના પરિણામે દ્વિકીય **યુગ્મનજ (diploid zygote)** સર્જાય છે. **ફલન (fertilization)** પણ આ પ્રક્રિયા માટે વપરાતો શબ્દ છે. જન્યુયુગ્મન અને ફલન એકબીજા માટે વપરાતા રૂપાંતરિત (interchangeably) શબ્દો છે.

જો જન્યુયુગ્મન ન થાય તો શું થાય ?

અહીં એ ઉલ્લેખ કરવો રહ્યો કે, કેટલાક સજીવો જેવા કે રોટીફર્સ, મધમાખી અને કેટલીક ગરોળીઓ તથા પક્ષીઓ (turkey) વગેરેમાં માદા જન્યુ ફલન વગર વિકાસ પામી નવો સજીવ બનાવે છે. આ ઘટનાને **અસંયોગીજનન (parthenogenesis)** કહે છે (અફલિત અંડકોષમાંથી).

જન્યુયુગ્મન ક્યાં થાય છે ? મોટા ભાગના જલજ સજીવો જેવાં કે, મોટા ભાગની લીલ અને માછલીઓ તેમજ ઉભયજીવીઓમાં જન્યુયુગ્મન બાહ્ય માધ્યમ (પાણી)માં થાય છે; એટલે કે, સજીવ દેહની બહાર આ પ્રકારના જન્યુઓના જોડાણને **બાહ્ય ફલન (external fertilization)** કહે છે. બાહ્ય ફલન દર્શાવતા સજીવોમાં જાતિઓ (sexes) વચ્ચે અગત્યનો તાલમેલ (synchrony) જોવા મળે છે અને આસપાસના માધ્યમ (પાણી)માં મોટી સંખ્યામાં જન્યુઓ મુક્ત કરે છે. જેથી જન્યુયુગ્મનની તક વધે છે. અસ્થિમત્સ્ય (bony fish) અને દેડકામાં મોટી સંખ્યામાં આ રીતે સંતતિઓ સર્જાય છે. તેનો મુખ્ય ગેરફાયદો એ છે કે, સંતતિઓનો ભક્ષકો દ્વારા નાશ પામવાની સંભાવના ખૂબ જ વધી જાય છે. આમ, તેઓને પુખ્તતા સુધી પહોંચતા પહેલાં ભયજનક સ્થિતિમાંથી પસાર થવું પડે છે.

ઘણા સ્થલજ સજીવો જેવાં કે ફૂગ, ઉચ્ચ પ્રાણીઓ જેવાં કે સરિસૃપ, વિહગ, સસ્તન અને મોટા ભાગની વનસ્પતિઓ (દ્વિઅંગી, ત્રિઅંગી, અનાવૃત્ત બીજધારી અને આવૃત્ત બીજધારી)માં સજીવ દેહની અંદર જન્યુયુગ્મન થાય છે. તેથી આ પ્રક્રિયાને **અંતઃફલન (internal fertilization)** કહે છે. આ બધા સજીવોમાં અંડકોષ માદાના દેહની અંદર સર્જાય છે. જ્યાં તેઓનું નર જન્યુ સાથે જોડાણ થાય છે. અંતઃફલન દર્શાવતા સજીવોમાં, નર જન્યુ ચલિત હોય છે અને જોડાણ માટે અંડકોષ સુધી પહોંચે છે. અહીં પણ મોટી સંખ્યામાં શુક્રકોષો સર્જાય છે. પરંતુ, તેની સામે સર્જાતા અંડકોષોની સંખ્યા ઘણી ઓછી હોય છે. બીજધારી વનસ્પતિઓમાં, અચલિત નર જન્યુઓ પરાગનલિકાઓ દ્વારા માદા જન્યુ સુધી વહન પામે છે.

1.2.3 પશ્ચફલન ઘટનાઓ (Post-fertilisation events)

લિંગીપ્રજનનમાં યુગ્મનજ નિર્માણ પછી થતી ઘટનાઓને **પશ્ચફલન ઘટનાઓ (Post-fertilization events)** કહે છે.

1.2.3.1 યુગ્મનજ (The Zygote)

લિંગીપ્રજનન દર્શાવતા બધા સજીવોમાં યુગ્મનજનું નિર્માણ થવું એ સાર્વત્રિક (universal) ઘટના છે, જે સજીવોમાં બાહ્ય ફલન થાય છે, તેઓમાં યુગ્મનજનું નિર્માણ બાહ્ય માધ્યમમાં (પાણીમાં) થાય છે. જ્યારે અંતઃફલન દર્શાવતાં પ્રાણીઓમાં, યુગ્મનજનું નિર્માણ સજીવ દેહની અંદર થાય છે.

યુગ્મનજનો આગળનો વિકાસ સજીવ કયા પ્રકારનું જીવનચક્ર ધરાવે છે તેમજ કયા પર્યાવરણમાં વસે છે તેના પર આધારિત છે. લીલ અને ફૂગ જેવા સજીવોમાં યુગ્મનજ જાડી દીવાલ વિકસાવે છે જે શુષ્કતા અને નુકસાન (ઈજા) સામે પ્રતિકાર કરે છે. તે અંકુરણ પામતા પહેલાં વિરામના સમયગાળામાંથી પસાર થાય છે. એકવિધ (haplontic) જીવનચક્ર ધરાવતા સજીવોમાં (તમે ધોરણ XIમાં ભણી ગયાં છો), યુગ્મનજ અર્ધીકરણ દ્વારા એકકીય બીજાણુઓ સર્જે છે જે એકકીય સજીવમાં વૃદ્ધિ પામે છે. *ધોરણ XIના પાઠ્યપુસ્તકમાં ચકાસો કે દ્વિવિધ (diplontic) અને એક-દ્વિવિધ (haplo-diplontic) જીવનચક્ર ધરાવતી વનસ્પતિઓમાં યુગ્મનજનો વિકાસ કયા પ્રકારનો છે ?*

યુગ્મનજ, એક પેઢીથી બીજી પેઢીના સજીવો વચ્ચે સાતત્ય જાળવતી જીવંત કડી છે. માનવ સહિતના બધા જ લિંગીપ્રજનન દર્શાવતા સજીવોનું જીવન એક જ કોષ તરીકે યુગ્મનજથી શરૂ થાય છે.

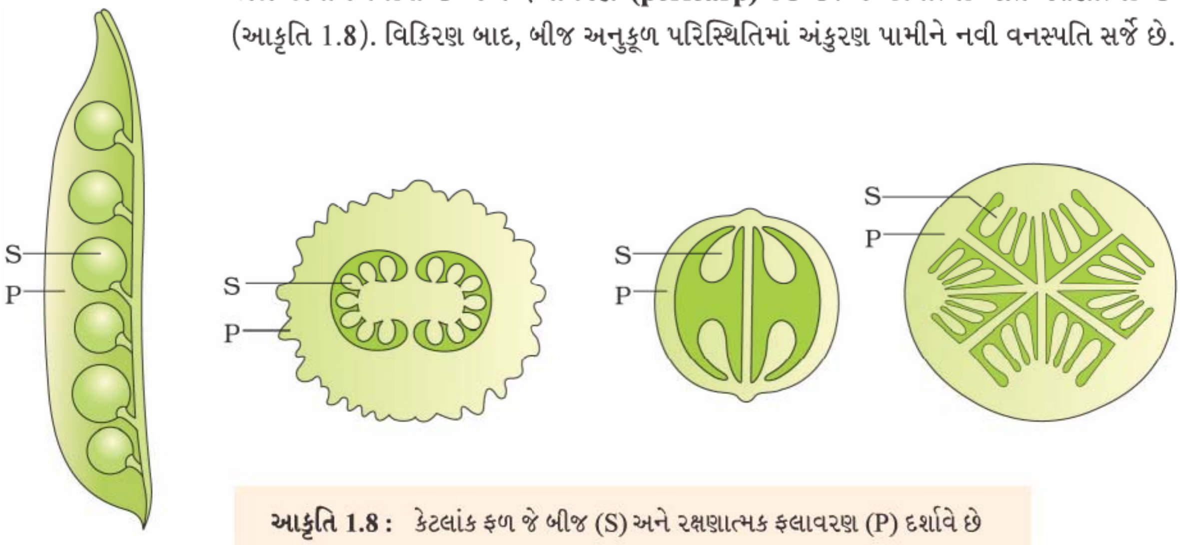
1.2.3.2 ભ્રૂણજનન (Embryogenesis)

ભ્રૂણજનન એ યુગ્મનજમાંથી **ભ્રૂણના** વિકાસની પ્રક્રિયા છે. ભ્રૂણજનન દરમિયાન, યુગ્મનજ **કોષવિભાજન (સમભાજન)** અને **કોષવિભેદન** પામે છે. કોષવિભાજનથી વિકાસ પામતા ભ્રૂણમાં કોષોની સંખ્યામાં વધારો થાય છે; જ્યારે કોષવિભેદન દરમિયાન કોષોના સમૂહો કેટલાંક રૂપાંતરણોમાંથી પસાર થઈને વિશિષ્ટ પેશીઓ અને અંગો રચી, સજીવનું નિર્માણ કરે છે. તમે અગાઉના ધોરણમાં કોષવિભાજન અને વિભેદન વિશે અભ્યાસ કરેલ છે.

પ્રાણીઓમાં તેમના યુગ્મનજનો વિકાસ માદા દેહની બહાર થાય છે કે અંદર, તેના આધારે તેઓને બે પ્રકારો - **અંડપ્રસવી (oviparous)** અને **અપત્યપ્રસવી (viviparous)**માં વહેંચવામાં આવે છે એટલે કે તેઓ ફલિત / અફલિત ઈંડાં મૂકશે અથવા બચ્ચાંને જન્મ આપશે. સરિસૃપ અને પક્ષીઓ જેવા અંડપ્રસવી પ્રાણીઓ **કેલ્શિયમયુક્ત કવચ**થી આવરિત ઈંડાં **પર્યાવરણ**માં સુરક્ષિત સ્થાને મૂકે છે. નિશ્ચિત સેવનકાળ બાદ બાળપ્રાણી ઈંડાંમાંથી બહાર આવે છે. બીજી તરફ

અપત્યપ્રસવી પ્રાણીઓ જેવાં કે મનુષ્ય સહિતના સસ્તનમાં માદા સજીવના દેહમાં યુગ્મનજમાંથી તરુણ સજીવ વિકાસ પામે છે. વૃદ્ધિની કેટલીક અવસ્થાઓમાંથી પસાર થયા બાદ તરુણ સંતતિ માદા દેહની બહાર પ્રસવ પામે છે. યોગ્ય ભ્રૂણીય કાળજી અને રક્ષણને કારણે, તરુણની ઉત્તરજીવિતતાની તકો અપત્યપ્રસવી સજીવોમાં વધુ હોય છે.

સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં યુગ્મનજનો વિકાસ અંડકમાં થાય છે. ફલન બાદ પુષ્પના વજ્રપત્રો, દલપત્રો અને પુંકેસરો કરમાઈ અને ખરી પડે છે. *શું તમે એ વનસ્પતિનું નામ જણાવી શકો છો કે જેમાં વજ્રપત્રો જોડાયેલા રહે છે ?* જ્યારે સ્ત્રીકેસર વનસ્પતિ સાથે જોડાયેલ રહે છે. યુગ્મનજનો વિકાસ ભ્રૂણમાં અને અંડકનો વિકાસ બીજમાં થાય છે. **બીજાશય**નો વિકાસ **ફળ**માં થાય છે. જેમાં જાડી દીવાલ વિકસે છે જેને **ફલાવરણ (pericarp)** કહે છે. જે કાર્યાત્મક રીતે રક્ષણાત્મક છે (આકૃતિ 1.8). વિકિરણ બાદ, બીજ અનુકૂળ પરિસ્થિતિમાં અંકુરણ પામીને નવી વનસ્પતિ સર્જે છે.



આકૃતિ 1.8 : કેટલાંક ફળ જે બીજ (S) અને રક્ષણાત્મક ફલાવરણ (P) દર્શાવે છે

સારાંશ

પ્રજનન દ્વારા જાતિઓ પેઢીઓ સુધી જીવિત રહે છે. સજીવોમાં પ્રજનનને અલિંગી અને લિંગી એમ બે પ્રકારમાં વહેંચી શકાય છે. અલિંગીપ્રજનન જન્યુઓના જોડાણને સમાવતું નથી. તે ફૂગ, લીલ અને કેટલાંક અપૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓમાં જે સરળ રચના ધરાવે છે તેમાં આ પ્રક્રિયા સામાન્ય છે. અલિંગીપ્રજનન દ્વારા પ્રાપ્ત સંતતિ એકસમાન હોય છે. જેમને જનીનિક પ્રતિકૃતિઓ (clones) કહે છે. ચલબીજાણુઓ, કણીબીજાણુઓ વગેરે ખૂબ જ સામાન્ય અલિંગી રચનાઓ છે જે ઘણી લીલ અને ફૂગમાં ઉત્પન્ન થાય છે. કલિકાસર્જન અને અંતઃકલિકાઓ (gemmule) અલિંગીપ્રજનનની આ પદ્ધતિઓ નિમ્ન કક્ષાનાં પ્રાણીઓમાં સામાન્ય છે.

આદિકોષકેન્દ્રી અને એકકોષીય સજીવો પિતૃકોષના કોષવિભાજન અથવા દ્વિભાજન દ્વારા અલિંગીપ્રજનન કરે છે. આવૃત્ત બીજધારીની કેટલીક જલીય અને સ્થળજ જાતિઓમાં ભૂસ્તારી, ગાંઠામૂળી, અધોભૂસ્તારી, ગ્રંથિલ, ભૂસ્તારિકા વગેરે જેવી રચનાઓ નવી સંતતિ સર્જે છે. અલિંગીપ્રજનનની આ પદ્ધતિઓ સામાન્ય રીતે વાનસ્પતિક પ્રજનન તરીકે ઉલ્લેખાય છે.

લિંગીપ્રજનન જન્યુઓના નિર્માણ અને તેઓના જોડાણને સમાવે છે. અલિંગીપ્રજનનની સાપેક્ષે તે એક જટિલ અને ધીમી ક્રિયા છે. મોટા ભાગનાં ઉચ્ચ પ્રાણીઓમાં પ્રજનન લિંગી પદ્ધતિથી જ થાય છે. લિંગીપ્રજનનની ઘટનાઓને પૂર્વ ફલન, ફલન અને પશ્ચ ફલનમાં વહેંચવામાં આવે છે. પૂર્વ ફલન જન્યુજનક અને જન્યુઓના વહનને સમાવે છે. જ્યારે પશ્ચ ફલન યુગ્મનજનું નિર્માણ અને ભ્રૂણજનનને સમાવે છે.

સજીવ એકલિંગી કે ઉભયલિંગી હોય છે. આવૃત્ત બીજધારીઓમાં જાતીયતા ભિન્ન છે કારણ કે, તેઓ વિવિધ પ્રકારનાં પુષ્પો સર્જે છે. વનસ્પતિઓને એકસદની અને દ્વિસદનીમાં વ્યાખ્યાયિત કરાય છે. પુષ્પો દ્વિલિંગી કે એકલિંગી હોઈ શકે છે.

સામાન્યતઃ જન્યુઓ એકકીય હોય છે જે અર્ધીકરણની સીધી નીપજ છે. અપવાદરૂપ એકકીય સજીવોમાં તે સમવિભાજન દ્વારા સર્જાય છે.

જન્યુઓનું વહન, લિંગીપ્રજનનની આવશ્યક ઘટના છે. દ્વિલિંગી સજીવોમાં પ્રમાણમાં તે સરળ છે. જ્યારે એકલિંગી સજીવોમાં સમાગમ કે એક સાથે મુક્ત થવાથી થાય છે. આવૃત્ત બીજધારીઓમાં, વિશિષ્ટ પ્રક્રિયા - પરાગનયન દ્વારા પરાગરજનું વહન થાય છે જે પરાગરજને પરાગાસન પર લઈ જાય છે.

નર અને માદા જન્યુઓ વચ્ચે જન્યુયુગ્મન (fertilization) થાય છે. જન્યુયુગ્મન સજીવ દેહની બહાર અથવા અંદર થાય છે. જન્યુયુગ્મનને કારણે એક વિશિષ્ટ કોષ સર્જાય છે જેને યુગ્મનજ (zygote) કહે છે.

યુગ્મનજમાંથી ભ્રૂણના નિર્માણની ક્રિયાને ભ્રૂણજનન કહે છે. પ્રાણીઓમાં, યુગ્મનજ સર્જાયા બાદ તરત જ વિકાસ પામે છે. પ્રાણીઓ અંડપ્રસવી કે અપત્યપ્રસવી હોય છે. અપત્યપ્રસવી પ્રાણીઓમાં ભ્રૂણરક્ષણ અને કાળજી વધુ સારી હોય છે.

સપુષ્પ વનસ્પતિઓમાં, ફલન બાદ બીજાશય ફળમાં અને અંડક બીજમાં રૂપાંતર પામે છે જ્યારે પુખ્ત બીજની અંદર નવી પેઢીની સંતતિ, ભ્રૂણ હોય છે.

સ્વાધ્યાય

1. સજીવો માટે પ્રજનન શા માટે આવશ્યક છે ?
2. કઈ પ્રજનનપદ્ધતિ સારી છે : લિંગી અથવા અલિંગીપ્રજનન ? શા માટે ?
3. શા માટે અલિંગીપ્રજનન દ્વારા સર્જાતી સંતતિ પ્રતિકૃતિ તરીકે ઉલ્લેખાય છે ?
4. લિંગીપ્રજનનના લીધે સર્જાતી સંતતિને જીવિતતાની સારી તકો છે, શા માટે ? શું આ વિધાન હંમેશાં સાચું છે ?
5. અલિંગીપ્રજનન દ્વારા સર્જાયેલી સંતતિ લિંગીપ્રજનન દ્વારા સર્જાયેલ સંતતિથી ભિન્ન કેવી રીતે હોય છે ?
6. અલિંગી અને લિંગીપ્રજનન વચ્ચેનો ભેદ આપો. શા માટે વાનસ્પતિક પ્રજનનને અલિંગીપ્રજનનના પ્રકાર તરીકે પણ ગણવામાં આવે છે ?

7. વાનસ્પતિક પ્રજનન શું છે ? બે ઉદાહરણો આપો.
8. વ્યાખ્યા આપો :
   (a) જુવેનાઈલ તબક્કો
   (b) પ્રાજનનિક તબક્કો
   (c) વૃદ્ધત્વ (જીર્ણતા)નો તબક્કો
9. ઉચ્ચ કક્ષાના સજીવો લિંગીપ્રજનનનો એક જટિલ સ્રોત છે. શા માટે ?
10. શા માટે અર્ધીકરણ અને જન્યુજનન હંમેશાં આંતર સંયોજિત છે ? સમજૂતી આપો.
11. સપુષ્પ વનસ્પતિના પ્રત્યેક ભાગને ઓળખો અને લખો કે તેઓ એકકીય (n) છે કે દ્વિકીય (2n) :
   (a) અંડાશય ____________
   (b) પરાગાશય ____________
   (c) અંડકોષ ____________
   (d) પરાગરજ ____________
   (e) નરજન્યુ ____________
   (f) યુગ્મનજ ____________
12. બાહ્ય ફલન વ્યાખ્યાયિત કરો. તેના ગેરફાયદાઓ જણાવો.
13. ચલબીજાણુ અને યુગ્મનજ વચ્ચેનો તફાવત આપો.
14. જન્યુજનન અને ભ્રૂણજનન વચ્ચેનો તફાવત આપો.
15. પુષ્પમાં પશ્ચ ફલનમાં થતાં ફેરફારો વર્ણવો.
16. દ્વિલિંગી પુષ્પ એટલે શું ? તમારા પડોશી પાસેથી પાંચ દ્વિલિંગી પુષ્પો એકઠાં કરો અને તમારા શિક્ષકની મદદથી તેમનાં સામાન્ય નામો અને વૈજ્ઞાનિક નામો શોધો.
17. કોઈ પણ કુકુરબીટા છોડના થોડાંક પુષ્પોનું પરીક્ષણ કરો અને નર પુષ્પો તથા માદા પુષ્પોને ઓળખવાનો પ્રયત્ન કરો. શું તમને અન્ય કોઈ વનસ્પતિનાં એકલિંગી પુષ્પો જાણવા મળ્યાં ?
18. શા માટે અપત્યપ્રસવી પ્રાણીઓની સંતતિની સાપેક્ષે અંડપ્રસવી પ્રાણીઓની સંતતિને વધારે ખતરો હોય છે ?

પ્રકરણ 2

સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં લિંગીપ્રજનન (Sexual Reproduction in Flowering Plants)

2.1 પુષ્પ : આવૃત બીજધારીઓનું એક આકર્ષક અંગ

2.2 પૂર્વ ફલન : રચનાઓ અને ઘટનાઓ

2.3 બેવડું ફલન

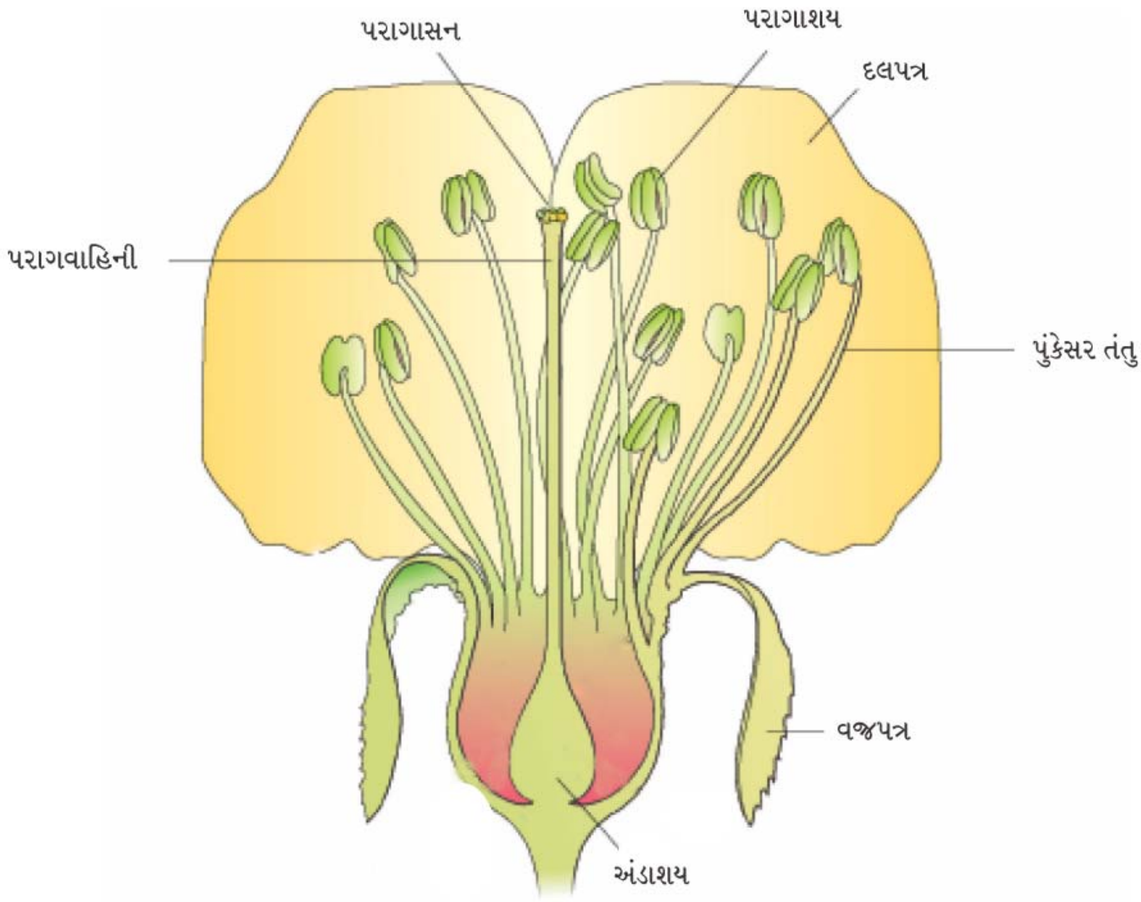
2.4 પશ્ચ ફલન : રચનાઓ અને ઘટનાઓ

2.5 અસંયોગીજનન અને બહુભ્રૂણતા

શું આપણે નસીબદાર નથી કે વનસ્પતિઓ લિંગીપ્રજનન કરે છે ? પુષ્પની સુંદરતા જેની તરફ જોઈને આપણે ખુશી અનુભવીએ છીએ, મોહક સુગંધ, આકર્ષક રંગ જે આપણને આકર્ષે છે, આ બધાં લિંગીપ્રજનન માટેનાં પ્રસાધનો છે. પુષ્પ ફક્ત આપણાં સ્વાર્થીપણા માટે અસ્તિત્વ ધરાવતાં હોતાં નથી. બધી જ સપુષ્પી વનસ્પતિઓ લિંગીપ્રજનન દર્શાવે છે. પુષ્પવિન્યાસ, પુષ્પ અને તેના પુષ્પીય ભાગોમાં જોવા મળતી વિવિધતા એ લિંગીપ્રજનનની અંતિમ નીપજો, ફળ અને બીજના સર્જન માટેની અનુકૂળતાઓ નિશ્ચિત કરે છે. આ પ્રકરણમાં, આપણે સપુષ્પી (આવૃત બીજધારી) વનસ્પતિની બાહ્યાકારવિદ્યા, રચના અને લિંગીપ્રજનનની ક્રિયાનો અભ્યાસ કરીશું.

2.1 પુષ્પ : આવૃત બીજધારીઓનું એક આકર્ષક અંગ (Flower : A Fascinating Organ of Angiosperms)

અતિપ્રાચીન સમયથી મનુષ્યનો પુષ્પો સાથે ઘનિષ્ટ સંબંધ રહેલો છે. પુષ્પો એ સૌંદર્યલક્ષી, સુશોભન, સામાજિક, ધાર્મિક અને સાંસ્કૃતિક મૂલ્ય ધરાવે છે. તેઓ હંમેશાં માનવની મહત્ત્વની લાગણીઓ જેવી કે, પ્રેમ, વહાલ (હેત), ખુશી, વ્યથા, શોક કે દુઃખ વગેરે વ્યક્ત કરવાના પ્રતીક સ્વરૂપે ઉપયોગી છે. *તમે પાંચ એવાં કલાત્મક પુષ્પોની યાદી બનાવો જે સામાન્યતઃ ઘર તેમજ બગીચાઓમાં ઉગાડવામાં આવતાં હોય. એવાં પાંચ પુષ્પોનાં નામ શોધી કાઢો જે સામાજિક અને સાંસ્કૃતિક પ્રસંગે આપના કુટુંબમાં ઉપયોગમાં લેવાતાં હોય. શું તમે પુષ્પ-સંવર્ધન (floriculture) વિશે સાંભળ્યું છે ? તેનો સંદર્ભ શું છે ?*



આકૃતિ 2.1 : પુષ્પના ઊભા છેદનું રેખાંકન

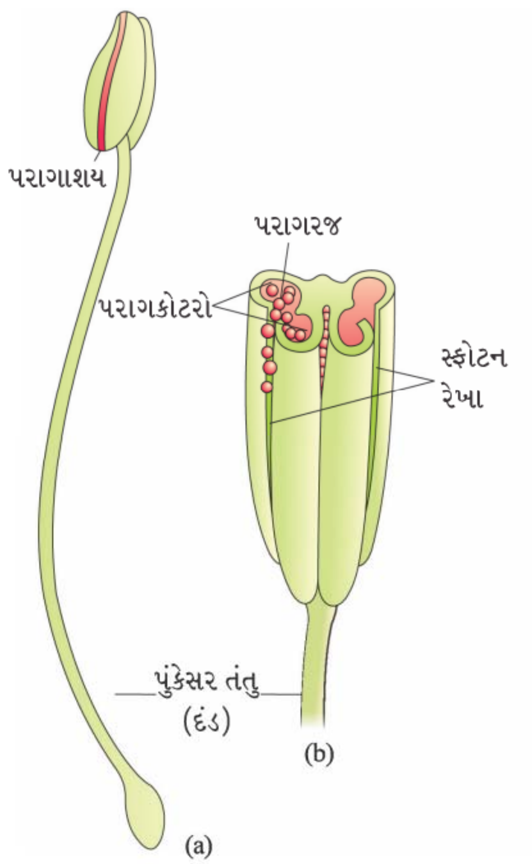
જીવવિજ્ઞાની માટે, પુષ્પ એ બાહ્યાકારવિદ્યાકીય અને ભ્રૂણવિદ્યાકીય દૃષ્ટિએ અદ્ભુત રચના છે અને લિંગીપ્રજનન માટેનું સ્થાન છે. તમે ધોરણ XIમાં પુષ્પના વિવિધ ભાગો વિશે વાંચ્યું હશે. આકૃતિ 2.1 તમને લાક્ષણિક પુષ્પના વિવિધ ભાગોની યાદ તાજી કરાવશે. શું તમે પુષ્પના બે ભાગોનાં નામ આપી શકશો કે જેમાં લિંગીપ્રજનન માટેના બે મહત્ત્વના એકમો વિકાસ પામે છે ?

2.2 પૂર્વ ફલન : રચનાઓ અને ઘટનાઓ (Pre-fertilization : Structures and Events)

વનસ્પતિ પર ખરેખર પુષ્પ સર્જાય તેના ઘણા સમય પહેલાં વનસ્પતિ નિયત જગ્યાએ પુષ્પ સર્જે તેનો નિર્ણય લેવાઈ ગયો હોય છે. કેટલાક અંતઃસ્રાવીય અને રચનાત્મક ફેરફારોના પ્રારંભને અનુસરીને પુષ્પીય પ્રવર્ધોમાં વિભેદન અને આગળનો વિકાસ થાય છે. પુષ્પકલિકાઓ ધરાવતો પુષ્પવિન્યાસ સર્જાય છે અને પછીથી તેનાં પર પુષ્પો સર્જાય છે. પુષ્પમાં નર અને માદા પ્રજનનાંગો - પુંકેસર અને સ્ત્રીકેસર વિભેદન અને વિકાસ પામે છે. તમે પુનઃ સ્મરણ કરી શકો કે પુંકેસર ધરાવતું પુંકેસરચક્ર નર પ્રજનન અંગનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે અને સ્ત્રીકેસર ધરાવતું સ્ત્રીકેસરચક્ર માદા પ્રજનન અંગનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે.

2.2.1 પુંકેસર, લઘુબીજાણુધાની અને પરાગરજ (Stamen, Microsporangium and Pollen Grain)

આકૃતિ 2.2 (a) લાક્ષણિક **પુંકેસર**ના બે ભાગો દર્શાવે છે લાંબો અને પાતળા દંડને **તંતુ** કહે છે અને અગ્રીય ભાગ સામાન્યતઃ દ્વિખંડીય હોય છે જેને **પરાગાશય** કહેવાય છે. તંતુનો નીકટવર્તી છેડો પુષ્પના પુષ્પાસન કે દલપત્ર સાથે જોડાયેલ હોય છે. જુદી-જુદી જાતિઓનાં પુષ્પોમાં પુંકેસરની સંખ્યા અને લંબાઈમાં વિવિધતા હોય છે. જો તમે દસ પુષ્પોના પુંકેસરને એકત્રિત કરી (દરેક જુદી જાતિનું હોય) તેને સ્લાઇડ પર ગોઠવો. તમે તેના કદની વિશાળ વિવિધતા માટે કુદરતની પ્રશંસા કરશો. વિચ્છેદનીય સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં દરેક પુંકેસરનું કાળજીપૂર્વક અવલોકન કરો અને તેની સુસ્પષ્ટ આકૃતિ વડે વિવિધ પુષ્પોમાં આકાર અને પરાગાશયના જોડાણ બાબતે સ્પષ્ટતા મળે છે.



આકૃતિ 2.2 : (a) લાક્ષણિક પુંકેસર
(b) પરાગાશયનો ત્રિપારિમાણિક છેદ

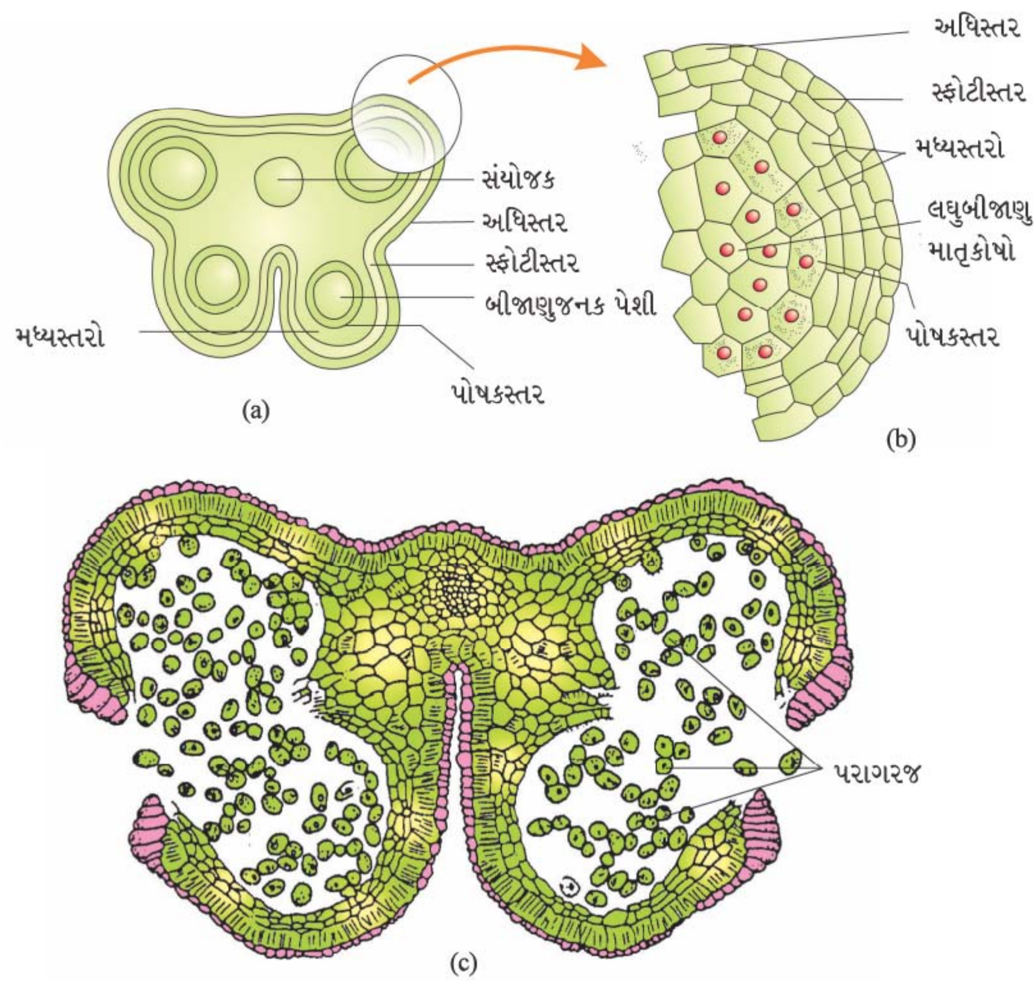
લાક્ષણિક આવૃત બીજધારીમાં પરાગાશય **દ્વિખંડીય** હોય છે. દરેક ખંડ બે કોટરો (theca) ધરાવે છે. એટલે કે તે **દ્વિકોટરીય** (dithecous) છે અને પરાગાશય **ચતુઃકોટરીય** (tetrathecous) છે (આકૃતિ 2.2 b). ઘણી વાર લંબાઈ અનુસાર આવેલ આયામ ધરીની ખાંચ વડે ખંડો એકબીજાથી છૂટા પડે છે. ચાલો, આપણે પરાગાશયના અનુપ્રસ્થ છેદમાં વિવિધ પ્રકારની પેશીઓ અને તેમના આયોજનને સમજીએ (આકૃતિ 2.3 a). પરાગાશયના અનુપ્રસ્થ છેદમાં તેની દ્વિખંડીય રચના સ્પષ્ટ થાય છે. પરાગાશય ચાર બાજુઓ ધરાવતી ચતુષ્કોણીય (tetragonal) રચના છે. જેના ખૂણે ચાર **લઘુબીજાણુધાનીઓ** આવેલી હોય છે. દરેક ખંડમાં બે લઘુબીજાણુધાનીઓ હોય છે.

લઘુબીજાણુધાનીઓ આગળ વિકાસ પામે છે અને **પરાગકોથળીઓ** (પરાગકોટરો)માં પરિણમે છે. તેઓ પરાગાશયની લંબાઈને અનુસરીને આયામ રીતે લંબાયેલી છે અને પરાગરજથી ભરેલી હોય છે.

લઘુબીજાણુધાનીની રચના (Structure of microsporangium) : આડછેદમાં જોતાં, લાક્ષણિક પરાગાશય (લઘુબીજાણુધાની)ની બાહ્ય સપાટી ગોળાકાર જોવા મળે છે. તે સામાન્યતઃ ચાર દીવાલીય સ્તરોથી આવરિત છે (આકૃતિ 2.3 b). અધિસ્તર, તંતુમય સ્તર (સ્ફોટીસ્તર - endothecium), મધ્યસ્તરો અને પોષકસ્તર (tapetum). બહારના ત્રણ સ્તરો કાર્યાત્મક રીતે રક્ષણાત્મક અને પરાગાશયનું સ્ફોટન પ્રેરી પરાગરજને મુક્ત કરવામાં મદદ કરે છે. સૌથી અંદરનું દીવાલસ્તર **પોષકસ્તર** છે. તે વિકાસ પામતી પરાગરજને પોષણ પૂરું પાડે છે. પોષકસ્તરના કોષો ઘટ્ટ કોષરસ અને સામાન્યતઃ એક કરતાં વધુ કોષકેન્દ્રો ધરાવે છે. *શું તમે વિચારી શકો છો કે પોષકસ્તરના કોષો કઈ રીતે દ્વિકોષકેન્દ્રી બનતા હશે ?*

જ્યારે પરાગાશય તરુણ હોય ત્યારે સઘન રીતે ગોઠવાયેલા સમજાત કોષોનો સમૂહ લઘુબીજાણુધાનીની મધ્ય (કેન્દ્ર)માં સ્થાન લે છે જેને **બીજાણુજનક પેશી (sporogenous tissue)** કહે છે.

લઘુબીજાણુજનન (microsporogenesis) : પરાગાશય પરિપક્વ બને ત્યારે બીજાણુજનક પેશીના કોષો અર્ધીકરણ પામી, લઘુબીજાણુ ચતુષ્ક / પરાગ ચતુષ્ક (microspore tetrads/pollen tetrads) સર્જે છે. *પરાગ ચતુષ્કના*

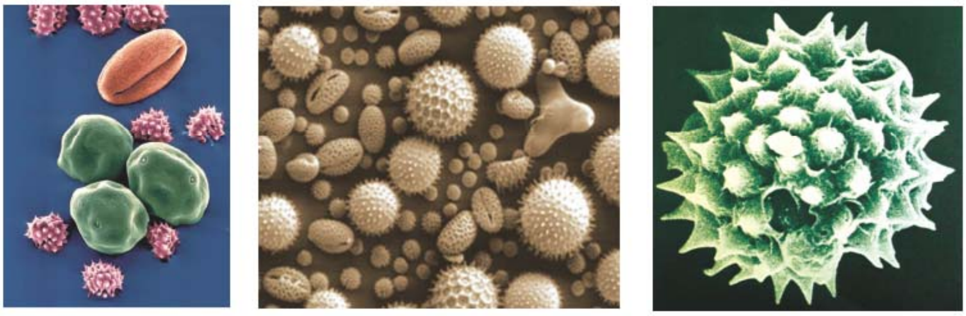


આકૃતિ 2.3 : (a) તરુણ પરાગાશયનો આડો છેદ (b) એક લઘુબીજાણુધાનીની દીવાલના સ્તરો દર્શાવતો દેખાવ (c) સ્ફોટન પામતું પરિપક્વ પરાગાશય

કોષોની પ્લોઈડી (ploidy) શું હોઈ શકે ?

બીજાણુજનક પેશીનો પ્રત્યેક કોષ લઘુબીજાણુ ચતુષ્ક સર્જવાની ક્ષમતા ધરાવે છે, જે દરેક ક્ષમતાપૂર્ણ પરાગ કે લઘુબીજાણુ માતૃકોષ (pollen or microspore mother cell) છે. પરાગ માતૃકોષ (pollen mother cell-PMC)માંથી અર્ધીકરણ દ્વારા લઘુબીજાણુ સર્જાવાની પ્રક્રિયાને **લઘુબીજાણુજનન (microsporogenesis)** કહે છે. લઘુબીજાણુ સર્જાય ત્યારે તે ચાર કોષોના સમૂહ સ્વરૂપે હોય છે. જેને **લઘુબીજાણુ ચતુષ્ક** કે **પરાગ ચતુષ્ક** કહે છે (આકૃતિ 2.3 a). પરાગાશય પરિપક્વ થાય અને શુષ્ક બને એટલે લઘુબીજાણુઓ એકબીજાથી છૂટા પડે છે અને **પરાગરજ**માં વિકાસ પામે છે (આકૃતિ 2.3 b). દરેક લઘુબીજાણુધાનીમાં હજારોની સંખ્યામાં લઘુબીજાણુઓ કે પરાગરજનું નિર્માણ થાય છે, કે જે પરાગાશયનું સ્ફોટન થવાથી મુક્ત થાય છે (આકૃતિ 2.3 c).

પરાગરજ (pollen grain) : પરાગરજ, નર જન્યુજનક અવસ્થાનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. જો તમે જાસૂદના કે અન્ય કોઈ પુષ્પના ખુલ્લા પરાગાશયને સ્પર્શ કરશો, તો તમારી આંગળીઓ પર પરાગરજનો પીળાશ-પડતો પાઉડર જોવા મળશે. કાચની સ્લાઇડ પર પાણીનું ટીપું લઈ, તેને સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર વડે અવલોકન કરો.

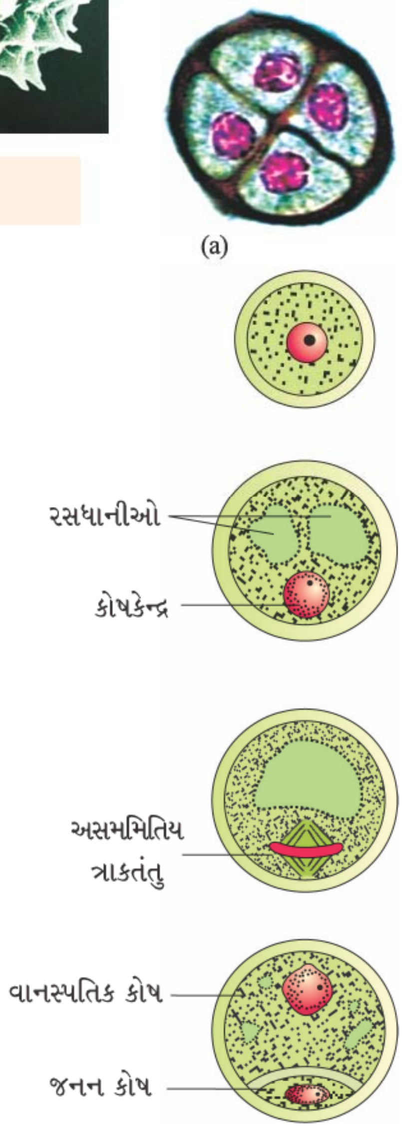


આકૃતિ 2.4 : કેટલીક પરાગરજનો ઇલેક્ટ્રૉન સૂક્ષ્મ ફોટોગ્રાફ્સ (SEM)

તમે ખરેખર આશ્ચર્યચકિત થશો કે વિવિધ જાતિની પરાગરજ બંધારણની બાબતે જેમકે, તેમનાં કદ, આકાર, રંગ અને સંરચના (design) વગેરેમાં ભિન્ન છે (આકૃતિ 2.4).

પરાગરજ સામાન્ય રીતે ગોળાકાર હોય છે, જે 25-50 μm (માઈક્રોમિટર) વ્યાસ ધરાવે છે. તે સ્પષ્ટ દ્વિસ્તરીય દીવાલ ધરાવે છે. બહારનું સખત આવરણ **બાહ્યાવરણ (exine)** કહેવાય છે, જે સ્પોરોપોલેનિન (sporopollenin)નું બનેલું છે કે જે એક ખૂબ જ પ્રતિરોધક કાર્બનિક દ્રવ્ય તરીકે જાણીતું છે. તે ઊંચા તાપમાન અને જલદ ઍસિડ અને બેઇઝ સામે ટકી શકે છે. મળતી માહિતી મુજબ ઉત્સેચકો પણ સ્પોરોપોલેનિનને અવનત કરી શકતા નથી. પરાગરજના બાહ્ય આવરણમાં જ્યાં સ્પોરોપોલેનિન ગેરહાજર હોય ત્યાં સ્પષ્ટ છિદ્રો જોવા મળે છે જેને **જનનછિદ્રો (germ pores)** કહે છે. સ્પોરોપોલેનિનની હાજરીને કારણે પરાગરજ અશ્મિઓ સ્વરૂપે સંગ્રહાયેલ હોય છે. *તમે શા માટે વિચારો છો કે તે બાહ્યાવરણ આકર્ષક ભાત (patterns) અને નકશી (designs) ધરાવે છે ? તમે શા માટે વિચારો છો કે બાહ્યાવરણ સખત હોવું જોઈએ ? જનનછિદ્રનું કાર્ય શું છે ?* પરાગરજના અંદરના આવરણને **અંતઃઆવરણ (intine)** કહે છે. તે સેલ્યુલોઝ અને પેક્ટિનનું બનેલું પાતળું તથા સળંગ આવરણ છે. પરાગરજનો કોષરસ રસસ્તરથી ઘેરાયેલો હોય છે. જ્યારે પરાગરજ પરિપક્વ બને છે ત્યારે બે કોષો - **વાનસ્પતિક કોષ (vegetative cell)** અને **જનનકોષ (generative cell)** ધરાવે છે (આકૃતિ 2.5 b). વાનસ્પતિક કોષ મોટો, વિપુલ ખોરાક સંગૃહિત અને મોટું અનિયમિત આકારનું કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. **જનનકોષ** નાનો હોય છે અને વાનસ્પતિક કોષના કોષરસમાં તે તરે છે. તે ઘટ્ટ કોષરસ અને કોષકેન્દ્ર ધરાવતો ત્રાકાકાર કોષ હોય છે. 60 %થી વધુ આવૃત બીજધારીઓમાં, પરાગરજ દ્વિકોષીય (2-celled) અવસ્થાએ મુક્ત થાય છે. બાકીની જાતિઓમાં, પરાગરજ ત્રિકોષીય (3-celled) અવસ્થાઓ મુક્ત થાય તે પહેલાં જનનકોષ સમભાજન પામી બે નરજન્યુ/પુંજન્યુઓ સર્જે છે.

ઘણી જાતિઓની પરાગરજ ઘણા લોકોમાં તીવ્ર એલર્જી અને શ્વાસવાહિકાની યાતના (bronchial affliction) પ્રેરે છે. જેને અનુસરીને શ્વસનમાર્ગ સંબંધિત રોગો – અસ્થમા, બ્રોન્કાઇટિસ વગેરે થાય છે. અહીં ઉલ્લેખ કરવો રહ્યો કે, આયાત કરવામાં આવેલા ઘઉંની સાથે અશુદ્ધિ તરીકે ગાજર ઘાસ (*Parthenium* કે Carrot grass) ભારતમાં પ્રવેશેલ છે, જે સર્વવ્યાપી છે અને તે પરાગરજની એલર્જી પ્રેરે છે.



આકૃતિ 2.5 : (a) એક પરાગરજ ચતુષ્કનો વિસ્તૃત દેખાવ (b) પરાગરજની પુખ્તતાની અવસ્થાઓ

પરાગરજ પોષક તત્ત્વોથી સમૃદ્ધ છે. હાલનાં વર્ષોમાં પરાગરજની ગોળીઓ (tablets) પૂરક આહાર તરીકે ઉપયોગમાં લેવાની પ્રથા છે. પશ્ચિમી દેશોમાં, મોટા પ્રમાણમાં પરાગરજની પેદાશો ગોળીઓ અને સિરપ સ્વરૂપે બજારમાં ઉપલબ્ધ છે. પરાગરજનો વપરાશ કરવાથી રમતવીરો અને દોડમાં ભાગ લેનાર ઘોડાઓના (race horses) દેખાવ (performance)માં વધારો કરે છે એવો દાવો થયો છે (આકૃતિ 2.6).

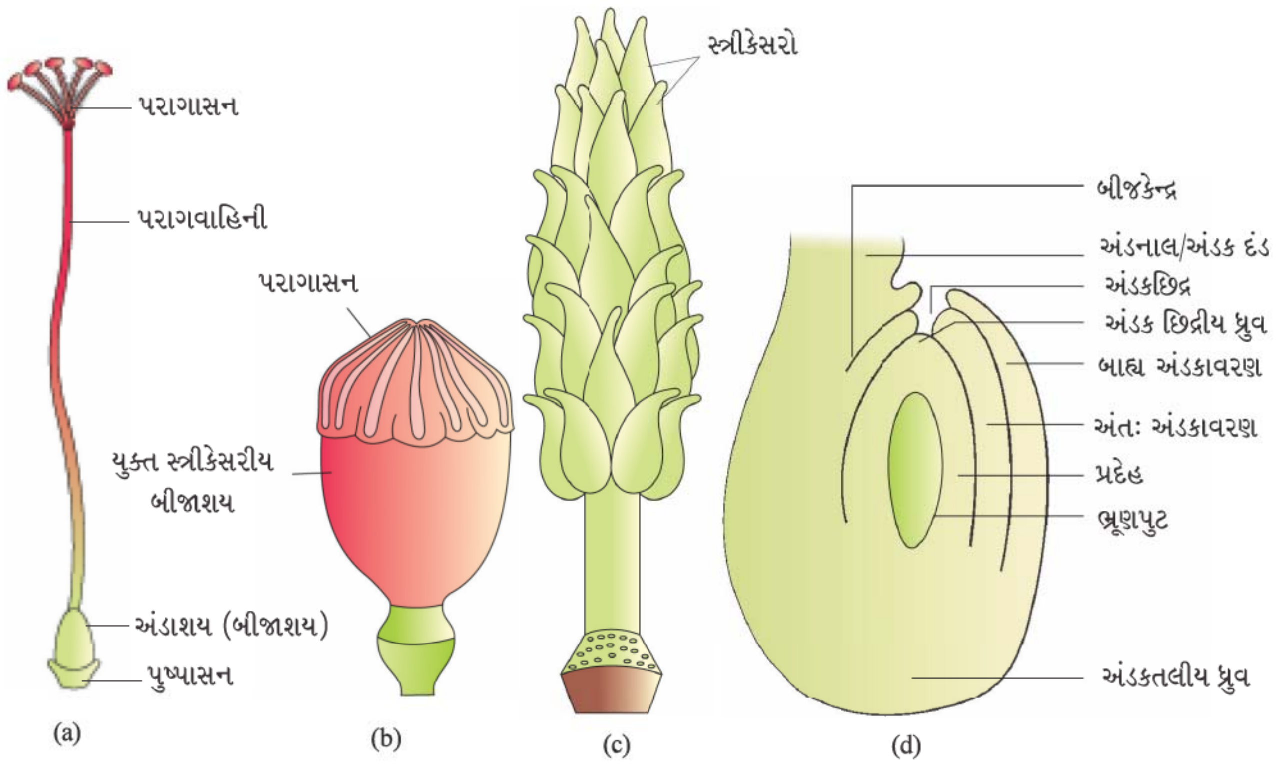
એક વખત પરાગરજ મુક્ત થાય અને જો ફલનમાં ભાગ લેવાની હોય તો તેઓની જીવિતતા ગુમાવાય તે પહેલાં તેઓનું પરાગાસન પર સ્થાપન થવું જરૂરી છે. પરાગરજની જીવિતતા કેટલી લાંબી હશે તે બાબતે તમે વિચાર્યું છે ? પરાગરજનો જીવિતતાનો સમયગાળો ભિન્નતા દર્શાવે છે અને તે કંઈક અંશે પ્રવર્તમાન તાપમાન અને ભેજ પર આધારિત છે. કેટલાંક ધાન્યો જેવાં કે ઘઉં અને ચોખામાં પરાગરજ મુક્ત થયા પછીની 30 મિનિટમાં

આકૃતિ 2.6 : પરાગરજની નીપજો

જીવિતતા ગુમાવે છે અને રોઝેસી, લેગ્યુમીનેસી અને સોલેનેસી કુળના સભ્યોમાં તેની જીવિતતા મહિનાઓ સુધી હોય છે. તમે કૃત્રિમ વીર્યદાન (artificial insemination) વિશે સાંભળ્યું હશે. જેમાં મનુષ્ય સહિત ઘણાં પ્રાણીઓનું વીર્ય/શુક્રકોષોને સંગૃહિત કરવામાં આવે છે. મોટી સંખ્યાની જાતિઓની પરાગરજને વર્ષો સુધી પ્રવાહી નાઇટ્રોજન (–196 °C)માં સંગૃહિત કરવાનું શક્ય છે. આ સંચિત પરાગરજનો ઉપયોગ પરાગનિધિ (pollen bank) તરીકે થાય છે, જે પાક-સંવર્ધિત કાર્યક્રમો માટે ઉપયોગી બીજનિધિ (seed bank) જેવું છે.

2.2.2 જાયાંગ, મહાબીજાણુધાની (અંડક) અને ભ્રૂણપુટ (Pistil, Megasporangium (ovule) and Embryo sac)

જાયાંગ (સ્ત્રીકેસરચક્ર)એ પુષ્પનું માદા પ્રજનનાંગ છે. સ્ત્રીકેસરચક્ર, એક જ સ્ત્રીકેસર (**એકસ્ત્રીકેસરી - monocarpellary**) અથવા ઘણાં સ્ત્રીકેસર (**બહુસ્ત્રીકેસરી – multicarpallary**) ધરાવે છે. જો સ્ત્રીકેસર એક કરતાં વધુ હોય ત્યારે, તેઓ જોડાયેલા (**યુક્ત સ્ત્રીકેસરી – syncarpous**) આકૃતિ 2.7 (b) અથવા મુક્ત હોય (**મુક્ત સ્ત્રીકેસરી – apocarpous**) આકૃતિ 2.7 (c) છે. પ્રત્યેક સ્ત્રીકેસર ત્રણ ભાગો – **પરાગાસન, પરાગવાહિની** અને **બીજાશય** (અંડાશય) ધરાવે છે આકૃતિ 2.7 (a). **પરાગાસન,** પરાગરજ માટેનું ગ્રાહી સ્થાન છે. પરાગવાહિની પરાગાસનની નીચે આવેલ લંબાયેલો પાતળો ભાગ છે. સ્ત્રીકેસરનો તલસ્થ ફૂલેલો ભાગ **બીજાશય** કે **અંડાશય** કહેવાય છે. બીજાશયની અંદર **બીજાશય પોલાણ (કોટર)** આવેલું છે. **જરાયુ (placenta)** બીજાશયના પોલાણની અંદર તરફ આવેલું છે. જરાયુવિન્યાસની વ્યાખ્યા અને તેના પ્રકાર, જે તમે ધોરણ XIમાં ભણી ગયાં છો, તેને યાદ કરો. જરાયુ પરથી **મહાબીજાણુધાની (msegasporangium)** ઉદ્ભવે છે. જેને સામાન્યતઃ **અંડકો (ovules)** કહે છે. બીજાશયમાં અંડકોની સંખ્યા એક (ઘઉં, ડાંગર, કેરી)થી ઘણી (પપૈયું, તડબૂચ, ઑર્કિડ્સ) હોય છે.

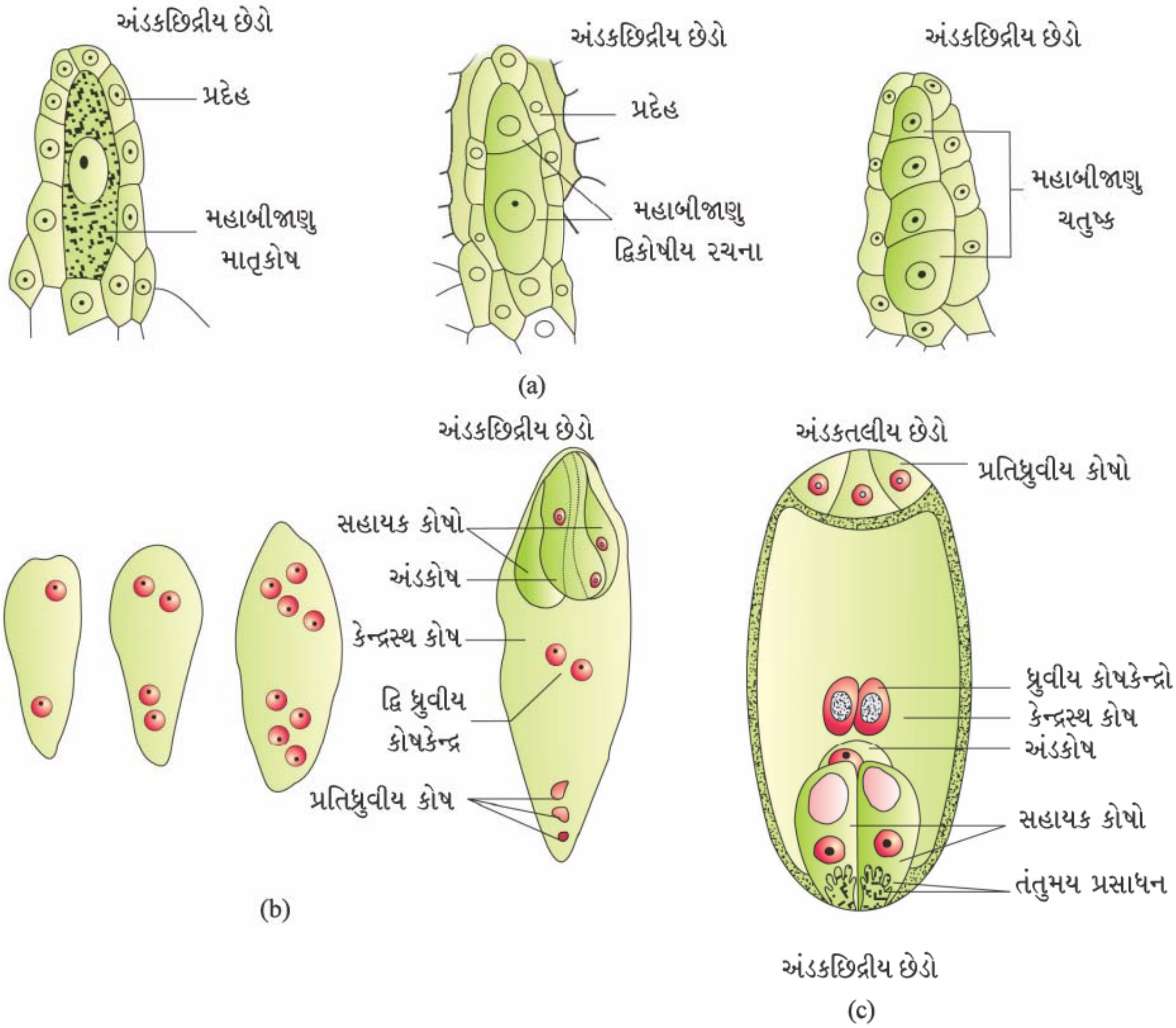


આકૃતિ 2.7 : (a) સ્ત્રીકેસર દર્શાવતું જાસૂદનું વિચ્છેદિત પુષ્પ (અન્ય પુષ્પીય ભાગોને દૂર કરવા (b) અફીણ (પાપાવર)નું બહુસ્ત્રીકેસરીયુક્ત સ્ત્રીકેસર (c) ચંપા (માઈકેલિયા)નું બહુસ્ત્રીકેસરી મુક્ત સ્ત્રીકેસર (d) લાક્ષણિક અધોમુખી અંડકનો રેખાંકિત દેખાવ

મહાબીજાણુધાની (અંડક) (Megasporangium Ovule) : ચાલો, આપણે આવૃત બીજધારીની લાક્ષણિક મહાબીજાણુધાનીની રચનાથી માહિતગાર થઈએ (આકૃતિ 2.7 d). અંડક એ નાની રચના છે જે દંડ વડે જરાયુ સાથે જોડાયેલ હોય છે. જેને **અંડકનાલ/અંડક દંડ (funicle)** કહે છે. અંડકનો દેહ જે ભાગ વડે અંડકનાલ સાથે જોડાયેલો હોય, તેને **બીજકેન્દ્ર (hilum)** કહે છે. આમ, બીજકેન્દ્ર એ અંડક અને અંડકનાલ વચ્ચેનું સંગમસ્થાન છે. દરેક અંડક એક કે બે રક્ષણાત્મક આવરણો ધરાવે છે જેને **અંડકાવરણો (integuments)** કહે છે. આ અંડકાવરણો સમગ્ર પ્રદેહ (nucellus)ને આવરિત કરે છે. સિવાય કે અંડકના ટોચના ભાગે એક નાનું છિદ્ર **અંડકછિદ્ર** કે **બીજાંડ છિદ્ર (micropyle)**ને આવરતું નથી. અંડકછિદ્રના સામેના છેડે **અંડકતલ (chalaza)** આવેલ છે જે અંડકનો તલ ભાગ છે.

અંડકાવરણોથી ઘેરાયેલા કોષોના સમૂહને **પ્રદેહ (nucellus)** કહે છે. પ્રદેહના કોષો વિપુલ પ્રમાણમાં સંચિત ખોરાક ધરાવે છે. પ્રદેહની અંદર **ભ્રૂણપુટ (embryo sac)** અથવા **માદા જન્યુજનક (female gametophyte)** હોય છે. અંડકમાં સામાન્યતઃ એક મહાબીજાણુમાંથી સર્જાયેલ એક ભ્રૂણપુટ આવેલ હોય છે.

મહાબીજાણુજનન (Megasporogenesis) : મહાબીજાણુ માતૃકોષ **(megaspore mother cell - MMC)**માંથી મહાબીજાણુના નિર્માણને **મહાબીજાણુજનન (megasporogenesis)** કહે છે. અંડકમાં પ્રદેહના અંડછિદ્રીય પ્રદેશમાં સામાન્યતઃ એક



આકૃતિ 2.8 : (a) એક મોટો મહાબીજાણુ માતૃકોષ દર્શાવતા અંડકના ભાગો, મહાબીજાણુઓની દ્વિકોષીય અને ચતુષ્ક રચના (b) ભ્રૂણપુટની 2, 4 અને 8 કોષકેન્દ્રીય અવસ્થાઓ અને પુખ્ત ભ્રૂણપુટ (c) એક પુખ્ત ભ્રૂણપુટની રેખાંકિત પ્રસ્તુતિ

મહાબીજાણુ માતૃકોષનું વિભેદન થાય છે. તે ઘટ્ટ કોષરસ અને સુસ્પષ્ટ કોષકેન્દ્ર ધરાવતો મોટો કોષ છે. મહાબીજાણુ માતૃકોષ અર્ધીકરણ પામે છે. *MMCનું અર્ધીકરણ શા માટે મહત્ત્વનું છે ?* અર્ધીકરણના પરિણામે ચાર **મહાબીજાણુઓ (megaspores)** સર્જાય છે (આકૃતિ 2.8 a).

માદા જન્યુજનક (Female gametophyte) : મોટા ભાગની સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં, ચાર પૈકી ત્રણ મહાબીજાણુઓ અવનત (નાશ) પામે છે અને 1 (એક જ) મહાબીજાણુ સક્રિય રહે છે. માત્ર **સક્રિય મહાબીજાણુ**માંથી **માદાજન્યુજનક (ભ્રૂણપુટ)**નો વિકાસ થાય છે. આમ, એક જ મહાબીજાણુમાંથી ભ્રૂણપુટના નિર્માણની આ પદ્ધતિને **એકબીજાણુક વિકાસ (monosporic)** કહે છે. *પ્રદેહ, MMC, સક્રિય મહાબીજાણુ અને માદા જન્યુજનકના કોષોની પ્લોઇડી શું હશે ?*

ચાલો, આપણે ભ્રૂણપુટના નિર્માણની પ્રક્રિયા વિશે થોડો ઊંડો અભ્યાસ કરીએ (આકૃતિ 2.8 b). સક્રિય મહાબીજાણુનું કોષકેન્દ્ર સમભાજન પામી, બે કોષકેન્દ્રો સર્જે છે, કે જે વિરુદ્ધ ધ્રુવ તરફ ગતિ કરે છે. આમ, **દ્વિ (2) કોષકેન્દ્રીય** ભ્રૂણપુટનું નિર્માણ થાય છે. તેને અનુસરીને બે ક્રમિક સમવિભાજન થવાથી ક્રમશઃ **ચાર (4) કોષકેન્દ્રીય** અને પછી **આઠ (8) કોષકેન્દ્રીય** ભ્રૂણપુટનું નિર્માણ થાય છે. અહીં નોંધનીય છે કે આ પ્રકારનું સમવિભાજન ચુસ્તપણે (strictly) મુક્ત કોષકેન્દ્રીય પ્રકારનું વિભાજન છે કે એટલે કે કોષકેન્દ્ર વિભાજન બાદ તરત જ કોષદીવાલનું નિર્માણ થતું નથી. 8-કોષકેન્દ્રીય અવસ્થા બાદ, કોષદીવાલના નિર્માણને અનુસરીને લાક્ષણિક **માદા જન્યુજનક કે ભ્રૂણપુટ** સર્જાય છે. ભ્રૂણપુટની અંદર, કોષોની વહેંચણીનું નિરીક્ષણ કરો (આકૃતિ 2.8 b, c). આઠ પૈકીનાં છ કોષકેન્દ્રો કોષદીવાલ વડે આવરિત થાય છે અને કોષીય સ્વરૂપ ધારણ કરે છે; જ્યારે બાકીનાં બે કોષકેન્દ્રો જેને ધ્રુવીય કોષકેન્દ્રો (polar nuclei) કહે છે, તેઓ અંડપ્રસાધનની હેઠળ મોટા **કેન્દ્રસ્થ કોષ (central cell)**માં ગોઠવાય છે.

ભ્રૂણપુટમાં કોષોની લાક્ષણિક ગોઠવણી જોવા મળે છે. અંડકછિદ્ર તરફના ત્રણ કોષો ભેગા મળે છે અને **અંડપ્રસાધન (egg apparatus)**ની રચના કરે છે. અંડપ્રસાધનમાં બે **સહાયક કોષો (synergid cells)** અને એક **અંડકોષ (egg cell)**નો સમાવેશ થાય છે. સહાયક કોષો, અંડછિદ્રની ટોચ તરફ એક વિશિષ્ટ પ્રકારનું સ્થૂલન ધરાવે છે; જેને તંતુમય પ્રસાધન (filiform apparatus) કહે છે જે પરાગનલિકાને સહાયક કોષોમાં પહોંચાડવાનું કાર્ય કરે છે. ત્રણ કોષો અંડકતલ તરફ ગોઠવાય છે, જેને **પ્રતિધ્રુવીય કોષો (antipodal cells)** કહે છે. અગાઉ જણાવ્યા મુજબ, મધ્યસ્થ મોટો કોષ દ્વિ ધ્રુવીય કોષકેન્દ્રો ધરાવે છે. આમ, આવૃત બીજધારીનો લાક્ષણિક ભ્રૂણપુટ (typical embryo sac) પુખ્તતાએ **8-કોષકેન્દ્રીય**, પરંતુ **7-કોષીય** રચના ધરાવે છે.

2.2.3 પરાગનયન (Pollination)

અગાઉના વિભાગમાં તમે અભ્યાસ કર્યો કે, સપુષ્પી વનસ્પતિમાં નર અને માદા જન્યુઓ ક્રમશઃ પરાગરજ અને ભ્રૂણપુટમાં સર્જાય છે. અહીં બંને પ્રકારના જન્યુઓ અચલિત છે. તેથી ફલન માટે તેઓને સાથે લાવવા જરૂરી છે. તે કેવી રીતે પ્રાપ્ત કરી શકાય ?

પરાગનયન (Pollination) આ હેતુને સિદ્ધ કરતી એક ક્રિયા છે. પરાગરજ (પરાગાશયમાંથી મુક્ત)નું સ્ત્રીકેસરના પરાગાસન પર સ્થળાંતર કરવાની ક્રિયાને **પરાગનયન (pollination)** કહે છે. પરાગનયન માટે સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં અદ્ભુત અનુકૂલનો કેળવાયેલાં હોય છે. પરાગનયન માટે તેઓ બાહ્ય કારકો (વાહકો)નો ઉપયોગ કરે છે. *શું તમે શક્યતઃ આવા બાહ્ય વાહકોની યાદી બનાવી શકશો ?*

પરાગનયનના પ્રકારો (Kinds of Pollination) : પરાગરજના સ્રોતના આધારે, પરાગનયનને ત્રણ પ્રકારોમાં વહેંચી શકાય :

(i) ***સ્વફલન (Autogamy)*** : આ પ્રકારમાં, તે જ પુષ્પમાં પરાગનયન થાય છે. પરાગાશયમાંથી પરાગરજનું તે જ પુષ્પના પરાગાસન પર સ્થળાંતર થાય છે (આકૃતિ 2.9 a). સામાન્યતઃ પુષ્પના ખીલવા સાથે પરાગાશય અને પરાગાસન ખુલ્લા થવાથી સ્વફલન થાય એવું ભાગ્યે જ જોવા મળે છે. આવાં પુષ્પોમાં સ્વફલન માટે પરાગરજની મુક્તિ અને પરાગાસનની ગ્રાહ્યતામાં

તાલમેલ સાધવો જરૂરી છે અને પરાગાશય તેમજ પરાગાસન પણ એકબીજાની નિકટતમ હોવા જોઈએ, જેથી સ્વપરાગનયન થઈ શકે. કેટલીક વનસ્પતિઓ જેવી કે વાયોલા (common pansy), અબુટી *(oxalis)* અને કોમેલિનામાં બે પ્રકારનાં પુષ્પો સર્જાય છે – **હવાઈ પુષ્પો (chasmogamous)** કે જે અન્ય જાતિઓમાં જોવા મળતાં પુષ્પો જેવાં જ હોય છે, જેમના પરાગાશય અને પુષ્પાસન ખુલ્લા હોય છે અને **સંવૃત પુષ્પો (cleistogamous)** કે જે ક્યારેય ખીલતાં નથી (આકૃતિ 2.9 c). આવાં પુષ્પોમાં પરાગાશય અને પરાગાસન એકબીજાની ખૂબ નજીક હોય છે. જ્યારે પુષ્પકલિકામાં પરાગાશયનું સ્ફોટન થાય ત્યારે પરાગરજ પરાગનયન માટે પરાગાસનના સંપર્કમાં આવે છે. આમ, સંવૃત પુષ્પોમાં સ્પષ્ટપણે સ્વફલન જોવા મળે છે. કારણ કે, પર-પરાગરજની પરાગાસન પર સ્થાપિત થવાની કોઈ તક હોતી નથી. સંવૃત પુષ્પોમાં પરાગનયનની ગેરહાજરીમાં પણ, બીજ સર્જન થાય છે. શું તમે કહી શકો છો કે, સંવૃત પુષ્પતા વનસ્પતિઓ માટે લાભકારક છે કે નુકસાનકારક ? શા માટે ?

(ii) ***ગેઈટેનોગેમી (Geitenogamy)*** : પરાગાશયમાંની પરાગરજનું તે જ વનસ્પતિના અન્ય પુષ્પના પરાગાસન પર સ્થાપિત થવાની ક્રિયા છે. જોકે ગેઈટેનોગેમી એ કાર્યાત્મક રીતે પરપરાગનયન છે. જેમાં પરાગવાહકો ભાગ લે છે. જનીનિક દૃષ્ટિએ તે સ્વફલન સાથે સમાનતા ધરાવે છે; કારણ કે, પરાગરજ એ જ વનસ્પતિ પરથી આવે છે.

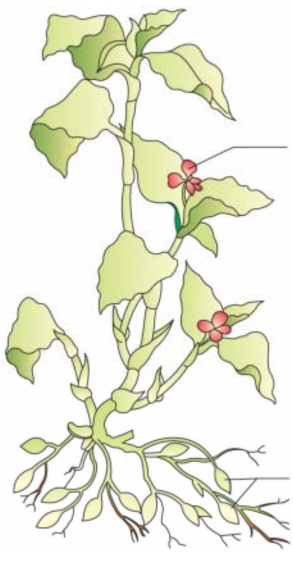
(iii) ***પરવશ (Xenogamy)*** : પરાગાશયમાંથી પરાગરજનું અન્ય વનસ્પતિના પરાગાસન પર સ્થાપનની ક્રિયા છે (આકૃતિ 2.9 (b)). આ એક માત્ર એવા પ્રકારનું પરાગનયન છે કે જેમાં પરાગાસન પર જનીનિક ભિન્નતા ધરાવતી પરાગરજ સ્થાપિત થાય છે.

પરાગનયન માટેના વાહકો (Agents of Pollination) : વનસ્પતિઓ, બે પ્રકારના – અજૈવિક (પવન અને પાણી) અને જૈવિક (પ્રાણીઓ) ઘટકોનો વાહક તરીકે ઉપયોગ કરી પરાગનયન કરે છે. મોટા ભાગની વનસ્પતિઓ પરાગનયન માટે જૈવિક વાહકોનો ઉપયોગ કરે છે. ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં, વનસ્પતિઓ અજૈવિક વાહકોને ઉપયોગમાં લે છે. પવન અને પાણી બંને દ્વારા થતા પરાગનયનમાં પરાગરજની પરાગાસન સાથે સંપર્કમાં આવવાની શક્યતા રહેલ છે. આવી અચોક્કસતા (અનિશ્ચિતતા)ની પૂર્તતા માટે અંડકની સંખ્યાની સાપેક્ષે પરાગનયન માટે પુષ્પો ખૂબ મોટી સંખ્યામાં પરાગરજ સર્જે છે.

અજૈવિક પરાગનયન પૈકી પવન દ્વારા પરાગનયન ઘણું સામાન્ય છે. વાત-પરાગનયન માટે જરૂરી છે કે પરાગરજ હલકી અને ચીકાશરહિત હોય. જેથી પવનના પ્રવાહ સાથે તે સરળતાથી સ્થળાંતરિત થઈ શકે. તેમના પુંકેસર ખૂબ સારી

(a)

(b)



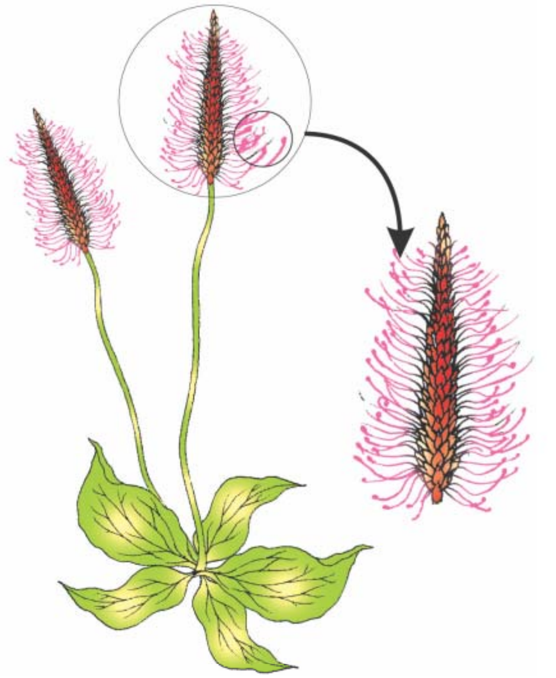
(c)

આકૃતિ 2.9 : (a) સ્વ-પરાગનયનીય પુષ્પો
(b) પર-પરાગનયનીય પુષ્પો
(c) સંવૃત પુષ્પો

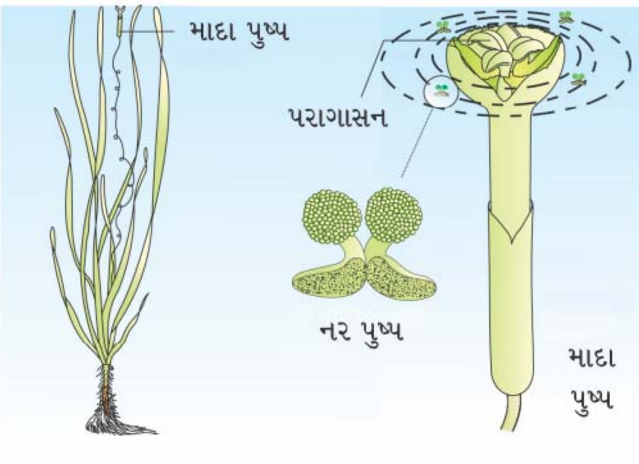
રીતે ખુલ્લા કે મુક્ત (જેથી પરાગરજ સરળતાથી પવનના પ્રવાહ સાથે વિકિરણ પામી શકે, આકૃતિ 2.10) અને મોટાં, પીંછાંયુક્ત પરાગાસન હોવાથી વાત-પ્રવાહિત પરાગરજને તે સરળતાથી જકડી શકે. વાત-પરાગિત પુષ્પો સામાન્યતઃ એક અંડકયુક્ત બીજાશય ધરાવતાં અનેક પુષ્પો ધરાવતો પુષ્પવિન્યાસ ધરાવે છે. તેનું જાણીતું ઉદાહરણ છે મકાઈનો ડોડો (tassels) જે તમે જુઓ છો એ બીજું કંઈ નહિ પરંતુ, પરાગાસન અને પરાગવાહિની છે, જે પવનમાં લહેરાય છે તે પરાગરજને જકડે છે. ઘાસમાં વાત-પરાગનયન ખૂબ સામાન્ય છે.

પાણી દ્વારા પરાગનયન ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં લગભગ 30 જેટલી મર્યાદિત પ્રજાતિઓમાં જોવા મળે છે. જેમાંની મોટા ભાગની જલીય એકદળી છે. આની સામે તમારે યાદ કરવું રહ્યું કે નિમ્ન કક્ષાની વનસ્પતિઓ જેવી કે, લીલ, દ્વિઅંગી અને ત્રિઅંગીઓમાં પાણી એ નર જન્યુના સ્થળાંતર માટેનું નિયમિત વાહક માધ્યમ છે. એવું માનવામાં આવે છે કે, દ્વિઅંગી અને ત્રિઅંગીઓનું વિતરણ સીમિત હોય છે. કારણ કે, નર જન્યુના વહન અને ફલન માટે તેમને પાણીની જરૂરિયાત રહે છે. જલ પરાગિત વનસ્પતિનાં કેટલાંક ઉદાહરણોમાં વેલિસ્નેરિયા, હાઇડ્રિલા કે જે મીઠા પાણીમાં ઊગે છે અને કેટલાક દરિયાઈ ઘાસ જેવા કે ઝોસ્ટેરાનો સમાવેશ થાય છે. બધી જ જલીય વનસ્પતિઓ પરાગનયન માટે પાણીનો ઉપયોગ કરતી નથી. મોટા ભાગની જલીય વનસ્પતિઓ જેવી કે જળકુંભિ (water hyasinth) અને જલીય લીલી (water lily)માં પુષ્પો જલસપાટીની ઉપર તરફ રહે છે અને મોટા ભાગની સ્થળજ વનસ્પતિની જેમ કીટકો કે પવન દ્વારા પરાગિત થાય છે. વેલેસ્નેરિયામાં, માદા પુષ્પો પોતાના લાંબા વૃન્ત વડે પાણીની સપાટી પર આવે છે અને નર પુષ્પો કે પરાગરજ પાણીની સપાટી પર મુક્ત થાય છે. તેઓ નિષ્ક્રિય (પરોક્ષ) રીતે (passively) જલપ્રવાહ દ્વારા વહન પામે છે (આકૃતિ 2.11 a); તેમાંનાં કેટલાંક માદા પુષ્પોના પરાગાસન સુધી પહોંચે છે. જલપરાગિત વનસ્પતિના અન્ય સમૂહ જેવાં કે, દરિયાઈ ઘાસ (sea grasses)માં માદા પુષ્પો પાણીમાં નિમગ્ન રહે છે અને પરાગરજ પાણીની અંદર મુક્ત થાય છે. આવી જાતિઓમાં પરાગરજ લાંબી, પટ્ટીમય (ribbon like) હોય છે અને પાણીમાં નિષ્ક્રિય રીતે વહન પામે છે. તેમાંની કેટલીક પરાગાસન સુધી પહોંચે છે. મોટા ભાગની જલપરાગિત જાતિઓમાં પરાગરજ ભેજથી રક્ષણ માટે શ્લેષ્મથી આવરિત (mucilaginous covering) હોય છે.

વાત અને જલ બંને પરાગિત વનસ્પતિઓમાં પુષ્પો રંગબેરંગી હોતાં નથી અને મધુદ્રવ્ય (nectar) સર્જતા નથી. *આ માટેનું કારણ શું હોઈ શકે ?*



આકૃતિ 2.10 : સંકુચિત પુષ્પવિન્યાસ અને સુવિકસિત પુંકેસરો દર્શાવતી એક પવન પરાગિત વનસ્પતિ દર્શાવેલ છે



(a)

(b)

આકૃતિ 2.11: (a) વેલેસ્નેરિયામાં પાણી દ્વારા પરાગનયન
(b) કીટક પરાગનયન

મોટા ભાગની સપુષ્પી વનસ્પતિઓ પરાગવાહકો તરીકે વિવિધ પ્રાણીઓનો ઉપયોગ કરે છે. મધમાખી, પતંગિયાં, માખી, ભૃંગ કીટકો (beetles), ભમરીઓ (wasps), કીડી, ફૂદા (moths), પક્ષીઓ (સનબર્ડ = દેવચકલી અને હમિંગ બર્ડ = ગુંજન પક્ષી) તથા ચામાચીડિયું, સામાન્ય પરાગવાહકો છે (આકૃતિ 2.11 b). પ્રાણીઓ પૈકી કીટકો ખાસ કરીને મધમાખીઓ એ પ્રભાવી જૈવિક પરાગવાહકો છે. આ ઉપરાંત, મોટાં પ્રાણીઓ જેવાં કે, કેટલાક પ્રાઈમેટ (લેમૂર), વૃક્ષારોહી તીક્ષ્ણ દાંતવાળા કોતરતાં (કર્તનશીલ) પ્રાણીઓ (arboreal rodents) અથવા સરિસૃપો (ગેકો ગરોળી અને કાચિંડો) (gecko lizard and garden lizard) વગેરે કેટલીક જાતિઓમાં પરાગવાહકો તરીકે નોંધાયા છે.

પ્રાણી દ્વારા પરાગિત વનસ્પતિઓનાં પુષ્પો મોટે ભાગે પ્રાણીની ચોક્કસ જાતિ માટે વિશિષ્ટ પ્રકારનાં અનુકૂલનો વિકસાવે છે.

મોટા ભાગનાં કીટ પરાગિત પુષ્પો મોટે ભાગે મોટાં, રંગબેરંગી, સુગંધ અને મધુરસથી સમૃદ્ધ હોય છે. જ્યારે પુષ્પો નાનાં હોય ત્યારે ઘણાં પુષ્પો એકઠાં થઈ પુષ્પવિન્યાસ બનાવે છે, જેથી તે ધ્યાનાકર્ષક બને અને પ્રાણીઓ પુષ્પોના રંગ અને/અથવા સુગંધથી આકર્ષાય છે. માખીઓ અને ભૃંગકીટકોથી પરાગિત પુષ્પો આ પ્રાણીઓને આકર્ષવા દુર્ગંધ સર્જે છે. પ્રાણીઓની મુલાકાતો નિશ્ચિત કરવા, પુષ્પો આ પ્રાણીઓને પુરસ્કાર (reward) આપે છે. મધુદ્રવ્ય (nectar) અને પરાગરજ એ પુષ્પ દ્વારા પ્રાણીઓને મળતા સામાન્ય પુરસ્કાર છે. આ પુરસ્કારની પ્રાપ્તિ હેતુ, આ મુલાકાતી પ્રાણીઓ પરાગાશય અને પરાગાસનના સંપર્કમાં આવે છે. આ પ્રાણીઓનો દેહ પરાગરજનું આવરણ મેળવે છે, પ્રાણી દ્વારા પરાગિત પુષ્પોમાં પરાગરજ ચીકાશયુક્ત હોય છે. જ્યારે આ પ્રાણી પોતાના દેહ પર પરાગરજ સાથે પરાગાસનના સંપર્કમાં આવે છે ત્યારે પરાગનયન થાય છે.

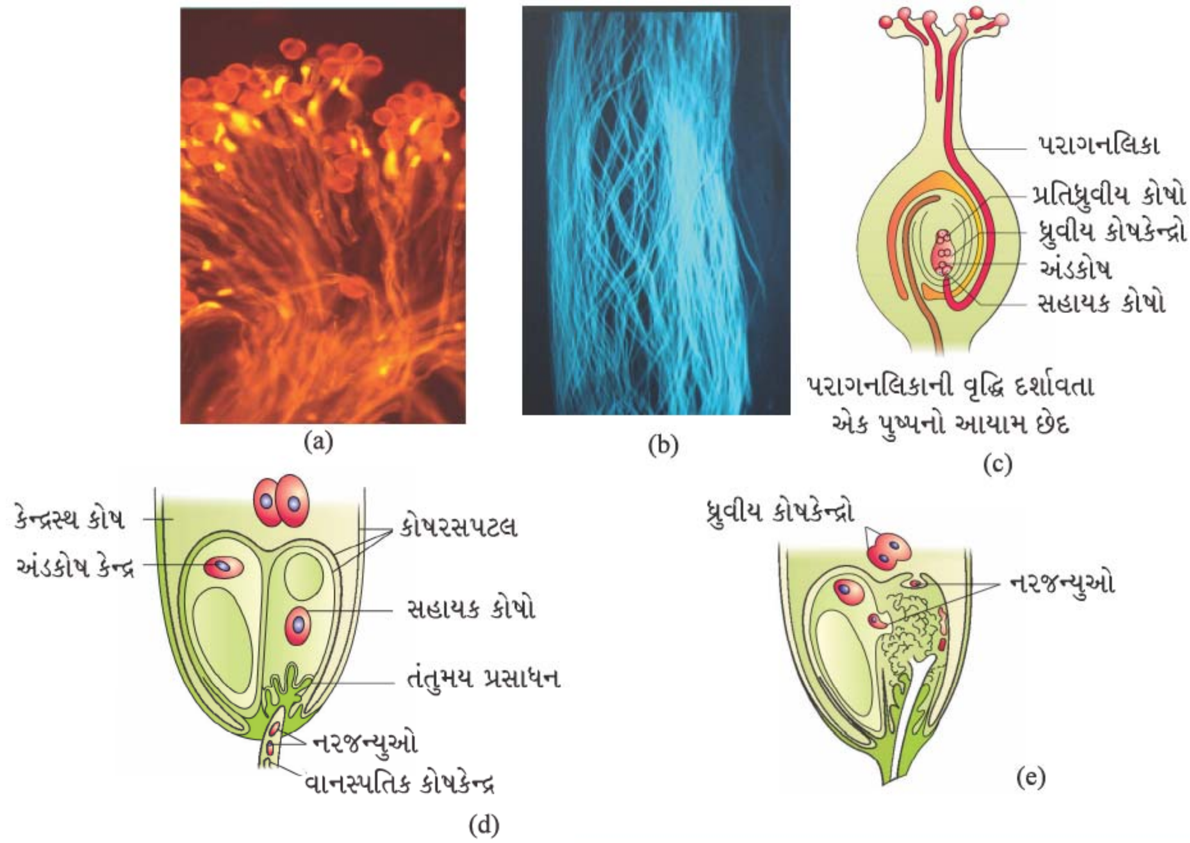
કેટલીક જાતિઓમાં પુષ્પીય પુરસ્કાર સ્વરૂપે તેમને ઈંડાં મૂકવા માટેનું સલામત સ્થાન પૂરું પાડે છે; તેનું ઉદાહરણ છે સુરણ *(Amorphophallus)*નું ઊંચું પુષ્પ (તે પુષ્પ જ પોતે 6 ફૂટની ઊંચાઈ ધરાવે છે). આવો જ આંતરસંબંધ ફૂદાંની જાતિ અને યુક્કા વનસ્પતિ વચ્ચે જોવા મળે છે. જ્યાં બંને જાતિઓ – ફૂદાં અને યુક્કા વનસ્પતિ એકબીજા વગર પોતાનું જીવનચક્ર પૂર્ણ કરી શકતા નથી. ફૂદાં પોતાનાં ઈંડાં બીજાશયના પોલાણમાં મૂકે છે અને પુષ્પ તેના બદલામાં ફૂદાં દ્વારા પરાગિત થાય છે. જ્યારે બીજનો

વિકાસ શરૂ થાય ત્યારે જ ફૂદાંની ઈયળ કે ડિમ્ભ (larvae) ઈંડાંમાંથી બહાર આવે છે.

તમે શા માટે નીચે આપેલ વનસ્પતિઓનાં પુષ્પોનું અવલોકન કરતાં નથી (અથવા તમને અન્ય જગ્યાએ પ્રાપ્ત હોય તેવી) : કાકડી, કેરી, પીંપળ, કોથમીર, પપૈયું, ડુંગળી, લોબિયા (lobia), કપાસ, તમાકુ, ગુલાબ, લીંબું, નીલગિરી (Eucalyptus), કેળાં ? તે શોધવાનો પ્રયત્ન કરો કે કયાં પ્રાણીઓ તેમની મુલાકાત લે છે અને તેઓ પરાગવાહકો છે કે નહિ. તમે ધીરજપૂર્વક કેટલાક દિવસો સુધી પુષ્પોનું અવલોકન કરો અને દિવસના જુદા-જુદા સમયે તમે તે પણ જાણવાનો પ્રયત્ન કરો કે, પુષ્પનાં લક્ષણો અને તેમની મુલાકાત લેતાં પ્રાણીઓ વચ્ચે કોઈ સહસંબંધ છે કે નહિ. કાળજીપૂર્વક અવલોકન કરો કે કોઈ મુલાકાતી પરાગાશય અને પરાગાસનના સંપર્કમાં આવે છે. ફક્ત આવા જ મુલાકાતીઓ પરાગનયન પ્રેરે છે. ઘણા કીટકો પરાગનયન પ્રેર્યા વગર પરાગરજ અને મધુરસનો ઉપયોગ કરે છે. આ પુષ્પ મુલાકાતીઓને પરાગરજ/મધુરસના લૂંટારુંઓ કહેવાય છે. તમે કદાચ પરાગવાહકોને ઓળખી પણ શકશો અથવા ન પણ ઓળખી શકો. પરંતુ એ ચોક્કસ છે કે તમે તમારા પ્રયત્નોને માણશો.

બાહ્ય સંવર્ધન પ્રયુક્તિઓ (Out breeding Devices) : મોટા ભાગની સપુષ્પી વનસ્પતિઓ દ્વિલિંગી પુષ્પો સર્જે છે અને પરાગરજ તે જ પુષ્પના પરાગાસનના સંપર્કમાં આવવાનું પસંદ કરે છે. સતત સ્વ-પરાગનયન એ અંતઃસંવર્ધન દબાણ (inbreeding depression)માં પરિણમે છે. સપુષ્પી વનસ્પતિઓ સ્વ-પરાગનયનને અવરોધવા અને પર-પરાગનયનને ઉત્તેજવા માટે ઘણી પ્રયુક્તિઓ વિકસાવે છે. કેટલીક જાતિઓમાં, પરાગરજની મુક્તિ અને પરાગાસનની ગ્રહણ-ક્ષમતાનો તાલમેળ હોતો નથી. પરાગાસન ગ્રહણશીલ બને તે પહેલાં જ પરાગરજ મુક્ત થાય અથવા પરાગરજ મુક્ત થાય તેના ઘણા સમય પહેલાં પરાગાસન ગ્રહણશીલ બને છે. બીજી કેટલીક જાતિઓમાં પરાગાશય અને પરાગાસન જુદાં-જુદાં સ્થાનોએ આવેલ હોય છે. જેથી તે જ પુષ્પના પરાગાસનના સંપર્કમાં પરાગરજ ક્યારેય આવી શકતી નથી. આ બંને પ્રયુક્તિઓ સ્વફલન (autogamy)ને અવરોધે છે. ત્રીજી પ્રયુક્તિ જે અંતઃસંવર્ધન (inbreeding)ને અટકાવે છે, તે સ્વ-અસંગતતા (self-incompatibility) કહેવાય છે. આ એક જનીનિક ક્રિયાવિધિ છે અને સ્વપરાગને રોકીને/અવરોધીને (તે જ પુષ્પ અથવા તે જ વનસ્પતિના અન્ય પુષ્પ) સ્ત્રીકેસરમાં પરાગરજના અંકુરણ કે પરાગનલિકાના વિકાસને અવરોધી અંડકોને ફલિત થતા અટકાવે છે. સ્વ-પરાગનયનને અટકાવવા માટેની એક પ્રયુક્તિ છે કે એકલિંગી પુષ્પો ઉત્પન્ન કરવાં. જો નર અને માદા બંને પ્રકારનાં પુષ્પો એક જ વનસ્પતિ પર ઊગતા હોય (એકસદની) જેવાં કે દિવેલા અને મકાઈમાં સ્વફલન અટકાવી શકાય છે; પરંતુ ગેઇટેનોગેમી નહિ ! પપૈયા જેવી વનસ્પતિમાં નર પુષ્પો અને માદાં પુષ્પો ભિન્ન છોડ પર સર્જાય છે. જેથી આવી વનસ્પતિ નર કે માદા (દ્વિસદની) કહેવાય છે. આવી પરિસ્થિતિ સ્વફલન અને ગેઇટેનોગેમી બંને અટકાવે છે.

પરાગરજ-સ્ત્રીકેસર આંતરક્રિયા (Pollen-pistil Interaction) : પરાગનયન યોગ્ય પ્રકારની પરાગરજના વહનની ખાતરી આપતું નથી (તે જ જાતિના પરાગાસન પર તે જ જાતિની સંગત પરાગરજ). ઘણી વાર, પરાગાસન પર અન્ય જાતિની કે તે જ વનસ્પતિની (જો તે સ્વ-અસંગત પરાગરજ હોય તો) ખોટા પ્રકારની પરાગરજ સ્થાપિત થાય છે.



આકૃતિ 2.12 : (a) પરાગાસન પર અંકુરણ પામતી પરાગરજ (b) પરાગવાહિનીમાં વૃદ્ધિ પામતી પરાગનલિકા (c) પરાગનલિકાની વૃદ્ધિનો માર્ગ દર્શાવતા સ્ત્રીકેસરનો L.S. (d) સહાયક કોષોમાં પરાગનલિકાનો પ્રવેશ દર્શાવતો અંડપ્રસાધનનો વિસ્તૃત દેખાવ (e) સહાયક કોષોમાં નર જન્યુઓની મુક્તિ અને નરજન્યુઓની ગતિ, એક અંડકોષમાં અને બીજો કેન્દ્રસ્થ કોષમાં

પરાગાસનની પરાગરજને ઓળખવાની ક્ષમતા હોય છે; એટલે કે, તે સાચા પ્રકારની (સંગત) છે કે ખોટા પ્રકારની (અસંગત) છે. જો પરાગરજ સાચા પ્રકારની હોય, તો સ્ત્રીકેસર તેનો સ્વીકાર કરે છે અને પશ્ચ ફલન ઘટનાઓને પ્રેરે છે, જે ફલન તરફ તેને દોરી જાય છે. જો પરાગરજ ખોટા પ્રકારની હોય તો સ્ત્રીકેસર, પરાગરજનું અંકુરણ અથવા પરાગનલિકાની વૃદ્ધિને અવરોધે. પરાગરજને ઓળખવાની સ્ત્રીકેસરની ક્ષમતાને આધારે પરાગરજની સ્વીકૃતિ કે અસ્વીકૃતિ થાય છે. જે પરાગરજ અને સ્ત્રીકેસર વચ્ચેના સતત સંવાદ (dialogues)નું પરિણામ છે. આ સંવાદમાં, સ્ત્રીકેસર સાથે આંતરક્રિયા કરતાં પરાગરજનાં રાસાયણિક ઘટકો મધ્યસ્થી તરીકે વર્તે છે. તાજેતરનાં વર્ષોમાં વનસ્પતિશાસ્ત્રીઓ, કેટલીક પરાગરજ અને સ્ત્રીકેસરનાં રાસાયણિક ઘટકોની સ્વીકૃતિ કે અસ્વીકૃતિને અનુસરીને થતી આંતરક્રિયાને ઓળખી શક્યા છે.

અગાઉ જણાવ્યા મુજબ, સંગત પરાગનયનને અનુસરીને, પરાગરજ પરાગાસન પર કોઈ એક જનનછિદ્રોના માર્ગે પરાગનલિકાનું સર્જન કરે છે (આકૃતિ 2.12 a). પરાગરજમાં સમાવિષ્ટ ઘટકો પરાગનલિકામાં વહન પામીને બીજાશયમાં પહોંચે છે (આકૃતિ 2.12 b, c). તમને યાદ હશે કે કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પરાગરજ દ્વિકોષીય અવસ્થાએ મુક્ત થાય છે (એક વાનસ્પતિક કોષ અને એક જનન કોષ). જ્યારે પરાગવાહિનીમાં પરાગનલિકા વૃદ્ધિ પામતી હોય ત્યારે જનનકોષ વિભાજન પામે છે અને બે નર જન્યુઓ સર્જે છે. એવી વનસ્પતિઓ કે જેમાં પરાગરજ ત્રિકોષીય અવસ્થાએ મુક્ત થાય છે, તેઓની પરાગનલિકા શરૂઆતથી જ બે નર જન્યુઓ ધરાવે છે. પરાગનલિકા જ્યારે બીજાશયમાં પહોંચે છે ત્યારે

અંડકછિદ્ર દ્વારા અંડકમાં પ્રવેશે છે અને તંતુમય ઘટકો દ્વારા એક સહાયક કોષમાં પ્રવેશે છે (આકૃતિ 2.12 d, e). તાજેતરના અભ્યાસ પરથી માલૂમ પડે છે કે, સહાયક કોષોના અંડકછિદ્રીય છેડે આવેલ તંતુમય ઘટકો પરાગનલિકાને પ્રવેશ માટે માર્ગદર્શન આપે છે. આ બધી જ ઘટનાઓ–પરાગરજનું પરાગાસન પર સ્થાપનથી લઈને પરાગનલિકાનો અંડકમાં પ્રવેશને સામૂહિક રીતે પરાગરજ-સ્ત્રીકેસર આંતરક્રિયાઓ કહે છે. અગાઉ જણાવ્યા મુજબ, પરાગરજ-સ્ત્રીકેસર આંતરક્રિયા એક પ્રકારની ક્રિયાત્મક ગતિશીલ પ્રક્રિયા છે. જેમાં પરાગરજની સ્વીકૃતિ કે અસ્વીકૃતિને અનુસરીને તેની ઓળખ (સંગતતા)નો સમાવેશ થાય છે. આ ક્ષેત્રના જ્ઞાનનો ઉપયોગ કરી વનસ્પતિ સંવર્ધકો, પરાગ સ્ત્રીકેસર આંતરક્રિયાઓ, ઉપરાંત અસંગત પરાગનયનમાં ફેરફાર કરે છે અને ઇચ્છિત સંકર જાતો મેળવે છે.

તમે વટાણા (pea), ચણા (chickpea), ક્રોટોલેરિયા (*Crotalaria*), ગુલમહેંદી (balsam) અને બારમાસી (*Vinca*) જેવી વનસ્પતિઓની પરાગરજને શર્કરાનું દ્રાવણ (લગભગ 10 %) ધરાવતી સ્લાઇડ પર આસ્થાપન કરીને તેનો અભ્યાસ કરી શકો છો. 15-30 મિનિટ બાદ સ્લાઇડને સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં લૉ-પાવરમાં અવલોકન કરો. પરાગરજમાંથી બહાર આવેલ પરાગનલિકાને તમે જોઈ શકો છો.

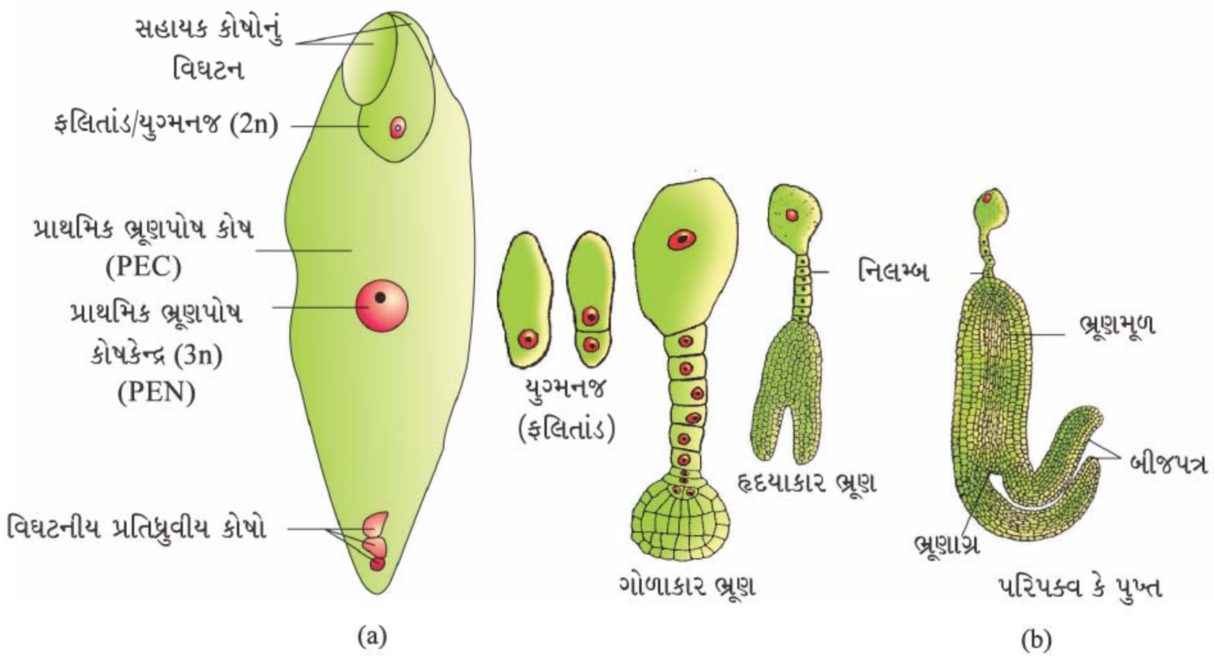
તમે આગળ વનસ્પતિ સંવર્ધન (પ્રકરણ 9)ના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કરશો કે ભિન્ન જાતિઓ અને ક્યારેક પ્રજાતિઓ વચ્ચે સંકરણ દ્વારા ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય કરી, વ્યાપારિક ધોરણે ઉચ્ચ જાત (superior variety) મેળવવા માટે સંવર્ધકો ઉત્સુક હોય છે. **કૃત્રિમ સંવર્ધન**, પાક-સુધારણા કાર્યક્રમ માટેની પદ્ધતિમાંનો એક મુખ્ય પ્રસ્તાવ છે. આ પ્રકારના સંવર્ધિત પ્રયોગોમાં, તે ચોક્કસપણે અગત્યનું છે કે પરાગનયન માટે માત્ર ઇચ્છિત પરાગરજનો ઉપયોગ થાય અને પરાગાસનને અસંગત પરાગરજ (બિનઇચ્છિત પરાગરજ)થી રક્ષિત કરવામાં આવે છે. જે વંધ્યીકરણ (emasculation) અને કોથળી ચઢાવવા (bagging) જેવી પદ્ધતિ દ્વારા મેળવી શકાય.

જો માદા વનસ્પતિ દ્વિલિંગી પુષ્પો ધરાવતી હોય, તો ચીપિયાની મદદથી પુષ્પકલિકામાંથી પરાગાશયને તેનું સ્ફોટન થાય તે પહેલાં દૂર કરવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયાને **વંધ્યીકરણ (emasculation)** કહે છે. ઇમેસ્ક્યુલેશન કરેલ પુષ્પોને નિશ્ચિત કદની કોથળીથી ઢાંકવામાં આવે છે, જે સામાન્ય રીતે મીણિયો કાગળ (butter paper)ની બનેલી હોય છે. તે અસંગત પરાગરજને રોકીને પરાગાસનને અશુદ્ધ થતું અટકાવે છે (બચાવે છે). આ ક્રિયાને **કોથળી ચઢાવવી (bagging)** કહે છે. કોથળી ચઢાવેલ પુષ્પના સ્ત્રીકેસરના પરાગાસન ગ્રહણશીલ બને ત્યારે નર પુષ્પના પરાગાશયમાંથી એકત્રિત કરેલ પરિપક્વ પરાગરજને છાંટવામાં આવે છે અને ફરીથી આ પુષ્પને કોથળી ચઢાવવામાં આવે છે અને તેમાંથી ફળોનો વિકાસ થવા દેવામાં આવે છે.

જો માતૃ(માદા) વનસ્પતિ એકલિંગી પુષ્પો સર્જે તો વંધ્યીકરણની જરૂરિયાત રહેતી નથી. પુષ્પ ખીલે તે પહેલાં માદા પુષ્પની કલિકાને કોથળી ચઢાવવામાં આવે છે. જ્યારે પરાગાસન ગ્રહણશીલ બને, ત્યારે પરાગનયનની ક્રિયા ઇચ્છિત પરાગરજનો ઉપયોગ કરીને કરવામાં આવે છે અને પુષ્પને પુનઃ કોથળી ચઢાવવામાં આવે છે.

2.3 બેવડું ફલન (Double Fertilization)

બે પૈકી એક સહાયક કોષમાં પ્રવેશ બાદ, પરાગનલિકા બે નરજન્યુઓને સહાયક કોષના કોષરસમાં મુક્ત કરે છે. બે પૈકીનો એક નર જન્યુ, અંડકોષ તરફ વહન પામી અને તેનાં કોષકેન્દ્રો સાથે જોડાય છે. આમ, **સંયુગ્મન (syngamy)** પૂર્ણ થાય છે. જેના પરિણામે દ્વિકીય કોષ, **યુગ્મનજ (2n)** સર્જાય છે. અન્ય નર જન્યુ ભ્રૂણપુટના મધ્યમાં આવેલાં દ્વિતીય કોષકેન્દ્ર તરફ પ્રયાણ કરી, તેની સાથે જોડાઈને ત્રિકીય **પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષકેન્દ્ર (primary endosperm nucleus = PEN)**નું નિર્માણ કરે છે (આકૃતિ 2.13 a). આમ, ત્રણ એકકીય કોષકેન્દ્રના જોડાણને **ત્રિકીય જોડાણ (triple fusion)** કહે છે. આમ, સંયુગ્મન અને ત્રિકીય જોડાણ, બે પ્રકારના જોડાણ ભ્રૂણપુટમાં થાય છે. તેથી આ ઘટનાને **બેવડું ફલન (double fertilization)** કહે છે. જે સપુષ્પી વનસ્પતિઓની અજોડ ઘટના છે. મધ્યસ્થ કોષ ત્રિકીય જોડાણ બાદ **પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષ (primary endosperm cell - PEC)**માં પરિણમે છે અને ભ્રૂણપોષ (endosperm) તરીકે વિકાસ પામે છે. જ્યારે યુગ્મનજમાંથી **ભ્રૂણ**નો વિકાસ થાય છે.



આકૃતિ 2.13 : (a) યુગ્મનજ અને પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષકેન્દ્ર (PEN) દર્શાવતો ફલિત ભ્રૂણપૂટ (b) દ્વિદળીમાં ભ્રૂણ વિકાસના તબક્કાઓ [આકૃતિ (a) ની તુલનામાં ઘટતું કદ દર્શાવે છે].

2.4 પશ્ચ ફલન : રચનાઓ અને ઘટનાઓ (Post Fertilization : Structures and Events)

બેવડાં ફલનને અનુસરીને ભ્રૂણપોષ અને ભ્રૂણનો વિકાસ થવાથી, પુખ્તતાએ અંડક કે અંડકો બીજમાં અને બીજાશય (અંડાશય)નું ફળમાં રૂપાંતર થાય છે. આ ઘટનાને સામૂહિક રીતે **પશ્ચ ફલન ઘટનાઓ** કહે છે.

2.4.1 ભ્રૂણપોષ (Endosperm)

ભ્રૂણપોષનો વિકાસ, ભ્રૂણવિકાસને આગળ વધારે છે. શા માટે ? પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષ (PEC) વારંવાર વિભાજન પામી ત્રિકીય ભ્રૂણપોષ પેશીનું નિર્માણ કરે છે. આ પેશીના કોષો સંચિત ખોરાકથી સમૃદ્ધ હોય છે અને વિકસતા ભ્રૂણને પોષણ પૂરું પાડવામાં ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. ભ્રૂણપોષ વિકાસના સૌથી સામાન્ય પ્રકારોમાં, PEN વારંવાર કોષકેન્દ્રીય વિભાજન પામી મોટી સંખ્યામાં કોષકેન્દ્રો સર્જે છે. ભ્રૂણપોષ વિકાસની આ અવસ્થાને મુક્ત કોષકેન્દ્રીય ભ્રૂણપોષ કહે છે. ત્યાર બાદ કોષદીવાલનું નિર્માણ થાય છે અને ભ્રૂણપોષ કોષીય બને છે. કોષીય સંરચના પહેલાં અસંખ્ય મુક્ત કોષકેન્દ્રો નિર્માણ પામેલાં હોય છે. નારિયેળમાંનું પાણી (નારિયેળ પાણી)થી તમે પરિચિત છો, જે બીજું કશું જ નથી પરંતુ તે મુક્ત કોષકેન્દ્રીય ભ્રૂણપોષ છે (જે હજારો કોષકેન્દ્રોનું બનેલ છે) અને તેની ફરતે આવેલ સફેદ ગર કે માવો (kernel)એ કોષીય ભ્રૂણપોષ છે.

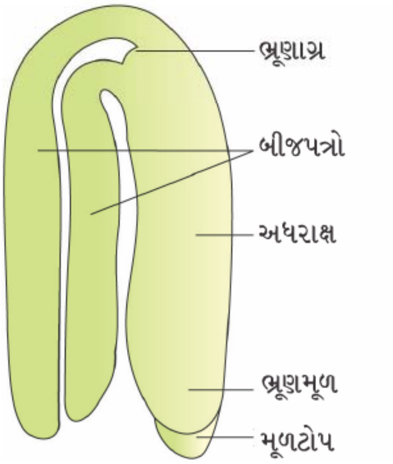
વિકસિત ભ્રૂણ દ્વારા બીજના વિકાસ પૂર્વે ભ્રૂણપોષ સંપૂર્ણ રીતે વપરાઈ જાય (દા.ત., વટાણા, મગફળી, વાલ) અથવા તે પરિપક્વ બીજમાં ચિરલગ્ન રહે (દા.ત., દિવેલા, નાળિયેર) અને બીજાંકુરણ દરમિયાન ઉપયોગમાં લેવાય છે. *દિવેલા, વટાણા, વાલ, મગફળી વગેરેનાં બીજ અને દરેકમાં ભ્રૂણપોષને ચકાસો અને જાણો કે ધાન્ય–ઘઉં, ચોખા અને મકાઈમાં ભ્રૂણપોષ ચિરલગ્ન છે કે નહિ ?*

2.4.2 ભ્રૂણ (Embryo)

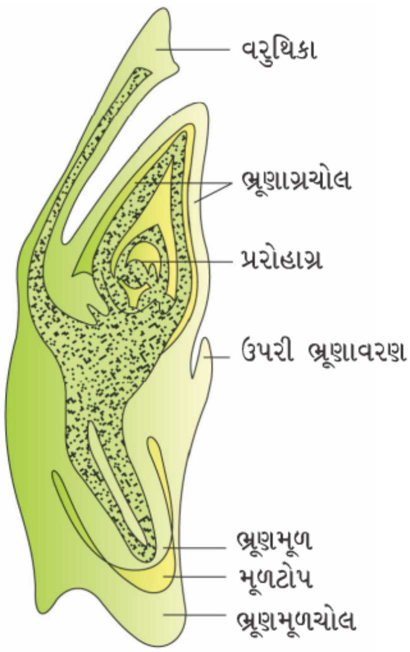
ભ્રૂણનો વિકાસ અંડકછિદ્ર નજીક રહેલા દ્વિકીય યુગ્મનજમાંથી થાય છે. મોટે ભાગે આવશ્યક જથ્થામાં ભ્રૂણપોષનું નિર્માણ થઈ જાય ત્યાર બાદ યુગ્મનજનું વિભાજન થાય છે. વિકસતા ભ્રૂણને પોષણ પૂરું પાડવા માટેનું આ એક અનુકૂલન છે. બીજમાં વિવિધતા જોવા મળે છે. છતાં, એકદળી અને દ્વિદળી બંનેમાં ભ્રૂણવિકાસની પ્રારંભિક અવસ્થાઓ (**ભ્રૂણજનન - embryogeny**) સમાન હોય છે (આકૃતિ 2.13). દ્વિદળી ભ્રૂણમાં ભ્રૂણજનનની અવસ્થાઓ દર્શાવે છે. યુગ્મનજ **પૂર્વભ્રૂણ (pro-embryo)**માં વિકસે છે અને તે ક્રમશઃ **ગોળાકાર, હૃદયાકાર** અને **પુખ્ત ભ્રૂણ**માં વિકાસ પામે છે.

લાક્ષણિક દ્વિદળી ભ્રૂણ (આકૃતિ 2.14 a), **ભ્રૂણધરી (embryonal axis)** અને **બે બીજપત્રો** (cotyledons) ધરાવે છે. બીજપત્રો ઉપરનો **ભ્રૂણધરી**નો વિસ્તાર **ઉપરાક્ષ (epicotyl)** જે **ભ્રૂણાગ્ર** કે **આદિસ્કંધ (plumule)** અથવા **પ્રકાંડાગ્ર (stemtip)**માં પરિણમે છે. બીજપત્રો નીચેનો નળાકાર વિસ્તાર **અધરાક્ષ (hypocotyl)** છે જે નીચેના છેડે **ભ્રૂણમૂળ** કે **આદિમૂળ (radicle)** અથવા **મૂલાગ્ર (root tip)**માં પરિણમે છે. મૂળના ટોચનો ભાગ **મૂળટોપ**થી આવરિત હોય છે.

એકદળીનો ભ્રૂણ (આકૃતિ 2.14 b) માત્ર એક જ બીજપત્ર ધરાવે છે. ઘાસના કુળમાં આવેલ બીજપત્રને **વરુથિકા (scutellum)** કહે છે; જે ભ્રૂણધરીની એક બાજુ (પાર્શ્વ બાજુ) ગોઠવાયેલ હોય છે. ભ્રૂણધરી તેના નીચેના છેડે ભ્રૂણમૂળ ધરાવે છે અને મૂળટોપ એક અવિભેદિત આવરણથી આવરિત



(a)



(b)

આકૃતિ 2.14 : (a) લાક્ષણિક દ્વિદળીય ભ્રૂણ
(b) ઘાસના ભ્રૂણનો L.S.

હોય છે જેને **ભ્રૂણમૂળચોલ (coleorrhiza)** કહે છે. ભ્રૂણધરીનો વરુથિકાના જોડાણથી ઉપરનો ભાગ ઉપરાક્ષ છે. ઉપરાક્ષ પરોહાગ્ર અને કેટલાક પર્ણ પ્રદાય (leaf primordia) ધરાવે છે જે પોલા પર્ણ જેવી રચનાઓ (foliar)થી આવરિત હોય છે જેને **ભ્રૂણાગ્રચોલ (coleoptile)** કહે છે.

કેટલાંક બીજ (ઘઉં, મકાઈ, વટાણા, ચણા, મગફળી)ને આખી રાત પાણીમાં પલાળો. પછી બીજને ફોલીને બીજ અને ભ્રૂણના વિવિધ ભાગોનું અવલોકન કરો.

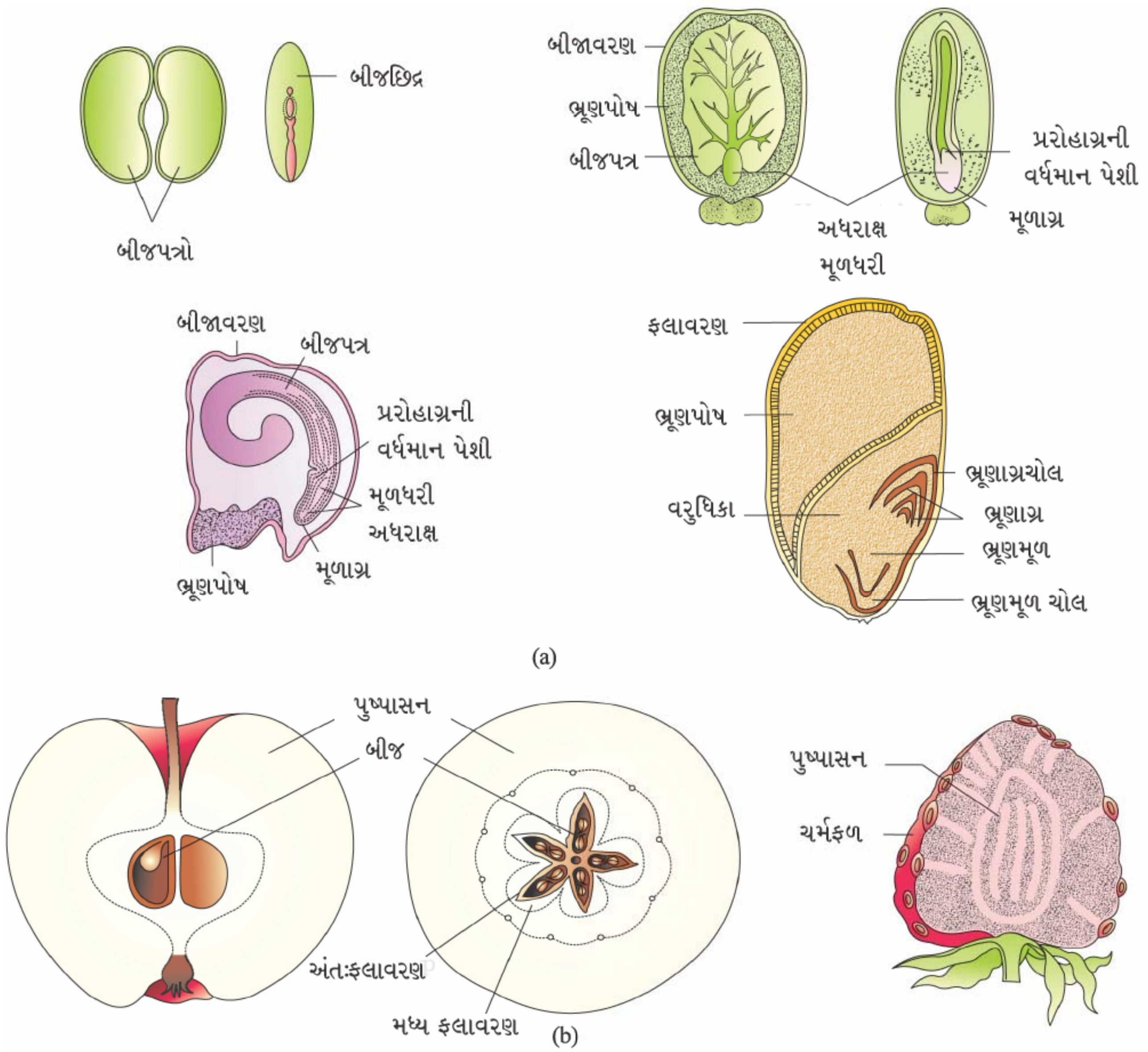
2.4.3 બીજ (Seed)

આવૃત બીજધારીમાં બીજ એ લિંગીપ્રજનનની અંતિમ નીપજ છે. તેને ઘણી વાર ફલિત અંડક તરીકે વર્ણવવામાં આવે છે. બીજ ફળની અંદર નિર્માણ પામે છે. બીજ લાક્ષણિક રીતે બીજાવરણ/બીજાવરણો, બીજપત્ર/બીજપત્રો અને ભ્રૂણધરી ધરાવે છે. ભ્રૂણના બીજપત્રો (આકૃતિ 2.15 a) સરળ રચના ધરાવે છે. સામાન્ય રીતે તે અનામત ખોરાકનો સંગ્રહ કરવાથી (શિમ્બી કુળમાં) જાડું અને ફૂલેલું હોય છે. પુખ્ત બીજ **આલ્બ્યુમિન વગર (non-albuminous)**ના અથવા **આલ્બ્યુમિનમુક્ત (ex-albuminous)** કે અભ્રૂણપોષી હોય છે. અભ્રૂણપોષી બીજમાં સ્થાયી ભ્રૂણપોષ હોતો નથી. કારણ કે, તે ભ્રૂણના વિકાસ દરમિયાન સંપૂર્ણ વપરાઈ જાય છે (દા.ત., વટાણા, મગફળી). **આલ્બ્યુમિનયુક્ત** કે ભ્રૂણપોષી બીજ ભ્રૂણપોષનો ભાગ જાળવી રાખે છે કારણ કે તે ભ્રૂણના વિકાસ દરમિયાન સંપૂર્ણ વપરાઈ જતો નથી (દા.ત., ઘઉં, મકાઈ, જવ, દિવેલા). ક્યારેક કેટલાંક બીજમાં જેમકે કાળા મરી અને બીટમાં પ્રદેહનો કેટલોક ભાગ વપરાયા વગરનો ચિરલગ્ન સ્વરૂપે રહે છે. આવા સ્થાયી ચિરલગ્ન પ્રદેહને **બીજદેહશેષ (perisperm)** કહે છે.

અંડકાવરણો હવે સખત રક્ષણ આપનારાં બીજાવરણો છે (આકૃતિ 2.15 a). અંડકછિદ્ર બીજમાં એક નાના છિદ્ર સ્વરૂપે બીજાવરણમાં રહે છે. તે બીજાંકુરણ દરમિયાન ઑક્સિજન અને પાણીના પ્રવેશ માટે અનુકૂળતા કરી આપે છે. બીજ પુખ્ત બને એટલે તેમાં રહેલ પાણીનું પ્રમાણ ઘટે છે અને બીજ વધુ શુષ્ક [તેના જથ્થા (mass)ના 10-15 % ભેજ] બને છે. ભ્રૂણની સામાન્ય ચયાપચયિક ક્રિયાઓ ધીમી પડે છે. ભ્રૂણ નિષ્ક્રિય તબક્કામાં પ્રવેશે છે. જેને **સુષુપ્તતા (dormancy)** કહે છે અથવા અનુકૂળ પરિસ્થિતિ (પૂરતો ભેજ, O_2 અને સાનુકૂળ તાપમાન) પ્રાપ્ત થતા તે અંકુરિત થાય છે.

અંડકનું બીજમાં અને બીજાશયનું ફળમાં રૂપાંતર થાય છે એટલે કે અંડકનું બીજમાં અને બીજાશયનું ફળમાં વિકાસ થવાની ક્રિયા સાથે-સાથે થાય છે. બીજાશયની દીવાલ ફળની દીવાલમાં વિકાસ પામે છે, જેને **ફલાવરણ (pericarp)** કહે છે. ફળ માંસલ જેમકે જામફળ, નારંગી, કેરી વગેરે અથવા શુષ્ક જેમકે મગફળી અને રાઈમાં હોય તેવા વગેરે છે. ઘણાં ફળો બીજ વિકિરણની ક્રિયાવિધિ સાથે સંકળાયેલાં હોય છે. ફળનું વર્ગીકરણ અને તેમના વિકિરણની ક્રિયાવિધિઓને યાદ કરો જે તમે અગાઉનાં ધોરણોમાં ભણી ગયેલાં છો. *શું બીજાશયમાં અંડકની સંખ્યા અને ફળમાં બીજની સંખ્યા સાથે કોઈ સંબંધ છે ?*

મોટા ભાગની વનસ્પતિઓમાં, સમય જતાં બીજાશયમાંથી ફળનો વિકાસ થાય છે ત્યારે બાકીના પુષ્પીય ભાગો વિઘટન પામીને ખરી પડે છે. પરંતુ, કેટલીક જાતિઓ જેવી કે સફરજન, સ્ટ્રોબેરી, કાજુ વગેરેમાં પુષ્પાસન પણ ફળના નિર્માણમાં ફાળો આપે છે. આવાં ફળોને **કૂટફળ (false fruit)** કહે છે (આકૃતિ 2.15 b). મોટા ભાગનાં ફળો માત્ર બીજાશયમાંથી જ વિકાસ પામે



આકૃતિ 2.15 : (a) કેટલાંક બીજની રચના (b) સફરજન અને સ્ટ્રોબેરીનાં કૂટફળો

છે અને તેમને **સત્યફળ (true fruits)** કહે છે. મોટા ભાગની જાતિઓમાં, ફળ એ ફલનનું પરિણામ છે છતાં થોડીક જાતિઓમાં ફળનું નિર્માણ ફલન વગર થાય છે. આવાં ફળોને **અફલિત ફળો (parthenocarpic fruits)** કહે છે. કેળાં તેનું એક ઉદાહરણ છે. અફલિત ફળ વિકાસ એ વૃદ્ધિ અંત:સ્રાવોથી પ્રેરી શકાય છે અને આવાં ફળ બીજવિહીન હોય છે.

બીજ એ આવૃત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં કેટલાક લાભ પ્રેરે છે. પ્રથમ જોવા મળતી પરાગનયન અને ફલન જેવી પ્રાજનનિક ક્રિયાઓ જે પાણી પર આધારિત નથી, જ્યારે બીજનિર્માણ એ પાણી પર વધુ આધારિત છે. બીજ, નવા વસવાટમાં વિકિરણ પામવા માટે વધુ સારું અનુકૂલન દર્શાવે છે અને જાતિને પોતાનાપણું જાળવવામાં મદદ કરે છે.

જરૂરિયાત મુજબનો સંચાયી ખોરાક ધરાવતું હોવાથી અંકુરિત ભ્રૂણ જ્યાં સુધી પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે સક્ષમ ન બને ત્યાં સુધી પોષણ પૂરું પાડે છે. બીજનું સખત આવરણ (બીજાવરણ) પુખ્ત ભ્રૂણનું રક્ષણ કરે છે. તેઓ લિંગીપ્રજનનની પેદાશ હોવાથી, નવા જનીનિક સંયોજન સર્જી ભિન્નતા તરફ દોરી જાય છે.

બીજ એ આપણી કૃષિનો પાયો છે. પુખ્ત બીજનું જલરહિત થવું (dehydration) અને સુષુપ્તતા પ્રાપ્ત કરવી એ બીજનો સંગ્રહ કરવા માટે અગત્યની બાબત છે. જેથી સમગ્ર વર્ષ દરમિયાન ખોરાક તરીકે તેનો ઉપયોગ કરી શકાય અને આગામી વર્ષોમાં પાક મેળવવા માટે તેને ઉગાડી શકાય. શું તમે બીજની ગેરહાજરીમાં ખેતી (કૃષિ) વિચારી શકો છો ? અથવા બીજની હાજરી કે જેમાં બીજનિર્માણ પછી તરત તે અંકુરિત થાય અને તેમનો સંગ્રહ ન કરી શકાય ?

બીજના વિકિરણ પછી તે કેટલો સમય જીવંત રહી શકે છે ? આ સમયમાં પણ બહુ મોટું જુદાપણું જોવા મળે છે. કેટલીક જાતિઓમાં બીજ થોડાક મહિનામાં પોતાની જીવિતતા (viability) ગુમાવે છે. મોટા ભાગની જાતિઓનાં બીજ વર્ષો સુધી જીવંત રહે છે. કેટલાંક બીજ 100 (સો) વર્ષ કરતાં પણ વધુ વર્ષો સુધી જીવંત રહે છે. ઘણાં જૂનાં હોવા છતાં બીજ જીવંત રહ્યાં હોય તેવા પુરાવા (record) પણ છે. સૌથી જૂનું બીજ લ્યુપાઇન (lupine)નું છે. લ્યુપાઇનસ આર્કિટિક્સ *(Lupinus arcticus)*ના આર્કટિક ટુંડ્રમાં લગભગ 10,000 (દસ હજાર) વર્ષોની સુષુપ્તતા પછી બીજ અંકુરિત થવાના અને તેણે પુષ્પો ઉત્પન્ન કર્યાં છે તેવા અપેક્ષિત પુરાવા છે. તાજેતરમાં 2000 વર્ષ જૂના ખજૂરનાં જીવંત બીજના પુરાવા મળ્યા છે. પુરાતત્ત્વીય ઉત્ખનન દરમિયાન મૃત દરિયા (dead sea) નજીક રાજન હેરોર્ડના મહેલમાં ખજૂરી *(Phoenix dactylifera)* મળી આવી હતી.

સપુષ્પી વનસ્પતિમાં લિંગીપ્રજનનના સંક્ષિપ્ત વર્ણન બાદ, હવે ઘણા પ્રશ્નો પૂછીને આપણે સપુષ્પી વનસ્પતિની પ્રજનન-ક્ષમતા વિશે જાણવાનો પ્રયત્ન કરવો જોઈએ. ભ્રૂણપુટમાં હાજર અંડકોષો (eggs)ની સંખ્યા કેટલી હોય અને એક અંડક (ovule)માં ભ્રૂણપુટની સંખ્યા કેટલી હોય ? એક બીજાશયમાં અંડકની સંખ્યા કેટલી હોય ? એક લાક્ષણિક પુષ્પમાં બીજાશયની સંખ્યા કેટલી હોય ? એક વૃક્ષ પર પુષ્પોની સંખ્યા કેટલી હોય ? અને બીજા ઘણાં બધા...

શું તમે એવી વનસ્પતિનાં નામ વિચારી શકો છો કે જેના ફળમાં ખૂબ જ મોટી સંખ્યામાં બીજ હોય. ઓર્કિડને આપણે આ શ્રેણીમાં મૂકી શકીએ છીએ અને તેનું દરેક ફળ હજારોની સંખ્યામાં નાનાં બીજ ધરાવે છે. આવું જ કેટલીક પરોપજીવી જાતિઓ જેવી કે ઓરોબેન્કી (Orobanche) અને સ્ટ્રાઈગા (Striga) નાં ફળોમાં જોવા મળે છે. શું તમે વડ (Ficus) ના ટેટામાં નાના બીજને જોયાં છે ? તેના આટલા નાના બીજમાંથી વડનું કેટલું મોટું વૃક્ષ વિકાસ પામે છે ? એક વડનું વૃક્ષ કેટલાં અબજો (બિલિયન્સ) બીજ સર્જે છે ? શું તમે આવું બીજું ઉદાહરણ આપી શકો છો ? જેમાં એક નાની રચનામાંથી વર્ષો પછી એક મોટો જૈવભાર સર્જાય છે.

2.5 અસંયોગીજનન અને બહુભ્રૂણતા (Apomixis and Polyembryony)

સામાન્યતઃ બીજ એ ફલનની અંતિમ નીપજ છે, છતાં એસ્ટરેસી અને ઘાસના કુળની કેટલીક સપુષ્પી વનસ્પતિઓ એક ખાસ પ્રકારની ક્રિયાવિધિ દર્શાવે છે, જેમાં તેઓ ફલન વગર બીજનું નિર્માણ કરે છે જેને **અનિર્ભેળતા/ અસંયોગીજનન (apomixis / parthenogenesis)** કહે છે. *ફલન વગર ફળનિર્માણને શું કહેવાય ?* આમ, અસંયોગીજનન એ અલિંગી સ્વરૂપે થાય છે. જેમાં લિંગીપ્રજનનની નકલ કરવામાં આવે છે. અસંયોગી બીજ અનેક રીતે સર્જી શકાય છે. ઘણી જાતિઓમાં, અર્ધીકરણ વગર દ્વિકીય અંડકોષનું નિર્માણ થાય છે અને ફલન વગર ભ્રૂણમાં વિકાસ પામે છે. ઘણું ખરું લીંબુ અને કેરીની ઘણી જાતો જેવી વનસ્પતિઓમાં ભ્રૂણપુટની આસપાસના પ્રદેહના કેટલાક કોષો વિભાજન પામી, ભ્રૂણપુટમાં ઊપસી આવે છે અને ભ્રૂણમાં પરિણમે છે.

આવી જાતિઓમાં દરેક અંડક ઘણા ભ્રૂણ ધરાવે છે. એક બીજમાં એક કરતાં વધુ ભ્રૂણની હાજરી **બહુભ્રૂણતા (polyembryony)** તરીકે ઓળખાય છે. *નારંગીનાં બીજ કાઢો અને તેમને દબાવો (squeeze). દરેક બીજમાં વિવિધ કદ અને આકાર ધરાવતાં ઘણા ભ્રૂણ જોવા મળે છે. દરેક બીજમાં આવેલ ભ્રૂણની ગણતરી કરો. અસંયોગી ભ્રૂણનું જનીનિક વલણ શું છે ? શું તેમને પ્રતિકૃતિ (clones) કહી શકાય ?*

આપણા ખોરાક અને શાકભાજીની કેટલીક સંકર જાત (hybrid variety) વિશિષ્ટ રીતે ઉગાડવામાં આવે છે. સંકર જાતથી ઉત્પાદકતા ઘણી ઊંચી જાય છે. સંકર જાતની એક મુશ્કેલી એ છે કે, દર વર્ષે સંકર બીજ ઉત્પન્ન કરવા પડે છે. સંકર જાતમાંથી મેળવેલ બીજને ઉગાડવામાં આવે, તો સંતતિમાં લક્ષણોનું વિશ્લેષણ થઈ જતાં, સંકર લક્ષણો જળવાતાં નથી. સંકર બીજ (hybrid seed)નું ઉત્પાદન મોંઘું છે અને તેથી ખેડૂતો માટે સંકર બીજની કિંમત વધુ પડે છે. જો આવા હાઈબ્રીડને અસંયોગીમાં રૂપાંતરિત કરવામાં આવે, તો સંતતિમાં લક્ષણોનું વિશ્લેષણ થતું નથી. જેથી ખેડૂત વર્ષોનાં વર્ષ સુધી સંકર પાક (hybrid crop) મેળવી શકે છે અને દર વર્ષે સંકર બીજ ખરીદવાની જરૂર રહેતી નથી. સંકર બીજ ઔદ્યોગિક એકમોમાં અસંયોગીજનનના મહત્ત્વને કારણે વિશ્વભરની પ્રયોગશાળાઓમાં થઈ રહ્યા છે, અસંયોગીજનનની જનીનિકતા સમજવા અને અસંયોગી જનીનોનું સંકર જાતમાં વહન સમજવા માટે સક્રિય સંશોધનો થઈ રહ્યાં છે.

સારાંશ

આવૃત બીજધારીમાં પુષ્પ, લિંગીપ્રજનનનું સ્થાન છે. પુષ્પમાં, પુંકેસર ચક્ર એ પુંકેસર ધરાવે છે, જે નર પ્રજનનાંગ છે અને સ્ત્રીકેસરથી રચાયેલ સ્ત્રીકેસર ચક્ર એ માદા પ્રજનનાંગને રજૂ કરે છે.

લાક્ષણિક પરાગાશય દ્વિખંડી, પ્રત્યેક ખંડ દ્વિકોટરીય અને તેથી તે ચતુઃબીજાણુધાનીય (પરાગાશય) છે. પરાગરજ લઘુબીજાણીધાનીમાં સર્જાય છે. લઘુબીજાણુધાની ચાર દીવાલસ્તરો – અધિસ્તર, સ્ફોટીસ્તર, મધ્યસ્તરો અને પોષકસ્તર ધરાવે છે. લઘુબીજાણુધાનીના મધ્યમાં બીજાણુજનક પેશી આવેલી હોય છે. જેના કોષો અર્ધીકરણ (લઘુબીજાણુજનન) દ્વારા લઘુબીજાણુઓનું ચતુષ્ક (પરાગચતુષ્ક) સર્જે છે. સ્વતંત્ર લઘુબીજાણુ પરાગરજમાં પરિણમે છે.

પરાગરજ નર જન્યુજનક પેઢીને (સંતતિ) રજૂ કરે છે. પરાગરજ બે સ્તરીય દીવાલ ધરાવે છે – બાહ્ય અને અંતઃઆવરણ. બાહ્યાવરણ સ્પોરોપોલેનિનનું બનેલ છે અને જનનછિદ્રો ધરાવે છે. પરાગરજ મુક્ત થાય ત્યારે બે કોષો (એક વાનસ્પતિ કોષ અને એક જનનકોષ) અથવા ત્રણ કોષો (એક વાનસ્પતિક કોષ અને બે નરજન્યુઓ) ધરાવે છે.

સ્ત્રીકેસર ત્રણ ભાગ ધરાવે છે : પરાગાસન, પરાગવાહિની અને બીજાશય. અંડક બીજાશયમાં આવેલા હોય છે. અંડક એ દંડ ધરાવતું અંડનાલ રક્ષણાત્મક અંડાવરણ/અંડકાવરણો અને એક છિદ્ર અંડકછિદ્ર ધરાવે છે. મધ્યસ્થી પેશી પ્રદેહ છે જેમાંથી સ્ત્રીજન્યુધાની વિભેદિત થાય છે. સ્ત્રી બીજાણુકોષ અથવા સ્ત્રી યુગ્મન કોષ (archesporium cell), મહાબીજાણુ માતૃકોષ અર્ધીકરણ દ્વારા વિભાજન પામી અને એક મહાબીજાણુમાંથી ભ્રૂણપુટનું (માદા જન્યુજનક) નિર્માણ કરે છે. પુખ્ત ભ્રૂણપુટ 7-કોષીય અને 8-કોષકેન્દ્રીય રચના છે. અંડછિદ્રીય છેડે આવેલ અંડ પ્રસાધનની રચનામાં

બે સહાયક કોષો અને એક અંડકોષ હોય છે. અંડકતલ ભાગે ત્રણ પ્રતિધ્રુવીય કોષો હોય છે. મધ્ય ભાગે મોટા બે ધ્રુવીય કોષકેન્દ્રો ધરાવતો કેન્દ્રસ્થ/મધ્યસ્થ કોષ હોય છે.

પરાગાશયમાંથી પરાગરજને સ્ત્રીકેસરના પરાગાસન પર સ્થળાંતર કરવાની ક્રિયાને પરાગનયન કહે છે. પરાગવાહકો અજૈવિક (પવન અને પાણી) અથવા જૈવિક (પ્રાણીઓ) હોય છે.

પરાગ-સ્ત્રીકેસર સંબંધો, તમામ ઘટનાઓ જેવી કે પરાગરજનું પરાગાસન પર સ્થાપનથી લઈને પરાગનલિકાનો ભ્રૂણપુટનો પ્રવેશ (જ્યારે પરાગરજ સંગત હોય) અથવા પરાગ અવરોધન (જ્યારે પરાગરજ અસંગત હોય)ને સમાવે છે. સંગત પરાગનયનને અનુસરીને, પરાગાસન પર પરાગરજનું અંકુરણ થાય છે અને પરાગનલિકાના સર્જન દ્વારા તે પરાગવાહિનીના માર્ગે અંડકમાં પ્રવેશે છે અને બે નરજન્યુઓને બે પૈકીમાંના એક સહાયક કોષમાં મુક્ત કરે છે. આવૃત બીજધારીમાં બેવડું ફલન જોવા મળે છે, કારણ કે દરેક ભ્રૂણપુટમાં બે સંલગ્નની ઘટનાઓ થાય છે – જન્યુયુગ્મન અને ત્રિકીય જોડાણ. આ જોડાણના પરિણામે બે નીપજો દ્વિકીય યુગ્મનજ અને ત્રિકીય પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષકેન્દ્ર (પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષમાં) સર્જાય છે. યુગ્મનજમાંથી ભ્રૂણનું નિર્માણ થાય છે અને પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષમાંથી ભ્રૂણપોષ વિકાસ પામે છે. ભ્રૂણપોષનું નિર્માણ હંમેશાં ભ્રૂણના વિકાસ પહેલાં થઈ જાય છે.

વિકસિત ભ્રૂણ પુખ્તતા પહેલાં વિવિધ અવસ્થાઓ જેવી કે પૂર્વ ભ્રૂણ, ગોળાકાર ભ્રૂણ અને હૃદયાકાર ભ્રૂણમાંથી પસાર થાય છે. પુખ્ત દ્વિદળી ભ્રૂણ બે બીજપત્રો તથા ઉપરાક્ષ અને અધરાક્ષ ધરાવતી ભ્રૂણધરી ધરાવે છે. એકદળી ભ્રૂણ એક જ બીજપત્ર ધરાવે છે. ફલન બાદ, બીજાશય ફળમાં અને અંડક બીજમાં પરિવર્તિત થાય છે.

અસંયોગીજનન પ્રકારની ક્રિયાવિધિ કેટલીક આવૃત બીજધારીઓમાં ખાસ કરીને ઘાસમાં જોવા મળે છે. જેમાં ફલન વગર બીજનું નિર્માણ થાય છે. ઉદ્યાનવિદ્યા અને કૃષિક્ષેત્રે અસંયોગીજનના કેટલાક લાભ છે.

કેટલીક આવૃત બીજધારીઓ તેમનાં બીજમાં એક કરતાં વધારે ભ્રૂણ ધરાવે છે. આ ઘટનાને બહુભ્રૂણતા કહે છે.

સ્વાધ્યાય

1. આવૃત બીજધારી વનસ્પતિના પુષ્પના ભાગોનાં નામ આપો કે જ્યાં નર તેમજ માદા જન્યુનો વિકાસ થાય છે ?
2. લઘુબીજાણુજનન અને મહાબીજાણુજનનની વચ્ચે ભેદ સ્પષ્ટ કરો : આ ઘટનાઓ દરમિયાન કયા પ્રકારનું કોષવિભાજન થાય છે ? આ બંને ઘટનાઓના અંતે નિર્માણ પામતી સંરચનાઓનાં નામ આપો.
3. નીચે આપેલ શબ્દો વિકાસના ક્રમને આધારે સુવ્યવસ્થિત ગોઠવો : પરાગરજ, બીજાણુજનક પેશી, લઘુબીજાણુચતુષ્ક, પરાગ માતૃકોષ, નર જન્યુજનક.
4. લાક્ષણિક આવૃત બીજધારી વનસ્પતિના અંડકના ભાગો દર્શાવતી સ્પષ્ટ, નામનિર્દેશનયુક્ત આકૃતિ દોરો.
5. માદા જન્યુજનકનો એક બીજાણુક વિકાસ થાય છે એટલે શું ?
6. માદા જન્યુજનકની 7-કોષીય, 8-કોષકેન્દ્રીય પ્રકૃતિને સ્વચ્છ નામનિર્દેશિત આકૃતિ સહ સમજાવો.

7. હવાઈ પુષ્પોનો શો અર્થ છે ? શું સંવૃત પુષ્પોમાં પરપરાગનયન થાય છે ? તમારા જવાબ માટે કારણ આપો.
8. પુષ્પો દ્વારા સ્વ-પરાગનયન રોકવા માટે વિકસાવેલી બે કાર્યપદ્ધતિ જણાવો.
9. સ્વ-અસંગતતા શું છે ? સ્વ-અસંગતતાવાળી જાતિઓમાં સ્વ-પરાગનયન પ્રક્રિયા બીજનિર્માણ સુધી શા માટે પહોંચી શકતી નથી ?
10. કોથળી ચઢાવવી (bagging) તક્નિક શું છે ? વનસ્પતિ સંવર્ધન-કાર્યક્રમમાં આ કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?
11. ત્રિકીય જોડાણ શું છે ? આ ક્યાં અને કેવી રીતે થાય છે ? ત્રિકીય જોડાણમાં ભાગ લેતાં કોષકેન્દ્રોનાં નામ આપો.
12. એક ફલિત બીજાંડમાં યુગ્મનજ થોડા સમય માટે સુષુપ્ત રહે છે તે વિશે તમે શું વિચારો છો ?
13. તફાવત આપો :
    (a) અધરાક્ષ અને ઉપરાક્ષ
    (b) ભ્રૂણાગ્રચોલ અને ભ્રૂણમૂળચોલ
    (c) અંડકાવરણ અને બાહ્ય બીજાવરણ
    (d) બીજદેહશેષ અને ફલાવરણ
14. સફરજનને કૂટફળ કેમ કહે છે ? પુષ્પનો કયો ભાગ / ભાગો ફળની રચના કરે છે ?
15. વંધ્યીકરણનો અર્થ શું છે ? એક વનસ્પતિ સંવર્ધક ક્યારે અને કેવી રીતે આ તક્નિકનો ઉપયોગ કરે છે ?
16. જો કોઈ વ્યક્તિ વૃદ્ધિ નિયામકોનો ઉપયોગ કરી શા માટે અસંયોગીજનન પ્રેરિત કરે છે – તો આ પ્રેરિત અસંયોગીજનન માટે તમે કયું ફળ પસંદ કરશો ? શા માટે ?
17. પરાગરજની દીવાલની રચનામાં પોષકસ્તરની ભૂમિકા સમજાવો.
18. અસંયોગીજનન શું છે અને તેનું મહત્ત્વ શું છે ?

પ્રકરણ 3

માનવ પ્રજનન (Human Reproduction)

3.1 નર પ્રજનનતંત્ર
3.2 માદા પ્રજનનતંત્ર
3.3 જન્યુજનન
3.4 ઋતુચક્ર
3.5 ફલન અને ગર્ભ-સ્થાપન
3.6 ગર્ભધારણ (ગર્ભાવસ્થા) અને ગર્ભીય વિકાસ
3.7 પ્રસૂતિ અને દુગ્ધસ્રાવ

તમે જાણો છો કે માનવ લિંગીપ્રજનન કરતા અને અપત્યપ્રસવી છે. માનવ પ્રજનનીક ઘટનાઓમાં જનનકોષોનું નિર્માણ (gametogenesis); એટલે કે નરમાં શુક્રકોષો અને માદામાં અંડકોષો. શુક્રકોષોને માદાના જનનમાર્ગમાં દાખલ કરવા (insemination) તથા નર અને માદા જનનકોષોનું જોડાણ (ફલન-fertilisation) જે ફલિતાંડના નિર્માણ તરફ દોરી જાય છે. જે ગર્ભકોષ્ઠ કોથળી (blastocyst)નું નિર્માણ અને વિકાસ, તેનું ગર્ભાશય (uterine)ની દીવાલ સાથે જોડાવવું-ગર્ભસ્થાપન (implantation), ગર્ભવિકાસ (gestation) અને બાળકનો જન્મ-પ્રસૂતિ (parturition)ને અનુસરે છે. તમે અભ્યાસ કરી ચૂક્યાં છો કે, આ પ્રજનનીક ઘટનાઓ યૌવનારંભ (puberty) બાદ થતી જોવા મળે છે. નર અને માદામાં પ્રજનનીક ઘટનાઓમાં નોંધપાત્ર તફાવત જોવા મળે છે. દા.ત., શુક્રકોષનું નિર્માણ વૃદ્ધ પુરુષોમાં પણ ચાલુ હોય છે, પરંતુ અંડકોષનું નિર્માણ સ્ત્રીઓમાં 50 વર્ષની વય આસપાસ સ્થગિત થઈ જાય છે. ચાલો, માનવમાં નર અને માદા પ્રજનનતંત્રનો અભ્યાસ કરીએ.

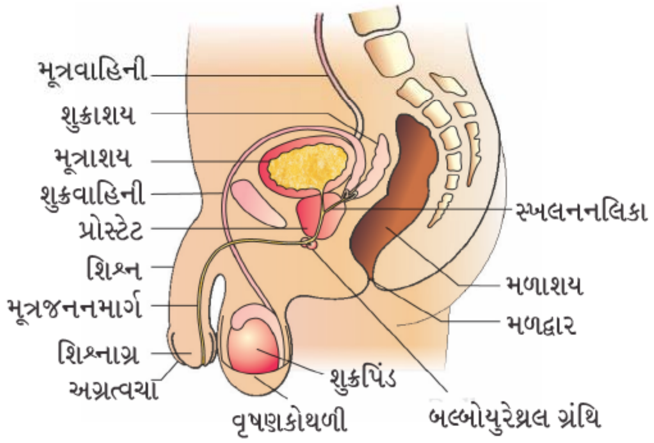
3.1 નર પ્રજનનતંત્ર (The Male Reproductive System)

નર પ્રજનનતંત્ર નિતંબ (pelvis) પ્રદેશમાં સ્થાન પામેલ છે (આકૃતિ 3.1 (a)). તેમાં **શુક્રપિંડ**ની એક જોડની સાથોસાથ **સહાયક નલિકાઓ, ગ્રંથિઓ** અને **બાહ્ય જનનેન્દ્રિયો**નો સમાવેશ થાય છે.

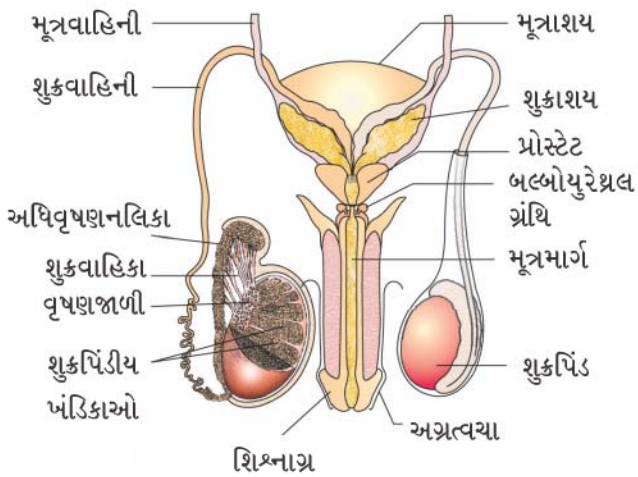
શુક્રપિંડો ઉદર ગુહાની બહાર કોથળી કે જેને **વૃષણકોથળી** (scrotum) કહે છે તેમાં આવેલાં હોય છે. વૃષણકોથળી શુક્રકોષજનન માટે જરૂરી શુક્રપિંડોનું નીચું તાપમાન (શરીરના સામાન્ય તાપમાન કરતાં 2 – 2.5° C નીચું) જાળવવામાં મદદ કરે છે. પુખ્તમાં દરેક શુક્રપિંડ અંડાકાર, આશરે 4થી 5 સેમી લાંબું અને આશરે 2થી 3 સેમી પહોળું હોય છે. શુક્રપિંડો સઘન આવરણ વડે આવરિત હોય છે. દરેક શુક્રપિંડ આશરે 250 ખંડો ધરાવે છે. જેને **શુક્રપિંડીય ખંડિકાઓ** (testicular lobules) કહે છે (આકૃતિ 3.1 (b)).

દરેક ખંડિકા એકથી ત્રણ, શુક્રકોષો ઉત્પન્ન કરતી ખૂબ જ ગુંચળામય **શુક્રોત્પાદક નલિકાઓ** (seminiferous tubules) ધરાવે છે. દરેક શુક્રઉત્પાદક નલિકા તેની અંદરની બાજુ પર બે પ્રકારના કોષો ધરાવે છે જેને **નર જનનકોષો** (male germ cells) કે **આદિ શુક્રકોષો** (spermatogonia) અને **સરટોલી કોષો** (sertoli cells) કહે છે (આકૃતિ 3.2). નર જનનકોષો અર્ધીકરણને અંતે શુક્રકોષના નિર્માણ તરફ દોરાય જાય છે, જ્યારે સરટોલી કોષો જનનકોષોને પોષણ પૂરું પાડે છે. શુક્રઉત્પાદક નલિકાના બહારના ભાગને આંતરાલીય અવકાશ (interstitial spaces) કહે છે, જે નાની રુધિરવાહિનીઓ અને **આંતરાલીય કોષો** (interstitial cells) અથવા **લેડિગ કોષો** (Leydig cells) ધરાવે છે (આકૃતિ 3.2). લેડિગ કોષો એન્ડ્રોજન્સ (androgens)થી ઓળખાતા શુક્રપિંડીય અંતઃસ્રાવોનું સંશ્લેષણ અને સ્રાવ કરે છે. અહીં અન્ય રોગપ્રતિરક્ષા માટે સક્ષમ કોષો પણ હાજર છે.

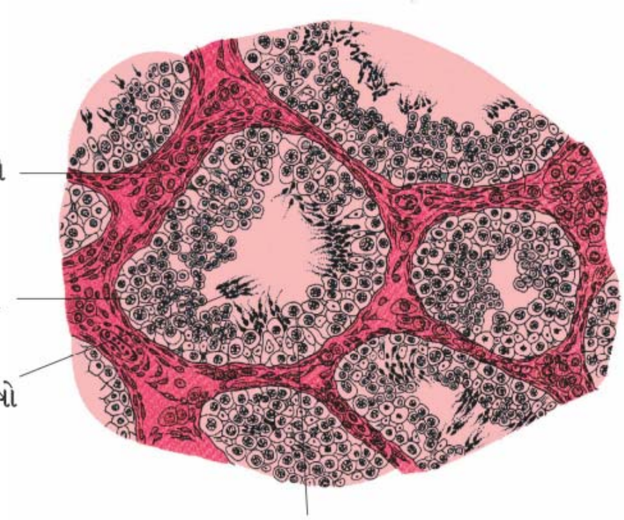
નરમાં પ્રજનન સહાયક નલિકાઓમાં **વૃષણજાળ** (rete testis), **શુક્રવાહિકાઓ** (vasa efferentia), **અધિવૃષણ નલિકા** (epididymis) અને **શુક્રવાહિની**(vas deferens)નો સમાવેશ થાય છે (આકૃતિ 3.1 b). શુક્રપિંડની શુક્રઉત્પાદક નલિકાઓ, વૃષણજાળ મારફતે શુક્રવાહિકાઓમાં ખૂલે છે. શુક્રવાહિકાઓ શુક્રપિંડમાંથી બહાર આવી અને દરેક શુક્રપિંડોની પશ્ચ સપાટીએ સ્થાન પામેલ અધિવૃષણ નલિકામાં ખૂલે છે. અધિવૃષણ નલિકા ઉદરમાં ઉપરની તરફ શુક્રવાહિની તરીકે આગળ વધે છે અને મૂત્રાશયની ઉપર પાશ (loops) બનાવે છે. તેની સાથે શુક્રાશય (seminal vesicle)ની નલિકાઓ જોડાઈ મૂત્રમાર્ગ (urethra)માં સ્ખલનનલિકા તરીકે ખૂલે છે (આકૃતિ 3.1 (a)). આ નલિકાઓ શુક્રકોષોનો સંગ્રહ અને શુક્રપિંડોથી મૂત્રમાર્ગ દ્વારા બહારની તરફ વહન કરાવે છે. મૂત્રમાર્ગ મૂત્રાશયમાંથી ઉદ્ભવે છે અને શિશ્ન દ્વારા આગળ વધી **મૂત્રમાર્ગ મુખ** (urethral meatus)થી ઓળખાતા છિદ્ર દ્વારા બહાર ખૂલે છે.



આકૃતિ 3.1 (a) : પ્રજનનતંત્ર દર્શાવતી નર નિતંબ (પ્રદેશના પેલ્વીસ)ના છેદની રેખાકૃતિ



આકૃતિ 3.1 (b) : નર-પ્રજનનતંત્રની રેખાકૃતિ (આંતરિક રચનાઓ દર્શાવતો શુક્રપિંડનો ખુલ્લો ભાગ)



આકૃતિ 3.2 : શુક્રઉત્પાદક નલિકાનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

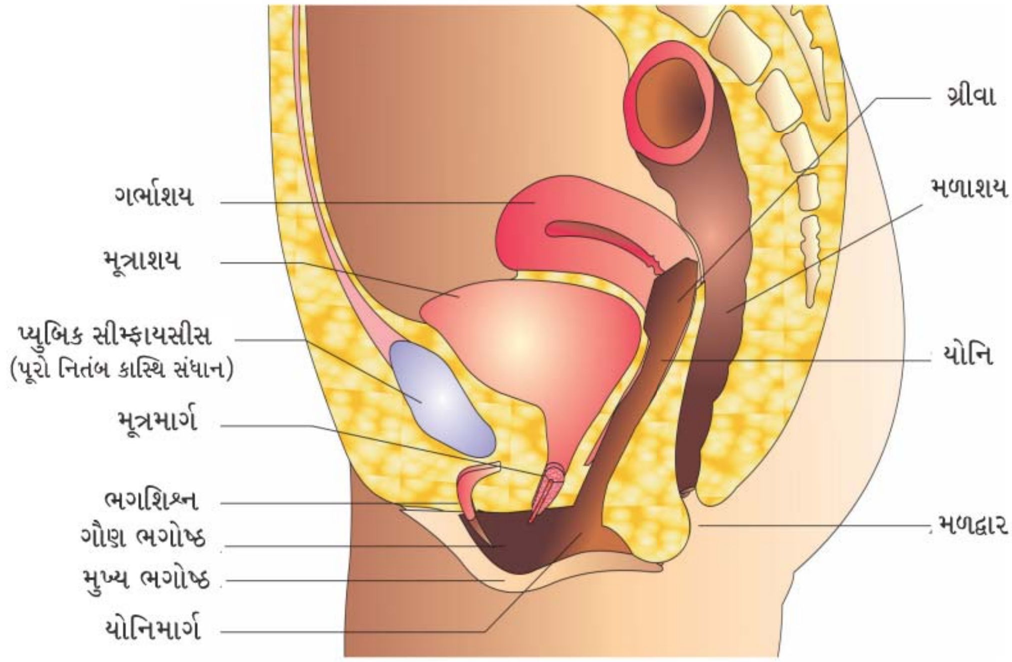
શિશ્ન એ નરનું બાહ્ય જનનાંગ છે (આકૃતિ 3.1 (a), (b)). તે વિશિષ્ટ પેશીઓથી બનેલ છે જે તેને ઉત્થાન અને વીર્યદાન (insemination)ની સાનુકૂળતા કરી આપે છે. શિશ્નના પહોળા છેડાને શિશ્નાગ્ર (glans penis) કહે છે જે **અગ્રત્વચા (foreskin)**થી ઓળખાતી શિથિલ ગડીમય ત્વચા દ્વારા આવરિત હોય છે.

નર સહાયક ગ્રંથિઓ (આકૃતિ 3.1 (a), (b))માં એક જોડ **શુક્રાશય** એક **પ્રોસ્ટેટ** અને એક જોડ **બલ્બોયુરેથ્રલ ગ્રંથિઓ**નો સમાવેશ થાય છે. આ ગ્રંથિઓનો સ્રાવ શુક્રાશય રસ (seminal plasma) બનાવે છે કે જે ફ્રુક્ટોઝ, કૅલ્શિયમ અને કેટલાક ઉત્સેચકોથી સભર હોય છે. બલ્બોયુરેથ્રલ ગ્રંથિઓનો સ્રાવ શિશ્નના ઊંજણમાં પણ મદદ કરે છે.

3.2 માદા પ્રજનનતંત્ર (The Female Reproductive System)

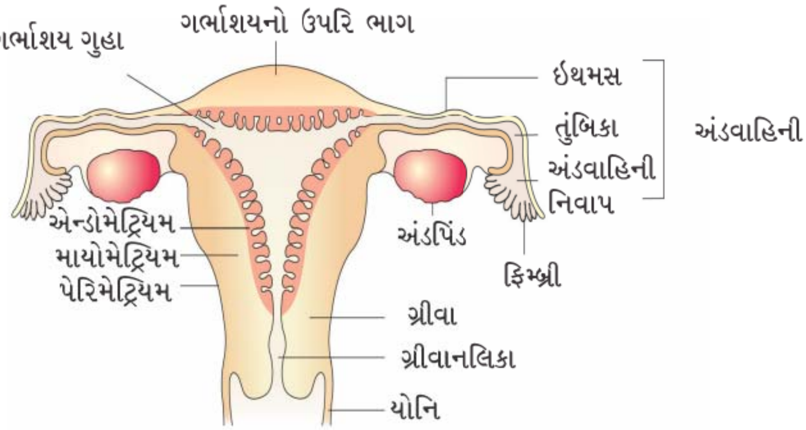
માદા પ્રજનનતંત્ર નિતંબ પ્રદેશમાં આવેલું છે જે એક જોડ **અંડપિંડો** અને તેની સાથે એક જોડ **અંડવાહિનીઓ, ગર્ભાશય, ગ્રીવા, યોનિમાર્ગ** અને **બાહ્ય જનનેન્દ્રિયો (external genitalia)** ધરાવે છે (આકૃતિ 3.3 (a)). તંત્રના આ ભાગોની સાથે એક જોડ **સ્તનગ્રંથિઓ** રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક રીતે સંકળાયેલ છે. આ તમામ અંડકોષપાત (ovulation), ફલન, ગર્ભધારણ, જન્મ અને બાળસંભાળની પ્રક્રિયાઓને મદદરૂપ થાય છે.

અંડપિંડો માદા-જનનકોષ (અંડકોષ) અને ઘણાં સ્ટિરોઇડ અંતઃસ્રાવો (અંડપિંડીય અંતઃસ્રાવો) ઉત્પન્ન કરતાં મુખ્ય માદા જાતીય અંગો છે. અંડપિંડો ઉદરના નીચેના ભાગે દરેક બાજુએ એક-એક ગોઠવાયેલ છે (આકૃતિ 3.3 (b)). દરેક અંડપિંડ આશરે 2થી 4 સેમી લાંબું અને નિતંબની દીવાલ (pelvic wall) તેમજ ગર્ભાશય (uterus) સાથે અસ્થિબંધ (ligaments) દ્વારા સંપર્કમાં (જોડાયેલ) હોય છે. દરેક અંડપિંડ પાતળા અધિચ્છદીય આવરણ દ્વારા આવરિત હોય છે જે અંડપિંડીય આધારક (stroma)ને આવરે છે. આધારક બે વિસ્તારમાં વિભાજીત થાય છે : પરિઘવર્તી બાહ્યક અને અંદરનું મજ્જક.



આકૃતિ 3.3 (a) : પ્રજનનતંત્ર દર્શાવતી માદા નિતંબ (pelvis)ના છેદની રેખાકૃતિ

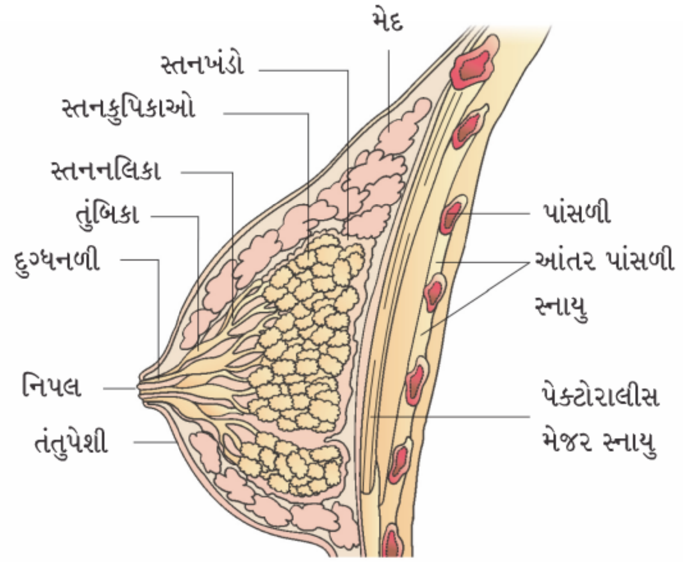
અંડવાહિનીઓ (oviducts) કે ગર્ભાશયની નળી (fallopian tubes), ગર્ભાશય અને યોનિમાર્ગ મળી માદા સહાયક નલિકાઓ બનાવે છે. અંડપિંડના પરિઘ વિસ્તારથી ગર્ભાશય સુધી લંબાયેલ દરેક અંડવાહિની (ગર્ભાશયની નળી) આશરે 10-12 સેમી લાંબી હોય છે (આકૃતિ 3.3 (b)), તેના અંડપિંડની નજીક રહેલ ગળણી આકારના ભાગને **અંડવાહિની નિવાપ (infundibulum)** કહે છે. અંડવાહિની નિવાપની કિનારીઓ આંગળી જેવા પ્રવર્ધો ધરાવે છે જેને **ફિમ્બ્રી (fimbriae)** કહે છે, જે અંડપાત બાદ મુક્ત થતા અંડકોષને એકત્રિત કરવામાં મદદ કરે છે. અંડવાહિની નિવાપ, **તુંબિકા (ampulla)**થી ઓળખાતા અંડવાહિનીના પહોળા ભાગ તરફ દોરાઈ જાય છે. અંડવાહિનીનો અંતિમ ભાગ, **ઈથમસ (isthmus)** સાંકડું પોલાણ ધરાવે છે અને તે ગર્ભાશય સાથે જોડાય છે.



આકૃતિ 3.3 (b) : માદા-પ્રજનનતંત્ર દર્શાવતા છેદની રેખાકૃતિ

ગર્ભાશય એક જ હોય છે અને તેને **કૂખ (womb)** પણ કહે છે. ગર્ભાશયનો આકાર ઊંધા નાસપતિ (pear) જેવો હોય છે. તે નિતંબની દીવાલ સાથે જોડાયેલ અસ્થિબંધ દ્વારા આધાર પામેલ હોય છે. ગર્ભાશય, યોનિમાર્ગમાં સાંકડી ગ્રીવા દ્વારા ખૂલે છે. ગ્રીવાની ગુહાને **ગ્રીવાનળી (cervical canal)** કહે છે (આકૃતિ 3.3 (b)), જે યોનિમાર્ગ સાથે જોડાઈ જન્મનળી (birth canal) બનાવે છે. ગર્ભાશયની દીવાલ પેશીના ત્રણ સ્તરો ધરાવે છે. બાહ્ય પાતળું સ્તર **પેરિમેટ્રિયમ (perimetrium)**, મધ્યનું અરેખિત (સરળ) સ્નાયુઓનું જાડું સ્તર **માયોમેટ્રિયમ (myometrium)** અને અંદરના ગ્રંથિય સ્તરને **ઍન્ડોમેટ્રિયમ (endometrium)** કહે છે જે ગર્ભાશય ગુહાનું અસ્તર બનાવે છે. ઍન્ડોમેટ્રિયમ ઋતુચક્ર દરમિયાન ચક્રીય ફેરફારમાંથી પસાર થાય છે. જ્યારે માયોમેટ્રિયમ બાળકના પ્રસવ દરમિયાન મજબૂત સંકોચન દર્શાવે છે.

માદામાં બાહ્ય જનનેન્દ્રિયોમાં **મોન્સ પ્યુબિસ (mons pubis), મુખ્ય ભગોષ્ઠ (labia majora), ગૌણ ભગોષ્ઠ (labia minora), યોનિપટલ (hymen)** અને **ભગશિશ્ન (clitoris)** (આકૃતિ 3.3 (a))નો સમાવેશ થાય છે. મોન્સ પ્યુબિસ એ મેદ પેશીની બનેલી ત્વચા દ્વારા આવરિત અને પ્યુબિક વાળ ધરાવતી ગાદી જેવી રચના છે. મુખ્ય ભગોષ્ઠ પેશીની માંસલ ગડીઓ છે જે મોન્સ પ્યુબિસથી નીચે સુધી લંબાયેલી અને યોનિમાર્ગના મુખને ઘેરતી રચના છે. ગૌણ ભગૌષ્ઠ એ મુખ્ય ભગૌષ્ઠની નીચે આવેલ એક જોડ પેશીમય ગડીઓ છે. યોનિમાર્ગનું મુખ એક કલા દ્વારા ઘણી વાર અંશતઃ આવરિત હોય છે, જેને યોનિપટલ (hymen) કહે છે. ભગશિશ્નીકા નાની આંગળી જેવી રચના છે જે મૂત્રમાર્ગના મુખની ઉપર બે ગૌણ ભગૌષ્ઠના ઊપરી જોડાણ સ્થાને આવેલ છે. યોનિપટલ ઘણી વાર પ્રથમ મૈથુન (coitus) કે સમાગમ (intercourse) દરમિયાન ફાટી જાય છે. *જોકે, તે અચાનક પડવાથી અથવા આંચકો લાગવાથી, યોનિ ટેમ્પોન (vaginal tempon – ઋતુચક્ર દરમિયાન યોનિમાર્ગના ઋતુપ્રવાહને શોષવા માટેનું દાક્તરી સાધન) દાખલ કરતી વખતે, કેટલીક રમતો જેવી કે ઘોડેસવારી, સાઈકલ-સવારી વગેરેમાં સક્રિય ભાગ લેવાથી પણ તૂટી શકે છે. કેટલીક સ્ત્રીઓમાં યોનિપટલ મૈથુન બાદ પણ જળવાઈ રહે છે. યોનિપટલની હાજરી અથવા ગેરહાજરીને કૌમાર્ય (virginity) અથવા જાતીય અનુભવ (sexual experience)નું વાસ્તવિક, ભરોસાપાત્ર સૂચક માનવામાં આવતું નથી.*

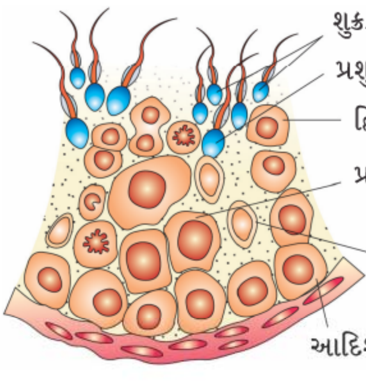


આકૃતિ 3.4 : સ્તનગ્રંથિ દર્શાવતા છેદની રેખાકૃતિ

ક્રિયાશીલ સ્તનગ્રંથિ (સ્તન) એ બધા જ માદા સસ્તનોની લાક્ષણિકતા છે. સ્તનગ્રંથિઓ ગ્રંથિમય પેશી અને ભિન્ન માત્રામાં ચરબી (fat) ધરાવતી જોડમાં આવેલ રચના છે. પ્રત્યેક સ્તનની ગ્રંથિમય પેશી 15-20 **સ્તનખંડો**માં વહેંચાયેલી છે કે જે કૂપિકાથી ઓળખાતા કોષોના સમૂહો ધરાવે છે (આકૃતિ 3.4). કૂપિકાના કોષો દ્વારા સ્રવતું દૂધ, કે જે કૂપિકાના પોલાણ (ગુહા)માં સંગ્રહ પામે છે. કૂપિકા સ્તનનલિકાઓમાં ખૂલે છે. દરેક ખંડની નલિકાઓ ભેગી મળી **સ્તનવાહિની** બનાવે છે. ઘણી સ્તનવાહિનીઓ ભેગી મળી પહોળી સ્તનતુંબિકા બનાવે છે જે **દુગ્ધવાહિની (lactiferous duct)** સાથે જોડાયેલ છે, જેના દ્વારા દૂધ શોષવાથી બહાર નીકળે છે.

3.3 જન્યુજનન (Gametogenesis)

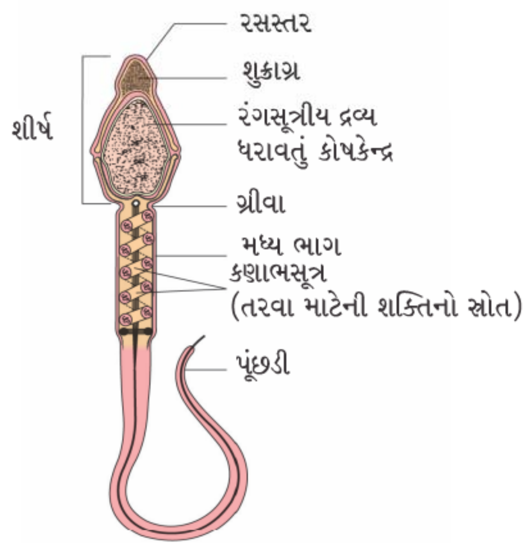
મુખ્ય પ્રજનન અંગો નરમાં શુક્રપિંડો અને માદામાં અંડપિંડો જન્યુજનન તરીકે ઓળખાતી પ્રક્રિયા દ્વારા - જનનકોષો ઉત્પન્ન કરે છે, એટલે કે અનુક્રમે શુક્રકોષો અને અંડકોષો ઉત્પન્ન કરે છે. શુક્રપિંડમાં અપરિપક્વ નર જનનકોષો (આદિ શુક્રકોષો) એ **શુક્રકોષજનન (spermatogenesis)** દ્વારા શુક્રકોષો ઉત્પન્ન કરે છે. તે યૌવનારંભ (puberty)થી શરૂ થાય છે. **આદિશુક્રકોષો** [એકવચન-આદિશુક્રકોષ (spermatogonium)] **શુક્રઉત્પાદક નલિકાઓ (seminiferous tubules)**ની દીવાલની અંદર જોવા મળે છે. જે સમસૂત્રીભાજન (mitotic division) દ્વારા ગુણન પામી અને સંખ્યામાં વધે છે. દરેક આદિશુક્રકોષ દ્વિકીય હોય છે અને 46 રંગસૂત્રો ધરાવે છે. **પ્રાથમિક પૂર્વ શુક્રકોષો (primary spermatocytes)** કહેવાતા કેટલાક આદિશુક્રકોષો સમયાંતરે અર્ધીકરણ પામે છે. પ્રાથમિક પૂર્વ શુક્રકોષ પ્રથમ અર્ધસૂત્રીભાજન પૂર્ણ કરી બે સરખા (સમાન), એકકીય કોષોનું નિર્માણ કરે છે જેને **દ્વિતીયક પૂર્વ શુક્રકોષો (secondary spermatocytes)** કહે છે, જે દરેક ફક્ત 23 રંગસૂત્રો ધરાવે છે. દ્વિતીય પૂર્વ શુક્રકોષો દ્વિતીય અર્ધસૂત્રીભાજનમાં પ્રવેશી ચાર સમાન એકકીય પ્રશુક્રકોષો (spermatids) ઉત્પન્ન કરે છે (આકૃતિ 3.5). *પ્રશુક્રકોષોમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા કેટલી હોય છે ?* પ્રશુક્રકોષો, **શુક્રકોષો [spermatozoa/ sperms)]**માં રૂપાંતરિત થાય છે. આ પ્રક્રિયાને **શુક્રકાયાંતરણ (spermiogenesis)** કહે છે. શુક્રકાયાંતરણ બાદ, શુક્રકોષનું શીર્ષ **સરટોલી કોષો**માં અંતઃસ્થાપિત થાય છે અને અંતે શુક્રઉત્પાદક નલિકાઓમાંથી મુક્ત થાય છે. આ પ્રક્રિયાને **શુક્રકોષ મુક્ત થવાની ક્રિયા (spermiation)** કહે છે.



આકૃતિ 3.5 : વિસ્તૃત કરેલ શુક્રઉત્પાદક નલિકાનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

શુક્રકોષજનનની શરૂઆત યૌવનારંભની ઉંમરે ગોનેડોટ્રોપિન રીલિઝિંગ અંતઃસ્રાવ (GnRH)ના સ્રાવમાં નોંધપાત્ર વધારો થવાથી થાય છે. તમે યાદ કરો, તે હાયપોથેલેમિક અંતઃસ્રાવ છે. GnRHના સ્તરમાં વધારો અગ્રપિટ્યુટરી ગ્રંથિને અસર કરી અને બે ગોનેડોટ્રોપિન અંતઃસ્રાવો : લ્યુટિનાઈઝિંગ અંતઃસ્રાવ (LH) અને ફોલિકલ સ્ટિમ્યુલેટિંગ અંતઃસ્રાવ (FSH)ના સ્રાવને ઉત્તેજે છે. LH લેડિગ કોષો ઉપર કાર્ય કરે છે અને એન્ડ્રોજન્સના સંશ્લેષણ અને સ્રાવને ઉત્તેજે છે. એન્ડ્રોજન્સ, શુક્રકોષજનનની પ્રક્રિયાને ઉત્તેજે છે. FSH, સરટોલી કોષો ઉપર કાર્ય કરે છે અને શુક્રકાયાંતરણની પ્રક્રિયામાં મદદ કરતા કેટલાક કારકોના સ્રાવને ઉત્તેજે છે.

ચાલો, શુક્રકોષની રચનાને તપાસીએ. તે **શીર્ષ, ગ્રીવા, મધ્ય ભાગ** અને **પૂંછડીથી** બનેલ સૂક્ષ્મદર્શીય રચના છે (આકૃતિ 3.6). રસપટલ શુક્રકોષના સમગ્ર દેહને આવરે છે. શુક્રકોષનું શીર્ષ



આકૃતિ 3.6 : શુક્રકોષની રચના

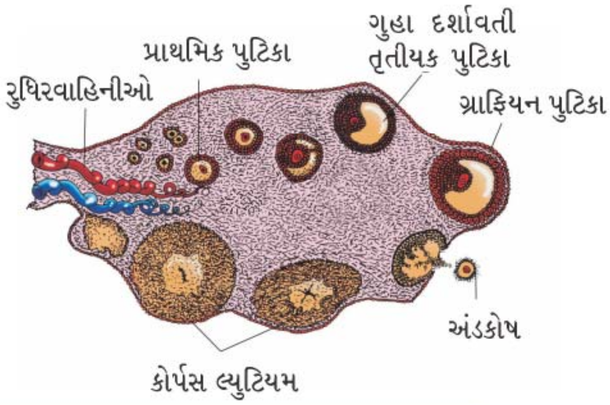
વિસ્તૃત એકકીય કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે, તેનો અગ્ર છેડો ટોપી જેવી રચના **શુક્રાગ્ર (acrosome)**થી ઘેરાયેલ હોય છે. શુક્રાગ્ર અંડકોષને ફલિત કરવામાં મદદ કરતા ઉત્સેચકોથી ભરેલ હોય છે. મધ્ય ભાગ અસંખ્ય કણાભસૂત્રો ધરાવે છે, જે પૂંછડીના હલનચલન માટે શક્તિ ઉત્પન્ન કરે છે તથા ફલન માટે જરૂરી શુક્રકોષની ચલિતતા માટેની સાનુકૂળતા પૂરી પાડે છે. મૈથુન દરમિયાન પુરુષ લગભગ 200 થી 300 મિલિયન જેટલા શુક્રકોષોનો ત્યાગ (સ્ખલન) કરે છે. જેમાંથી સામાન્ય પ્રજનન-ક્ષમતા માટે ઓછામાં ઓછા 60 % શુક્રકોષો સામાન્ય આકાર અને કદના હોવા જોઈએ તથા ઓછામાં ઓછા 40 % શુક્રકોષો શક્તિશાળી હલનચલન દર્શાવતા હોવા જોઈએ.

શુક્રઉત્પાદક નલિકાઓમાંથી મુક્ત થતા શુક્રકોષો, સહાયક નલિકાઓ દ્વારા વહન પામે છે. શુક્રકોષોની પરિપક્વતા અને ગતિશીલતા માટે અધિવૃષણનલિકા, શુક્રવાહિનીઓ, શુક્રાશય અને પ્રોસ્ટેટગ્રંથિનો સ્રાવ આવશ્યક છે. શુક્રાશય રસ (seminal plasma), શુક્રકોષો સાથે મળી **વીર્ય (semen)** બનાવે છે. નર સહાયક પ્રજનન નળીઓ અને ગ્રંથિઓનાં કાર્યોનું નિયમન શુક્રપિંડીય અંતઃસ્રાવો (એન્ડ્રોજન્સ) દ્વારા થાય છે.

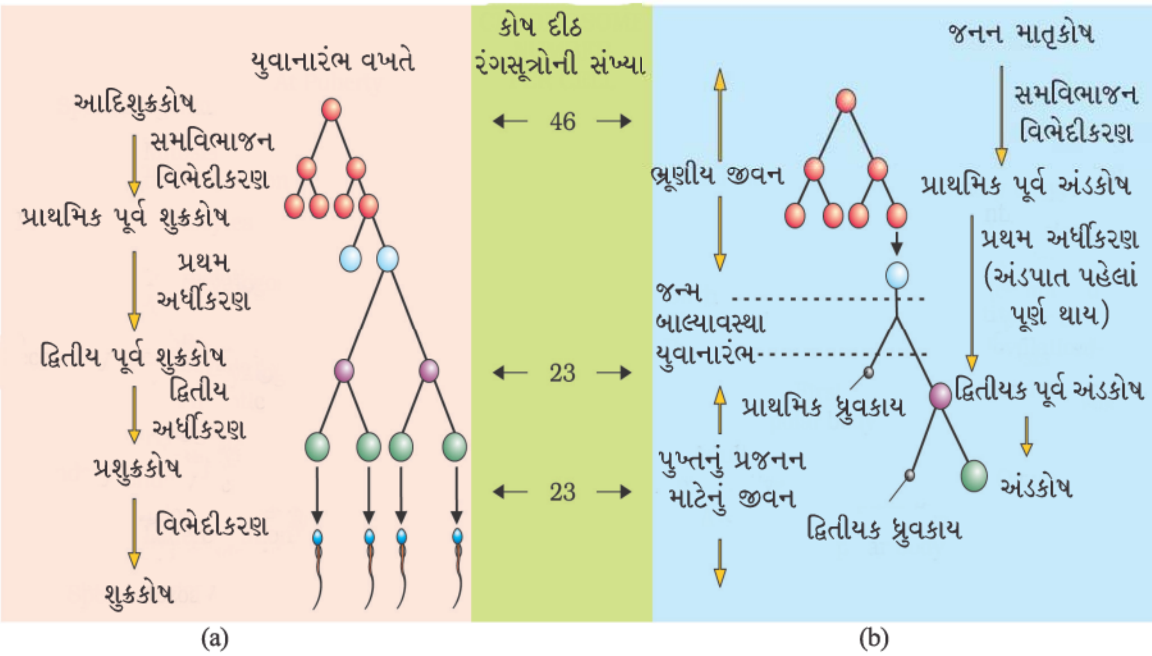
પરિપક્વ માદા જનનકોષના નિર્માણની પ્રક્રિયાને **અંડકોષજનન (oogenesis)** કહે છે, જે સ્પષ્ટપણે શુક્રકોષજનનથી જુદી પડે છે. અંડકોષજનન ગર્ભવિકાસ દરમિયાન શરૂ થાય છે કે, જ્યારે દરેક ગર્ભીય અંડપિંડમાંથી લાખો **જનન માતૃકોષો (oogonia – આદિ પૂર્વ અંડકોષ)** નિર્માણ પામે છે. જન્મ બાદ વધારાના આદિ પૂર્વ અંડકોષ નિર્માણ પામતા નથી અને ઉમેરાતા પણ નથી. આ કોષો વિભાજન પામવાનું શરૂ કરે છે અને અર્ધીકરણની પૂર્વાવસ્થા-Iમાં પ્રવેશ કરે છે અને હંગામી ધોરણે આ અવસ્થામાં અવરોધિત (સ્થાયી) રહે છે જેને **પ્રાથમિક પૂર્વ અંડકોષ (primary oocytes)** કહે છે. દરેક પ્રાથમિક પૂર્વ અંડકોષ ત્યાર બાદ ગ્રંથિય કોષોના સ્તર દ્વારા ઘેરાય છે અને તેને **પ્રાથમિક પુટિકા (primary follicle)** કહે છે (આકૃતિ 3.7). મોટી સંખ્યામાં આ પુટિકાઓ જન્મથી યૌવનારંભ અવસ્થા દરમિયાન વિઘટન પામે છે. આથી જ યૌવનારંભમાં દરેક અંડપિંડમાં ફક્ત 60,000–80,000 પ્રાથમિક અંડ પુટિકાઓ બાકી રહે છે. પ્રાથમિક પુટિકાઓ ગ્રંથિય કોષો અને નવા ઘણા સ્તરો (theca-આવરણ)થી આવરિત થાય છે જેને **દ્વિતીયક પુટિકાઓ** કહે છે.

દ્વિતીયક પુટિકાઓ તરત જ તૃતીયક પુટિકામાં ફેરવાય છે કે જે **એન્ટ્રમ (antrum)** કહેવાતી પ્રવાહી ભરેલ ગુહા ધરાવે છે જે તેની લાક્ષણિકતા છે. હવે અંદરનું સ્તર અંતઃઆવરણમાં અને બહારનું સ્તર બાહ્ય આવરણમાં ફેરવાય છે. અહીં તમારું ધ્યાન ખેંચવું આવશ્યક છે કે તૃતીયક પુટિકામાંનો પ્રાથમિક પૂર્વ અંડકોષ કદમાં વૃદ્ધિ કરે છે અને તેનું પ્રથમ અર્ધીકરણ (અર્ધસૂત્રીભાજન) વિભાજન પૂર્ણ કરે છે. આ એક અસમાન વિભાજન છે તેના પરિણામ સ્વરૂપ મોટા કદનું એકકીય **દ્વિતીયક પૂર્વ અંડકોષ** અને નાના કદનું પ્રાથમિક ધ્રુવકાય નિર્માણ પામે છે (આકૃતિ 3.8 (b)). દ્વિતીયક પૂર્વ અંડકોષ, પ્રાથમિક પૂર્વ અંડકોષનો પોષક ઘટકોસભર કોષરસનો જથ્થો જાળવી રાખે છે. *તમે ક્યારે તેના કોઈ લાભના સંદર્ભમાં વિચારી શકો છો ?* શું પ્રથમ અર્ધસૂત્રીભાજનથી

ઉત્પન્ન થતો પ્રથમ ધ્રુવકાય આગળ વિભાજન પામે છે કે અવનત પામે છે ? આ તબક્કે આપણે આ બાબતે સ્પષ્ટ નથી. તૃતીયક પુટિકા આગળ પુખ્ત પુટિકા અથવા **ગ્રાફિયન પુટિકા (graafian follicle)**માં ફેરવાય છે (આકૃતિ 3.7). દ્વિતીયક પૂર્વ અંડકોષ તેની ફરતે નવા સ્તરની રચના કરે છે જેને **ઝોના પેલ્યુસિડા (zone pellucida)** કહે છે. હવે ગ્રાફિયન પુટિકાના તૂટવાથી અંડપિંડમાંથી દ્વિતીય પૂર્વ અંડકોષ મુક્ત થાય છે. આ પ્રક્રિયાને **અંડપાત (ovulation)** કહે છે. *શું તમે શુક્રકોષજનન અને અંડકોષજનન વચ્ચેનો મુખ્ય તફાવત ઓળખી શકો છો ? શુક્રકોષજનન અને અંડકોષજનનની રેખાંકિત રજૂઆત નીચે આપેલ છે* (આકૃતિ 3.8).



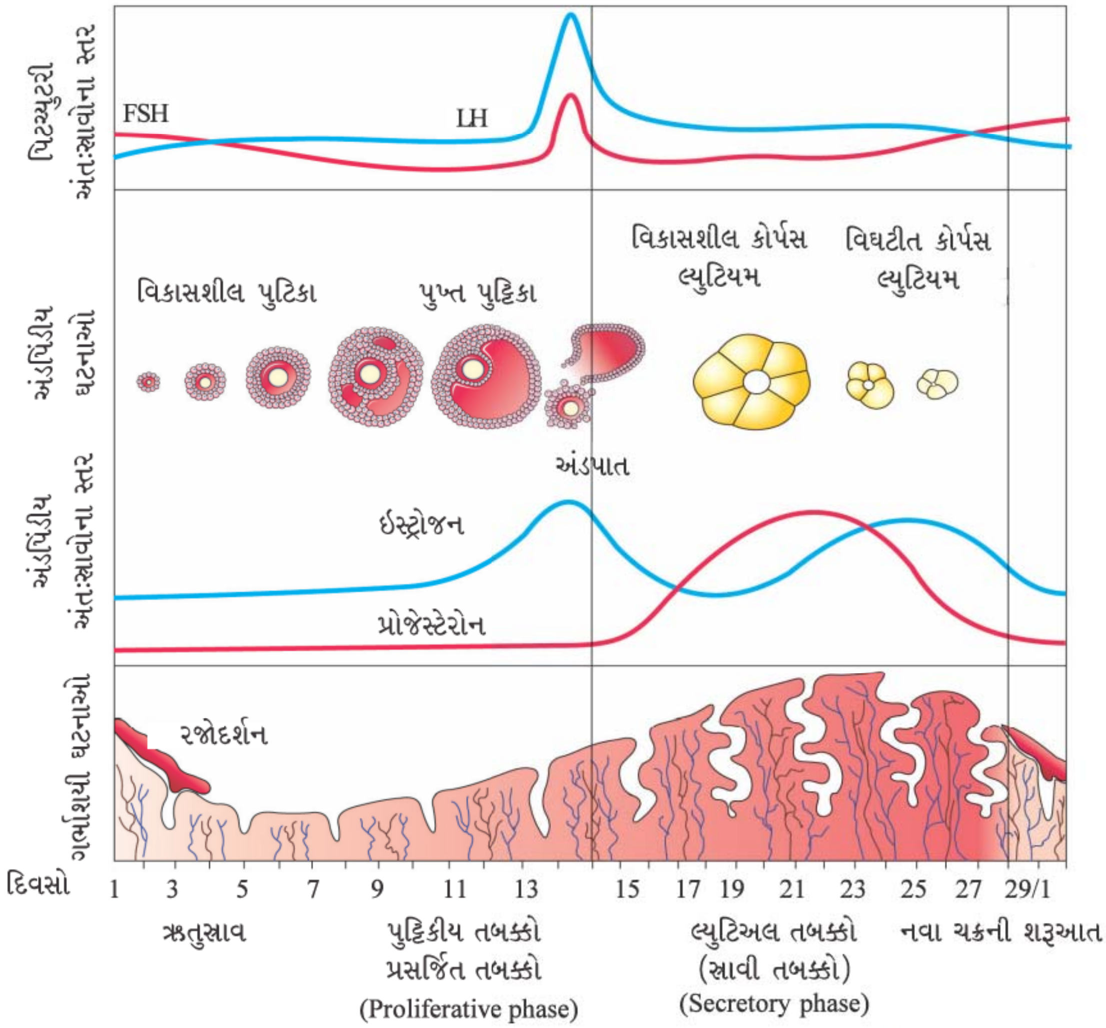
આકૃતિ 3.7 : અંડપિંડનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ



આકૃતિ 3.8 : યોજનાકીય રજૂઆત (a) શુક્રકોષજનન (b) અંડકોષજનન

3.4 ઋતુચક્ર (Menstrual Cycle)

માદા પ્રાઈમેટ (ઉદાહરણ : વાનરો, ઍપ્સ અને માનવ)માં જોવા મળતા પ્રજનનચક્રને ઋતુચક્ર કહે છે. પ્રથમ ઋતુસ્રાવ (રજોધર્મ)ની શરૂઆત યૌવનારંભમાં થાય છે જેને **રજોદર્શન (menarche)** કહે છે. માનવની માદામાં (સ્ત્રીઓમાં) ઋતુસ્રાવ સરેરાશ 28-29 દિવસોના અંતરાલે પુનરાવર્તિત થાય છે અને પ્રથમ **ઋતુસ્રાવ (menstruation)**થી બીજા ઋતુસ્રાવ વચ્ચેની ચક્રીય ઘટનાને **ઋતુચક્ર** કહે છે. દરેક ઋતુચક્રની મધ્યમાં એક અંડકોષ (ovum) મુક્ત થાય છે (અંડપાત-ovulation). ઋતુચક્રની મુખ્ય ઘટનાઓ આકૃતિ 3.9માં દર્શાવેલ છે. ચક્રની શરૂઆત ઋતુસ્રાવ તબક્કાથી (menstrual phase) થાય છે, તે સમયે ઋતુસ્રાવ થાય છે અને જે 3-5 દિવસો સુધી ચાલે છે. ઋતુસ્રાવ એ ગર્ભાશયનું અંતઃસ્તર (endometrial) અને તેની રુધિરવાહિનીઓના તૂટવાને પરિણામે નિર્માણ પામતું પ્રવાહી છે કે જે યોનિમાર્ગ મારફતે બહાર ધકેલાય છે. ઋતુસ્રાવ



આકૃતિ 3.9 : ઋતુચક્ર દરમિયાનની વિવિધ ઘટનાઓ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

ત્યારે જ જોવા મળે છે, જ્યારે અંડકોષ ફલિત હોતો નથી. ઋતુસ્રાવનો અભાવ ગર્ભધારણની સૂચક નિશાની છે. જોકે, તે કેટલાંક અન્ય નીચે દર્શાવેલાં કારણોને લીધે પણ થઈ શકે છે જેવા કે તણાવ, અસ્વસ્થતા વગેરે. ઋતુસ્રાવ તબક્કા બાદ પુટ્ટિકીય તબક્કો (follicular phase) આવે છે. આ તબક્કા દરમિયાન અંડપિંડમાંની પ્રાથમિક પુટિકાઓ વૃદ્ધિ પામી સંપૂર્ણ વિકસિત ગ્રાફિયન પુટિકામાં ફેરવાય છે અને સાથોસાથ ગર્ભાશયનું અંતઃસ્તર પ્રસાર (proliferation) દ્વારા પુનઃસર્જન પામે છે. અંડપિંડ અને ગર્ભાશયના આ ફેરફારો પિટ્યુટરી અને અંડપિંડીય અંતઃસ્રાવોની માત્રામાં થતા ફેરફાર દ્વારા પ્રેરાય છે (આકૃતિ 3.9). ગોનેડોટ્રોપિન્સ (LH અને FSH)નો સ્રાવ પુટ્ટિકીય તબક્કા દરમિયાન ક્રમશઃ વધે છે અને તે પુટ્ટિકીય વિકાસ તેમજ વિકસિત પુટિકાઓ દ્વારા ઈસ્ટ્રોજન્સના સ્રાવને ઉત્તેજે છે. ચક્રની મધ્યમાં (આશરે 14મા દિવસે) LH અને FSH બંને ઉચ્ચ સ્તર પ્રાપ્ત કરે છે. LHનો ઝડપી સ્રાવ તેને ચક્રના મધ્યાન (વચ્ચેના) સમય દરમિયાન મહત્તમ સ્તર સુધી દોરી જાય છે, જેને LH પરાકાષ્ઠા કહે છે જે ગ્રાફિયન પુટ્ટિકાના તૂટવાની ક્રિયાને પ્રેરે છે અને તેના કારણે અંડકોષ મુક્ત થાય છે **(અંડકોષપાત).** અંડકોષપાત (અંડપાત તબક્કો-ovulatory phase) બાદ સ્રાવી (લ્યુટિઅલ-luteal) તબક્કો આવે છે,

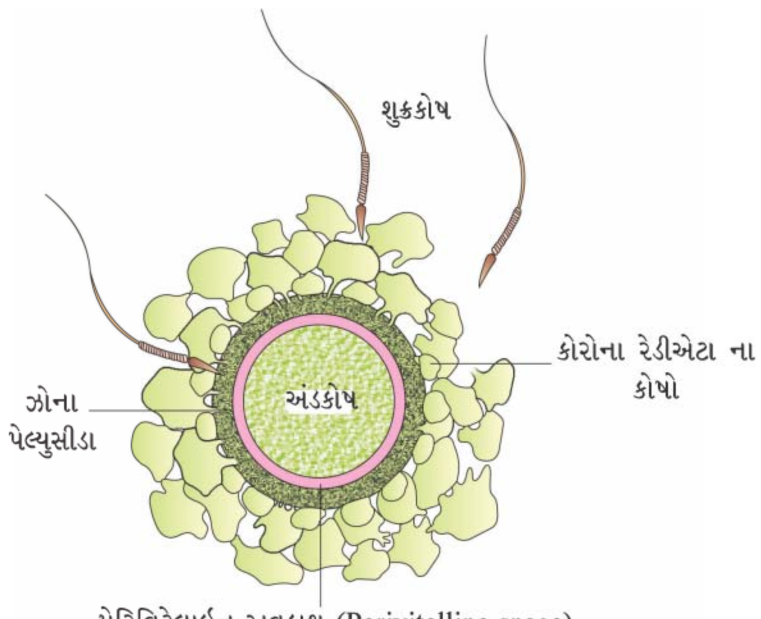
જે દરમિયાન ગ્રાફિયન પુટ્ટિકાનો બાકીનો ભાગ **કોર્પસ લ્યુટિયમ**માં ફેરવાય છે (આકૃતિ 3.9). કોર્પસ લ્યુટિયમ મોટા જથ્થામાં પ્રોજેસ્ટેરોનનો સ્રાવ કરે છે જે ગર્ભાશયના અંતઃસ્તરની જાળવણી માટે આવશ્યક છે. ગર્ભાશયનું અંતઃસ્તર ફલિત અંડકોષના સ્થાપન અને ગર્ભધારણની અન્ય ઘટનાઓ માટે જરૂરી છે. ગર્ભધારણ દરમિયાન ઋતુચક્રની બધી જ ઘટનાઓ અટકી જાય છે અને ઋતુસ્રાવ થતો નથી. ફલન (fertilisation)ન થવાની સ્થિતિમાં, કોર્પસ લ્યુટિયમ વિઘટિત થાય છે. આને કારણે ગર્ભાશયનું અંતઃસ્તર (એન્ડોમેટ્રિયમ) વિઘટન પામે છે અને ઋતુસ્રાવ થાય છે, જે નવા ચક્રની નિશાની છે. માનવમાં ઋતુચક્ર 50 વર્ષની ઉંમરની આસપાસ બંધ થાય છે જેને **મેનોપોઝ (menopause)** કહે છે. ચક્રીય ઋતુસ્રાવ સામાન્ય પ્રજનન અવસ્થાનું સૂચક છે અને રજોદર્શન અને મેનોપોઝ વચ્ચે લંબાયેલ છે.

માસિક સ્વચ્છતા

માસિક સ્રાવ દરમિયાન સફાઈ અને સ્વચ્છતાની જાળવણી કરવી ઘણી અગત્યની છે. તમારી પોતાની જાતને નિયમિત રીતે સ્નાન કરી સ્વચ્છ રાખવી. ઘરે બનાવેલ પેડ અને સેનેટરી નેપકીનનો ઉપયોગ કરવો. જરૂરિયાત પ્રમાણે પ્રત્યેક 4-5 કલાક પછી સેનેટરી નેપકીન કે ઘરે બનાવેલ પેડને બદલવા. વપરાયેલા સેનેટરી નેપકીનનો નિકાલ યોગ્ય રીતે કાગળમાં વીંટાળીને કરવો. વપરાયેલા નેપકીનને ખુલ્લા વિસ્તારમાં કે શૌચાલયની ગટરની પાઈપલાઈનમાં નિકાલ કરવો નહિ. નેપકીનનો ઉપયોગ કર્યા પછી હાથ સાબુથી ધોવા.

3.5 ફલન અને ગર્ભ-સ્થાપન (Fertilisation And Implantation)

સંવનન / મૈથુન (copulation / coitus) દરમિયાન શિશ્ન દ્વારા વીર્યને યોનિમાર્ગમાં ઠાલવવા (મુક્ત)માં આવે છે. ચલિત શુક્રકોષો ઝડપી તરે છે અને ગ્રીવા દ્વારા ગર્ભાશયમાં પ્રવેશે છે અને અંતે અંડવાહિનીના ઇથમસ અને તુંબિકીય જોડાણસ્થાને (તુંબિકા-ઇથમસ જોડાણ) પહોંચે છે (આકૃતિ 3.11 (b)). અંડપિંડ દ્વારા મુક્ત થતો અંડકોષ પણ તુંબિકીય-ઇથમસ જોડાણસ્થાને વહન પામે છે કે જ્યાં ફલન થાય છે. ફલન ફક્ત ત્યારે જ થાય છે, જ્યારે અંડકોષ અને શુક્રકોષો એકસાથે **તુંબિકીય-ઇથમસ જોડાણસ્થાને** વહન પામે. આ જ કારણે બધી જ સંવનન ક્રિયાઓ ફલન અને ગર્ભધારણમાં પરિણમતી નથી.

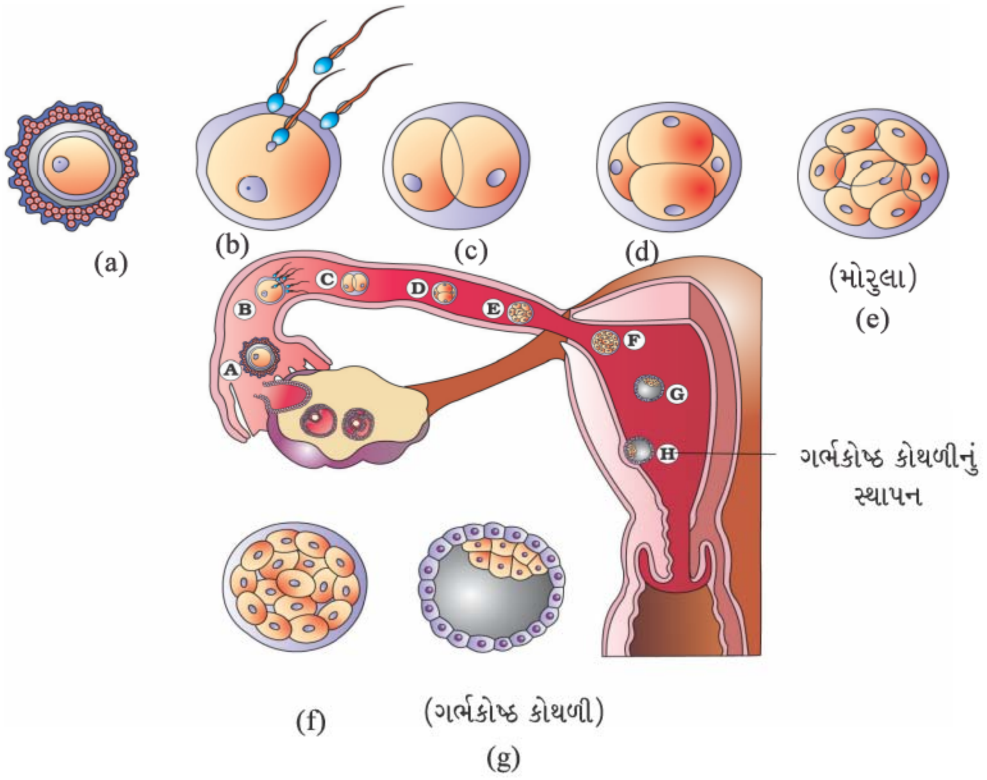


આકૃતિ 3.10 : થોડાક શુક્રકોષો દ્વારા ઘેરાયેલ અંડકોષ

શુક્રકોષના અંડકોષ સાથેના જોડાણ (fusion)ની પ્રક્રિયાને **ફલન (fertilisation)** કહે છે. ફલન દરમિયાન શુક્રકોષ અંડકોષના ઝોના પેલ્યુસીડાના સંપર્કમાં આવે છે (આકૃતિ 3.10) અને પટલમાં ફેરફારોને પ્રેરે છે જે અન્ય શુક્રકોષોના પ્રવેશને અટકાવે છે. આથી, તે સુનિશ્ચિત થાય છે કે ફક્ત એક જ શુક્રકોષ, એક અંડકોષને ફલિત કરે છે. શુક્રાગ્રનો સ્રાવ શુક્રકોષને અંડકોષના કોષરસમાં ઝોના પેલ્યુસીડા અને કોષરસપટલ મારફતે પ્રવેશ કરાવવામાં મદદ કરે છે. જે દ્વિતીયક પૂર્વ અંડકોષના અર્ધીકરણની પૂર્ણતાને પ્રેરે છે. દ્વિતીય અર્ધીકરણ પણ અસમાન હોય છે, પરિણામે **દ્વિતીય ધ્રુવકાય (secondary polar body)** અને એકકીય અંડકોષ (ootid)નું નિર્માણ થાય છે. તરત જ શુક્રકોષનું એકકીય કોષકેન્દ્ર અને અંડકોષનું એકકીય કોષકેન્દ્ર જોડાઈ દ્વિકીય **ફલિતાંડ (zygote)** બનાવે છે. *ફલિતાંડમાં કેટલાં રંગસૂત્રો હશે ?*

આ એક યાદ રાખવું જરૂરી છે કે, બાળકની જાતિ આ તબક્કામાં નક્કી થાય છે. ચાલો જોઈએ કેવી રીતે ? તમે જાણો છો કે **સ્ત્રી** (માનવની માદા)માં રંગસૂત્રની ભાત (રૂઢિગત પદ્ધતિ) XX અને તે જ રીતે નર (પુરુષ)માં XY હોય છે. તેથી માદા દ્વારા ઉત્પન્ન થતા બધા જ એકકીય જનનકોષો (અંડકોષો) X લિંગી રંગસૂત્ર ધરાવે છે, જ્યારે નર જનનકોષો (શુક્રકોષો)માં લિંગી રંગસૂત્ર X કે Y ધરાવે છે. આથી, 50 % શુક્રકોષો X-રંગસૂત્રો ધરાવે છે, જ્યારે બાકીના 50 % Y ધરાવે છે. નર અને માદાના જનનકોષોના જોડાણ બાદ ફલિતાંડ XX કે XY રંગસૂત્રો ધરાવે છે. જેનો આધાર X કે Y રંગસૂત્ર ધરાવતો શુક્રકોષ કે જે અંડકોષને ફલિત કરે છે તેના ઉપર છે. ફલિતાંડ XX રંગસૂત્રો ધરાવે છે તે માદા શિશુ વિકસે છે જ્યારે XY રંગસૂત્રો ધરાવતા ફલિતાંડ નર શિશુમાં વિકસે છે (તમે પ્રકરણ 5માં રંગસૂત્રીય ભાતનો વધુ અભ્યાસ કરશો). *તેટલા માટે વૈજ્ઞાનિક દૃષ્ટિએ એ કહેવું સાચું છે કે, બાળકની જાતિનું નિશ્ચયન પિતા દ્વારા થાય છે નહિ કે માતા દ્વારા !*

ફલિતાંડ જ્યારે અંડવાહિનીના ઈથમસ દ્વારા ગર્ભાશય તરફ પસાર થતો હોય છે ત્યારે તેમાં સમવિભાજન (mitotic division) શરૂ થાય છે, જેને **વિખંડન (cleavage)** કહે છે (આકૃતિ 3.11) અને 2, 4, 8, 16 બાળકોષોનું નિર્માણ કરે છે જેને **ગર્ભકોષ્ઠી કોષો** (blastomeres) કહે છે. 8-16 ગર્ભકોષ્ઠી કોષોયુક્ત ગર્ભને મોરુલા (morula) કહે છે (આકૃતિ 3.11 (e)). મોરુલા સતત વિભાજન પામતું રહે છે અને ગર્ભાશય તરફ જેમ-જેમ આગળ વધે છે તેમ તે **ગર્ભકોષ્ઠ કોથળી (blastocyst)**માં રૂપાંતરિત થાય છે (આકૃતિ 3.11 (g)). ગર્ભકોષ્ઠ કોથળીના બહારના સ્તરમાં ગોઠવાયેલા ગર્ભકોષ્ઠી કોષો **પોષકકોષો (trophoblasts)** કહેવાય છે અને પોષક કોષો સાથે



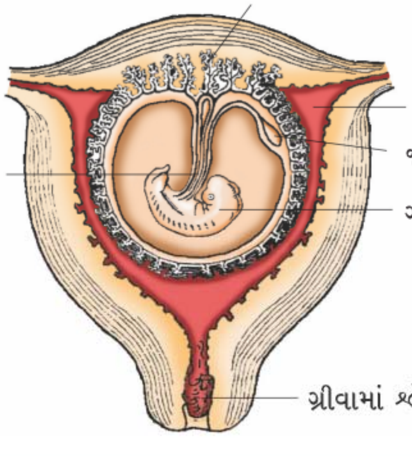
આકૃતિ 3.11 : અંડવાહિની દ્વારા અંડકોષનું વહન, ફલન અને વૃદ્ધિ પામતા ગર્ભનો માર્ગ

જોડાયેલ અંદરના કોષોનો સમૂહ **અંતઃકોષ સમૂહ** કહેવાય છે. ત્યાર બાદ પોષકકોષ સ્તર ગર્ભાશયના **અંતઃસ્તર** સાથે જોડાય છે અને અંતઃકોષ સમૂહ ગર્ભ તરીકે વિભેદિત પામે છે. જોડાણ બાદ, ગર્ભાશય કોષો (uterine cells) ઝડપી વિભાજન પામે છે અને ગર્ભકોષ્ઠ કોથળીને ઘેરે છે. પરિણામ સ્વરૂપ ગર્ભકોષ્ઠ કોથળી ગર્ભાશયના અંતઃસ્તરમાં સ્થાપિત થાય છે (આકૃતિ 3.11 (h)) જેને **ગર્ભસ્થાપન** કહે છે અને તે તેને ગર્ભધારણ (ગર્ભાવસ્થા) તરફ દોરી જાય છે.

3.6 ગર્ભધારણ (ગર્ભાવસ્થા) અને ગર્ભીય વિકાસ (Pregnancy and Embryonic Development)

ગર્ભસ્થાપન બાદ, પોષકકોષો (trophoblast) ઉપર આંગળી જેવો પ્રવર્ધ દેખાય છે જેને જરાયુજ અંકુર (chorionic villi) કહે છે. જે ગર્ભાશયની પેશીઓ અને માતાના રુધિર દ્વારા ઘેરાયેલ છે. **જરાયુજ અંકુર** અને ગર્ભાશય પેશી એકબીજા સાથે સંકળાઈ અને સંયુક્ત રીતે ભ્રૂણ અને માતાના શરીર વચ્ચે રચનાત્મક તથા ક્રિયાત્મક એકમ બનાવે છે જેને **જરાયુ (placenta)** કહે છે (આકૃતિ 3.12).

જરાયુ, ભ્રૂણને ઑક્સિજન અને પોષક ઘટકોનો પુરવઠો પૂરો પાડે છે તથા ભ્રૂણ દ્વારા ઉત્પાદિત કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ઉત્સર્ગ / નકામા પદાર્થોનો નિકાલ પણ કરે છે. જરાયુ, ભ્રૂણ સાથે ગર્ભનાળ (umbilical cord) દ્વારા સંકળાયેલ છે જે ભ્રૂણની અંદર અને બહાર પદાર્થોના વહનમાં મદદ કરે છે. જરાયુ અંતઃસ્રાવી પેશી તરીકે પણ વર્તે છે અને ઘણા અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે જેવા કે **હ્યુમન કોરિઓનિક ગોનાડોટ્રોફિન (hCG), હ્યુમન પ્લેસેન્ટલ લેક્ટોજેન (hPL), ઈસ્ટ્રોજન્સ, પ્રોજેસ્ટોજેન્સ** વગેરે. ગર્ભાવસ્થાના અંત ભાગમાં, અંડપિંડ દ્વારા **રિલેક્સિન** કહેવાતા અંતઃસ્રાવનો પણ સ્રાવ થાય છે. એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે hCG, hPL અને રિલેક્સિન સ્ત્રીઓમાં ફક્ત ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન જ ઉત્પન્ન થાય છે. વધારામાં, ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન માતાના રુધિરમાં અન્ય અંતઃસ્રાવો જેવા કે ઈસ્ટ્રોજન્સ, પ્રોજેસ્ટોજેન્સ, કોર્ટિસોલ, પ્રોલેક્ટિન, થાયરોક્સિન વગેરેનું સ્તર ઘણું વધી જાય છે. આ અંતઃસ્રાવોનાં ઉત્પાદનમાં વધારો ગર્ભની વૃદ્ધિના આધાર માટે, માતામાં ચયાપચયિક ફેરફારો અને ગર્ભાવસ્થાની જાળવણી માટે આવશ્યક છે.



આકૃતિ 3.12 : ગર્ભાશયમાં આવેલ માનવ-ભ્રૂણ

ગર્ભસ્થાપન બાદ તરત જ અંતઃકોષ સમૂહ (ભ્રૂણ-embryo) એ **બાહ્યગર્ભસ્તર (ectoderm)**થી ઓળખાતા બહારના સ્તરમાં અને **અંતઃગર્ભસ્તર (endoderm)** થી ઓળખાતા અંદરના સ્તરમાં વિભેદન પામે છે. બાહ્યગર્ભસ્તર અને અંતઃગર્ભસ્તરની વચ્ચે **મધ્ય ગર્ભસ્તર (mesoderm)** તરત જ દેખાય છે. આ ત્રણ સ્તરો પુખ્તમાં બધી પેશીઓ (અંગો)ના નિર્માણને વેગ આપે છે. અહીં એ ઉલ્લેખ કરવો જરૂરી છે કે, અંતઃકોષ સમૂહ, સ્ટેમ કોષો તરીકે ઓળખાતા કેટલાક કોષો ધરાવે છે જે બધી જ પેશીઓ અને

અંગોના નિર્માણની ક્ષમતા ધરાવે છે.

ગર્ભાવસ્થાના વિવિધ મહિનાઓમાં ગર્ભવિકાસની મુખ્ય લાક્ષણિકતાઓ શું છે ? મનુષ્યમાં ગર્ભાવસ્થા 9 મહિના ચાલે છે. *શું તમે જાણો છો, કૂતરા, હાથી, બિલાડીઓમાં ગર્ભાવસ્થા કેટલા મહિના ચાલે છે ?* તે શોધો. મનુષ્યમાં એક મહિનાની ગર્ભાવસ્થા બાદ, ભ્રૂણનું હૃદય નિર્માણ પામે છે. વૃદ્ધિ પામતા ગર્ભની પ્રથમ નિશાની, સ્ટેથોસ્કોપ (stethoscope) દ્વારા હૃદયનો અવાજ ધ્યાનથી સંભળાવવો તે છે. ગર્ભસ્થાપનના બીજા મહિનાના અંતે ગર્ભમાં ઉપાંગો અને આંગળીઓ વિકસે છે. 12 અઠવાડિયાંને અંતે (પ્રથમ ત્રણ મહિના), મોટા ભાગનાં મુખ્ય અંગતંત્રો નિર્માણ પામે છે, ઉદાહરણ તરીકે, ઉપાંગો અને બાહ્ય જનનાંગો સારી રીતે વિકસેલ હોય છે. ગર્ભનું પ્રથમ હલનચલન અને માથા ઉપર વાળ પાંચમા મહિના દરમિયાન જોવા મળે છે. 24 અઠવાડિયાં બાદ (બીજા ત્રણ મહિના), શરીર સૂક્ષ્મ વાળથી ઘેરાય છે. આંખનાં પોપચાં અલગ થાય છે અને પાંપણોનું નિર્માણ થાય છે. ગર્ભાવસ્થાના નવ મહિના બાદ, ગર્ભ સંપૂર્ણ વિકસિત બને છે અને પ્રસૂતિ (પ્રસવ-delivery) માટે તૈયાર હોય છે.

3.7 પ્રસૂતિ અને દુગ્ધસ્રાવ (Parturition and Lactation)

મનુષ્યનો ગર્ભાવસ્થાનો સરેરાશ સમયગાળો આશરે 9 મહિના હોય છે, જેને ગર્ભાધાન-સમય (ગર્ભાવધિકાળ-gestation period) કહે છે. ગર્ભાવસ્થાના અંતે ગર્ભાશયમાં શક્તિશાળી (vigorous) સંકોચન પ્રેરાય છે જેને કારણે ગર્ભનો બહાર નિકાલ (expulsion) / પ્રસવ થાય છે. ગર્ભની પ્રસવની આ ક્રિયા (બાળજન્મ)ને **પ્રસૂતિ** કહે છે. જટિલ ચેતાઅંતઃસ્રાવી (neuroendocrine) પદ્ધતિ દ્વારા પ્રસૂતિ પ્રેરાય છે. પ્રસૂતિ માટેના સંકેતો સંપૂર્ણ વિકસિત ગર્ભ અને જરાયુમાંથી ઉત્પન્ન થાય છે કે જે ગર્ભાશયના હળવા સંકોચનને પ્રેરે છે જેને **ગર્ભના નિકાલની પરાવર્તિત ક્રિયા (foetal ejection reflex)** કહે છે. આ પ્રક્રિયા માતાની પિટ્યુટરી ગ્રંથિમાંથી ઑક્સિટોસિનનો સ્રાવ પ્રેરે છે. ઑક્સિટોસિન ગર્ભાશયના સ્નાયુ ઉપર અસર કરે છે અને જેને કારણે ગર્ભાશયનું શક્તિશાળી સંકોચન થાય છે. જેના બદલામાં તે ઑક્સિટોસિનના વધુ સ્રાવને ઉત્તેજે છે. ગર્ભાશય સંકોચન અને ઑક્સિટોસિનના સ્રાવ વચ્ચેની પરાવર્તિત ક્રિયા સતત ચાલવાને પરિણામે વધુ અને વધુ શક્તિશાળી સંકોચનને ઉત્તેજે છે. આ સંકોચન બાળકને પ્રસવ માર્ગ દ્વારા ગર્ભાશયમાંથી બહાર નિકાલ તરફ દોરી જાય છે - પ્રસૂતિ. બાળજન્મ બાદ તરત જ, જરાયુ પણ ગર્ભાશયમાંથી બહાર આવે છે. *તમે શું વિચારો છો કે પ્રેરિત પ્રસૂતિ કરવા ડૉક્ટર શું દાખલ કરે છે ?*

માદા (સ્ત્રી)ની સ્તનગ્રંથિઓ (mammary glands) ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન વિભેદીકરણ પામે છે અને ગર્ભાવસ્થાના અંત તરફ જતા **દુગ્ધસ્રાવ** કહેવાતી પ્રક્રિયા દ્વારા દૂધ-ઉત્પાદન શરૂ કરે છે. આ નવા જન્મેલા બાળકને ખોરાક આપવામાં માતાને મદદ કરે છે. દુગ્ધસ્રાવના શરૂઆતના કેટલાક દિવસો દરમિયાનના દૂધ-ઉત્પાદનને **કોલોસ્ટ્રમ (colostrum)** કહે છે, જે ઘણા એન્ટિબોડી ધરાવે છે. જે નવાં જન્મેલ બાળકોમાં પ્રતિકારકતા વિકસાવવા અત્યંત આવશ્યક છે. બાળકની વૃદ્ધિના શરૂઆતના સમયગાળા દરમિયાન સ્તનપાન (breast-feeding)ને ડૉક્ટરો દ્વારા બાળકના સ્વસ્થ ઉછેર માટે ભલામણ કરવામાં આવે છે.

સારાંશ

મનુષ્યો લિંગીપ્રજનન કરતા અને અપત્યપ્રસવીઓ છે. નર (પુરુષ) પ્રજનનતંત્ર એક જોડ શુક્રપિંડો, નર જાતીય સહાયક નલિકાઓ અને સહાયક ગ્રંથિઓ તથા બાહ્ય જનનેદ્રિયોથી બને છે. દરેક શુક્રપિંડ આશરે 250 ખંડો ધરાવે છે જેને શુક્રપિંડીય ખંડિકાઓ કહે છે અને દરેક ખંડિકા એકથી ત્રણ અત્યંત ગૂંચળામય શુક્ર-ઉત્પાદક નલિકાઓ ધરાવે છે. દરેક શુક્ર-ઉત્પાદક નલિકાની અંદરની બાજુ શુક્રજનક કોષો અને સરટોલી કોષો દ્વારા આચ્છાદિત હોય છે. આદિ શુક્રકોષ, શુક્રકોષના નિર્માણ માટે અર્ધસૂત્રીભાજનને અનુસરે છે, જ્યારે સરટોલી કોષો, વિભાજન પામતા જનનકોષોને પોષણ પૂરું પાડે છે. લેડિગ કોષો, શુક્ર-ઉત્પાદક નલિકાની બહારની બાજુ આવેલ છે, જે એન્ડ્રોજન્સ કહેવાતા શુક્રપિંડીય અંતઃસ્રાવોનું સંશ્લેષણ અને સ્રાવ કરે છે. નર બાહ્ય જનેન્દ્રિયને શિશ્ન કહે છે.

માદા પ્રજનનતંત્ર એક જોડ અંડપિંડ, એક જોડ અંડવાહિની, ગર્ભાશય, યોનિમાર્ગ, બાહ્ય જનનેન્દ્રિયો અને એક જોડ સ્તનગ્રંથિઓ ધરાવે છે. અંડપિંડ માદા જનનકોષ (અંડકોષ) અને કેટલાક સ્ટિરોઇડ અંતઃસ્રાવો (અંડપિંડીય અંતઃસ્રાવો) ઉત્પન્ન કરે છે. આધારકમાં અંડપુટિકાઓ વિકાસના વિવિધ તબક્કામાં ઉપસેલ હોય છે. અંડવાહિનીઓ, ગર્ભાશય અને યોનિમાર્ગ માદા સહાયક નળીઓ છે. ગર્ભાશય ત્રણ સ્તરો ધરાવે છે જેવા કે પેરિમેટ્રિયમ, માયોમેટ્રિયમ અને એન્ડોમેટ્રિયમ. માદા બાહ્ય જનનેન્દ્રિયોમાં મોન્સ પ્યુબિસ, મુખ્ય ભગૌષ્ઠ, ગૌણ ભગૌષ્ઠ, યોનિપટલ અને ભગશિશ્નનો સમાવેશ થાય છે. સ્તનગ્રંથિઓ માદાનું એક દ્વિતીય (ગૌણ) જાતીય લક્ષણ છે.

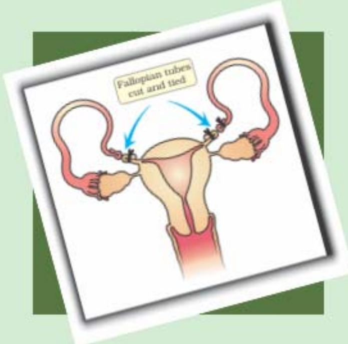
શુક્રકોષજનનને પરિણામે ઉત્પન્ન થતા શુક્રકોષો નરજાતીય સહાયક નળીઓ દ્વારા વહન પામે છે. સામાન્ય માનવના શુક્રકોષો શીર્ષ, ગ્રીવા, મધ્ય ભાગ અને પૂંછડીથી બનેલ હોય છે. પરિપક્વ માદા જનનકોષ નિર્માણની પ્રક્રિયાને અંડકોષજનન કહે છે. પ્રાઇમેટની માદામાં ચાલતા પ્રજનનચક્રને ઋતુચક્ર કહે છે. ઋતુચક્ર જાતીય પરિપક્વતા (યૌવનારંભ) બાદ શરૂ થાય છે. અંડપાત દરમિયાન પ્રતિ ઋતુચક્રએ એક જ અંડકોષ મુક્ત થાય છે. પિટ્યુટરી અને અંડપિંડીય અંતઃસ્રાવોના સ્તરમાં થતો ફેરફાર ઋતુચક્ર દરમિયાન અંડપિંડ અને ગર્ભાશયમાં ચક્રીય ફેરફારો પ્રેરે છે. સંવનન બાદ શુક્રકોષો ઇથમસ અને તુંબિકાના જોડાણસ્થાને વહન પામે છે, જ્યાં શુક્રકોષ, અંડકોષને ફલિત કરે છે અને દ્વિકીય ફલિતાંડનું નિર્માણ કરે છે. શુક્રકોષમાં X અથવા Y રંગસૂત્રની હાજરીને આધારે ભ્રૂણની જાતિ નિશ્ચિત થાય છે. ફલિતાંડ વારંવાર સમભાજન દ્વારા વિભાજન પામી ગર્ભકોષ્ઠ કોથળી બનાવે છે, જે ગર્ભાશયમાં સ્થાપિત થાય છે અને ગર્ભધારણમાં પરિણમે છે. નવ માસના ગર્ભધારણ બાદ, પૂર્ણ વિકસિત ગર્ભ પ્રસૂતિ માટે તૈયાર હોય છે. બાળકના જન્મની પ્રક્રિયાને પ્રસૂતિ કહે છે. જે કોર્ટિસોલ, ઇસ્ટ્રોજન્સ અને ઑક્સિટોસિન સમાવિષ્ટ જટિલ ચેતા અંતઃસ્રાવી પ્રક્રિયા દ્વારા પ્રેરિત હોય છે. સ્તનગ્રંથિઓ ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન વિભેદન પામે છે અને બાળકના જન્મ બાદ દૂધનો સ્રાવ કરે છે. નવા જન્મેલ બાળકને વૃદ્ધિના શરૂઆતના મહિના દરમિયાન માતા દ્વારા દૂધ પિવડાવામાં આવે છે (દુગ્ધસ્રાવ).

સ્વાધ્યાય

1. ખાલી જગ્યા ભરો :
   - (a) માનવ ______________ પ્રજનન દર્શાવે છે. (અલિંગી / લિંગી)
   - (b) માનવ ______________ છે. (અંડપ્રસવી, અપત્યપ્રસવી, અપત્ય અંડપ્રસવી)
   - (c) માનવમાં ______________ ફલન જોવા મળે છે. (બાહ્ય, અંતઃ)
   - (d) નર અને માદા જનનકોષો ______________ હોય છે. (દ્વિકીય, એકકીય)
   - (e) ફલિતાંડ એ ______________ હોય છે. (દ્વિકીય, એકકીય)
   - (f) પરિપક્વ પુટિકામાંથી અંડકોષ મુક્ત થવાની પ્રક્રિયાને ______________ કહે છે.
   - (g) અંડપાતને પ્રેરતા અંતઃસ્રાવને ______________ કહે છે.

(h) નર અને માદા જનનકોષના જોડાણને ____________ કહે છે.
(i) ફલન ____________ માં થાય છે.
(j) ફલિતાંડના વિભાજન દ્વારા નિર્મિત ____________ કે જે ગર્ભાશયમાં સ્થાપિત થાય છે.
(k) ગર્ભ અને ગર્ભાશય વચ્ચેના વેસ્ક્યુલર સંકોચન પેદા કરતી રચનાને ____________ કહે છે.

2. નર પ્રજનનતંત્રની નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરો.
3. માદા પ્રજનનતંત્રની નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરો.
4. શુક્રપિંડ અને અંડપિંડ દરેકનાં મુખ્ય બે કાર્યો લખો.
5. શુક્રઉત્પાદક નલિકાની રચના વર્ણવો.
6. શુક્રકોષજનન એટલે શું ? શુક્રકોષજનનની ક્રિયાવિધિ સંક્ષિપ્તમાં વર્ણવો.
7. શુક્રકોષજનનના નિયમન સાથે સંકળાયેલા અંતઃસ્રાવોનાં નામ આપો.
8. શુક્રકાયાન્તરણ અને સ્પર્મિએશનની વ્યાખ્યા આપો.
9. શુક્રકોષની નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરો.
10. શુક્રાશય રસનાં મુખ્ય ઘટકો કયાં છે ?
11. નર સહાયક નલિકાઓ અને ગ્રંથિઓનાં મુખ્ય કાર્યો જણાવો.
12. અંડકોષજનન એટલે શું ? અંડકોષજનનનો સંક્ષિપ્ત અહેવાલ આપો.
13. અંડપિંડમાંથી પસાર થતા છેદની નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરો.
14. ગ્રાફિયન પુટિકાની નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરો.
15. નીચેનાનાં કાર્યો જણાવો :
(a) કોર્પસ લ્યુટિયમ
(b) ઍન્ડોમેટ્રિયમ
(c) શુક્રાગ્ર
(d) શુક્રકોષ પૂંછડી
(e) ફિમ્બ્રી
16. સાચાં/ખોટાં વિધાનો ઓળખો. દરેક ખોટા વિધાનને સુધારો અને તેને સાચું કરો :
(a) સરટોલી કોષો ઍન્ડ્રોજન્સ ઉત્પન્ન કરે છે. (સાચું / ખોટું)
(b) શુક્રકોષ સરટોલી કોષોમાંથી પોષણ મેળવે છે. (સાચું / ખોટું)
(c) લેડિગ કોષો અંડપિંડમાં મળી આવે છે. (સાચું / ખોટું)
(d) લેડિગ કોષો ઍન્ડ્રોજન્સનું સંશ્લેષણ કરે છે. (સાચું / ખોટું)
(e) અંડકોષજનન કોર્પસ લ્યુટિયમમાં થાય છે. (સાચું / ખોટું)
(f) ઋતુચક્ર ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન બંધ થાય છે. (સાચું / ખોટું)
(g) યોનિપટલની હાજરી કે ગેરહાજરી એ કૌમાર્ય અથવા જાતીય અનુભવનું આધારભૂત સૂચક નથી. (સાચું / ખોટું)
17. ઋતુચક્ર એટલે શું ? કયા અંતઃસ્રાવો ઋતુચક્રનું નિયમન કરે છે ?
18. પ્રસૂતિ એટલે શું ? કયા અંતઃસ્રાવો પ્રસૂતિને પ્રેરવામાં સંકળાયેલ છે ?
19. આપણા સમાજમાં સ્ત્રીઓને ઘણી વાર પુત્રીઓને જન્મ આપવા માટે જવાબદાર ગણવામાં આવે છે. તમે સમજાવી શકો છો કે આ સાચું કેમ નથી ?
20. માનવ અંડપિંડમાંથી દર મહિને કેટલા અંડકોષો (ઈંડાં) મુક્ત થાય છે ? તમે શું વિચારો છો કે જ્યારે માતા સમાન (જોડિયાં) (Identical twins) બાળકોને જન્મ આપે ત્યારે કેટલા અંડકોષ મુક્ત થતા હશે ? જો જોડિયાં બાળકો ભ્રાતૃ (ભાઈ ભાઈ જેવું) હોય, તો તમારા જવાબમાં ફેરફાર થશે ?
21. તમે શું વિચારો છો કે જો માદા કૂતરાએ 6 બચ્ચાંને જન્મ આપ્યો હોય, તો તેના અંડપિંડમાંથી કેટલા અંડકોષો મુક્ત થાય ?



પ્રકરણ 4

પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય (Reproductive Health)

4.1 પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય : સમસ્યાઓ અને વ્યૂહાત્મક આયોજન
4.2 વસ્તીવિસ્ફોટ અને જન્મ-નિયંત્રણ
4.3 દાક્તરી ગર્ભપાત (પ્રેરિત ગર્ભપાત)
4.4 જાતીય સંક્રમિત ચેપ
4.5 અફળદ્રુપતા/વંધ્યતા

તમે પ્રકરણ 3માં માનવ-પ્રજનનતંત્ર અને તેનાં કાર્યોનો અભ્યાસ કર્યો. હવે આપણે તેની સાથે સંકળાયેલ મુદ્દા – પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યની ચર્ચા કરીએ. આપણે *આ શબ્દ દ્વારા શું સમજીશું ?* આ શબ્દ સ્વસ્થ પ્રાજનનિક અંગો અને તેનાં સામાન્ય કાર્યો સાથે સંકળાયેલ છે. જોકે તે વિશાળ પરિપ્રેક્ષ્ય ધરાવે છે અને તેમાં પ્રજનનના ભાવનાત્મક તથા સામાજિક પાસાંઓનો પણ સમાવેશ થાય છે. વિશ્વ સ્વાસ્થ્ય સંગઠન (WHO) પ્રમાણે, પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યનો અર્થ-પ્રજનનના બધા જ પાસાં સહિત સંપૂર્ણ સુખાકારી એટલે કે શારીરિક, ભાવનાત્મક, વર્તનાત્મક અને સામાજિક સ્વાસ્થ્ય છે. તેથી શારીરિક અને ક્રિયાત્મક રીતે સામાન્ય પ્રજનન અંગો ધરાવતા લોકો યુક્ત સમાજના તમામ લિંગસંબંધિત પાસાંઓ વચ્ચે સામાન્ય લાગણીસભર અને વર્તણૂકલક્ષી પારસ્પરિક ક્રિયાઓ (આંતરક્રિયાઓ)ને પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય કહે છે. શા માટે પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય જાળવવું જરૂરી છે અને તેને હાંસલ કરવા માટે કઈ પદ્ધતિઓ વપરાય છે ? ચાલો, તેને તપાસીએ.

4.1 પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય–સમસ્યાઓ અને વ્યૂહાત્મક આયોજન (Reproductive Health - Problems and Strategies)

ભારત દુનિયાનો પ્રથમ દેશ છે જેને રાષ્ટ્રીય સ્તરે કુલ પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યને સામાજિક લક્ષ તરીકે પ્રાપ્ત કરવા યોજનાઓ અને કાર્યક્રમોની શરૂઆત કરી. આ કાર્યક્રમોને ‘કુટુંબ નિયોજન’ (Family Planning) કહે છે જે 1951માં શરૂ કર્યું અને તેનું છેલ્લા

કેટલાક દાયકાથી મૂલ્યાંકન પણ કરવામાં આવે છે. પ્રજનનસંબંધિત વિશાળ ક્ષેત્રોને આવરીને હાલમાં 'પ્રજનન અને બાળસ્વાસ્થ્ય સંભાળ (Reproductive and Child Health Care-RCH) કાર્યક્રમ' નામથી પ્રસિદ્ધ, સુધારણા કાર્યક્રમ ચલાવવામાં આવે છે. આ કાર્યક્રમો અંતર્ગત પ્રજનનસંબંધિત પાસાંઓ વિશે લોકોમાં જાગૃતિ પેદા કરવી અને પ્રાજનનિક સ્વસ્થ સમાજ તૈયાર કરવા માટે સુવિધાઓ અને પ્રોત્સાહન પૂરું પાડવામાં આવે છે.

દૃશ્ય-શ્રાવ્ય અને છાપકામ કે પ્રચાર-પ્રસાર માધ્યમો (print-media)ની મદદથી સરકારી અને બિનસરકારી સંસ્થાઓ લોકોમાં પ્રજનનસંબંધિત પાસાંઓ અંગેની જાગૃતિ લાવવા પ્રયત્ન કરે છે. ઉપર્યુક્ત માહિતીને પ્રસારિત કરવામાં માતાપિતા, અન્ય નજીકના સંબંધીઓ, શિક્ષકો અને મિત્રોની પણ પ્રમુખ ભૂમિકા છે. શાળાઓમાં જાતીય શિક્ષણ દાખલ કરવા પ્રોત્સાહન આપવું જોઈએ, જેથી યુવાનોને સાચી માહિતી મળે અને બાળકો જાતીયસંબંધિત વિવિધ પાસાંઓ વિશે ફેલાયેલ ગેરમાન્યતાઓ ઉપર વિશ્વાસ ન કરે તથા તેમને જાતીયસંબંધિત ખોટી ધારણાઓથી છૂટકારો મળે. લોકોને પ્રજનન અંગો, કિશોરાવસ્થા અને તેના સંબંધિત ફેરફારો, સુરક્ષિત અને આરોગ્યપ્રદ જાતીય વ્યવહાર (sexual practices), જાતીય સંક્રમિત રોગો (STD), એઇડ્સ (AIDS) વગેરેની માહિતી, વિશેષરૂપથી જે લોકો કિશોરાવસ્થા વયજૂથના છે તેમને પ્રજનનસંબંધિત સ્વસ્થ જીવન તરફ દોરી જાય છે. લોકોને ખાસ કરીને ફળદ્રુપ યુગલો (fertile couples) અને જેઓ લગ્ન વયજૂથના હોય તેમને પ્રાપ્ય જન્મ-નિયંત્રણ વિકલ્પો, ગર્ભવતી માતાની સંભાળ, પ્રસવ બાદ (post-natal) માતા અને બાળકની સંભાળ, સ્તનપાનનું મહત્ત્વ, છોકરો અને છોકરીને સમાન તકો વગેરે અંગે શિક્ષિત કરવાથી જાગૃત સ્વસ્થ પરિવારોનું નિર્માણ થશે. અનિયંત્રિત વસ્તીવૃદ્ધિથી થતી સમસ્યાઓ, સામાજિક દૂષણો, જાતીય હિંસા જેવા તથા જાતીય સંબંધિત ગુનાઓની જાગૃતિ કેળવી લોકોને તે અંગે વિચારતા કરવા અને તેને રોકવા યોગ્ય પગલાંઓ લેવા સક્ષમ કરવા જેથી જવાબદાર અને સ્વસ્થ સમાજ બનાવી શકાય.

પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યને પ્રાપ્ય કરવા વિવિધ કાર્યયોજનાઓના સફળતાપૂર્વકના અમલીકરણ માટે મજબૂત માળખાકીય સુવિધાઓ, વ્યાવસાયિક કુશળતા અને સામગ્રીની જરૂરિયાત છે. લોકોને જાતીય સંબંધિત સમસ્યાઓ જેવી કે ગર્ભધારણ, પ્રસૂતિ, STDs, ગર્ભપાત, ગર્ભનિરોધક (contraception), ઋતુસ્રાવસંબંધિત સમસ્યાઓ, અફળદ્રુપતા વગેરેના સંદર્ભમાં દાક્તરી સહાયતા અને દેખરેખ ઉપલબ્ધ કરાવવી જરૂરી છે. લોકોને કાર્યક્ષમ સંભાળ અને સહાય પૂરી પાડવા સમયાંતરે સારી તક્નિકી અને નવી વ્યૂહરચનાઓનું અમલીકરણ જરૂરી છે. વધતી માદા ભ્રૂણહત્યાના કાનૂની અટકાવ, લિંગ-પરીક્ષણ માટે ઉલ્વ જળકસોટી (વિકાસશીલ ભ્રૂણની ફરતે આવેલ ઉલ્વ પ્રવાહીની રંગસૂત્ર ભાતને આધારે ભ્રૂણનું જાતીય પરીક્ષણ) ઉપર વૈધાનિક પ્રતિબંધ, વ્યાપક બાળરોગ પ્રતિરક્ષા વગેરે કેટલાક મહત્ત્વપૂર્ણ કાર્યક્રમોને પણ સામેલ કરવામાં આવેલ છે. **ઉલ્વજળકસોટી (amniocentesis)**માં વિકસતા ભ્રૂણનું થોડુંક ઉલ્વ પ્રવાહી ગર્ભકોષો અને દ્રાવ્ય પદાર્થોના પૃથક્કરણ માટે લેવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કેટલીક જનીનિક અનિયમિતતાઓ જેવી કે ડાઉન સિન્ડ્રોમ, હિમોફિલિયા, સિકલ સેલ ઍનિમિયા વગેરે તથા ભ્રૂણની જીવિતતા ચકાસવા માટે થાય છે.

વિવિધ પ્રજનનસંબંધિત ક્ષેત્રોમાં સંશોધનોને પ્રોત્સાહન આપવામાં આવે છે અને નવી પદ્ધતિઓ શોધવા માટે અને/અથવા હાલના મુદ્દાઓમાં સુધારો કરવા માટે સરકારી અને બિનસરકારી સંસ્થાઓ મદદ કરે છે. *શું તમે જાણો છો 'સહેલી' એ સ્ત્રીઓ માટેની મુખ દ્વારા લેવાતી ગર્ભનિરોધક ગોળી છે. જેનો વિકાસ 'કેન્દ્રીય ઔષધ સંશોધન સંસ્થા (Central Drug Research Institute = CDRI) લખનૌ, ભારતના વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા કરવામાં આવેલ છે ?* જાતીયસંબંધિત બાબતોની વધુ સારી જાગૃતિ, દાક્તરી સહાયથી થતી પ્રસૂતિની સંખ્યામાં વધારો અને પ્રસૂતિ બાદની સારી દેખરેખ દ્વારા માતા અને બાળકના મૃત્યુદરમાં ઘટાડો, નાના

પરિવારવાળાં યુગલોમાં વધારો, STDsનું સારું નિદાન અને સારવાર તથા બધી જ જાતીયસંબંધિત સમસ્યામાં દાક્તરી સવલતોમાં વધારો વગેરે તરફ દોરી જાય છે. આ બધું સમાજના પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યના સુધારાનું નિર્દેશન કરે છે.

4.2 વસ્તીવિસ્ફોટ અને જન્મ-નિયંત્રણ (Population Explosion and Birth Control)

પાછલી શતાબ્દિમાં વિવિધ ક્ષેત્રોમાં સાર્વત્રિક વિકાસ થયો છે જેને લીધે લોકોના જીવનની ગુણવત્તામાં નોંધપાત્ર સુધારો આવ્યો છે. જોકે સારી જીવનસ્થિતિ સાથે વધતી સ્વાસ્થ્ય-સગવડો વસ્તીવૃદ્ધિ ઉપર વિસ્ફોટાત્મક અસર કરે છે. 1900માં દુનિયાની વસ્તી 2 બિલિયન (2000 મિલિયન) હતી જે 2000ની સાલમાં ઝડપી વધીને 6 બિલિયન (6000 મિલિયન) અને 2011માં 7.2 બિલિયન (7200 મિલિયન) થઈ ગઈ. આવું સમાન વલણ ભારતમાં પણ જોવા મળ્યું હતુ. આઝાદી સમયે આપણી વસ્તી આશરે 350 મિલિયન હતી જે 2000માં 1 બિલિયનની નજીક અને મે, 2011માં 1.2 બિલિયન (1200 મિલિયન)ને ઓળંગી ગઈ હતી. આનાં કારણોમાં મૃત્યુદર, **માતૃ મૃત્યુદર (maternal mortality rate-MMR)** અને **બાળ મૃત્યુદર (infant mortality rate-IMR)**માં ઘટાડાની સાથે-સાથે પ્રજનન વયના લોકોની સંખ્યામાં વધારો છે. આપણે પ્રજનન અને બાળ સ્વાસ્થ્ય સંભાળ **(RCH)** કાર્યક્રમો દ્વારા વસ્તીવૃદ્ધિના દરમાં ઘટાડો લાવી શક્યા છીએ પરંતુ તે માત્ર નામપૂરતો છે. 2011ની સાલના વસ્તીગણતરી અહેવાલ (report)ને આધારે, વસ્તીવૃદ્ધિનો દર હજુ પણ 2 %થી ઓછો એટલે કે 20/1000/ વર્ષ છે. આ દરે આપણી વસ્તી ઝડપથી વધી રહી છે. આ ક્ષેત્રોમાં નોંધપાત્ર પ્રગતિ થઈ હોવા છતાં પણ આ ચેતવણીજનક વૃદ્ધિદર આપણને પાયાની જરૂરિયાત જેવી કે ખોરાક, આશ્રય અને કપડાંની અછત તરફ દોરી જાય છે. તેથી આ વસ્તી વૃદ્ધિદર ચકાસવા માટે સરકારને ગંભીર પગલાં લેવાની ફરજ પડી હતી.

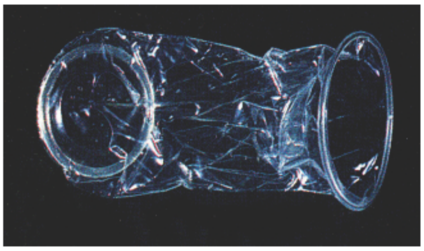
આ સમસ્યાનું સૌથી મહત્ત્વનું પગલું એ છે કે, વિવિધ ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિઓના ઉપયોગ અંગે નાનાં પરિવારોને પ્રોત્સાહન આપવું. કદાચ તમે પ્રચાર-માધ્યમો ઉપરાંત પોસ્ટરો /બિલ્સ વગેરેમાં જાહેરાતો જોઈ હશે, જેમાં ખુશ દંપતિ બે બાળકો સાથે દર્શાવેલ હોય છે અને સાથે સ્લોગન 'અમે બે અમારા બે' હોય છે. મોટે ભાગે યુવા, શહેરી, કામ કરતાં ઘણાં દંપતિઓ 'એક બાળકનાં ધોરણો' અપનાવે છે. લગ્નની વૈધાનિક ઉંમર સ્ત્રીઓ માટે 18 વર્ષ તથા પુરુષ માટે 21 વર્ષ નક્કી છે અને આ સમસ્યાથી બચવા માટે નાનાં પરિવારો માટે દંપતિઓને પ્રોત્સાહિત કરવામાં આવે છે. ચાલો, આપણે કેટલીક સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાતી ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિઓ વર્ણવીએ, કે જે અનૈચ્છિક ગર્ભધારણને રોકવામાં મદદ કરે છે.

એક આદર્શ ગર્ભનિરોધક ઉપયોગ કરનારનાં હિતોનું રક્ષણ કરવાવાળું, સરળતાથી પ્રાપ્ય, અસરકારક અને પ્રતિવર્તિ સાથે નહિવત્ અથવા ઓછામાં ઓછી આડઅસર હોય તેવું હોવું જોઈએ. આ ઉપરાંત એ ઉપયોગ કરનારની કામેચ્છા, ઉત્તેજના અને / અથવા **સંવનન**માં અવરોધરૂપ ન હોવું જોઈએ. આજકાલ ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિઓની વ્યાપક શ્રેણી અસ્તિત્વમાં છે, જેને વિશાળ શ્રેણીમાં નીચે પ્રમાણે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે જેવી કે કુદરતી / પ્રણાલીગત, અવરોધ, અંતઃ ગર્ભાશય ઉપાયો (intra uterine devices–IUDs) માં દ્વારા લેવા યોગ્ય ગર્ભનિરોધકો, ઈન્જેક્ટેબલ્સ / આરોપણ અને વાઢકાપ પદ્ધતિઓ.

કુદરતી પદ્ધતિઓ અંડકોષ અને શુક્રકોષના સમાગમને દૂર રાખવાના સિદ્ધાંત ઉપર કાર્ય કરે છે. આમાંનો એક ઉપાય **સામયિક સંયમ (periodic abstinence)** છે. જેમાં દંપતિએ ઋતુચક્રના 10થી

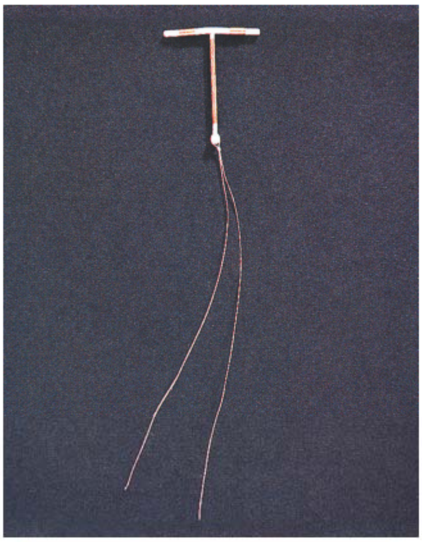
17મા દિવસ વચ્ચેના સમય દરમિયાન સંવનન ટાળવું અથવા તેનાથી દૂર રહે કે જ્યારે અંડપાત અપેક્ષિત હોય. આ સમય દરમિયાન ફલનની તક ખૂબ વધુ હોય છે, તેને ફલન સમય કહે છે. આ પ્રમાણે આ સમય દરમિયાન મૈથુન ન કરવાથી ગર્ભધારણથી બચી શકાય છે. **બાહ્ય સ્ખલન** અથવા **મૈથુન અંતરાલ (જાતીય સમાગમ-coitus interruptus)** એક અન્ય પદ્ધતિ છે જેમાં પુરુષસાથી મૈથુન દરમિયાન વીર્યસ્ખલનથી તરત પહેલાં યોનિમાંથી પોતાના શિશ્નને બહાર કાઢી વીર્યસેચન (insemination)થી બચી શકે છે. **દુગ્ધસ્રવણ ઍમેનોરિયા (lactational amenorrhea)** (ઋતુચક્રની ગેરહાજરી) પદ્ધતિ પણ એ જ તથ્ય ઉપર નિર્ભર કરે છે કે, પ્રસવ બાદ તરત જ ભરપૂર દુધસ્રવણ દરમિયાન અંડપાત અને તેથી ઋતુચક્ર શરૂ થતું નથી. એટલા માટે જેટલા દિવસો સુધી માતા બાળકને સંપૂર્ણ સ્તનપાન કરાવવાનું ચાલુ રાખે, ત્યાં સુધી ગર્ભધારણની તકો લગભગ શૂન્ય હોય છે. જોકે આ પદ્ધતિ પ્રસૂતિ બાદના મહત્તમ લગભગ છ (6) માસ સુધી જ અસરકારક હોય છે. જોકે ઉપર્યુક્ત પદ્ધતિઓમાં કોઈ દવા અથવા સાધનોનો ઉપયોગ થતો નથી તેથી તેની આડઅસરો નહિવત્ હોય છે. જોકે તેના નિષ્ફળ જવાનો દર ખૂબ ઊંચો હોય છે.

આકૃતિ 4.1 : (a) પુરુષ માટેનો નિરોધ



આકૃતિ 4.1 : (b) સ્ત્રી માટેનો નિરોધ

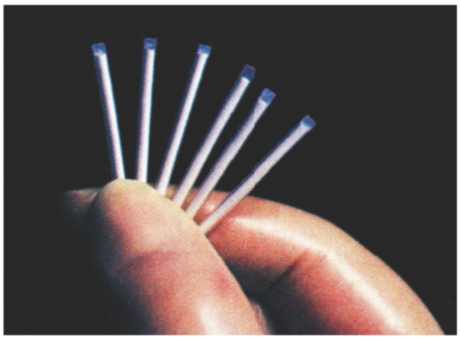
અવરોધ પદ્ધતિઓ અંતર્ગત અવરોધકોની મદદથી અંડકોષ અને શુક્રકોષને ભૌતિક સીધા સંપર્કમાં આવતા રોકવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિઓ પુરુષો અને સ્ત્રીઓ બંને માટે ઉપલબ્ધ છે. **નિરોધ** (આકૃતિ 4.1 a, b) એ અવરોધક છે જેને પાતળા રબર/લેટેક્સથી બનાવાય છે જેના ઉપયોગથી પુરુષના શિશ્ન અને સ્ત્રીની યોનિ તથા ગ્રીવાને મૈથુનથી થોડાક સમય પહેલાં ઢાંકવામાં આવે છે. જેથી સ્ખલિત વીર્ય સ્ત્રીના જનનમાર્ગમાં દાખલ ન થઈ શકે. જે ગર્ભાધાનથી બચાવે છે. 'નિરોધ' પુરુષ માટેના કોન્ડોમનો સુપ્રસિદ્ધ મારકો (brand) છે. કોન્ડોમનો ઉપયોગ હાલના સમયમાં વધ્યો છે જેનાં કારણોમાં તેનો વધારાનો ફાયદો એ છે કે તે ઉપયોગ કરનારને જાતીય સંક્રમિત રોગો અને એઇડ્સથી બચાવે છે. બંને પુરુષ અને સ્ત્રીના કોન્ડોમ્સ નિકાલજોગ હોય છે, તેને જાતે જ પહેરી દાખલ કરી શકાય તેવા હોય છે અને તેથી ઉપયોગકર્તાની ગોપનીયતા બની રહે છે. **આંતરપટલ (diaphragms), ગ્રીવા ટોપી** અને **વોલ્ટ્સ** પણ રબરના બનેલ અવરોધકો છે. જેને સ્ત્રીઓના પ્રજનનમાર્ગમાં મૈથુન દરમિયાન ગ્રીવાને ઢાંકવા દાખલ કરાય છે. તેઓ ગર્ભધારણને ગ્રીવા દ્વારા શુક્રકોષોના પ્રવેશને અટકાવી રોકે છે. તે પુનઃઉપયોગી છે. આ અવરોધકોની સાથે-સાથે શુક્રાણુનાશક ક્રીમ, જૅલ અને ફોમનો ઉપયોગ તેમની ગર્ભનિરોધક-ક્ષમતામાં વધારો કરવા વપરાય છે.



આકૃતિ 4.2 : કૉપર-T (CuT)

બીજી અસરકારક અને પ્રસિદ્ધ પદ્ધતિ **અંતઃ ગર્ભાશય ઉપાયો (IUDs)**નો ઉપયોગ છે. આ સાધનને ડૉક્ટર્સ કે નિષ્ણાત નર્સ દ્વારા યોનિમાર્ગ દ્વારા ગર્ભાશયમાં દાખલ કરાય છે. આ આંતર ગર્ભાશય ઉપાય હાલમાં બિનઔષધીય IUDs (ઉદાહરણ : આંકડી-Lippes loop), કૉપરમુક્ત કરતું IUDs (CuT, Cu7, મલ્ટિલોડ 375) (આકૃતિ 4.2) અને અંતઃસ્રાવમુક્ત કરતા IUDs (પ્રૉજેસ્ટાસર્ટ, LNG-20) ઉપલબ્ધ છે. IUDs ગર્ભાશયની અંદર શુક્રકોષોના ભક્ષણ (phagocytosis)માં વધારો કરે છે અને મુક્ત થતા Cu આયન શુક્રકોષોની ગતિશીલતા (ચલિતતા) અને ફલન-ક્ષમતાને અવરોધે છે. આ ઉપરાંત અંતઃસ્રાવ મુક્ત કરતા IUDs, ગર્ભાશયને ગર્ભધારણ માટે અયોગ્ય બનાવે છે

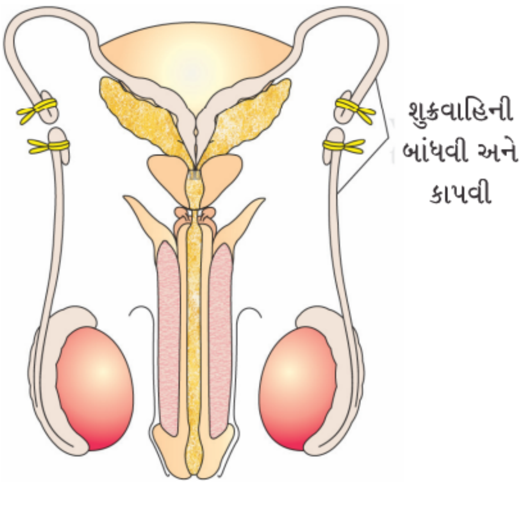
અને ગ્રીવાને શુક્રકોષોની વિરોધી બનાવે છે. IUDs એ જે સ્ત્રીઓ ગર્ભધારણમાં વિલંબ અને / અથવા બાળકો વચ્ચે અવકાશ ઇચ્છે છે તેના માટે આદર્શ ગર્ભનિરોધક છે. આ એક પ્રકારથી ભારતમાં વ્યાપક રીતે સ્વીકૃત ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિઓ છે.



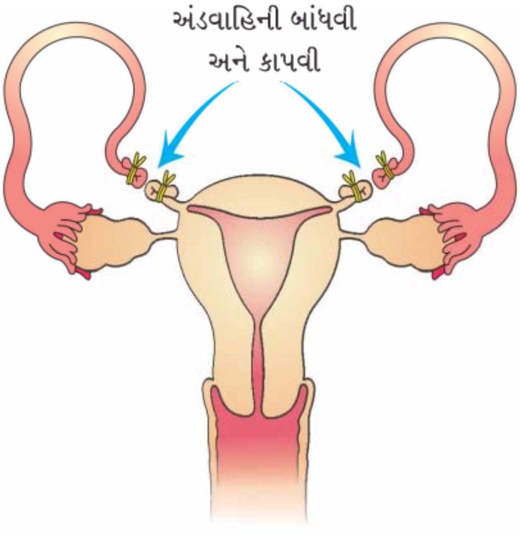
આકૃતિ 4.3 : આરોપણ

સ્ત્રીઓ દ્વારા ઉપયોગમાં લેવામાં આવતો એક અન્ય ગર્ભનિરોધક પ્રૉજેસ્ટોજેન્સ અથવા પ્રૉજેસ્ટોજેન-ઇસ્ટ્રોજેનનું સંયોજન કે જેને થોડી માત્રામાં મોં દ્વારા લેવામાં આવે છે. તેઓનો ગોળીઓના સ્વરૂપમાં ઉપયોગ થાય છે અને તેથી તેને લોકપ્રિય રીતે **પિલ્સ (pills)** કહે છે. પિલ્સ, ઋતુચક્રના પ્રથમ પાંચ દિવસ દરમિયાન લેવાની શરૂ કરવામાં આવે છે અને સતત 21 દિવસ રોજ લેવામાં આવે છે. 7 દિવસના અંતરાય (કે જ્યારે ઋતુસ્રાવ ચાલુ હોય) બાદ ફરીથી જ્યાં સુધી સ્ત્રી ગર્ભધારણને રોકવા ઇચ્છે છે, ત્યાં સુધી આ જ પદ્ધતિને પુનરાવર્તિત કરવામાં આવે છે. આ અંડપાત અને ગર્ભસ્થાપનને અવરોધે છે. ઉપરાંત ગ્રીવા ત્યાં સુધી શ્લેષ્મની ગુણવત્તા બદલે છે અને શુક્રકોષોના પ્રવેશને અટકાવ/ રૂકાવટ ઊભી કરે છે. પિલ્સ ઓછી આડઅસરો સાથે ખૂબ અસરકારક છે અને સ્ત્રીઓ દ્વારા સારી રીતે અપનાવવામાં આવેલ છે. સહેલી – નવી મુખ દ્વારા લેવામાં આવતી ગર્ભનિરોધક ગોળી છે, તે બિનસ્ટેરોઇડલ બનાવટ છે. તે પિલ્સ 'અઠવાડિયે એક વાર' લેવાય છે જે ઓછી આડઅસરો અને ઊંચું ગર્ભનિરોધક મૂલ્ય ધરાવે છે.

પ્રૉજેસ્ટોજન એકલું અથવા ઇસ્ટ્રોજન સાથે સંયોજિત કરી સ્ત્રીઓ દ્વારા ઇન્જેક્શન તરીકે ઉપયોગ થઈ શકે અથવા તેમના દ્વારા ત્વચાની નીચે પ્રત્યારોપિત કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 4.3). તેની કાર્યપ્રણાલી પિલ્સ જેવી જ છે અને તેનો અસરકારક સમય ઘણો લાંબો હોય છે. મૈથુનના 72 કલાકની અંદર પ્રૉજેસ્ટોજન અથવા પ્રૉજેસ્ટોજન-ઇસ્ટ્રોજન સંયોજનો કે IUDsનો ઉપયોગ આપાતકાલીન ગર્ભનિરોધક તરીકે ખૂબ અસરકાર છે અને તેને બળાત્કાર અથવા અણધાર્યા અસુરક્ષિત જાતીય સમાગમને કારણે સંભવિત ગર્ભધારણથી બચવા માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.



આકૃતિ 4.4 : (a) પુરુષ નસબંધી



આકૃતિ 4.4 : (b) સ્ત્રી નસબંધી

માતાના મૃત્યુદર અને રોગિષ્ઠતાને પરિણામે અને ગેરકાનૂની ગર્ભપાતને ઘટાડવા માટે ભારત સરકાર દ્વારા પ્રેરિત ગર્ભપાત (દાક્તરી ગર્ભ-નિકાલ – MTP – medical termination of pregnancy)ના કાયદામાં 2017માં સુધારો કરાયો છે. આ કાયદા અનુસાર ગર્ભધાન પામેલ સ્ત્રી કેટલાંક કારણસર 12 અઠવાડિયાંના ગર્ભનો ગર્ભપાત માન્ય ડૉક્ટર દ્વારા કરાય છે. જો ગર્ભધાન 12 અઠવાડિયાં કરતાં વધારે પરંતુ 24 અઠવાડિયાં ઓછી હોય તો ચોક્કસપણે બે માન્ય ડૉક્ટરોની સલાહ લેવી જેથી વિશ્વસનીય જરૂરિયાત પ્રમાણે ગર્ભપાત કરી શકાય. નીચે આપેલ બાબતો માટે પ્રેરિત ગર્ભપાત કરાવી શકાય :

(i) સતત ગર્ભધાનથી સર્જાતું ગર્ભવતી સ્ત્રીના જીવનનું જોખમ કે તેણીના શારીરિક કે માનસિક સ્વાસ્થ્યને થતી ગંભીર ઈજા માટે અથવા

(ii) જન્મનાર બાળ નોંધપાત્ર જોખમી હોય તે શારીરિક કે માનસિક અનિયમિતતા જેવી ઘટનાને લીધે ગંભીર વિકલાંગતા પામે.

વાઢકાપ પદ્ધતિઓને **વંધ્યીકરણ (sterilisation)** પણ કહે છે, જે સામાન્ય રીતે પુરુષ / સ્ત્રી સાથીને ગર્ભધારણને રોકવાની અંતિમ પદ્ધતિ તરીકે સૂચવવામાં આવે છે. વાઢકાપ હસ્તક્ષેપથી જનનકોષોના વહનને અટકાવી અને ગર્ભસ્થાપનને અટકાવાય છે. નરમાં વંધ્યીકરણની પ્રક્રિયાને 'પુરુષ નસબંધી' (vasectomy) કહે છે અને તે જ રીતે સ્ત્રીઓમાં તેને 'સ્ત્રી નસબંધી' (tubectomy) કહે છે. પુરુષ નસબંધીમાં શુક્રવાહિનીના નાના ભાગને દૂર કરવો અથવા વૃષણકોથળી (scrotum) ઉપર નાનો કાપ મૂકી બાંધી દેવામાં આવે છે (આકૃતિ 4.4 (a)). જ્યારે સ્ત્રી નસબંધી, અંડવાહિનીનો નાનો ભાગ દૂર કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 4.4 (b)) અને ઉદરમાં અથવા યોનિ દ્વારા નાનો કાપ મૂકી બાંધવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિઓ ખૂબ જ અસરકારક છે પરંતુ તેની પુનઃ સ્થાપિતતા ઘણી નબળી છે.

યોગ્ય ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિની પસંદગી પર ભાર મૂકવો આવશ્યક છે અને તેનો ઉપયોગ યોગ્ય તબીબી નિષ્ણાતોની સલાહ પ્રમાણે કરવો જોઈએ. એ પણ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે, પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યની સંભાળ માટે ગર્ભનિરોધકોની કાયમી જરૂરિયાત નથી. હકીકતમાં, તે કુદરતી પ્રાજનનિક ઘટનાક્રમ વિરુદ્ધ કાર્ય કરે છે, એટલે કે ગર્ભાવસ્થા / ગર્ભધારણ. આ પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ ગર્ભધારણનો અટકાવ કે તેને વિલંબિત કરવા અથવા વ્યક્તિગત કારણોસર ગર્ભધારણમાં અવકાશ લાવવા માટે કરવામાં આવે છે. નિઃસંદેહ, આ પદ્ધતિઓનો વ્યાપક ઉપયોગ અનિયંત્રિત વસ્તીવૃદ્ધિને અટકાવવામાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. તેમ છતાં, માંદગીની અસર જેવી કે ઉબકા, ઉદરમાં દુખાવો, રક્તસ્રાવ, અનિયમિત ઋતુસ્રાવ અથવા સ્તન કૅન્સર કે જે ખૂબ સામાન્ય રીતે જોવા મળતા નથી, છતાં પણ તેને સંપૂર્ણ અવગણી ન શકાય.

4.3 દાક્તરી ગર્ભપાત (પ્રેરિત ગર્ભપાત) (Medical Termination of Pregnancy- MTP)

ગર્ભધારણના પૂર્ણ સમય પહેલાં ઈરાદાપૂર્વક અથવા સ્વૈચ્છિક ગર્ભપાતને **દાક્તરી ગર્ભપાત** (MTP) અથવા **પ્રેરિત ગર્ભપાત** કહે છે. સામાન્ય રીતે આશરે 45થી 50 મિલિયન MTPs વિશ્વમાં દર વર્ષે કરવામાં આવે છે કે જે કુલ કાલ્પનિક ગર્ભધારણના 5 પૈકી 1(1/5th)ની સંખ્યામાં હોય છે. આમ તો, MTP વસ્તી-ઘટાડામાં અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે. પરંતુ તે તેનો હેતુ નથી. MTPને સ્વીકારવી / કાયદાકીય બનાવવી તે ઘણા દેશો માટે ચર્ચાનો વિષય છે; કારણ કે તેની સાથે ભાવનાત્મક, નૈતિક, ધાર્મિક અને સામાજિક પ્રશ્નો સંકળાયેલ છે. ભારત સરકારે MTPના દુરુપયોગને ટાળવા માટે 1971માં સખત જોગવાઈઓ સાથે તેને કાયદાકીય કરેલ છે. આ પ્રકારનો પ્રતિબંધ અનઅધિકૃત અથવા ગેરકાનૂની સ્ત્રી ભ્રૂણહત્યા તથા ભેદભાવને રોકવા માટે મૂકવામાં આવ્યો, કે જે હજુ પણ ભારતમાં વધુ નોંધાય છે.

MTP શા માટે ? દેખીતી રીતે તેનો જવાબ સામાન્ય અસુરક્ષિત સમાગમ અથવા સમાગમ દરમિયાન ઉપયોગમાં લેવાયેલ ગર્ભનિરોધકની નિષ્ફળતા કે બળાત્કારને કારણે અનૈચ્છિક ગર્ભધારણથી છૂટકારો મેળવવો એવો થાય છે. MTP ખાસ કિસ્સાઓ જેવા કે સતત ગર્ભધારણ કે જે માતા કે બાળક અથવા બંને માટે હાનિકારક અથવા ઘાતક હોય તેના માટે પણ આવશ્યક છે.

ગર્ભધારણના પહેલા ત્રણ મહિના દરમિયાન એટલે કે ગર્ભધારણના 12 અઠવાડિયાં સુધીમાં કરવામાં આવેલ MTP વધુ સુરક્ષિત મનાય છે. બીજા ત્રણ મહિનામાં કરવામાં આવતો ગર્ભપાત ખૂબ ઘાતક છે. આ સંદર્ભમાં એક સૌથી વધુ પરેશાન કરતી બાબત એ છે કે માત્ર મોટા ભાગની MTP ગેરકાનૂની રીતે અકુશળ (ગેરલાયક) વ્યક્તિ પાસે કરાવવામાં આવે છે કે જે માત્ર અસુરક્ષિત જ નહિ પરંતુ ઘાતક પણ છે. અન્ય ખતરનાક પ્રવૃત્તિ ન જન્મેલા બાળકના જાતિ-પરીક્ષણ માટે એમ્નિઓસેન્ટેસિસ

(ઉલ્વજળ કસોટી)નો દુરુપયોગ છે. અવારનવાર એવું જોવા મળ્યું છે કે, ગર્ભ માદા હોય તો - MTP કરાવવામાં આવે છે. આ સંપૂર્ણ રીતે કાયદાની વિરુદ્ધ છે. આ પ્રવૃત્તિઓને ટાળવી જોઈએ કારણ કે આ યુવા માતા અને ગર્ભ બંને માટે ઘાતક છે. અસુરક્ષિત મૈથુનને ટાળવા માટે અસરકારક પરામર્શ અને ગેરકાનૂની ગર્ભપાતનાં જોખમી પરિબળોની સાથે-સાથે વધુ સ્વાસ્થ્ય-સુવિધાઓ પૂરી પાડી બિનઆરોગ્યપ્રદ વલણને અટકાવી શકાય છે.

4.4 જાતીય સંક્રમિત ચેપ (Sexually Transmitted Infections - STIs)

જે ચેપ અથવા રોગો જાતીય સમાગમ દ્વારા સંક્રમિત થતા હોય તેને સામૂહિક રીતે જાતીય સંક્રમિત ચેપ (STI) અથવા યૌન સંબંધિત રોગો (venereal diseases - VD) અથવા પ્રજનનમાર્ગના ચેપ (reproductive tract infections-RTI) કહે છે. ગોનોરિયા, સિફિલિસ, જનનાંગીય હર્પિસ, ક્લેમાડિયાસિસ, જનનાંગીય મસા, ટ્રાયકોમોનિઆસિસ, હિપેટાઈટીસ-બી અને અલબત્ત, તાજેતરનાં વર્ષોમાં સૌથી વધુ ચર્ચિત HIV ચેપ જે AIDSમાં પરિણમે છે. આ બધા કેટલાક સામાન્ય STIs છે. આમાંનો HIVનો ચેપ સૌથી ખતરનાક છે જેની ગહન ચર્ચા પ્રકરણ 8માં છે.

આમાંના કેટલાક ચેપો જેવા કે હિપેટાઈટીસ-બી અને HIV સંક્રમિત વ્યક્તિ માટે વપરાયેલ ઇન્જેક્શનની સોય, વાઢકાપનાં સાધનો વગેરેની અદલાબદલીથી પણ ફેલાય છે. રુધિરાધાન અથવા ચેપી માતાથી તેના ગર્ભસ્થ શિશુમાં પણ સંચારિત થાય છે. હિપેટાઈટીસ-બી, જનનાંગિય હર્પિસ અને HIV ચેપ સિવાયના અન્ય રોગોનું જો વહેલા નિદાન થાય અને યોગ્ય સારવાર મળે તો તે સંપૂર્ણપણે સાધ્ય છે. મોટા ભાગના આ રોગોના શરૂઆતનાં ચિહ્નો ખૂબ જ ગૌણ હોય છે જેવા કે જનનાંગિય વિસ્તારમાં ખંજવાળ, પ્રવાહીસ્રાવ, સામાન્ય દુઃખાવો, સોજો વગેરે છે. ઘણી વાર સંક્રમિત સ્ત્રીઓમાં આ રોગોનાં ચિહ્નો દેખાતાં નથી અને તેથી તે લાંબા સમય સુધી અનિદાનીત રહે છે. ચેપની શરૂઆતની અવસ્થામાં ચિહ્નોનું ન દેખાવવું અથવા ઓછાં લક્ષણો દેખાવવા અને STIsથી જોડાયેલ સામાજિક કલંકનો ડર, સંક્રમિત વ્યક્તિને સમયસર નિદાન અને ઉચિત ઉપચારથી રોકે છે. આ આગળ જતાં સમસ્યામાં વધારો કરે છે, જેમાં નિતંબની બળતરાના રોગો (pelvic inflammatory diseases-PID), ગર્ભપાત, મૃત બાળકનો જન્મ, ગર્ભાશયની બહાર અંડવાહિનીમાં ગર્ભધારણ (ectopic pregnancies), અફળદ્રુપતા અથવા પ્રજનનમાર્ગનું કૅન્સર થઈ શકે છે. STIs સ્વસ્થ સમાજ માટે મોટો ખતરો છે. તેટલા માટે આવા રોગોની શરૂઆતની અવસ્થામાં નિવારણ અથવા નિદાન અને સારવારને પ્રજનન સ્વાસ્થ્ય-સંભાળ કાર્યક્રમોમાં પ્રાથમિકતા આપવામાં આવે છે. જોકે તમામ વ્યક્તિઓ ચેપોથી સંવેદનશીલ હોવા છતાં 15-24 વર્ષોની વયજૂથના વ્યક્તિઓમાં કે જે વયજૂથમાં તમે પણ આવો છો તેમાં વધુ હોવાનું જણાવાયું છે. ભયભીત થવા માટેનું કોઈ કારણ નથી કારણ કે નિવારણ શક્ય છે. નીચે આપેલા સરળ સિદ્ધાંતોને અનુસરીને વ્યક્તિ આ ચેપમાંથી મુક્ત થઈ શકે છે :

(i) અજાણ્યા સાથીઓ/ઘણા સાથીઓ સાથેના જાતીય સંબંધને ટાળવો.

(ii) જાતીય સમાગમ દરમિયાન હંમેશાં નિરોધનો ઉપયોગ કરો.

(iii) કોઈ પણ શંકાના કિસ્સામાં, વ્યક્તિએ પ્રારંભિક નિદાન અને જો ચેપનું નિદાન થાય તો સંપૂર્ણ સારવાર માટે યોગ્ય ડૉક્ટર પાસે જવું.

4.5 અફળદ્રુપતા/વંધ્યતા (Infertility)

પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્યની ચર્ચા અફળદ્રુપતા (વંધ્યત્વ)ના ઉલ્લેખ વગર અધૂરી છે. ભારત સહિત પૂરી દુનિયામાં મોટી સંખ્યામાં દંપતિઓ અફળદ્રુપ છે. એટલે કે, તેઓ અસુરક્ષિત જાતીય સહવાસ છતાં પણ બાળક પેદા કરવા માટે

અસમર્થ હોય છે. આનાં અનેક કારણો હોઈ શકે છે. જેવાં કે શારીરિક, જન્મજાત રોગો, દવાઓ, પ્રતિરક્ષાસંબંધી અથવા મનોવૈજ્ઞાનિક પણ. ભારતમાં સામાન્ય રીતે દંપતિને બાળક ન થવાનો દોષ સ્ત્રીઓને આપવામાં આવે છે; પરંતુ સામાન્યતઃ એવું ન હોતા આ સમસ્યા પુરુષસાથીમાં પણ હોઈ શકે છે. વિશિષ્ટ સ્વાસ્થ્યસંભાળ કેન્દ્ર (વંધ્યત્વ નિવારણ ચિકિત્સાલય વગેરે) નિદાનમાં મદદ કરે છે અને કેટલીક આવી અનિયમિતતાની સાચી સારવાર કરી અને દંપતિઓને બાળક પ્રાપ્ત કરાવે છે. આમ છતાં, જ્યાં ખામીઓને સારી કરવી શક્ય ન હોય, ત્યાં કેટલીક વિશિષ્ટ પદ્ધતિઓ કે જે **સહાયક પ્રજનન પદ્ધતિઓ (assisted reproductive technologies-ART)** તરીકે સામાન્ય રીતે જાણીતી છે, તેની સહાયથી દંપતિઓ બાળકો પ્રાપ્ત કરે છે.

ઈન વિટ્રો ફલન (***In vitro*** **fertilization**-IVF-શરીરની બહાર લગભગ શરીરની અંદર જેવી સ્થિતિમાં ફલન) **ભ્રૂણ-સ્થળાંતરણ (embryo transfer-ET)**ને લગતી પદ્ધતિ છે. આ પદ્ધતિ પ્રચલિત રીતે **ટેસ્ટટ્યૂબ બેબી** કાર્યક્રમ તરીકે જાણીતી છે, જેમાં પત્ની/દાતા (સ્ત્રી)નો અંડકોષ અને પતિ/દાતા (પુરુષ)ના શુક્રકોષને એકત્રિત કરવામાં આવે છે અને પ્રયોગશાળામાં યોગ્ય (simulated) પરિસ્થિતિમાં ફલિતાંડના નિર્માણને પ્રેરવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ ફલિતાંડ અથવા પ્રારંભિક ભ્રૂણ (8 સુધીના ગર્ભકોષ્ઠી કોષો ધરાવતો)ને અંડવાહિનીમાં સ્થાનાંતરિત કરાવવામાં આવે છે (**ફલિતાંડ અંતઃ અંડવાહિની સ્થાનાંતરણ-zygote intra fallopian transfer-ZIFT**) અને 8 કરતા વધુ ગર્ભકોષ્ઠી કોષોયુક્ત ભ્રૂણને આગળનો વિકાસ પૂર્ણ કરવા ગર્ભાશયમાં સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે (**અંતઃ ગર્ભાશય સ્થાનાંતર-intra uterine transfer-IUT**). જે સ્ત્રીઓમાં ગર્ભધારણની સમસ્યા હોય તેમની સહાયતા માટે **ઈન વિવો (*In vivo*)** ફલન (સ્ત્રીના શરીરમાં જ જનનકોષોનું સંયોજન)થી બનતા ભ્રૂણને પણ સ્થાનાંતરણ માટે ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે.

એવા કિસ્સાઓમાં કે જ્યાં સ્ત્રીઓ અંડકોષો ઉત્પન્ન કરી શકતી નથી, પરંતુ તે ફલન અને આગળના વિકાસ માટેનું યોગ્ય પર્યાવરણ પૂરું પાડી શકે છે એમના માટે એક અન્ય પદ્ધતિ અપનાવાય છે, જેમાં દાતામાંથી અંડકોષ લઈ એ સ્ત્રીની અંડવાહિનીમાં સ્થાનાંતરિત **(GIFT - gamete intra fallopian transfer)** કરવામાં આવે છે. પ્રયોગશાળામાં ભ્રૂણ બનાવવાની એક અન્ય વિશિષ્ટ પદ્ધતિ **અંતઃ કોષરસીય શુક્રકોષ નિક્ષેપણ (ICSI - intra cytoplasmic sperm injection)** છે. જેમાં શુક્રકોષને સીધેસીધો અંડકોષમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. વંધ્યતા કે અફળદ્રુપતા એ તેની પુરુષસાથી સ્ત્રીમાં વીર્ય દાખલ કરવા સક્ષમ ન હોવાને કારણે અથવા સ્ખલનમાં શુક્રકોષની સંખ્યા ખૂબ ઓછી હોવાને કારણે હોય છે. તેને **કૃત્રિમ વીર્યસેચન (AI - artifical insemination)** પદ્ધતિ દ્વારા ઠીક કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિમાં વીર્યને પતિમાંથી અથવા સ્વસ્થ દાતામાંથી એકત્રિત કરવામાં આવે છે. જેને કૃત્રિમ રીતે સ્ત્રીના યોનિમાર્ગમાં અથવા ગર્ભાશયમાં દાખલ કરવામાં આવે છે (**IUI-અંતઃ ગર્ભાશય વીર્યસેચન - intra uterine insemination**).

જોકે, વિકલ્પો ઘણા છે પરંતુ આ બધી પદ્ધતિમાં વિશિષ્ટ નિષ્ણાતો અને મોંઘાં સાધનો દ્વારા ચોકસાઈપૂર્વકના સંચાલનની જરૂર હોય છે. તેથી આ સવલતો હાલમાં આપણા દેશમાં ખૂબ જ ઓછાં કેન્દ્રોમાં ઉપલબ્ધ છે. દેખીતી રીતે આનો લાભ ખૂબ જ મર્યાદિત સંખ્યાના લોકોને પરવડે છે. આ પદ્ધતિઓને અપનાવવામાં ભાવનાત્મક, ધાર્મિક અને સામાજિક પરિબળો પણ અડચણરૂપ બને છે. આ બધી પદ્ધતિઓનું અંતિમ લક્ષ્ય સંતાનપ્રાપ્તિ છે. ભારતમાં અનેક અનાથ અને નિરાધાર બાળકો છે, તેમની જો દેખરેખ નહિ કરવામાં આવે તો તે કદાચ પુખ્તતા સુધી જીવિત રહી ન શકે. આપણા દેશનો કાયદો બાળકને કાનૂની રીતે ગોદ લેવાની પરવાનગી આપે છે અને જે દંપતિ માતાપિતા બનવા ઇચ્છુક છે તેમના માટેની આ ખૂબ સારી પદ્ધતિ છે.

સારાંશ

પ્રજનન સ્વાસ્થ્યને પ્રજનનસંબંધિત બધાં જ પાસાંઓ જેવાં કે શારીરિક, ભાવનાત્મક, વર્તનાત્મક અને સામાજિક સ્વાસ્થ્યના સંદર્ભે જોવામાં આવે છે. દુનિયામાં આપણો દેશ પહેલો એવો દેશ છે જેને રાષ્ટ્રીય સ્તર ઉપર પ્રજનનિક સ્વાસ્થ્ય સમાજ પ્રાપ્ત કરાવવા યોજનાઓ બનાવી.

પ્રજનનિક સ્વાસ્થ્યનાં પ્રાથમિક પગલાં તરીકે પ્રજનન અંગો, કિશોરાવસ્થા અને તેને લગતા ફેરફારો, સુરક્ષિત અને સ્વચ્છતાપૂર્ણ જાતીય ક્રિયાઓ, જાતીય સંક્રમિત ચેપ (STIs), AIDS વગેરે અંગે લોકો સાથે પરામર્શ અને જાગૃતિ પેદા કરવી, દાક્તરી સુવિધાઓ અને સમસ્યાઓ જેવી કે ઋતુસ્રાવમાં અનિયમિતતા, ગર્ભધારણસંબંધિત પાસાંઓ, પ્રસૂતિ, પ્રેરિત ગર્ભપાત, STIs, જન્મ-નિયંત્રણ, અફળદ્રુપતા (વંધ્યતા), પ્રસવ બાદ બાળક અને માતાની દેખરેખ એ અગત્યના પ્રજનન અને બાળસ્વાસ્થ્ય સંભાળ કાર્યક્રમોનાં પાસાં છે.

આપણા દેશમાં પ્રજનન-સ્વાસ્થ્યમાં સુધારો દેખાઈ રહ્યો છે; જેમકે માતા અને બાળ મૃત્યુદરમાં ઘટાડો, જાતીય સંક્રમિત રોગોનું વહેલું નિદાન અને દેખરેખ, વંધ્ય દંપતિને મદદ વગેરે સારી થઈ રહી છે. સ્વાસ્થ્ય-સુવિધાઓ અને રહેવાની સારી પરિસ્થિતિના લીધે વિસ્ફોટક વસ્તીવૃદ્ધિને પ્રોત્સાહન મળેલ છે. આ પ્રકારની વૃદ્ધિ એ ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિના સઘન પ્રચારને અનિવાર્ય બનાવ્યો છે. આજે વિવિધિ ગર્ભનિરોધકોના વિકલ્પો ઉપલબ્ધ છે જેવા કે કુદરતી, પ્રણાલિગત, અવરોધક, IUDs, પિલ્સ, દાખલ કરવાવાળા (injectables), આરોપણ (implants) અને વાઢકાપ પદ્ધતિઓ. પ્રજનનિક સ્વાસ્થ્યની સંભાળ માટે ગર્ભનિરોધકોની કાયમી જરૂરિયાત નથી. આનો ઉપયોગ ગર્ભધારણને ટાળવા અથવા વિલંબિત કરવા અથવા ગર્ભધારણમાં અવકાશ લાવવા કરવામાં આવે છે.

દાક્તરી ગર્ભપાત આપણા દેશમાં કાયદાકીય છે. MTP સામાન્ય રીતે અનૈચ્છિક ગર્ભધારણ કે જે બળાત્કાર, અસુરક્ષિત સંબંધ વગેરેને કારણે હોય તેનાથી છૂટકારો મેળવવા માટે ઉપરાંત સતત ગર્ભધારણ કે જે માતા અથવા ગર્ભ અથવા બંને માટે નુકસાનકારક અથવા ઘાતક હોય ત્યારે કરવામાં આવે છે.

જે રોગો અથવા ચેપ જાતીય સમાગમ દ્વારા સંક્રમિત થતા હોય તેને જાતીય સંક્રમિત ચેપ (STIs) કહે છે. નિતંબની બળતરાનો રોગ (PIDs), મૃત બાળકનો જન્મ, વંધ્યત્વ એ તેની કેટલીક સમસ્યાઓ છે. વહેલા નિદાનની સવલતો આવા રોગોને મટાડવા ખૂબ સારી છે. અજાણ્યા સાથીઓ / ઘણા સાથીઓ સાથેના જાતીય સંબંધને ટાળવા, મૈથુન દરમિયાન હંમેશાં નિરોધનો ઉપયોગ એ કેટલાક STIsના અટકાવ માટેના સરળ ઉપાયો છે.

બે વર્ષ સુધી મુક્ત અથવા અસુરક્ષિત સહવાસ પછી પણ ગર્ભધારણ ન થાય તો તેને વંધ્યત્વ કહે છે. આવાં નિ:સંતાન દંપતિઓની મદદ માટે હવે વિવિધ પદ્ધતિઓ ઉપલબ્ધ છે. ઈન વિટ્રો ફલન પછી માદા જનનમાર્ગમાં ભ્રૂણનું સ્થાનાંતર એક આવી પદ્ધતિ છે અને તે સામાન્ય રીતે 'ટેસ્ટટ્યૂબ બેબી' કાર્યક્રમ તરીકે જાણીતી છે.

સ્વાધ્યાય

1. સમાજમાં પ્રાજનનિક-સ્વાસ્થ્યના મહત્ત્વના સંદર્ભમાં તમે શું વિચારો છો ?
2. વર્તમાન સમયમાં ખાસ ધ્યાન આપવાની જરૂર હોય તેવા પ્રાજનનિક-સ્વાસ્થ્યનાં પાસાંઓ સૂચવો.
3. શું શાળાઓમાં જાતીયશિક્ષણ જરૂરી છે ? શા માટે ?
4. શું તમે સહમત છો આપણા દેશમાં છેલ્લાં 50 વર્ષોમાં પ્રજનન-સ્વાસ્થ્યમાં સુધારો થયો છે ? જો હા, તો કેટલાંક સુધારા થયેલ ક્ષેત્રો જણાવો.
5. વસ્તી-વિસ્ફોટનાં સૂચિત કારણો કયાં છે ?
6. ગર્ભનિરોધકોનો ઉપયોગ શું ન્યાયી (યોગ્ય) છે ? કારણો આપો.
7. જનનપિંડોનું દૂર કરવું એ ગર્ભનિરોધકનો વિકલ્પ નથી. શા માટે ?
8. જાતિ-પરીક્ષણ માટે એમ્નિઓસેન્ટેસિસ આપણા દેશમાં પ્રતિબંધિત છે. શું આ પ્રતિબંધ જરૂરી છે ? ટિપ્પણી કરો.
9. વંધ્ય દંપતિઓને સંતાનપ્રાપ્તિના હેતુમાં મદદકર્તા કેટલીક સહાયક પ્રજનન પદ્ધતિઓ સૂચવો.
10. કોઈ વ્યક્તિએ જાતીય સંક્રમિત રોગોના સંપર્કથી બચાવવા માટે કયા ઉપાયો અપનાવવા જોઈએ ?
11. આપેલ વિધાનો સાચાં/ખોટાં સમજાવો :
    (a) ગર્ભપાત સ્વયંભૂ પણ થઈ શકે છે. (સાચું/ખોટું)
    (b) વંધ્યતાને જીવી શકે તેવું (સક્ષમ) બાળક પેદા કરવા માટેની અસમર્થતા તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે અને હંમેશાં સ્ત્રીસાથીમાં અસાધારણતા/ખામીઓને કારણે છે. (સાચું/ખોટું)
    (c) સંપૂર્ણ દૂધસ્રવણ કુદરતી ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિમાં મદદકર્તા છે. (સાચું/ખોટું)
    (d) લોકોના પ્રજનન-સ્વાસ્થ્ય સુધારવા હેતુ પ્રજનનસંબંધિત પાસાંઓની બાબતમાં જાગૃતતા પેદા કરવી એ એક અસરકારક ઉપાય છે. (સાચું/ખોટું)
12. નીચેનાં વિધાનોને સાચાં કરો :
    (a) ગર્ભનિરોધકની વાઢકાપ પદ્ધતિઓ જનનકોષોના નિર્માણને રોકે છે.
    (b) બધા જ જાતીય સંક્રમિત રોગો સંપૂર્ણ રીતે મટી શકે તેવા છે.
    (c) ગ્રામ્ય વિસ્તારની સ્ત્રીઓમાં મોં દ્વારા લેવાતી પિલ્સ એ ખૂબ પ્રચલિત ગર્ભનિરોધક છે.
    (d) E.T. પદ્ધતિઓમાં, ભ્રૂણને હંમેશાં ગર્ભાશયમાં સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે.

એકમ 7
જનીનવિદ્યા અને ઉદ્‌વિકાસ
(Genetics and Evolution)

પ્રકરણ 5
આનુવંશિકતા અને ભિન્નતાના સિદ્ધાંતો

પ્રકરણ 6
આનુવંશિકતાનો આણ્વિય આધાર

પ્રકરણ 7
ઉદ્‌વિકાસ

મૅન્ડલ તથા તેમના અનુયાયીઓના કાર્યએ આનુવંશિક નમૂનાઓનો આપણને વિચાર આપ્યો. તેમ છતાં 'કારકો' કે જે સ્વરૂપ પ્રકાર (phenotype)ને નિર્દેશિત કરે છે તેની પ્રકૃતિ સ્પષ્ટ ન હતી. આ 'કારકો' આનુવંશિકતાનો જનીનિક આધાર રજૂ કરે છે તથા આનુવંશિક દ્રવ્યની સંરચના તેમજ જનીનપ્રકાર (genotype) અને સ્વરૂપ પ્રકારના રૂપાંતરણનો રચનાકીય આધાર સમજવા આગામી શતાબ્દિ માટે જીવવિજ્ઞાનમાં ધ્યાન કેન્દ્રિત બન્યા છે. આણ્વિય જીવવિજ્ઞાનના સંપૂર્ણ માળખાંનો વિકાસ એ વૉટ્સન, ક્રિક, નીરેનબર્ગ, ખોરાના, કોર્નબર્ગ (પિતા અને પુત્ર), બેન્ઝર, મૉનોડ, બ્રેનર વગેરેના વિશેષ સહયોગનું સફળ પરિણામ છે. આ સમસ્યાને સમાંતર એક અન્ય સમસ્યા પર પણ કાર્ય થયું તે ઉદ્‌વિકાસની ક્રિયાવિધિ હતી. આણ્વિક જનીનવિદ્યા, રચનાત્મક જીવવિજ્ઞાન અને બાયોઈન્ફોર્મેટિક્સ વગેરે ક્ષેત્રોમાં આવેલ જાગૃતિએ ઉદ્‌વિકાસના આણ્વિય આધાર વિશે આપણી સમજમાં વધારો કર્યો. આ એકમમાં DNAની સંરચના, કાર્ય અને ઉદ્‌વિકાસની ગાથા તેમજ વાદને તપાસવામાં અને સમજાવવામાં આવ્યા છે.

જેમ્સ ડીવે વૉટ્સન (James Dewey Watson)નો જન્મ 6 એપ્રિલ, 1928માં શિકાગોમાં થયો. તેઓએ વર્ષ 1947માં પ્રાણીશાસ્ત્રમાં બી.એસસી. (B.Sc.)ની પદવી પ્રાપ્ત કરી. આ વર્ષો દરમિયાન તેઓને પક્ષીઓને નિહાળવાનો શોખ રહ્યો હતો. આ શોખે તેઓમાં જનીનશાસ્ત્ર (genetics) વિશે જ્ઞાન પ્રાપ્ત કરવાની પ્રબળ ઇચ્છા જાગૃત કરી દીધી હતી. આ ત્યારે જ શક્ય બની શક્યું જ્યારે તેઓએ બ્લુમિંગ્ટનમાં ઇન્ડિયાના વિશ્વવિદ્યાલયમાં પ્રાણીશાસ્ત્રમાં સ્નાતક અધ્યયન માટે ફેલોશિપ મળી અને સખત x-rayની બૅક્ટેરિયોફેઝના ગુણન પર થતી અસરના અભ્યાસના ફળસ્વરૂપે 1950માં તેઓએ વિશ્વવિદ્યાલયમાંથી પીએચ.ડી.(Ph.D.)ની પદવી પ્રાપ્ત કરી.

તેઓ ક્રિકને મળ્યા તથા DNA સંરચનાનું રહસ્ય ઉજાગર કરવામાં સર્વપ્રથમ બંનેની જે સામાન્ય રુચિ હતી તેને ઓળખી અને તેઓનો પહેલો ગંભીર પ્રયાસ અસંતોષકારક નીવડ્યો હતો. તેઓનો બીજો પ્રયાસ પ્રાયોગિક પ્રમાણો પર વધારે આધારિત હતો તથા તેમને ન્યુક્લિઇક ઍસિડના સાહિત્યનું સારું એવું પ્રોત્સાહન પ્રાપ્ત થયું, પરિણામ સ્વરૂપે માર્ચ, 1953માં પૂરક બેવડી કુંતલમય સંરૂપણનો પ્રસ્તાવ સામે આવ્યો.

જેમ્સ વૉટ્સન
ફ્રાન્સિસ ક્રિક
James Watson
Francis Crick

ફ્રાન્સિસ હૈરી કોમ્પટાન ક્રિક (Francis Harry Compton Crick)નો જન્મ ઇંગ્લૅન્ડના નોર્થએમ્પટનમાં 8 જૂન, 1916માં થયો હતો. તેઓએ લંડનની યુનિવર્સિટી કૉલેજમાં ભૌતિકવિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કર્યો અને વર્ષ 1937માં બી.એસસી.(B.Sc.)ની પદવી પ્રાપ્ત કરી. વર્ષ 1954માં તેઓએ પીએચ.ડી.(Ph.D.)નું કાર્ય સમાપ્ત કર્યું. તેઓનો મહાનિબંધ (thesis)નું શીર્ષક ''X-ray વિવર્તન : પોલિપેપ્ટાઇડ્સ અને પ્રોટિન્સ '' હતું.

ક્રિકના જીવનકાળ પર જો કોઈ પ્રકારનો ક્રાંતિક પ્રભાવ પડ્યો હોય તો તે જે.ડી. વૉટ્સનની મિત્રતાનો હતો. આ યુવાન વૉટ્સન જેમનું આયુષ્ય માત્ર 23 વર્ષનું હતું. વર્ષ 1953માં DNA તથા પ્રતિકૃતિ (સ્વયંજનન) યોજના માટે બેવડી કુંતલમય સંરચનાનો પ્રસ્તાવ રજૂ કર્યો. ક્રિકને વર્ષ 1959માં F.R.S. (Fellow of the Royal Society) દ્વારા સન્માનિત કરવામાં આવ્યા.

વૉટ્સન તથા ક્રિકના સન્માનમાં વર્ષ 1959માં મૈસ્સાચુસૈટ્સ જનરલ હૉસ્પિટલનો જોન કોલિન વેરેન પુરસ્કાર, વર્ષ 1960નો લૈસ્કર પુરસ્કાર તથા 1962માં સંશોધન કૉર્પોરેશન પુરસ્કાર તથા આ બધા ઉપરાંત 1962માં નોબલ પ્રાઇઝનો સમાવેશ થાય છે.

પ્રકરણ 5

આનુવંશિકતા અને ભિન્નતાના સિદ્ધાંતો (Principles of Inheritance and Variation)

5.1 મૅન્ડલના આનુવંશિકતાના નિયમો

5.2 એક જનીનનું વારસાગમન (એકસંકરણ પ્રયોગ)

5.3 બે જનીનોનું વારસાગમન (દ્વિસંકરણ પ્રયોગ)

5.4 બહુજનીનિક વારસો

5.5 પ્લીઓટ્રોપી

5.6 લિંગ-નિશ્ચયન

5.7 વિકૃતિ

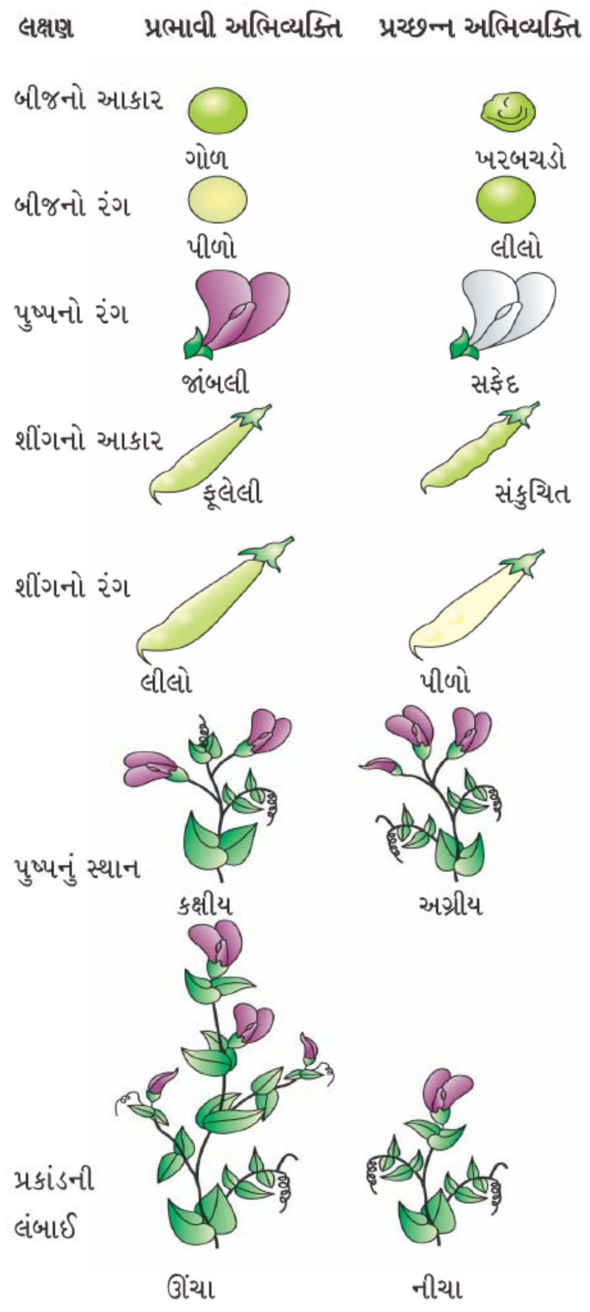
5.8 જનીનિક અનિયમિતતાઓ

ક્યારેય તમને આશ્ચર્ય થયું છે કે, હાથી શા માટે હંમેશાં હાથીનાં બચ્ચાને જ જન્મ આપે છે. કોઈ અન્ય પ્રાણીને કેમ જન્મ આપતો નથી ? અથવા કેરીના ગોટલા (બીજ)માંથી શા માટે આંબો જ ઊગે છે, બીજી વનસ્પતિ કેમ ઊગતી નથી ?

સંતતિ તેમના પિતૃઓને મળતી આવતી હોય છે ? અથવા શું તે કેટલાંક લક્ષણોમાં ભિન્નતા ધરાવે છે ? શું તમને ક્યારે પણ આશ્ચર્ય થયું છે કે સગા ભાઈ-બહેન ક્યારેક શા માટે સમાન દેખાય છે ? અથવા ક્યારેક તે અલગ-અલગ કેમ દેખાય છે ?

આવા તથા એને સંબંધિત અનેક પ્રશ્નો સાથે વૈજ્ઞાનિક રીતે, જીવવિજ્ઞાનની જે શાખા સંકળાયેલી છે તે જનીનવિદ્યા (genetics) તરીકે ઓળખાય છે. આ વિષય આનુવંશિકતા તથા પિતૃથી સંતતિનાં લક્ષણોમાં જોવા મળતી ભિન્નતા સાથે સંકળાયેલ છે. આનુવંશિકતા એટલે કે જેના દ્વારા પિતૃનાં લક્ષણો સંતતિમાં ઊતરી આવવાની ઘટના, તે આનુવંશિકતાનો આધાર છે. ભિન્નતા એટલે કે જેના દ્વારા સંતતિ તેમના પિતૃઓથી જુદી પડે છે.

ભિન્નતાનું કારણ લિંગી પ્રજનનની પ્રક્રિયામાં છુપાયેલું છે - એ જ્ઞાન મનુષ્યને ઈ. સ. પૂર્વે 8000-1000 B.C. માં પ્રાપ્ત થયું. તેમણે વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓની પ્રકૃતિમાં ઉપસ્થિત વન્ય વસ્તીનો લાભ લીધો અને લાભદાયક લક્ષણોવાળા સજીવોની પસંદગી કરીને તેમનું પ્રજનન કરાવ્યું તથા તેઓનાં ઇચ્છિત લક્ષણોવાળા સજીવો પ્રાપ્ત કર્યા. ઉદાહરણ તરીકે કૃત્રિમ પસંદગી અને પાલતુ



આકૃતિ 5.1 : મેન્ડલ દ્વારા વટાણાના છોડ પર અભ્યાસ કરવામાં આવેલ સાત જોડ વિરોધાભાસી લક્ષણો

બનાવેલી આદિ (પૂર્વજ) વન્ય ગાયોમાંથી બનાવેલી ભારતીય જાતો (breeds)થી આપણે ખૂબ સારી રીતે પરિચિત છીએ. ઉદાહરણ : પંજાબની શાહિવાલ ગાયો. આપણે એ માનવું પડશે કે, આપણા પૂર્વજોને લક્ષણોનું વારસાગમન અને ભિન્નતાનું જ્ઞાન હતું પરંતુ આ ઘટનાઓના વૈજ્ઞાનિક આધારના સંદર્ભે ખૂબ જ ઓછી જાણકારી હતી.

5.1 મૅન્ડલના આનુવંશિકતાના નિયમો (Mendel's Laws of Inheritance)

ઓગણીસમી સદીના મધ્યમાં આનુવંશિકતાને સમજવા માટે પ્રગતિ થઈ શકી. ગ્રેગર મૅન્ડલે, વટાણાના છોડ ઉપર સાત વર્ષ (1856 – 1863) સુધી સંકરણ (પ્રેરિત પ્રજનન)ના પ્રયોગો કર્યા તથા તેના આધારે સજીવોના આનુવંશિકતાના નિયમો રજૂ કર્યા. મૅન્ડલનાં આનુવંશિક સંશોધનો દરમિયાન સૌપ્રથમ આંકડાકીય પૃથક્કરણ અને ગાણિતિક તર્કનો ઉપયોગ જીવવિજ્ઞાનની સમસ્યાઓના સમાધાન શોધવા માટે થયો. તેમના પ્રયોગોમાં નમૂનાઓની વિશાળ સંખ્યાએ તેમના આંકડાઓને વિશ્વસનીયતા પ્રાપ્ત કરાવી, સાથે-સાથે તેઓના એ ઉપયોગમાં લીધેલ છોડની ઉત્તરોત્તર પેઢીઓ પર કરવામાં આવેલ પ્રયોગો તથા તેઓની સફળ ધારણાએ સિદ્ધ કર્યું કે, તેનાં પરિણામો ભ્રામક વિચારોને બદલે મૅન્ડલના આનુવંશિકતાના સામાન્ય નિયમોનું પણ નિદર્શન કરે છે. મૅન્ડલે વટાણાના છોડનાં એ લક્ષણો પર સંશોધનો કર્યાં કે જે હંમેશાં વિરોધાભાસી હતાં. ઉદાહરણ : ઊંચા અથવા નીચા છોડ, પીળા અથવા લીલા બીજ, આના કારણે તેઓને આનુવંશિકતાના નિયમોનું આધારભૂત માળખું તૈયાર કરવામાં સહાયતા મળી. ત્યાર બાદના વૈજ્ઞાનિકોએ તેનો વિસ્તાર કર્યો જેનાથી વિવિધ કુદરતી નિરીક્ષણ અને તેમાં નહિવત્ જટિલતાનું સ્પષ્ટીકરણ થઈ શક્યું.

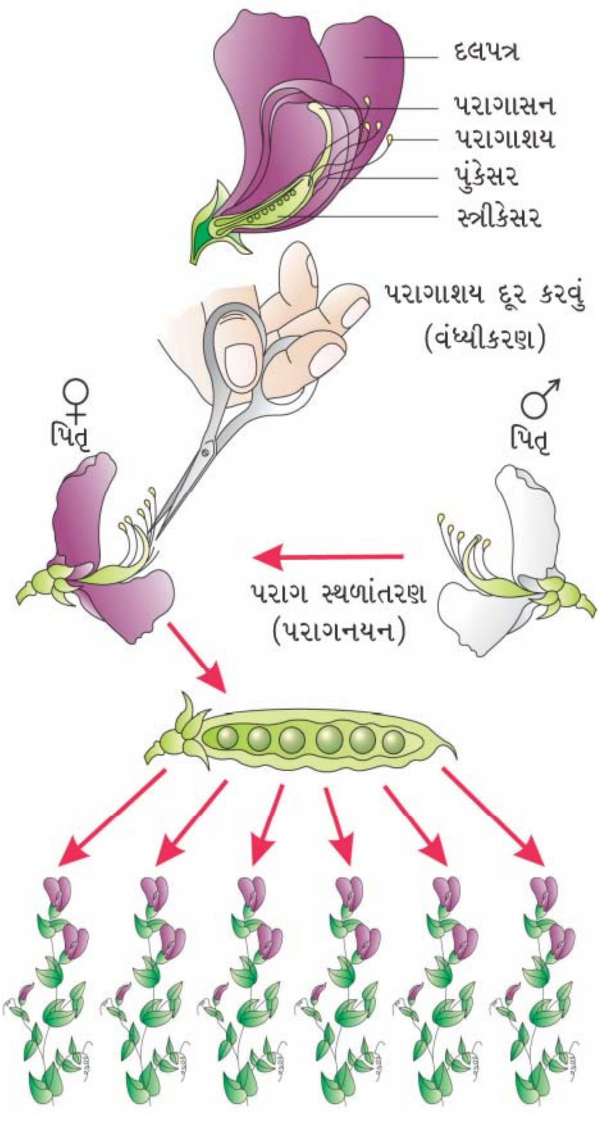
મૅન્ડલે આવા અનેક શુદ્ધ-સંવર્ધિત (true-breeding) વંશક્રમ વટાણાની જાતને લઈને કૃત્રિમ પરાગનયન/ પર-પરાગનયનના પ્રયોગ કર્યા. શુદ્ધ સંવર્ધન વંશક્રમ એટલે જે ઘણીબધી પેઢીઓ સુધી સતત સ્વપરાગનયનનાં ફળ સ્વરૂપે સ્થાયી લક્ષણો (trait) પ્રદર્શિત કરે. મૅન્ડલે 14 શુદ્ધ-સંવર્ધિત વટાણાની જાતને પસંદ કરી. જે કોઈ એક લક્ષણને બાદ કરતાં અન્ય લક્ષણોમાં સમાન હતા. તેમાંથી પસંદ કરેલાં કેટલાંક વિરોધાભાસી લક્ષણો જેવા કે, ગોળ અથવા ખરબચડા બીજ, પીળા અથવા લીલા બીજ, ફૂલેલી અને સંકુચિત શીંગ, લીલી અથવા પીળી શીંગ, ઊંચા અથવા નીચા છોડ હતા (આકૃતિ 5.1, કોષ્ટક 5.1).

કોષ્ટક 5.1 મૅન્ડલ દ્વારા અભ્યાસ કરવામાં આવેલ વટાણાના વિરોધાભાસી અભિવ્યક્તિઓ

ક્રમ	લક્ષણ	વિરોધાભાસી અભિવ્યક્તિઓ
1.	પ્રકાંડની ઊંચાઈ	ઊંચા/નીચા
2.	પુષ્પનો રંગ	જાંબલી/સફેદ
3.	પુષ્પનું સ્થાન	કક્ષીય/અગ્રીય
4.	શીંગનો આકાર	ફૂલેલી/સંકુચિત
5.	શીંગનો રંગ	લીલો/પીળો
6.	બીજનો આકાર	ગોળ/ખરબચડો
7.	બીજનો રંગ	પીળો/લીલો

5.2 એક જનીનનું વારસાગમન (એકસંકરણ પ્રયોગ) (Inheritance of One Gene)

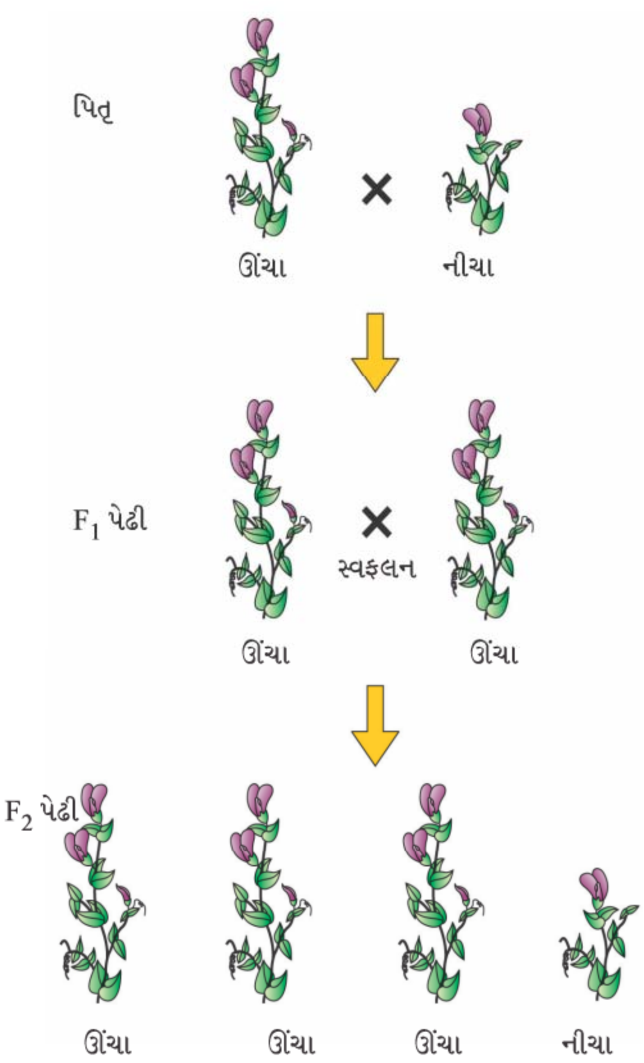
ચાલો, ઉદાહરણ લઈએ કે આવો સંકરણ પ્રયોગ મૅન્ડલ દ્વારા કરવામાં આવ્યો કે જ્યાં તેમણે વટાણાના ઊંચા અને નીચા છોડનું સંકરણ કર્યું અને આ પ્રયોગ દ્વારા એક જનીનના વારસાગમનનો અભ્યાસ કર્યો (આકૃતિ 5.2). આ સંકરણ દ્વારા પ્રાપ્ત બીજનો ઉપયોગ કરીને તેઓએ પ્રથમ સંકર પેઢીના છોડ પ્રાપ્ત કર્યા. આ પેઢીને પ્રથમ સંતતિ પેઢી (Filial$_1$ progeny) અથવા F_1 પણ કહેવામાં આવે છે. મૅન્ડલે જોયું કે F_1 પેઢીમાં પ્રાપ્ત બધા છોડ ઊંચા હતા, જે પોતાના એક ઊંચા પિતૃને સમાન હતા; કોઈ પણ છોડ નીચા ન હતા (આકૃતિ 5.3). તેઓને આ જ પ્રકારના પરિણામ અન્ય પ્રકારનાં લક્ષણોમાં જોવા મળ્યા. તેઓએ જોયું કે F_1 સંતતિઓ (પ્રથમ પેઢી) હંમેશાં કોઈ એક પિતૃઓને સંબંધિત હતા. બેમાંથી એક પિતૃનાં લક્ષણોની જ અભિવ્યક્તિ થાય છે, બીજા પિતૃના લક્ષણ અભિવ્યક્ત થતા નથી.



આકૃતિ 5.2 : વટાણામાં સંકરણનાં ચરણો

મૅન્ડલે F_1માં પ્રાપ્ત બધા જ ઊંચા છોડનું સ્વફલન કરાવ્યું અને તેને જોઈને આશ્ચર્ય થયું કે, F_2 પેઢીમાં પ્રાપ્ત કેટલાક છોડ નીચા હતા. જે લક્ષણ F_1 પેઢીમાં જોવા મળ્યું ન હતું. જે હવે પ્રદર્શિત થયું. F_2 પેઢીમાં નીચા છોડનું પ્રમાણ $1/4^{th}$ (25 %) હતું. જ્યારે F_2 પેઢીમાં $3/4^{th}$ (75 %) છોડ ઊંચા હતા. ઊંચા અને નીચા છોડનાં લક્ષણો તેના પિતૃ છોડને સમાન હતા અને તેમાં કોઈ પણ પ્રકારનું સંમિશ્રણ ન હતું. અર્થાત્ બધા ઊંચા હતા અથવા નીચા હતા. કોઈ પણ છોડ આ બે ઊંચાઈની વચ્ચેની ઊંચાઈનો ન હતો (આકૃતિ 5.3).

અન્ય લક્ષણોનો અભ્યાસ કર્યો તેમાં પણ તેઓને આવાં જ પરિણામો પ્રાપ્ત થયાં. એટલે કે F_1 પેઢીમાં માત્ર એક જ પિતૃનાં લક્ષણો પ્રદર્શિત થયા જ્યારે F_2 પેઢીમાં બંને લક્ષણો 3:1 પ્રમાણમાં અભિવ્યક્ત થયા. વિરોધાભાસી લક્ષણોમાં બંને F_1 અથવા F_2 સ્તર પર કોઈ પણ પ્રકારમાં સંમિશ્રિત જોવા મળ્યા નહિ.



આકૃતિ 5.3 : એકસંકરણ પ્રયોગનું આરેખીય નિરૂપણ

આ અવલોકનોના આધારે મૅન્ડલે સૂચિત કર્યું કે, કોઈ બાબત સ્થાયી સ્વરૂપમાં પિતૃમાંથી સંતતિમાં જન્યુઓના માધ્યમ દ્વારા ઉત્તરોત્તર પેઢીઓમાં વહન પામે છે. તેમણે આ બાબતને 'કારકો' (factors) તરીકે ઓળખાવ્યા. આજે જેને આપણે **જનીનો (genes)** તરીકે ઓળખીએ છીએ એટલે કે, જનીનો આનુવંશિકતાના એકમો છે. જનીનો સજીવોમાં નિશ્ચિત લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ માટેની માહિતી ધરાવે છે. જનીનો કે જે વિરોધાભાસી અભિવ્યક્તિઓની જોડનું સંકેતન કરે છે તેને **વૈકલ્પિક કારક (allele)** કહે છે એટલે કે તે જનીનનું થોડુંક ભિન્ન સ્વરૂપ છે.

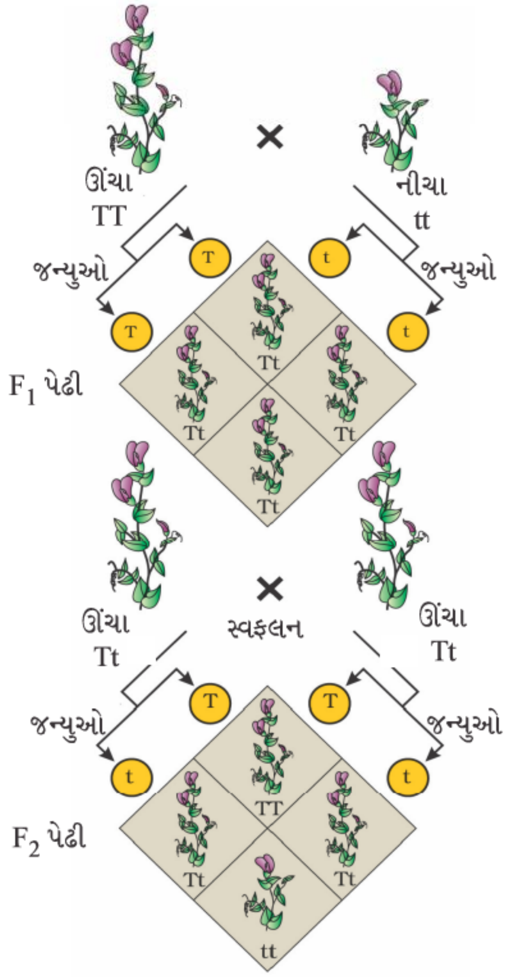
જો આપણે મૂળાક્ષરિય સંકેતોનો પ્રત્યેક જનીન માટે ઉપયોગ કરીએ તો મોટી લિપિને F_1 તબક્કામાં વ્યક્ત થતી અભિવ્યક્તિ માટે લેવી અને નાની લિપિને અન્ય વ્યક્ત થતી અભિવ્યક્તિ માટે ઉપયોગમાં લેવી. ઉદાહરણ તરીકે ઊંચાઈના લક્ષણમાં 'ઊંચી' અભિવ્યક્તિ માટે **T** અને 'નીચી' અભિવ્યક્તિ માટે **t**નો ઉપયોગ થાય છે. **T** અને **t** એકબીજાના એલેલ છે. બીજા શબ્દોમાં છોડમાં ઊંચાઈ માટેની એલેલ જોડ આ પ્રકારે હશે **TT, Tt** અથવા **tt.** મૅન્ડલે એ પણ સાબિત કર્યું કે, શુદ્ધ સંવર્ધિત વટાણાની ઊંચી અથવા નીચી જાતમાં એલેલ જોડ **સમયુગ્મી** ક્રમશઃ **TT** અથવા **tt** હશે. જ્યાં **TT** અને **tt**ને છોડના **જનીન પ્રકાર (genotype)** અને **ઊંચા-નીચા** જેવા વર્ણાત્મક શબ્દોને **સ્વરૂપ પ્રકાર (phenotype)** કહેવામાં આવે છે. *જો કોઈ છોડનો જનીન પ્રકાર **Tt** હોય, તો તેનો સ્વરૂપ પ્રકાર શું હશે ?*

મૅન્ડલે જોયું કે F_1 વિષમયુગ્મી **Tt**નો સ્વરૂપ પ્રકાર દેખાવમાં બિલકુલ **TT** પિતૃને સમાન હોય છે. એટલા માટે તેમણે સૂચવ્યું કે અસમાન કારકોની જોડમાંથી કોઈ એક કારક બીજા કારક ઉપર પ્રભાવી થઈ જાય છે (જેમકે F_1માં) તેને **પ્રભાવી કારક** અને બીજાને **પ્રચ્છન્ન કારક** કહે છે. આવા કિસ્સામાં **T** (ઊંચાઈ માટેનું કારક) એ **t** (નીચા-વામનતા માટેનું કારક) જે પ્રચ્છન્ન છે તેના પર પ્રભાવી છે. બીજાં અન્ય લક્ષણોની જોડનો તેઓએ અભ્યાસ કર્યો તેમાં પણ આ જ પ્રાપ્ત થયું.

પ્રભાવિતા (પ્રભુતા-dominance) અને પ્રચ્છન્નતા(recessive)ની સંકલ્પનાને યાદ રાખવા માટે આ જ અનુકૂળ (અને તર્કસંગત) રહેશે કે મોટા (capital) અને નાના (small) અક્ષરોનો પ્રયોગ કરવામાં આવે (ઊંચા માટે **T** અને નીચા માટે **d** અક્ષરનો ઉપયોગ ન કરવો; કારણ કે, એ યાદ રાખવું કઠિન થશે કે શું **T** અને **d** એક જ જનીન/લક્ષણના એલેલ છે કે નથી). સમયુગ્મીની બાબતે એલેલ સમાન હોઈ શકે છે, જેમકે **TT** અને **tt** અથવા વિષમયુગ્મી બાબતે અસમાન હોઈ શકે છે, જેમકે **Tt.** જ્યારે **Tt** છોડ એક લક્ષણ (ઊંચાઈ)નું નિયંત્રણ કરતા જનીન માટે વિષમયુગ્મી છે. તેને **એકસંકરણ** કહેવામાં આવે છે અને **TT** અને **tt** વચ્ચે કરવામાં આવેલ સંકરણને **એકસંકરણ પ્રયોગ (monohybrid cross)** કહેવામાં આવે છે.

આ નિરીક્ષણ પરથી પ્રચ્છન્ન પિતૃ લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ કોઈ પણ સંમિશ્રણ વગર F_2 પેઢીમાં થાય છે. આપણે એ તારણ કાઢી શકીએ કે, જ્યારે અર્ધીકરણ દરમિયાન ઊંચા અને નીચા છોડ જન્યુઓનું નિર્માણ કરે છે ત્યારે પિતૃ જોડના એલેલ એકબીજાથી **અલગ થાય** અથવા **વિશ્લેષણ** પામે છે અને માત્ર એક જ એલેલ જન્યુમાં પ્રવેશે છે. એલેલ્સનું આ **વિશ્લેષણ** યાદચ્છિક (random) હોય છે અને જન્યુમાં કોઈ એક એલેલ હોવાની સંભાવના 50 % હોય છે. આ સંકર પ્રયોગોનાં પરિણામો પરથી પ્રસ્થાપિત થઈ ચૂક્યું છે. આ પ્રકારે ઊંચા **TT** છોડના જન્યુઓમાં **T** એલેલ અને નીચા **tt** છોડમાં **t** એલેલ હોય છે. ફલન દરમિયાન આ બે એલેલ **T** એક પિતૃમાંથી પરાગના માધ્યમ દ્વારા અને **t** બીજા પિતૃમાંથી અંડકોષના માધ્યમથી આવીને જોડાણ પામીને એવા યુગ્મનજનું નિર્માણ કરે છે જેમાં એક **T** એલેલ અને બીજો **t** એલેલ હોય છે. બીજા શબ્દોમાં સંકરણમાં **Tt** હોય છે. આ સંકરો ત્યાર પછી વિરોધાભાસી લક્ષણો પ્રદર્શિત કરતા એલેલ્સ ધરાવે છે. આ છોડ **વિષમયુગ્મી (heterozygous)** છે. **પુનેટ સ્ક્વેર (Punnett Square)** આકૃતિ 5.4ના અધ્યયનની મદદથી પિતૃઓ દ્વારા જન્યુઓનું ઉત્પાદન, ફલિતાંડનું નિર્માણ, F_1 અને F_2 સંતતિના છોડને સમજી શકાય છે. તેને બ્રિટિશ જનીનશાસ્ત્રી રેજિનાલ્ડ સી. પુનેટ **(Reginald Punnett)** દ્વારા વિકસાવવામાં આવી છે. આ આલેખીય રજૂઆત જનીનીક સંકરણ પ્રયોગમાં સંતતિના સંભવિત બધા જનીન પ્રકારની ગણતરી કરવા માટે વપરાય છે. બધા જ સંભવિત જન્યુઓને સૌથી ઉપરની હરોળમાં ડાબી બાજુના કૉલમમાં બંને બાજુ લખવામાં આવે છે. બધાં સંભવિત સંયોજનોને નીચેના સ્ક્વેરના ખાના (square boxes)માં દર્શાવવામાં આવે છે, કે જે માહિતી સ્ક્વેર સ્વરૂપે રજૂ થાય છે.

પુનેટ સ્ક્વેરમાં ઊંચા **TT** (નર) પિતૃ અને નીચા **tt** (માદા) છોડ દ્વારા ઉત્પન્ન જન્યુઓ અને F_1 સંતતિ પેઢી **Tt** દર્શાવવામાં આવેલ છે. **Tt** જનીન પ્રકારના F_1 છોડને સ્વપરાગિત (સ્વફલન) કરાવ્યા છે. F_1 પેઢીના માદા (અંડકોષ) અને નર (પરાગ)ને ક્રમશઃ ♀ અને ♂ સંકેત દ્વારા દર્શાવવામાં આવેલ છે. જનીન પ્રકાર **Tt**ના F_1 છોડ સ્વફલન કરવાથી સરખી સંખ્યામાં **T** અને **t** જનીન પ્રકાર ધરાવતા જન્યુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. જ્યારે ફલન થાય છે ત્યારે જનીન પ્રકાર **T** ના પરાગરજ દ્વારા જનીન પ્રકાર **T** અને **t** ના અંડકોષને પરાગિત કરવાની સંભાવના 50 % હોય છે. આ ઉપરાંત જનીન પ્રકાર **t** ના પરાગરજના જનીન પ્રકાર **T** અને જનીન પ્રકાર **t** ના અંડકોષને પરાગિત કરવાની સંભાવના 50 % હોય છે. યાદચ્છિક આધારિત ફલનનું પરિણામ એ હોય છે કે, ફલિતાંડ (યુગ્મનજ-zygote) **TT, Tt** અથવા **tt** જનીન પ્રકારના હોઈ શકે છે.



સ્વરૂપ પ્રકાર-પ્રમાણ :	ઊંચા	:	નીચા		
	3	:	1		
જનીન પ્રકાર-પ્રમાણ :	TT	:	Tt	:	tt
	1	:	2	:	1

આકૃતિ 5.4 : મેન્ડલ દ્વારા શુદ્ધ સંવર્ધિત ઊંચા અને શુદ્ધ સંવર્ધિત નીચા છોડ વચ્ચે કરવામાં આવેલ એક સંકરણની સમજૂતી માટે પુનેટ સ્ક્વેરનો ઉપયોગ

પુનેટ સ્ક્વેર દ્વારા યાદચ્છિક ફલનના પરિણામ સ્વરૂપ $1/4^{th}$ **TT**, $1/2^{th}$ **Tt** અને $1/4^{th}$ **tt** જોઈ શકાય છે. જોકે F_1માં જનીન પ્રકાર **Tt** હોય છે પણ સ્વરૂપ પ્રકાર ઊંચા જોવા મળે છે. F_2માં $3/4^{th}$ છોડ ઊંચા જેમાં કેટલાક **TT** અને જ્યારે અન્ય **Tt** જનીન સ્વરૂપ ધરાવતા હતા. બાહ્ય સ્વરૂપથી તેઓને ઓળખી શકાતા નથી કે તેઓમાં જનીન પ્રકાર **TT** કે **Tt** છે. આથી જનીન પ્રકાર **Tt** માંથી માત્ર એક જ લક્ષણ **'T'** ઊંચાની અભિવ્યક્તિ થાય છે. આથી કહેવામાં આવે છે કે, લક્ષણ T અથવા ઊંચા એલેની એલેલ t અથવા નીચા લક્ષણ ઉપર પ્રભાવી છે. આ જ લક્ષણની F_1માં પ્રભુતાની અસર હોય છે કે બધા જ છોડ ઊંચા હોય છે (ભલે પછી જનીન પ્રકાર **Tt** હોય) અને F_2 પેઢીમાં $3/4^{th}$ છોડ ઊંચા હોય છે (ભલે જનીન પ્રકાર $1/2^{th}$ **Tt** અને $1/4^{th}$ **TT** હોય). અંતમાં સ્વરૂપ પ્રકાર અનુસાર $3/4^{th}$ ઊંચા : ($1/4^{th}$ **TT** + $1/2^{th}$ **Tt**) અને $1/4^{th}$ નીચા **(tt)** એટલે કે 3:1 પ્રમાણ પરંતુ તેનો જનીન પ્રકાર–પ્રમાણ 1:2:1 હોય છે.

TT: Tt: tt ને 1/4 : 1/2 : 1/4 પ્રમાણના ગાણિતિક દ્વિપદી સંઘન્યતા $(ax + by)^2$માં વ્યક્ત કરી શકાય છે. જેમાં **T** અને **t** જનીનયુક્ત જન્યુઓ સમાન આવૃત્તિ 1/2માં રહે છે. આ પદને નીચે પ્રમાણે વિસ્તૃત કરી શકાય છે :

$$(1/2\mathbf{T} + 1/2\ \mathbf{t})^2 = (1/2\mathbf{T} + 1/2\mathbf{t}) \times (1/2\mathbf{T} + 1/2\mathbf{t}) = 1/4\ \mathbf{TT} + 1/2\mathbf{Tt} + 1/4\ \mathbf{tt}$$

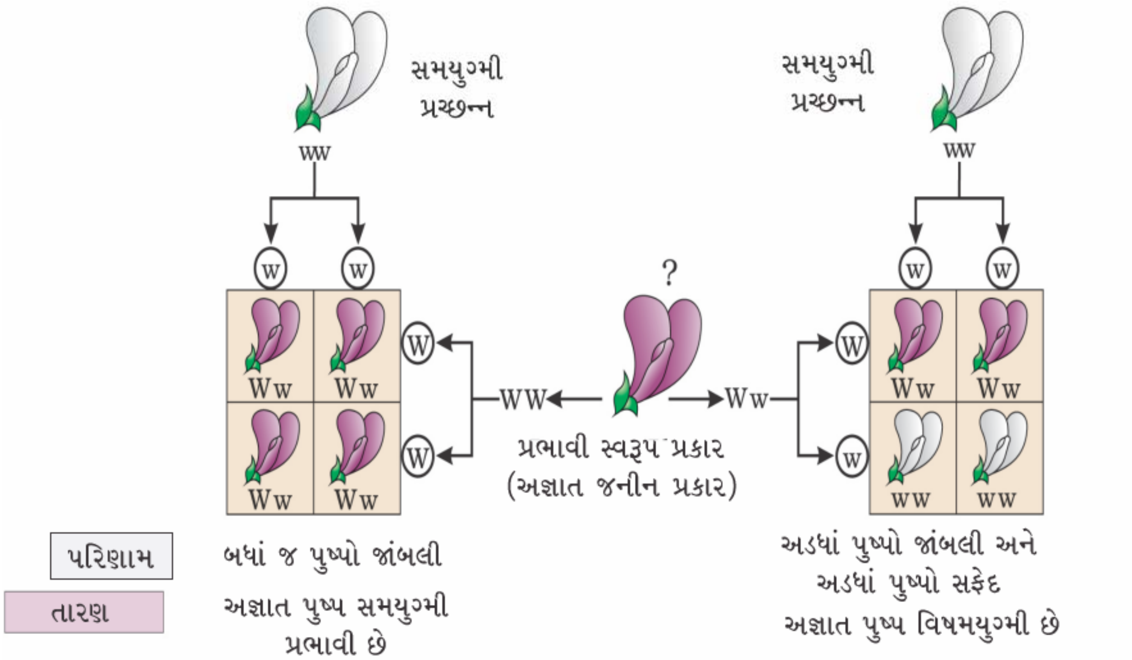
મૅન્ડલે F_2 છોડને સ્વફલન કરાવ્યા અને જોયું કે F_3 અને F_4 પેઢીઓમાં F_2ના નીચા છોડ માત્ર નીચા જ ઉત્પન્ન થાય છે. તેણે એ તારણ મેળવ્યું કે, નીચાનો જનીન પ્રકાર સમયુગ્મી (homozygous) **tt** હતો. *તમે શું વિચારો છો જો તેણે બધા F_2ના ઊંચા છોડને સ્વપરાગિત કર્યા હોત તો તેને શું જોવા મળ્યું હશે ?*

ઉપરના ફકરા પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, ગણિતીય સંભાવનાના પ્રયોગ દ્વારા જનીન પ્રકાર પ્રમાણની ગણતરી કરી શકાય છે. પરંતુ માત્ર પ્રભાવી લક્ષણના સ્વરૂપ પ્રકારને જોઈને જનીન પ્રકારની સંરચનાનું જ્ઞાન સંભવ થઈ શકતું નથી. ઉદાહરણ તરીકે F_1 અથવા F_2ના ઊંચા છોડનો જનીન પ્રકાર **TT** અથવા **Tt** છે. એવું અનુમાન થઈ શકતું નથી. એટલા માટે F_2ના ઊંચા છોડના જનીન પ્રકારના નિર્ધારણ માટે મૅન્ડલે F_2ના ઊંચા છોડને, નીચા છોડ સાથે સંકરણ કરાવ્યું. આને **કસોટી સંકરણ (test cross)** કહે છે. લાક્ષણિક કસોટી સંકરણમાં પ્રભાવી સ્વરૂપ પ્રકાર ધરાવતા સજીવ (અહીં વટાણાના છોડ) પ્રભાવી સ્વરૂપ પ્રકાર દર્શાવે છે (અને જેનો જનીન પ્રકાર નક્કી કરવાનો છે) તેને પ્રચ્છન્ન છોડ સાથે સ્વ–ફલન કરાવવામાં આવ્યું. સજીવોના જનીન પ્રકાર નક્કી કરવા માટે આવા સંકરણની સંતતિઓનું વિશ્લેષણ કરી શકાય છે. આકૃતિ 5.5માં લાક્ષણિક કસોટી સંકરણના પરિણામ દર્શાવવામાં આવ્યા છે. જ્યાં જાંબલી રંગના પુષ્પ (W) સફેદ રંગના પુષ્પ (w) પર પ્રભાવી છે.

પુનેટ સ્ક્વેરનો ઉપયોગ કરીને, કસોટી સંકરણમાં સંતતિના સ્વરૂપ પ્રકારને ઓળખવાનો પ્રયાસ કરો. તમને કેવા પ્રમાણ પ્રાપ્ત થશે ?

આ કસોટી સંકરણના જિનોટાઈપનો ઉપયોગ કરીને શું તમે કસોટી-સંકરણની એક સામાન્ય વ્યાખ્યા આપી શકો છો ?

એકસંકરણ પ્રયોગના પોતાનાં નિરીક્ષણોના આધારે મૅન્ડલે તેના વારસાગમનના આધારે અને તેની સમજણના આધારે બે સામાન્ય નિયમો રજૂ કર્યા. આજે આ નિયમો **આનુવંશિકતાના સિદ્ધાંતો અથવા નિયમો (Principles or Laws of Inheritance)** કહેવાય છે : પ્રથમ નિયમ અથવા **પ્રભુતાનો નિયમ (Law of Dominance)** અને બીજો નિયમ અથવા **વિશ્લેષણનો નિયમ (Law of Segregation).**



આકૃતિ 5.5 : કસોટી – સંકરણનું રેખાંકિત નિરૂપણ

5.2.1 પ્રભુતાનો નિયમ (Law of Dominance)

(i) લક્ષણોનું નિર્ધારણ **કારકો** નામના સ્વતંત્ર (વિભક્ત-discrete) એકમો દ્વારા થાય છે.

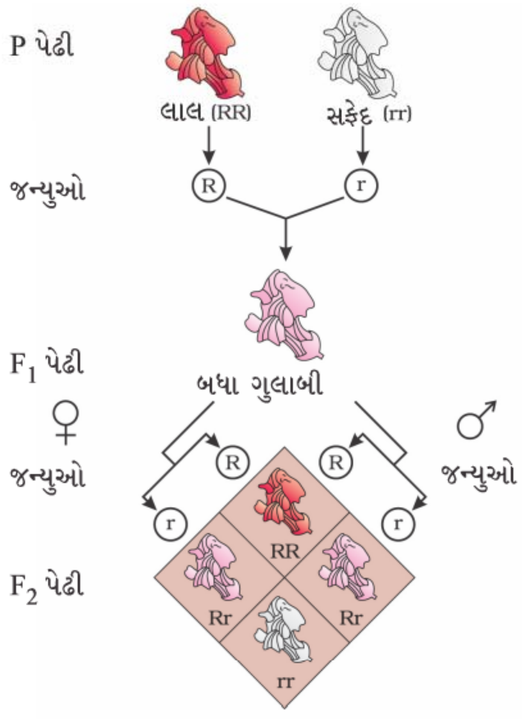
(ii) કારકો જોડમાં હોય છે.

(iii) જો કારકની જોડના બે કારકો અસમાન હોય તો તેમાંથી એક કારક બીજા કારક પર પ્રભાવી હોય છે એટલે એક (પ્રભાવી) અને બીજું (પ્રચ્છન્ન) હોય છે.

F_1માં માત્ર એક પિતૃના લક્ષણનું અભિવ્યક્ત થવું તથા F_2માં બંને પિતૃનાં લક્ષણોનું અભિવ્યક્ત થવું પ્રભુતાના નિયમ દ્વારા સમજાવી શકાય છે. F_2માં 3:1નું પ્રમાણ કેવી રીતે પ્રાપ્ત થાય છે એ પણ સ્પષ્ટ સમજાવાય છે.

5.2.2 વિશ્લેષણનો નિયમ (Law of Segregation)

આ નિયમ એ તથ્ય પર આધારિત છે કે એલેલ એકબીજા સાથે મિશ્રિત (ભેગા) થયા વગર સાથે રહે છે અને F_2 પેઢીમાં બંને લક્ષણોની પુનઃ અભિવ્યક્તિ થઈ જાય છે, ભલે પછી તે પૈકી એક F_1 પેઢીમાં અભિવ્યક્ત થતું ન હોય. પિતૃમાં બંને એલેલ આવેલા હોય છે. જન્યુઓના નિર્માણ સમયે કારકો એકબીજાથી અલગ પડે છે અને તે પૈકીનું એક જ કારક જન્યુ કોષમાં દાખલ થાય છે. સમયુગ્મી પિતૃ (homozygous parent) દ્વારા ઉત્પન્ન થતા બધા જ જન્યુઓ સમાન હોય છે. જ્યારે વિષમયુગ્મી પિતૃ (heterozygous parents) દ્વારા બે પ્રકારના જન્યુઓ ઉત્પન્ન થાય છે. જેમાં પ્રત્યેકમાં એક-એક એલેલ સરખા પ્રમાણમાં હોય છે.



સ્વરૂપ પ્રકાર-પ્રમાણ :	લાલ :	ગુલાબી :	સફેદ
	1	2	1
જનીન પ્રકાર-પ્રમાણ :	RR :	Rr :	rr
	1	2	1

આકૃતિ 5.6 : શ્વાન પુષ્પ (Snapdragon) છોડમાં એકસંકરણનું પરિણામ, અહીં એક એલેલ બીજા ઉપર અપૂર્ણ પ્રભાવી છે

5.2.2.1 અપૂર્ણ પ્રભુતા (Incomplete Dominance)

જ્યારે વટાણા પરનો પ્રયોગ અન્ય વનસ્પતિઓમાંનાં અન્ય લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ સંદર્ભમાં પુનરાવર્તિત કરવામાં આવ્યો ત્યારે ખબર પડી કે ક્યારેક F_1માં એવા સ્વરૂપ પ્રકાર પ્રાપ્ત થાય છે જે બે પૈકી કોઈ પિતૃ સાથે મળતા આવતા નથી અને તેઓ વચગાળાના મળે છે. શ્વાનપુષ્પ (Dog Flower) (Snapdragon અથવા *Antirrhinum sp.*) અપૂર્ણ પ્રભુતાના દૃષ્ટાંતને સમજવા માટેનું શ્રેષ્ઠ ઉદાહરણ છે. શુદ્ધ સંવર્ધિત લાલ પુષ્પ **(RR)** અને શુદ્ધ સંવર્ધિત સફેદ પુષ્પ **(rr)** વચ્ચે સંકરણ કરાવવામાં આવ્યું. પરિણામ સ્વરૂપે F_1 પેઢી ગુલાબી પુષ્પ **(Rr)**વાળી પ્રાપ્ત થઈ (આકૃતિ 5.6). જ્યારે આ F_1 સંતતિનું સ્વફલન કરાવવામાં આવ્યું તેનાં પરિણામોનું પ્રમાણ 1 **(RR)** લાલ : 2 **(Rr)** ગુલાબી : 1 **(rr)** સફેદ હતું. અહીં જનીન પ્રકાર પ્રમાણ એ જ હતું જે કોઈ પણ મૅન્ડેલિયન એકસંકરણના પ્રયોગમાં સંભવિત હતું. પરંતુ સ્વરૂપ પ્રકાર પ્રમાણ 3:1 પ્રભાવી : પ્રચ્છન્ન પ્રમાણ બદલાઈ ગયું હતું. આ ઉદાહરણમાં **R** કારક એ **r** કારક પર સંપૂર્ણ પ્રભાવી ન રહ્યું આથી લાલ **(RR)** અને સફેદ **(rr)** દ્વારા ગુલાબી **(Rr)** પ્રાપ્ત થઈ ગયું.

પ્રભાવિતાની સંકલ્પનાનું સ્પષ્ટીકરણ (Explanation of the concept of dominance) : પ્રભાવિતા વાસ્તવમાં શું છે ? કેટલાક એલેલ પ્રભાવી અને કેટલાક પ્રચ્છન્ન કેમ હોય છે ? આ પ્રશ્નોને સમજવા માટે આપણે જનીનના કાર્યને સમજવું પડે. તમે જાણો છો કે જનીનમાં વિશિષ્ટ લક્ષણને અભિવ્યક્ત કરવા માટેની માહિતી રહેલી હોય છે. દ્વિકીય સજીવોમાં એલેલના જોડ સ્વરૂપે પ્રત્યેક જનીનની બે નકલ હોય છે. એ આવશ્યક નથી કે એલેલની જોડ હંમેશાં એક જેવી જ હોય; જેમકે વિષમયુગ્મી. તેમાંથી એક એલેલની ભિન્નતાનું કારણ તેમાં આવેલાં પરિવર્તન હોઈ શકે છે (આ વિષયમાં તમે આગળના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કરશો). જે એલેલમાં ચોક્કસ માહિતીને રૂપાંતરિત કરે છે.

ઉદાહરણ તરીકે, એક એવા જનીનને લેવામાં આવે કે જેમાં એક ઉત્સેચક બનાવવાની માહિતી હોય. આ જનીનના બંને પ્રતિરૂપો તેના બે એલેલ સ્વરૂપો છે. માની લઈએ કે તે સામાન્ય એલેલ એવો સામાન્ય ઉત્સેચક ઉત્પન્ન કરે છે (જે મોટા ભાગે સંભવ છે) જે એક પ્રક્રિયાર્થી 'S'ના રૂપાંતરણ માટે આવશ્યક છે. રૂપાંતરિત એલેલ સૈદ્ધાંતિક રીતે નીચેનામાંના કોઈના ઉત્પાદન માટે જવાબદાર હોઈ શકે છે :

(i) સામાન્ય ઉત્સેચક / ઓછી ક્રિયાશીલતાવાળો ઉત્સેચક, અથવા

(ii) બિનકાર્યક્ષમ ઉત્સેચક અથવા

(iii) કોઈ જ ઉત્સેચક નથી

પહેલા કિસ્સામાં રૂપાંતરિત એલેલ એ અરૂપાંતરિત એલેલના સમાન છે, એટલે કે તે એક જ સ્વરૂપ પ્રકાર સર્જશે તેના પરિણામ સ્વરૂપે પ્રક્રિયાથી 'S'નું રૂપાંતરણ થશે. આ પ્રકારના એલેલની જોડ ખૂબ જ સામાન્ય છે. પણ એલેલ જો બિનકાર્યક્ષમ ઉત્સેચક અથવા ઉત્સેચક ઉત્પન્ન નથી કરતા તો સ્વરૂપ પ્રકાર પર અસર થઈ શકે છે. સ્વરૂપ પ્રકાર/લક્ષણો અરૂપાંતરિત એલેલનાં કાર્ય ઉપર નિર્ભર રહે છે. સામાન્યતઃ અરૂપાંતરિત (કાર્યકારી) એલેલ જે વાસ્તવિક સ્વરૂપ પ્રકારનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે તે પ્રભાવી હોય છે તથા રૂપાંતરિત એલેલ મુખ્યત્વે પ્રચ્છન્ન એલેલ હોય છે. આ ઉદાહરણમાં પ્રચ્છન્ન એલેલના અભિવ્યક્ત થવાથી ઉત્સેચક બનતો જ નથી અથવા બને તો કાર્યક્ષમ હોતો નથી.

5.2.2.2 સહપ્રભાવિતા (Co-dominance)

અત્યાર સુધી આપણે એ સંકરણોની ચર્ચા કરી રહ્યા હતા કે જ્યાં F_1 બે પિતૃઓમાંથી કોઈ એકને મળતો આવે (પ્રભુતા) અથવા વચ્ચેનાં લક્ષણોવાળો (અપૂર્ણ પ્રભુતા). પરંતુ સહ-પ્રભાવિતા એવી ઘટના છે જેમાં F_1 પેઢી બંને પિતૃઓને મળતી આવે છે. તેનું એક ઉદાહરણ મનુષ્યમાં ABO રુધિરજૂથનું નિર્ધારણ કરવાવાળા વિભિન્ન પ્રકારના રક્તકણો છે. ABO રુધિરજૂથનું નિયંત્રણ I જનીન કરે છે. રક્તકણનાં કોષરસસ્તરની સપાટી પરથી બહાર ઉપસેલ શર્કરા પોલીમર હોય છે અને આ પોલીમરનો પ્રકાર કયો હશે તે બાબતનું નિયંત્રણ જનીન **I** દ્વારા થાય છે. આ જનીન **(I)**ના ત્રણ એલેલ $\mathbf{I^A}$, $\mathbf{I^B}$ અને **i** હોય છે. એલેલ $\mathbf{I^A}$ અને એલેલ $\mathbf{I^B}$ એકબીજાથી થોડીક જ અલગ પડતી શર્કરાનું ઉત્પાદન કરે છે અને **i** એલેલ કોઈ પણ પ્રકારની શર્કરાનું ઉત્પાદન કરતું નથી. કારણ કે મનુષ્ય દ્વિકીય સજીવ (2n) છે. એટલા માટે પ્રત્યેક વ્યક્તિમાં આ ત્રણમાંથી બે પ્રકારના જનીન એલેલ હોય છે. $\mathbf{I^A}$ અને $\mathbf{I^B}$ એ સંપૂર્ણ રીતે **i** ઉપર પ્રભાવી હોય છે. એટલે જ્યારે $\mathbf{I^A}$ અને **i** બંને હાજર હોય ત્યારે ફક્ત $\mathbf{I^A}$ અભિવ્યક્ત થાય છે. (કારણ કે **i** કોઈ પણ શર્કરા ઉત્પન્ન કરતું નથી) અને જ્યારે $\mathbf{I^B}$ અને **i** હાજર હોય ત્યારે $\mathbf{I^B}$ અભિવ્યક્ત થાય છે પણ જ્યારે $\mathbf{I^A}$ અને $\mathbf{I^B}$ બંને સાથે હાજર હોય ત્યારે બંને પોતપોતાની શર્કરાની અભિવ્યક્તિ કરે છે. આ ઘટના જ સહ-પ્રભાવિતા છે. આ કારણે રક્તકણોમાં A અને B બંને પ્રકારની શર્કરા હોય છે. ભિન્ન પ્રકારના એલેલ હોવાના કારણે 6 સંયોજનો સંભવ બને છે. આ પ્રકાર ABO રુધિરજૂથ (કોષ્ટક 5.2)ના 6 વિભિન્ન જનીન પ્રકાર (genotypes) શક્ય બનશે. *સ્વરૂપ પ્રકાર (phenotypes) કેટલા થશે ?*

કોષ્ટક 5.2 : માનવવસ્તીમાં રુધિરજૂથનો આનુવંશિક આધાર દર્શાવતું કોષ્ટક

પિતૃ 1માંથી એલેલ	પિતૃ 2માંથી એલેલ	સંતતિનો જનીન પ્રકાર	સંતતિનું રુધિરજૂથ
I^A	I^A	$I^A I^A$	A
I^A	I^B	$I^A I^B$	AB
I^A	i	$I^A i$	A
I^B	I^A	$I^A I^B$	AB
I^B	I^B	$I^B I^B$	B
I^B	i	$I^B i$	B
i	i	$i\,i$	O

તમે હવે એ સમજી ગયાં હશો કે, ABO રુધિરજૂથ **બહુવૈકલ્પિક કારકો (multiple alleles)**નું પણ શ્રેષ્ઠ ઉદાહરણ રજૂ કરે છે ? તમે જોઈ શકો છો કે અહીં બેથી વધુ એટલે કે ત્રણ એલેલ એક જ લક્ષણને નિયંત્રિત કરે છે. પરંતુ વ્યક્તિમાં બે જ એલેલ હાજર રહી શકે છે. તેથી જ્યારે કોઈ વસ્તીનો અભ્યાસ કરવામાં આવે ત્યારે જ બહુવિકલ્પી કારકો વિશે જાણી શકાય છે.

ક્યારેક એક જનીન એક કરતાં વધુ અસર સર્જે છે. ઉદાહરણ તરીકે વટાણાના બીજમાં સ્ટાર્ચના સંશ્લેષણનું નિયંત્રણ એક જનીન કરે છે. તેમાં બે એલેલ (**B** અને **b**) હોય છે. સામાન્ય રીતે સ્ટાર્ચનું સંશ્લેષણ BB સમયુગ્મો દ્વારા થાય છે અને આ પ્રકારે મોટા કદના સ્ટાર્ચ કણો (મંડકણ-starch grain) ઉત્પન્ન થાય છે. તેનાથી વિપરીત bb સમયુગ્મી સ્ટાર્ચ સંશ્લેષણમાં ઓછી સક્રિયતા ધરાવે છે અને તેથી નાના કદના સ્ટાર્ચ કણોનું ઉત્પાદન કરે છે. પરિપક્વતા બાદ **BB** બીજ ગોળ હોય છે અને **bb** બીજ ખરબચડાં હોય છે. વિષમયુગ્મી ગોળ બીજ ઉત્પન્ન થાય છે, એટલે લાગે છે કે, B પ્રભાવી એલેલ છે. પરંતુ **Bb** બીજમાં સ્ટાર્ચ કણ કદ મધ્યસ્થી બને છે. તેથી જો Bb બીજમાં ઉત્પન્ન થતાં સ્ટાર્ચ કણના કદને સ્વરૂપ પ્રકાર માનવામાં આવે, તો આ દષ્ટિકોણથી આ એલેલ અપૂર્ણ પ્રભુતા દર્શાવે છે.

આથી પ્રભુતા એ કોઈ જનીન કે જે તેની માહિતી ધરાવતું હોય તથા તેની નીપજનું સ્વાયત્ત (autonomous) લક્ષણ નથી. જ્યારે આ જનીન એકથી વધુ સ્વરૂપ પ્રકાર પર પ્રભાવ દર્શાવતું હોય તેવા કિસ્સામાં તે જનીનની નીપજ તથા નિશ્ચિત સ્વરૂપ પ્રકાર પર તેટલો જ આધાર રાખે છે.

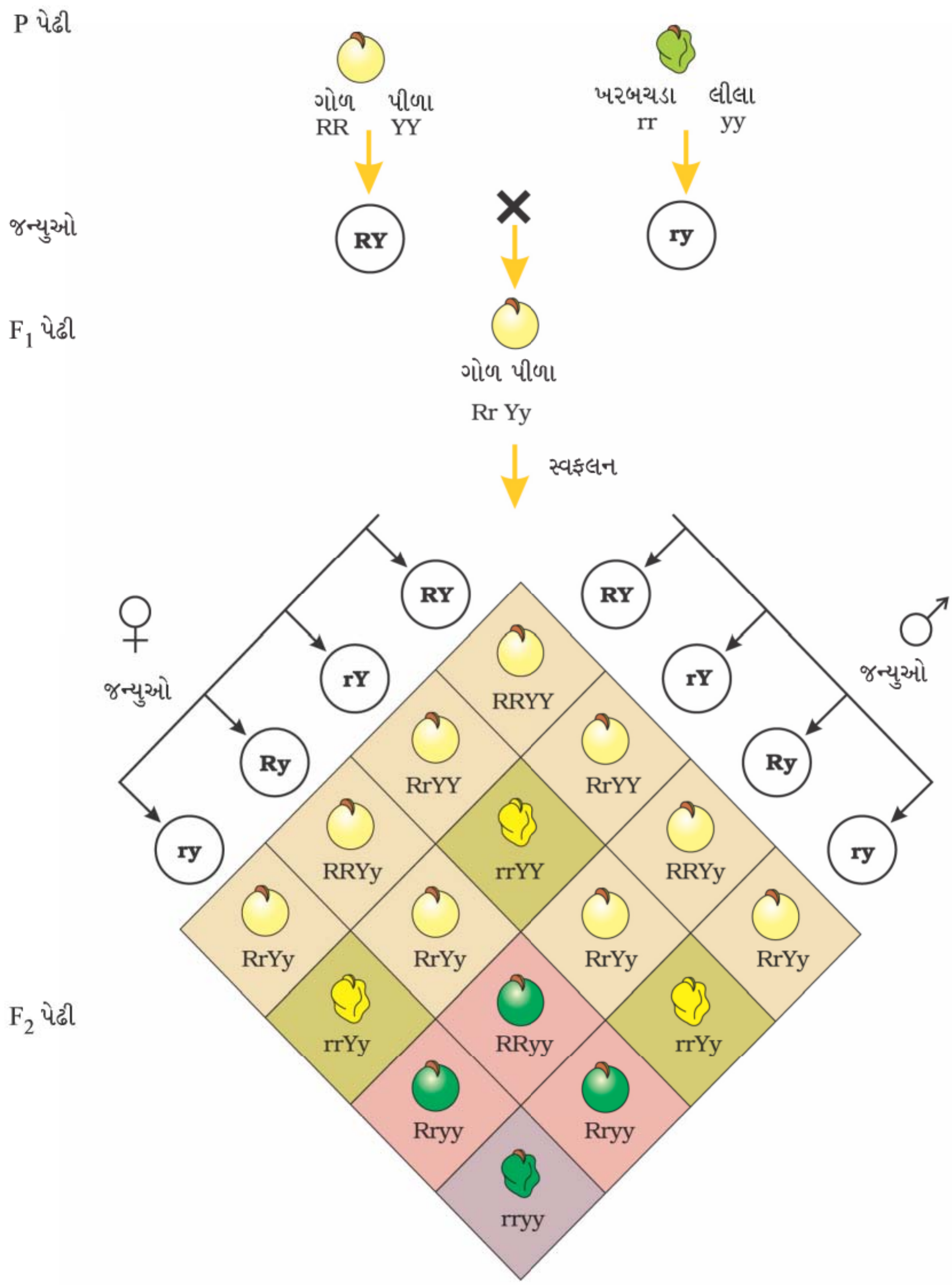
5.3 બે જનીનોનું વારસાગમન (દ્વિસંકરણ પ્રયોગ) (Inheritance of Two Genes)

મૅન્ડલે વટાણાનાં બે ભિન્ન લક્ષણો ધરાવતા છોડ પર સંકરણ પ્રયોગ કર્યા જેમકે પીળા અને ગોળ બીજવાળા છોડનું સંકરણ લીલા અને ખરબચડા બીજવાળા છોડ સાથે કરાવ્યું (આકૃતિ 5.7). મૅન્ડલે જોયું કે આ પ્રકારના પિતૃના સંકરણથી માત્ર પીળા રંગવાળા ગોળ બીજના છોડ જ પ્રાપ્ત થાય છે. *તમે જણાવી શકો છો કે પીળો / લીલો રંગ તથા ગોળ / ખરબચડા આકારની જોડમાં કયા લક્ષણો પ્રભાવી હશે ?*

પીળો રંગ એ લીલા રંગ ઉપર તથા ગોળ આકાર એ ખરબચડા ઉપર પ્રભાવી છે. જ્યારે પીળા તેમજ લીલા અને ગોળ તેમજ ખરબચડા બીજવાળા છોડની વચ્ચે અલગ-અલગ એક સંકરણ કરવામાં આવ્યું તો તેનાં પરિણામો પરથી પણ તેમને આ જ તારણ જાણ્યું છે.

જનીન પ્રકાર સંજ્ઞા **Y** પ્રભાવી પીળા રંગના બીજ તથા **y** પ્રચ્છન્ન લીલા રંગના બીજ માટે, **R** ગોળ આકારના બીજ અને **r** ખરબચડા બીજ આકાર માટે પ્રયોગ કરવામાં આવે તો પિતૃના જનીન પ્રકાર આ પ્રકારે લખી શકાય **RRYY** અને **rryy**. આ બે વનસ્પતિઓના સંકરણને આકૃતિ 5.7 મુજબ લખી શકાય છે. જેમાં પિતૃ છોડના જનીન પ્રકાર દર્શાવવામાં આવ્યા છે. ફલન થવાથી જન્યુ **RY** અને **ry** મળીને F_1 સંકર **RrYy** ઉત્પન્ન કરે છે.

જ્યારે મૅન્ડલે આ F_1 છોડને સ્વફલન કરાવ્યું તો જોવા મળ્યું કે F_2ના $3/4^{th}$ વનસ્પતિઓના બીજ પીળા અને $1/4^{th}$ના બીજ લીલા હતા. પીળો અને લીલો રંગ 3 : 1 પ્રમાણમાં વિશ્લેષણ પામે છે. આ જ પ્રકારે ગોળ અને ખરબચડા બીજનો આકાર પણ 3 : 1 પ્રમાણમાં વિશ્લેષણ પામે છે એક સંકરણ પ્રયોગની જેમ.



સ્વરૂપ પ્રકાર-પ્રમાણ : ગોળ પીળા : ગોળ લીલા : ખરબચડા પીળા : ખરબચડા લીલા

9 : 3 : 3 : 1

આકૃતિ 5.7 : દ્વિસંકરણનું પરિણામ જેમાં બે પિતૃઓ બે જોડ વિરોધાભાસી લક્ષણોમાં ભિન્ન હતા જેમકે : બીજનો રંગ અને બીજનો આકાર

5.3.1 મુક્ત વહેંચણીનો નિયમ (Law of Independent Assortment)

દ્વિસંકરણ પ્રયોગમાં (આકૃતિ 5.7), સ્વરૂપ પ્રકાર ગોળ, પીળા; ખરબચડા, પીળા; ગોળ, લીલા અને ખરબચડા, લીલા; 9:3:3:1ના પ્રમાણમાં પ્રદર્શિત થયા. મૅન્ડલ દ્વારા અભ્યાસ કરવામાં આવેલ લક્ષણોની જોડમાં આવું જ પ્રમાણ પ્રાપ્ત થયું.

9:3:3:1ના પ્રમાણને 3 પીળા : 1 લીલાની સાથે 3 ગોળ : 1 ખરબચડાને સંયોજન-શ્રેણીમાં વ્યુત્પન્ન કરી શકાય છે. આ વ્યુત્પન્નને આ પ્રકારે પણ લખી શકાય છે :

(3 ગોળ : 1 ખરબચડા) (3 પીળા : 1 લીલા) = 9 ગોળ, પીળા : 3 ખરબચડા, પીળા : 3 ગોળ, લીલા : 1 ખરબચડા, લીલા

દ્વિસંકરણ પ્રયોગ (બે વિરોધાભાસી લક્ષણો ધરાવતા છોડ વચ્ચે સંકરણ)નાં પરિણામો પર આધારિત મૅન્ડલે એક બીજો સામાન્ય નિયમ રજૂ કર્યો. જેને મૅન્ડલનો મુક્ત વહેંચણીનો નિયમ કહે છે. આ નિયમ દર્શાવે છે કે જ્યારે કોઈ સંકરણમાં લક્ષણોની બે જોડ સાથે આવે છે ત્યારે કોઈ એક જોડનું લક્ષણ બીજી જોડના લક્ષણથી સ્વતંત્ર રીતે વિશ્લેષણ પામે છે.

F_1 **RrYy** છોડમાં અર્ધીકરણ દરમિયાન અંડકોષ અને પરાગરજ ઉત્પાદનના સમયે જનીનના બે જોડના મુક્ત વિશ્લેષણને સમજવા માટે પુનેટ સ્કવેરનો સફળતાપૂર્વક ઉપયોગ કરી શકાય છે. જનીનની એક જોડ જનીનો **R** અને **r**ના વિશ્લેષણ પર વિચાર કરીએ તો 50 % જન્યુઓમાં **R** જનીન અને બીજા 50 % જન્યુઓમાં **r** જનીન હોય છે. તેમાં **R** અને **r** હોવાની સાથે-સાથે એલેલ **Y** અને **y** પણ હોય છે. **Yy**નું વિશ્લેષણ પણ **Rr** જેવું જ થાય છે. યાદ રાખવા જેવી મહત્ત્વની વાત એ છે કે, 50 % **R** અને 50 % **r**નું વિશ્લેષણ, 50 % **Y** અને 50 % **y**ના વિશ્લેષણથી સ્વતંત્ર રહેલ છે. **R** ધરાવતા જન્યુઓમાં 50 % **Y** અને બીજા 50 ટકામાં **y**, આ પ્રકારે **r** ધરાવતા જન્યુઓમાં 50 % **Y** તથા બાકી 50 ટકામાં **y** જનીન હોય છે. આથી જન્યુઓના 4 જનીન પ્રકાર બની શકે છે (4 પ્રકારની પરાગ તથા 4 પ્રકારના અંડકોષ) જે **RY, Ry, rY** અને **ry** આ પ્રકારે હોય છે, જેમાં પ્રત્યેકની સંખ્યા કુલ જન્યુઓના 25 % એટલે કે 1/4 હોય છે. જ્યારે તમે પુનેટ સ્કવેરની બે બાજુએ અંડકોષો અને પરાગને લખશો ત્યારે એ ફલિતાંડોમાં રચનાની જાણકારી મેળવવી સરળ રહેશે. જેનાથી F_2 છોડ ઉત્પન્ન થાય છે (આકૃતિ 5.7). *જો 16 સ્કવેર હોય તો કેટલા સ્વરૂપ પ્રકાર અને જનીન પ્રકાર બની શકશે ? આપેલ કોષ્ટકમાં નોંધ કરો.*

શું પુનેટ સ્કવેરના પ્રયોગના આંકડાઓથી તમે F_2 અવસ્થાના જનીન પ્રકારની તપાસ કરીને તેને આપેલ કોષ્ટકમાં લખી શકો છો ? શું જનીન-પ્રકાર પ્રમાણ પણ 9:3:3:1 હશે ?

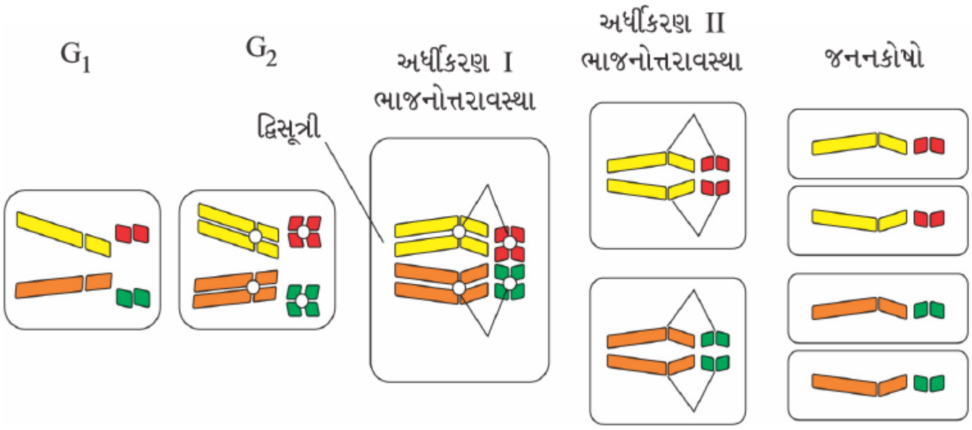
ક્રમ	F_2માં પ્રાપ્ત જનીન પ્રકાર	તેનો અપેક્ષિત સ્વરૂપ પ્રકાર

5.3.2 આનુવંશિકતાનો રંગસૂત્રીયવાદ (Chromosomal Theory of Inheritance)

મૅન્ડલે તેનું લક્ષણોની આનુવંશિકતા ઉપરનું કાર્ય 1865માં પ્રકાશિત કરેલ તેમ છતાં કેટલાંય કારણોસર 1900ની સાલ સુધી અજાણ રહ્યું. પ્રથમ, એ દિવસોમાં સંચાર-વ્યવહાર સરળ ન હતો (હાલની જેમ). જેનાથી તેઓનાં કાર્યને બહોળો પ્રચાર મળ્યો નહિ. બીજું, **જનીનો** (અથવા મૅન્ડલની ભાષામાં **કારકો**) માટે એ સંકલ્પના આપી કે તે લક્ષણોના નિયંત્રણની સ્થાયી તેમજ અલગ એકમોના સ્વરૂપે છે તથા

તેના નિયંત્રણની સંકલ્પના અર્થાત્ એવા એલેલ કે જે એકબીજા સાથે સંમિશ્રિત થતા નથી. આ બાબત મૅન્ડલનાં સમકાલીનોને સ્વીકાર્ય ન હતી. કારણ કે તેઓ પ્રકૃતિની વિવિધતા રૂપે પરિચિત હતા. ત્રીજું, એ સમયે જીવવિજ્ઞાનીઓને મૅન્ડલનો જૈવ ઘટનાના પૃથક્કરણ માટે ઉપયોગમાં લીધેલ ગણિત આધારિત અભિગમ સંપૂર્ણ નવો અને કેટલાક જીવવિજ્ઞાનીઓ દ્વારા અસ્વીકાર્ય હતો. અંતમાં ભલે મૅન્ડલનું કાર્ય એ અંકિત કરતું હોય કે કારક (જનીન) વિભક્ત એકમો હોય છે. છતાં પણ તે તેની હાજરીનું ભૌતિક-પ્રમાણ આપી શક્યા નહોતા. તે એ પણ ન બતાવી શક્યા કે તે કયાં દ્રવ્યોના બનેલા હોય છે.

1900માં ત્રણ વૈજ્ઞાનિકો (દ-વ્રિઝ, કોરેન્સ અને શેરમાક (de-Vries, Correns and von Tschermak) એ સ્વતંત્ર સ્વરૂપે લક્ષણોની આનુવંશિકતા સંબંધી મૅન્ડલનાં પરિણામોનું પુનઃસંશોધન કર્યું. એ સમયે સૂક્ષ્મદર્શનની તક્નિકીમાં પ્રગતિ પણ થઈ રહી હતી અને વૈજ્ઞાનિકો કાળજીપૂર્વક કોષ-વિભાજન જોવામાં સમર્થ થઈ ચૂક્યા હતા. કોષકેન્દ્રમાં એક સંરચનાની શોધ થઈ ચૂકી હતી, જે કોષ-વિભાજન પહેલાં સ્વયંજનન તેમજ વિભાજિત પણ થઈ જાય છે જેને **રંગસૂત્રો** (*રંગકાય* કે જેને અભિરંજકથી જોઈ શકાય) કહેવામાં આવ્યા. 1902 સુધી અર્ધીકરણ દરમિયાન રંગસૂત્રોની હલનચલનની ગતિનું જ્ઞાન પ્રાપ્ત થઈ ગયું હતું. વાલ્ટર સટન અને થિયોડોર બોવરી (Walter Sutton and Theodore Boveri)એ જોયું કે, રંગસૂત્રોનો વ્યવહાર પણ જનીન જેવો જ છે. તેઓએ મૅન્ડલના નિયમો (કોષ્ટક 5.3)ને રંગસૂત્રોની હલનચલનની ગતિવિધિ (આકૃતિ 5.8) દ્વારા સમજાવ્યા. કોષ-વિભાજનની સમભાજન તેમજ અર્ધીકરણ-પ્રક્રિયામાં રંગસૂત્રોની વર્તણૂકને ધ્યાનમાં રાખીને તેને સમજી શકાય છે. જનીનની જેમ જ રંગસૂત્રો પણ જોડમાં આવેલા હોય છે તથા એક જનીનની જોડના બંને એલેલ સમજાત રંગસૂત્રોના સમજાત સ્થાન પર આવેલા હોય છે.



આકૃતિ 5.8 : ચાર રંગસૂત્રો ધરાવતા કોષમાં અર્ધીકરણ અને જનન કોષનું નિર્માણ. તમે જોઈ શકો છો કે, જનન કોષોના નિર્માણ વખતે રંગસૂત્રો કેવી રીતે વિશ્લેષણ પામે છે ?

કોષ્ટક 5.3 : રંગસૂત્રો અને જનીનના વર્તણૂકની સરખામણી

A	B
જોડમાં હોય છે.	*જોડમાં હોય છે.*
જન્યુનિર્માણ દરમિયાન એવી રીતે વિશ્લેષણ પામે છે કે જન્યુઓની પ્રત્યેક જોડમાંથી માત્ર એક જ જન્યુમાં પ્રવેશી શકે છે.	*જન્યુનિર્માણ દરમિયાન વિશ્લેષણ પામે છે અને જોડમાંથી માત્ર એક જ જન્યુને પ્રાપ્ત થાય છે.*
અલગ-અલગ જોડ એકબીજાથી સ્વતંત્ર રીતે વિશ્લેષણ પામે છે.	*એક જોડ, બીજી જોડથી સ્વતંત્ર રીતે વિશ્લેષણ પામે છે.*
શું તમે જણાવી શકશો કે, આ બે કૉલમ A અને Bમાંથી કયું કૉલમ રંગસૂત્રોનું અને કયું કૉલમ જનીનનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે ? આ નિર્ણય તમે કેવી રીતે લીધો ?	

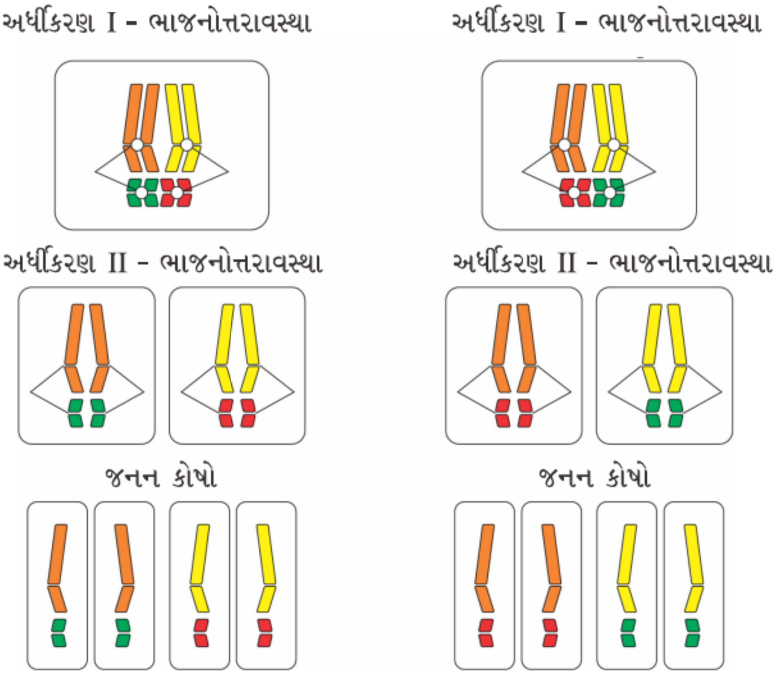
અર્ધીકરણ Iની ભાજનોત્તરાવસ્થામાં રંગસૂત્રોની બે જોડ મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા પર એકબીજાથી સ્વતંત્ર રીતે સરેખિત થઈ શકે છે (આકૃતિ 5.9). આને સમજવા માટે ડાબા અને જમણા કૉલમના ચાર અલગ રંગનાં રંગસૂત્રોની સરખામણી કરો. ડાબા કૉલમમાં (સંભાવના I) નારંગી અને લીલા એકસાથે વિશ્લેષણ પામે છે પરંતુ જમણી બાજુના કૉલમ (સંભાવના II)માં નારંગી રંગસૂત્રો, લાલ રંગસૂત્રો સાથે વિશ્લેષણ પામી રહ્યું છે.

શક્યતા I

એક લાંબું નારંગી અને ટૂંકું લીલું રંગસૂત્ર તથા લાંબું પીળું અને ટૂંકું લાલ રંગસૂત્ર એક જ ધ્રુવ પર

શક્યતા II

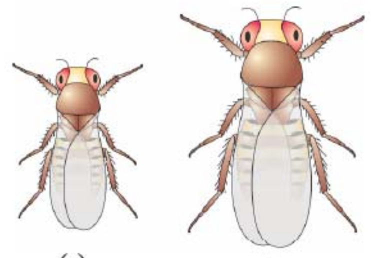
એક લાંબું નારંગી અને ટૂંકું લાલ રંગસૂત્ર તથા લાંબું પીળું અને ટૂંકું લીલું રંગસૂત્ર એક જ ધ્રુવ પર



આકૃતિ 5.9 : રંગસૂત્રોની મુક્ત વહેંચણી

સટન અને બોવરીએ તર્ક રજૂ કર્યો કે, રંગસૂત્રોની જોડ બનાવી અને અલગ (વિશ્લેષણ) પામવું તે પોતાની સાથે લઈ જવાઈ રહેલા કારકોના વિશ્લેષણનું કારણ બનશે. સટને રંગસૂત્રોના વિશ્લેષણે મૅન્ડલના સિદ્ધાંતો સાથે જોડ્યા જેને **આનુવંશિકતાનો રંગસૂત્રીય વાદ** કહે છે.

આ વિચારના સંશ્લેષણનું પાલન કરીને થોમસ હન્ટ મોર્ગન (Thomas Hunt Morgan) તથા તેઓના સાથીઓએ આનુવંશિકતાનો રંગસૂત્રીય વાદ અથવા સિદ્ધાંતની પ્રયોગાત્મક ચકાસણી કરી અને લિંગીપ્રજનન ઉત્પાદનમાં જોવા મળતી ભિન્નતા માટે આધારભૂત શોધ કરી. મોર્ગને **ફળમાખી, ડ્રોસોફિલા મેલેનોગેસ્ટર** *(Drosophila melanogaster)* (આકૃતિ 5.10) પર કાર્ય કર્યું કે જે આવા અભ્યાસ માટે સાનુકૂળ સાબિત થઈ. તેને પ્રયોગશાળામાં સરળ સંશ્લેષિત માધ્યમમાં ઉછેરી શકાતી હતી. તે પોતાનું જીવનચક્ર બે અઠવાડિયાંમાં પૂર્ણ કરે છે. તેમાં એક જ મૈથુનથી માખીઓની વિપુલ સંતતિ ઉત્પન્ન થાય છે તથા તેમાં સ્પષ્ટ લિંગભેદ હતો. નર અને માદાની સહેલાઈથી ઓળખ થઈ શકતી હતી. સાથે તેઓમાં આનુવંશિક વિવિધતાઓના અનેક પ્રકાર હતા જે સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રના લૉ-પાવરમાં પણ જોઈ શકાતા હતા.

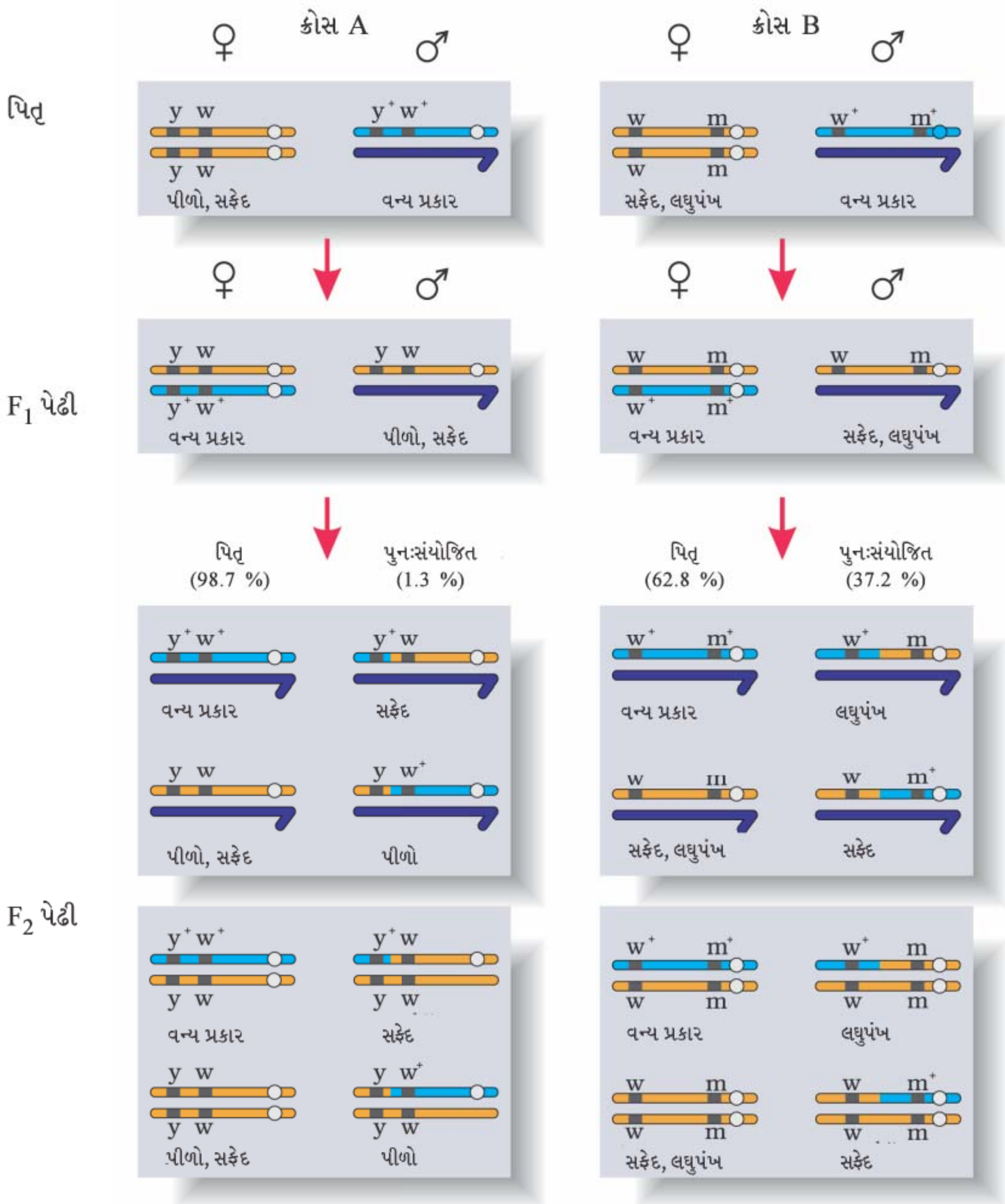


આકૃતિ 5.10 : ડ્રોસોફિલા મેલેનોગેસ્ટર (a) નર (b) માદા

5.3.3 સહલગ્નતા અને પુનઃસંયોજન (Linkage and Recombination)

લિંગ સંકલિત જનીનોના અભ્યાસ માટે મોર્ગને ડ્રોસોફિલામાં ઘણાબધા દ્વિસંકરણ પ્રયોગ કર્યા. આ મૅન્ડલ દ્વારા વટાણામાં કરવામાં આવેલા દ્વિસંકરણ-પ્રયોગ જેવા જ હતા. ઉદાહરણ તરીકે મોર્ગને પીળા શરીર અને સફેદ આંખોવાળી માદા માખીનું સંકરણ, બદામી શરીર અને લાલ આંખોવાળી નર માખી સાથે કરાવ્યું અને પછી F_1 સંતતિઓનું એકબીજા સાથે પરફલન કરાવ્યું. એણે જોયું કે બે જનીનોની જોડ એકબીજાથી સ્વતંત્ર વિશ્લેષણ ન પામી અને F_2નું પ્રમાણ 9:3:3:1 કરતાં નોંધપાત્ર રીતે અલગ પ્રાપ્ત થયું (બે જનીનોના સ્વતંત્ર રહેવા પર આ પ્રમાણ અપેક્ષિત હતું).

મોર્ગન તથા તેના સહયોગીઓ એ જાણતા હતા કે જનીન X-રંગસૂત્રો પર સ્થિત છે (વધુ અભ્યાસ વિભાગ 5.4) અને ત્વરિત એ પણ જાણી લીધું કે જ્યારે દ્વિસંકરણ-ક્રોસમાં બે જનીન એક જ રંગસૂત્ર પર આવેલા હોય ત્યારે પિતૃ જનીન સંયોજનોનું પ્રમાણ બિનપિતૃ પ્રકારથી ખૂબ જ ઊંચું રહે છે. મોર્ગને તેનું કારણ બે જનીનોનું ભૌતિક સંયોજન અથવા સહલગ્નતા બતાવ્યું. મોર્ગને આ ઘટના માટે **સહલગ્નતા (linkage)** શબ્દ આપ્યો જે એક જ રંગસૂત્રના જનીનોના ભૌતિક જોડાણો વર્ણવે છે અને બિનપિતૃ જનીન સંયોજનોની પેઢી માટે **પુનઃસંયોજન (recombination)** શબ્દ વાપર્યો (આકૃતિ 5.11). મોર્ગને તથા તેના સહયોગીઓએ પણ તપાસ લગાવી કે એક જ રંગસૂત્ર પર આવેલા હોવા છતાં પણ કેટલાક જનીનોની સહલગ્નતા વધુ હતી (એટલે કે પુનઃસંયોજન ઘણું ઓછું હતું) (આકૃતિ 5.11 પરફલન A). જ્યારે અન્ય ઢીલી રીતે (loosly) જોડાણ ધરાવતા હતા (એટલે કે પુનઃસંયોજન ઘણું ઊંચું હતું) (આકૃતિ 5.11 પરફલન B). ઉદાહરણ તરીકે તેમણે શોધ્યું કે સફેદ જનીન અને પીળા જનીન ખૂબ જ મજબૂતાઈથી જોડાયેલા હતા અને તેમાં પુનઃસંયોજન 1.3 % હતું. જ્યારે સફેદ અને લઘુપંખ (miniature) જનીનનું પુનઃસંયોજન પ્રમાણ 37.2 % હતું, એટલે તેમાં



આકૃતિ 5.11 : મોર્ગન દ્વારા કરવામાં આવેલ બે દ્વિસંકરણોનું પરિણામ : **ક્રોસ** A y જનીન અને w વચ્ચે સંકરણ દર્શાવે છે. **ક્રોસ** B જનીન w અને m વચ્ચે સંકરણ દર્શાવે છે. અહીં પ્રભાવી વન્ય પ્રકાર એલેલ (+) એક સંજ્ઞા ઉપર કરેલ બીજી સંજ્ઞા (superscript). નોંધ : y અને w વચ્ચેની સહલગ્નતાની મજબૂતાઈ w અને m કરતાં ઊંચી છે

સહલગ્નતા ઓછી હતી. મોર્ગનના વિદ્યાર્થી અલ્ફ્રેડ સ્ટર્ટીવેંટે (Alfred Strurtevant) એક જ રંગસૂત્રના જનીન જોડની પુનઃસંયોજિત આવૃત્તિને જનીનો વચ્ચેનું અંતર માનીને રંગસૂત્રોમાં તેઓની સ્થિતિનો નકશો દર્શાવ્યો. આજકાલ પૂર્ણ જિનોમના અનુક્રમના નિર્ધારણમાં જનીનિક નકશા (genetic maps) ખૂબ જ વધારે ઉપયોગમાં લેવાઈ રહ્યા છે. આવું જ હ્યુમન જિનોમ અનુક્રમણ પ્રૉજેક્ટમાં પણ વર્ણિત કરવામાં આવેલ છે.

5.4 બહુજનીનિક વારસો (Polygenic Inheritance)

મૅન્ડેલના અભ્યાસે મુખ્યત્વે તે લક્ષણો વર્ણવ્યાં છે જે અલગ-અલગ અભિવ્યક્તિઓ દર્શાવે, જેમ કે પુષ્પનો રંગ કે જે જાંબલી કે સફેદ હોય છે. પરંતુ જો તમે આસપાસ જોશો તો તમને ત્યાં ઘણી લાક્ષણિકતાઓ જોવા મળશે. જે તેમની ક્રિયામાં એટલી ભિન્ન નથી અને સમગ્ર ઘટકોમાં ફેલાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, માનવોમાં માત્ર ઊંચા અથવા નીચા લોકો એવા બે અલગ-અલગ વિકલ્પો જ ન હોય, પરંતુ સંભવિત ઊંચાઈની સંપૂર્ણ શ્રેણી હોય છે. આવાં લક્ષણો સામાન્ય રીતે ત્રણ અથવા વધુ જનીનો દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે અને તેથી તેને બહુજનનીક લક્ષણો (polygenic traits) કહે છે. બહુવિધ જનીન, બહુજનીનિક વારસા સાથે સંકળાયેલ હોવા ઉપરાંત પર્યાવરણના પ્રભાવને પણ ધ્યાનમાં લે છે. માનવ-ત્વચાનો રંગ આનું એક અન્ય ઉત્કૃષ્ઠ (classic) ઉદાહરણ છે. બહુજનીનિક લક્ષણમાં સ્વરૂપ પ્રકાર દરેક એલેલના સહયોગથી નિર્દેશિત કરે છે, એટલે કે દરેક એલેલની અસર ઉમેરાય છે. આને સારી રીતે સમજવા માટે આપણે ધારીએ કે ત્રણ જનીનો A, B, C ત્વચાના રંગને નિયંત્રિત કરે છે. આમાંનાં પ્રભાવી સ્વરૂપો A, B અને C ત્વચાના ઘેરા રંગ માટે જવાબદાર છે અને પ્રચ્છન્ન સ્વરૂપો a, b અને c ઝાંખા (light) રંગ માટે જવાબદાર છે. બધા જ પ્રભાવી એલેલ (AABBCC) સાથેનો જનીન પ્રકાર એકદમ ઘેરો રંગ ધરાવે છે અને તે જ રીતે પ્રચ્છન્ન એલેલ (aabbcc) સાથેનો એકદમ ઝાંખો રંગ દર્શાવે છે. ધારણા (અપેક્ષા) પ્રમાણે ત્રણ પ્રભાવી એલેલ અને ત્રણની સંખ્યામાં પ્રચ્છન્ન એલેલ ધરાવતો જનીન પ્રકાર ત્વચાનો વચગાળાનો રંગ ધરાવે છે. આ અનુસંધાને જનીન પ્રકારમાં દરેક એલેલની સંખ્યા વ્યક્તિગત ત્વચાના ઘેરા અને ઝાંખા રંગ માટે જવાબદાર છે.

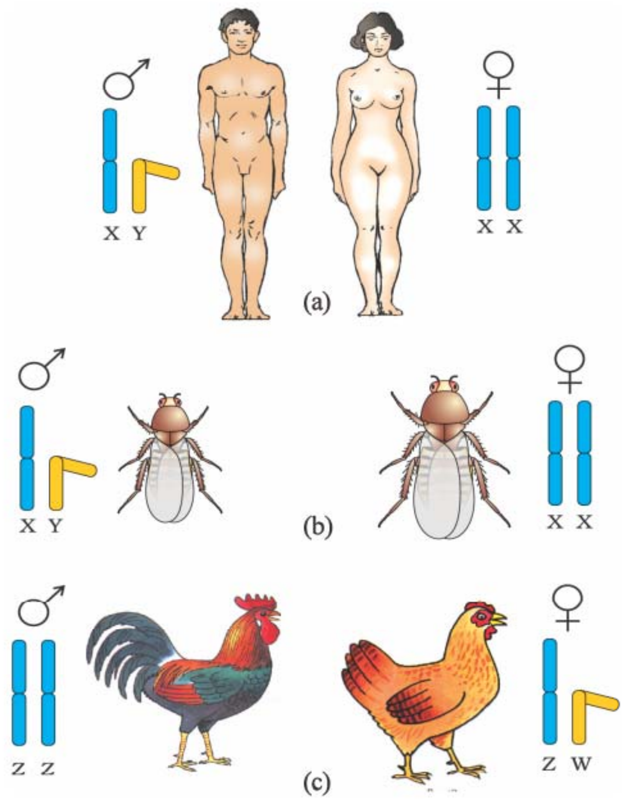
5.5 પ્લીઓટ્રોપી (Pleiotropy)

અત્યાર સુધી આપણે જનીનનો એક જ સ્વરૂપ પ્રકાર અથવા લક્ષણ ઉપર અસર જોઈ. જોકે હવે એવાં ઉદાહરણો જોઈએ કે જેમાં એકલ જનીન એક કરતાં વધારે સ્વરૂપલક્ષી અભિવ્યક્તિ દર્શાવે છે. આવા જનીનને પ્લીઓટ્રોપિક જનીન (pleiotropic gene) કહે છે. મોટા ભાગના કિસ્સામાં પ્લીઓટ્રોપીની પ્રક્રિયા અંતર્ગત જનીનની અસર ચયાપચયીક પથ (pathways) ઉપર થાય છે કે જે વિવિધ સ્વરૂપ પ્રકારો તરફ દોરી જાય છે. ફિનાઇલકિટોન્યુરિયા રોગ, તેનું ઉદાહરણ છે. જે માનવમાં જોવા મળે છે. આ રોગ થવાનું કારણ ફિનાઇલ એલેનિન હાઇડ્રોક્સાઈલેઝ ઉત્સેચક માટે સંકેતન કરતા જનીનની વિકૃતિ છે (એકલ જનીન વિકૃતિ). માનસિક મંદતા અને વાળ તથા ત્વચાના રંજકકણોમાં ઘટાડાને દર્શાવતી સ્વરૂપલક્ષી અભિવ્યક્તિ દ્વારા આપોઆપ દેખાઈ આવે છે.

5.6 લિંગ-નિશ્ચયન (Sex Determination)

લિંગ-નિશ્ચયનની ક્રિયાવિધિ હંમેશ માટે જનીનશાસ્ત્રીઓ માટે એક કોયડો બની રહી. જનીનિક / રંગસૂત્રીય ક્રિયાવિધિ દ્વારા લિંગ-નિર્ધારણના પ્રારંભિક સંકેત કીટકો પર કરવામાં આવેલા શરૂઆતના પ્રયોગો પરથી પ્રાપ્ત થયા. વાસ્તવમાં અનેક કીટકો પર કોષીય નિરીક્ષણોએ લિંગ-નિશ્ચયનના જનીનિક / રંગસૂત્રીય આધારનો વિકાસ કર્યો. હેન્કિંગે (Henking-1891)માં કેટલાક કીટકોમાં શુક્રકોષ જનનની વિભિન્ન અવસ્થાઓમાં એક વિશેષ કોષકેન્દ્રીય સંરચનાની ઓળખ મેળવી. તેઓએ એ પણ જોયું કે 50 % શુક્રકોષમાં શુક્રકોષજનન પછી આ સંરચના જોઈ શકાય છે. જ્યારે બાકીના 50 ટકામાં આ સંરચના જોવા મળતી નથી. હેન્કિંગે આ સંરચનાને

X-કાય (X-body) નામ આપ્યું પરંતુ તે તેના મહત્ત્વને સમજાવી ન શક્યા. અન્ય વૈજ્ઞાનિકોએ શોધકાર્યોથી એ નિષ્કર્ષ આપ્યો કે હેન્કિંગનું **X-કાય** વાસ્તવમાં રંગસૂત્ર જ હતું. એટલા માટે તેને X-રંગસૂત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવ્યું. એ પણ જોવામાં આવ્યું કે, ઘણાબધા કીટકોમાં લિંગ-નિશ્ચયનની ક્રિયાવિધિ XO પ્રકારની હોય છે. અર્થાત્ બધા જ અંડકોષોમાં અન્ય રંગસૂત્રો (દૈહિક રંગસૂત્રો) સિવાય એક વધારાનું રંગસૂત્ર પણ હોય છે. બીજી બાજુ કેટલાક શુક્રકોષોમાં આ X-રંગસૂત્ર હોય છે, જ્યારે કેટલાકમાં હોતું નથી. X-રંગસૂત્રયુક્ત શુક્રકોષ દ્વારા ફલિત અંડકોષ માદા બની જાય છે અને જો X-રંગસૂત્રરહિત શુક્રકોષ વડે ફલિત થાય તો તે નર બની જાય છે. *શું તમે વિચારો છો કે નર અને માદા બંનેમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા સરખી હોય છે ?* આ X-રંગસૂત્રની લિંગ-નિશ્ચયનમાં ભૂમિકા હોવાથી તેને **લિંગી રંગસૂત્ર (sex chromosome)** નામ આપવામાં આવ્યું. બાકીનાં બીજાં રંગસૂત્રોને **દૈહિક રંગસૂત્રો (autosomes)** નામ આપવામાં આવ્યું. તીતીઘોડો XO પ્રકારના લિંગ-નિશ્ચયનનું ઉદાહરણ છે. તેમાં નરમાં દૈહિક રંગસૂત્રો સિવાય એક X-રંગસૂત્ર આવેલું હોય છે. જ્યારે માદામાં X-રંગસૂત્રની એક જોડ આવેલી હોય છે.



આકૃતિ 5.12 : રંગસૂત્રીય ભિન્નતાના આધારે લિંગ-નિશ્ચયન : (a અને b) માનવ તથા ડ્રોસોફિલામાં, માદામાં XX રંગસૂત્રની જોડ (સમયુગ્મી) તથા નરમાં XY (વિષમયુગ્મી) સ્થિતિ (c) ઘણાં પક્ષીઓમાં માદામાં અસમાન રંગસૂત્રો ZW તથા નરમાં સમાન રંગસૂત્ર ZZ

આ નિરીક્ષણોની પ્રેરણાથી લિંગ-નિશ્ચયનની ક્રિયાવિધિને સમજવા માટે અન્ય ઘણીબધી જાતિઓમાં પણ તેની શોધ કરવામાં આવી. ઘણા કીટકો અને મનુષ્ય સહિત સ્તનધારીઓમાં XY પ્રકારનું લિંગ-નિશ્ચયન જોવા મળ્યું. જ્યાં નર અને માદા બંનેમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા સરખી હોય છે. નરમાં એક રંગસૂત્ર X હોય છે. પરંતુ તેનું જોડીદાર સ્પષ્ટ નાનું હોય છે જેને Y રંગસૂત્ર કહેવાય છે. દૈહિક રંગસૂત્રોની સંખ્યા નર અને માદા બંનેમાં સરખી હોય છે. બીજા શબ્દોમાં નરમાં દૈહિક રંગસૂત્રો સાથે XY હોય છે અને માદામાં દૈહિક રંગસૂત્રો સાથે XX હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, મનુષ્ય તથા ડ્રોસોફિલામાં નરમાં દૈહિક રંગસૂત્રો ઉપરાંત એક X અને એક Y રંગસૂત્ર હોય છે. જ્યારે માદામાં દૈહિક રંગસૂત્રો ઉપરાંત એક જોડ X-રંગસૂત્ર હોય છે (આકૃતિ 5.12 a, b).

ઉપરની સમજૂતીમાં તમે બે પ્રકારના લિંગ-નિશ્ચયન એટલે XO પ્રકાર અને XY પ્રકારનો અભ્યાસ કર્યો. બંનેમાં નર બે પ્રકારના જન્યુઓનું નિર્માણ કરે છે. (a) X-રંગસૂત્ર સહિત અથવા રહિત (b) કેટલાક જન્યુઓમાં X-રંગસૂત્ર અને કેટલાકમાં Y-રંગસૂત્ર. આ પ્રકારની લિંગ-નિશ્ચયન ક્રિયાવિધિને **નર વિષમયુગ્મકતા (male heterogamety)** કહેવાય છે. કેટલાક અન્ય સજીવોમાં જેમકે, પક્ષીઓમાં અલગ પ્રકારનું લિંગ-નિશ્ચયન જોવા મળ્યું (આકૃતિ 5.12 c). આ પ્રક્રિયામાં રંગસૂત્રની કુલ સંખ્યા નર અને માદા બંનેમાં સરખી હોય છે પરંતુ માદા દ્વારા લિંગી રંગસૂત્રો દ્વારા બે ભિન્ન પ્રકારના જન્યુઓનું

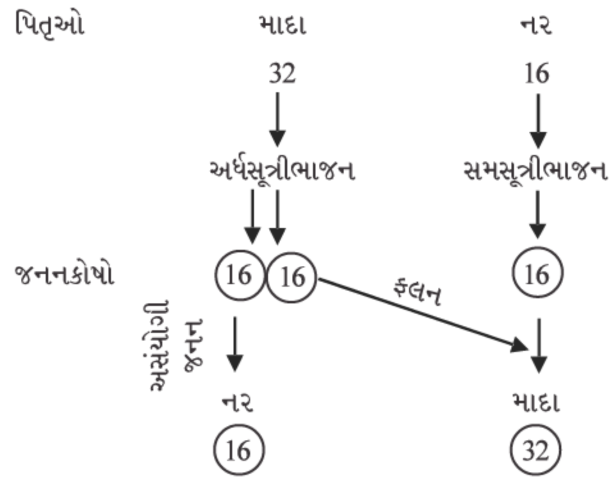
નિર્માણ થાય છે. એટલે કે માદામાં **વિષમયુગ્મકતા (female heterogamety)** જોવા મળે છે. અગાઉ વર્ણવેલ લિંગ-નિશ્ચયનથી વિશિષ્ટ પદ્ધતિના ઉદ્દેશથી માદા પક્ષીઓનાં લિંગી રંગસૂત્રોને Z અને W રંગસૂત્ર વડે દર્શાવ્યા છે. આ સજીવોમાં માદા એક Z અને એક W રંગસૂત્ર ધરાવે છે, જ્યારે નરમાં દૈહિક રંગસૂત્રો ઉપરાંત Z રંગસૂત્રની એક જોડ આવેલી હોય છે.

5.6.1 મનુષ્યમાં લિંગ-નિશ્ચયન (Sex Determination in Humans)

જેમકે પહેલા સમજાવવામાં આવ્યું કે, મનુષ્યમાં લિંગ-નિશ્ચયન XY પ્રકારનું હોય છે. કુલ 23 જોડ રંગસૂત્રોમાંથી 22 જોડ નર અને માદામાં બિલકુલ એકસમાન હોય છે; જેને દૈહિક રંગસૂત્રો કહેવાય છે. માદામાં X-રંગસૂત્રની એક જોડ હોય છે અને નરમાં X-રંગસૂત્ર ઉપરાંત એક Y-રંગસૂત્ર હોય છે જે નરનાં લક્ષણોને નિર્ધારિત કરે છે. નરમાં શુક્રકોષજનન દરમિયાન બે પ્રકારના જન્યુઓ બને છે. કુલ ઉત્પન્ન થતા શુક્રકોષમાંથી 50 % X-રંગસૂત્રયુક્ત હોય છે અને 50 % Y યુક્ત હોય છે. તેની સાથે દૈહિક રંગસૂત્રો તો હોય છે જ. માદામાં માત્ર એક જ પ્રકારનો અંડકોષ બને છે, જેમાં X-રંગસૂત્ર હોય છે. અંડકોષમાં X અથવા Y પ્રકારનાં રંગસૂત્રોથી ફલન થવાની સંભાવના સરખી રહે છે. જો અંડકોષનું ફલન X પ્રકારના શુક્રકોષ દ્વારા થશે તો યુગ્મનજ (ફલિતાંડ) માદા (XX)માં વિકસિત થશે અને જો Y પ્રકારના શુક્રકોષ દ્વારા ફલન થવાથી નર સંતતિ જન્મ લે છે. આથી સ્પષ્ટ છે કે શુક્રકોષની આનુવંશિક સંરચના જ શિશુનું લિંગ-નિશ્ચયન કરે છે. એ પણ સ્પષ્ટ છે કે પ્રત્યેક ગર્ભાવસ્થામાં શિશુને નર અથવા માદા તરીકે વિકસવાની સંભાવના 50 % હોય છે. આ આપણી કમનસીબી છે કે સમાજ કન્યાના જન્મ માટે માતાને દોષિત ગણે છે. આ ખોટા વિચારોના કારણે તેની સાથે બહિષ્કૃત વ્યવહાર થતા આવ્યા છે.

5.6.2 મધમાખીમાં લિંગ-નિશ્ચયન (Sex determination in Honey bee)

મધમાખીમાં લિંગ-નિશ્ચયન વ્યક્તિગત પ્રાપ્ત કરેલાં રંગસૂત્રોના સમૂહ (sets)ની સંખ્યા ઉપર આધારિત છે. સંતતિ શુક્રકોષ અને અંડકોષના જોડાણથી બને તો માદા (રાણી-queen અથવા કાર્યકર-worker) તરીકે વિકસે અને અફલિત અંડકોષ અસંયોગી જનન દ્વારા નર (dron) તરીકે વિકસે. આનો અર્થ એ થાય કે નરમાં, માદા કરતાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા અડધી હોય છે. માદા દ્વિકીય 32 રંગસૂત્રો ધરાવતી અને નર એકકીય એટલે કે 16 રંગસૂત્રો ધરાવતો. જેને એકકીય-દ્વિકીય (હેપ્લોડિપ્લોઇડ) લિંગ-નિશ્ચયન પદ્ધતિ કહે છે અને વિશિષ્ટ લક્ષણની લાક્ષણિકતા જેવી કે નર સમવિભાજન દ્વારા શુક્રકોષો ઉત્પન્ન કરે છે (આકૃતિ 5.13), તેઓને પિતા નથી અને તેથી પુત્રો પણ નથી, પરંતુ તેઓને દાદા અને પૌત્રો છે.



આકૃતિ 5.13 : મધમાખીમાં જાતિ-નિશ્ચયન

પક્ષીઓમાં લિંગ-નિશ્ચયનની ક્રિયાવિધિ ભિન્ન પ્રકારની કેમ છે ? બાળ મરઘી (ચિકન)ની લિંગ-નિશ્ચયન માટે જવાબદાર કોણ છે *શુક્રકોષ કે અંડકોષ ?*

5.7 વિકૃતિ (Mutation)

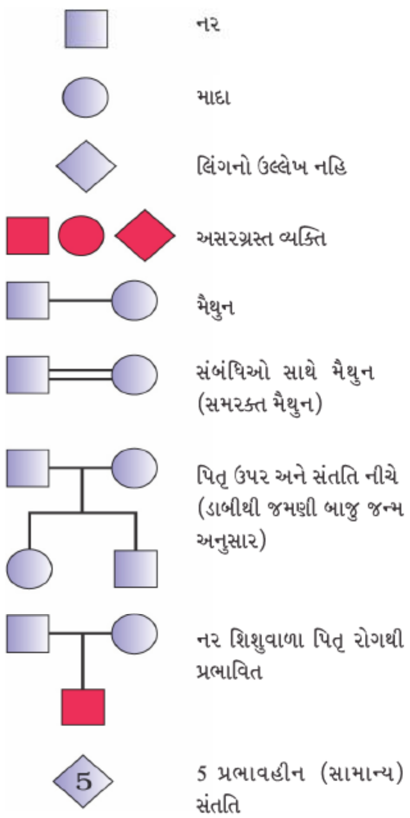
વિકૃતિ એવી ઘટના છે જેના પરિણામે DNAના અનુક્રમ (sequences)માં વૈકલ્પિક બદલાવ પ્રેરાય છે. તેના પરિણામ સ્વરૂપે સજીવના જનીન પ્રકાર અને સ્વરૂપ પ્રકારમાં પરિવર્તન આવી જાય છે. પુનઃસંયોજન સિવાય વિકૃતિ એ અસાધારણ ક્રિયા છે જે DNAમાં વિવિધતા લાવે છે.

આગળના પ્રકરણ 6માં અભ્યાસ કરશો કે, પ્રત્યેક રંગસૂત્રિકા (charamatid)માં એક છેડાથી બીજા છેડા સુધી સળંગ અત્યંત ગુંચળા સ્વરૂપે DNAનું એક કુંતલ આવેલ હોય છે. DNA ખંડનો લોપ (deletion) અથવા દ્વિગુણન (insertion / duplication) રંગસૂત્રોમાં ફેરફાર પ્રેરે છે કેમકે જનીન રંગસૂત્રોમાં સ્થિત માનવામાં આવે છે. એટલા માટે રંગસૂત્રોમાં થતો ફેરફાર અસાધારણ તથા વિપથનને જન્મ આપે છે. આવા રંગસૂત્રીય વિપથન કૅન્સર કોષોમાં સામાન્ય રીતે જોવા મળે છે.

આનાથી વિશેષ DNAની એક બેઇઝ જોડમાં થતું પરિવર્તન પણ વિકૃતિ પ્રેરે છે. તેને પૉઇન્ટ મ્યુટેશન (point mutation) કહે છે. આ પ્રકારની વિકૃતિનું જાણીતું ઉદાહરણ સિકલ-સેલ-એનિમિયા છે. DNAની વધારે બેઇઝ જોડીનો લોપ કે દ્વિગુણન ફ્રેમ-શિફ્ટ મ્યુટેશન (frame-shift mutations) ઉત્પન્ન કરે છે (પ્રકરણ 6 જુઓ).

આ સ્તરે વિકૃતિની ક્રિયાવિધિની ચર્ચા વિષયવસ્તુની બહાર છે. વિકૃતિ અનેક રાસાયણિક તથા ભૌતિક કારકો દ્વારા થાય છે. તેને મ્યુટાજન્સ નામ આપવામાં આવ્યું છે. પારજાંબલી કિરણો સજીવોમાં વિકૃતિ પેદા કરે છે તે મ્યુટાજન છે.

5.8 જનીનિક અનિયમિતતાઓ (Genetic Disorders)



આકૃતિ 5.13 : માનવ-વંશાવળી પૃથક્કરણમાં વપરાતા સંકેતો

5.8.1 વંશાવળી પૃથક્કરણ (Pedigree Analysis)

માનવસમાજમાં આનુવંશિક વિકારની વાત પહેલાંના સમયથી ચાલી આવી છે. તેનો આધાર હતો કે કેટલાંક કુટુંબોમાં વિશિષ્ટ લક્ષણોની આનુવંશિકતા મૅન્ડલના કાર્યના પુનઃ સંશોધન પછી મનુષ્યમાં વારસાગત લક્ષણોના અનુકરણીય નમૂનાના પૃથક્કરણની શરૂઆત થઈ. એ સ્પષ્ટ છે કે વટાણાના છોડ અને અન્ય સજીવોમાં કરવામાં આવેલ તુલનાત્મક સંકરણ પ્રયોગ મનુષ્યમાં સંભવ નથી. એટલા માટે એક જ વિકલ્પ રહી જાય છે કે વિશિષ્ટ લક્ષણની આનુવંશિકતાના સંદર્ભે વંશના ઇતિહાસનો અભ્યાસ કરવામાં આવે. માનવકુટુંબમાં અનેક પેઢીઓ સુધી કોઈ એક લક્ષણની નોંધ રાખવાની બાબતને **વંશાવળી પૃથક્કરણ (pedigree analysis)** કહે છે. વંશાવળી પૃથક્કરણમાં વંશવૃક્ષ (family tree) તરીકે વિશેષ લક્ષણનું પેઢી દર પેઢી વિશ્લેષણ કરવામાં આવે છે.

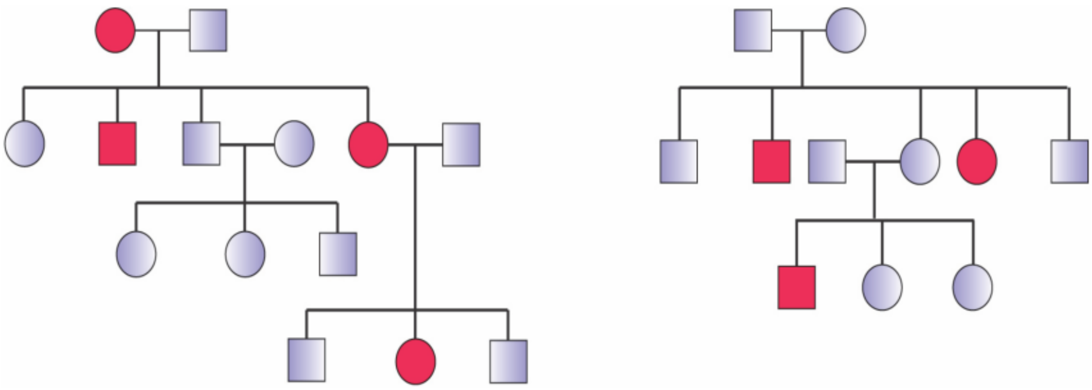
માનવ જનીનવિદ્યામાં વંશાવળી અભ્યાસ એક મહત્ત્વપૂર્ણ ઉપકરણ હોય છે. જેનો વિશેષ લક્ષણ, અસામાન્યતા અથવા રોગની તપાસ કરવા માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વંશાવળી પૃથક્કરણમાં ઉપયોગમાં લેવાતા કેટલાક સંકેતોને આકૃતિ 5.13માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે.

જેમકે તમે આ પ્રકરણમાં અભ્યાસ કર્યો કે કોઈ પણ સજીવનું પ્રત્યેક લક્ષણ રંગસૂત્રમાં આવેલા DNA પરના એક અથવા બીજા જનીન દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે. DNA આનુવંશિક માહિતીનું વાહક છે અને તે કોઈ પણ પરિવર્તન વગર એક પેઢીમાંથી બીજી પેઢીમાં સ્થાનાંતરિત થાય છે. હા, ક્યારેક પરિવર્તન / રૂપાંતરણ પણ થતા રહેતા હોય છે. આ પ્રકારના પરિવર્તનને

વિકૃતિ (mutation) કહેવાય છે. મનુષ્યમાં કેટલાક વિકાર એવા જોવા મળ્યા છે કે, જેનો સંબંધ રંગસૂત્ર અથવા જનીનના પરિવર્તન (બદલાવ) પર હોય છે.

5.8.2 મૅન્ડેલિયન અનિયમિતતાઓ (Mendelian Disorders)

વ્યાપક રીતે જનીનિક અનિયમિતતાઓને બે જૂથમાં મૂકી શકાય છે - મૅન્ડેલિયન અનિયમિતતા અને રંગસૂત્રીય અનિયમિતતા. મૅન્ડેલિયન અનિયમિતતા એ છે કે, જેમાં કોઈ એક જનીનમાં રૂપાંતરણ અથવા વિકૃતિ થાય. આ વિકાર એ જ ક્રિયાવિધિ દ્વારા સંતતિમાં ઊતરે છે જેનો અભ્યાસ આનુવંશિકતાના સિદ્ધાંતોમાં કરવામાં આવેલ છે. આ પ્રકારની મૅન્ડેલિયન અનિયમિતતાઓની આનુવંશિકતાનાં ઉદાહરણોને કોઈ કુટુંબમાં વંશાવળી પૃથક્કરણ દ્વારા શોધી શકાય છે. મૅન્ડેલિયન વિકારોનાં સૌથી સામાન્ય ઉદાહરણ હિમોફિલિયા, સિસ્ટિક ફાઇબ્રોસિસ, સિકલ-સેલ ઍનિમિયા, રંગઅંધતા, ફિનાઇલ કિટોન્યુરિયા, થેલેસેમિયા વગેરે છે. અહીં એ પણ બતાવવું જરૂરી છે કે, મૅન્ડેલિયન અનિયમિતતાઓ પ્રભાવી અને પ્રચ્છન્ન પણ હોઈ શકે છે. જેમકે હિમોફિલિયામાં જોવા મળે છે તે મુજબ આ લક્ષણ લિંગ-સંકલિત પણ હોઈ શકે છે. એ સુસ્પષ્ટ છે કે X-સંલગ્ન પ્રચ્છન્ન લક્ષણ વાહક માદામાંથી નર સંતતિને પ્રાપ્ત થાય છે. આ વંશાવળી (pedigree)નો નમૂનો આકૃતિ 5.14માં પ્રભાવી અને પ્રચ્છન્ન લક્ષણ દ્વારા દર્શાવવામાં આવેલ છે. તમારા શિક્ષક સાથે ચર્ચા કરો અને દૈહિક તથા લિંગી-રંગસૂત્રો સંલગ્ન લક્ષણોવાળા વંશાવળી પૃથક્કરણનો ચાર્ટ બનાવો.



(a) (b)

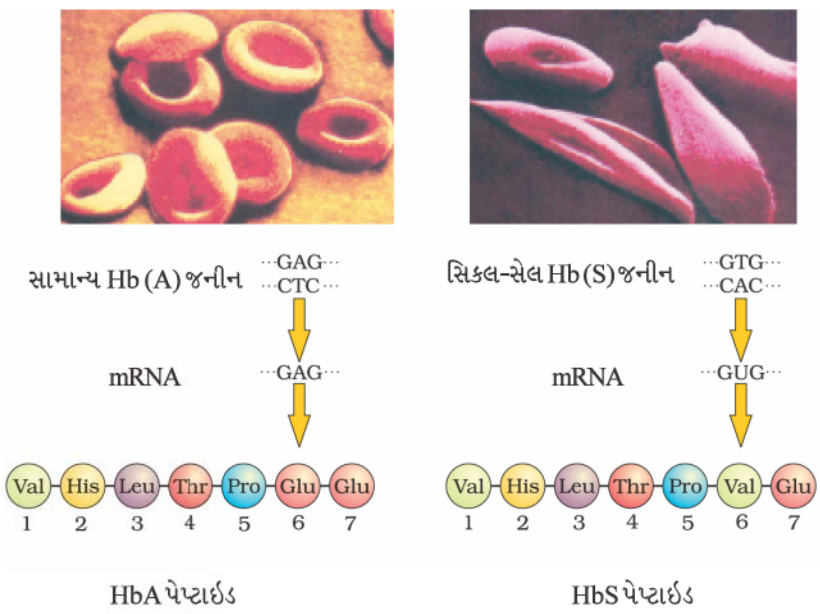
આકૃતિ 5.14 : પ્રતિકાત્મક વંશાવળી પૃથક્કરણ (a) દૈહિક પ્રભાવી લક્ષણ (ઉદાહરણ : માયોટોનિક ડિસ્ટ્રોફી) (b) દૈહિક પ્રચ્છન્ન લક્ષણ (ઉદાહરણ : સિકલ-સેલ ઍનિમિયા)

રંગઅંધતા (Colour Blindness) : આ લિંગ સંલગ્ન પ્રચ્છન્ન જનીનની ખામી છે, જે લાલ અથવા લીલા આંખના શંકુકોષોની ખામી છે, જેના પરિણામે લાલ અને લીલા રંગ પારખવામાં નિષ્ફળ જવાય છે. આ ખામી X રંગસૂત્ર ઉપર હાજર કેટલાક જનીનોની વિકૃતિને કારણે થાય છે. આ આશરે 8 % નરોમાં જ્યારે આશરે 0.4 % માદાઓમાં જોવા મળે છે. આનું કારણ લાલ-લીલા રંગની અંધતા માટેના જનીનો X-રંગસૂત્રો ઉપર આવેલ છે. નર ફક્ત એક જ અને માદા બે X-રંગસૂત્ર ધરાવે છે. સ્ત્રી કે જે આ જનીન ધરાવે છે તેના પુત્રમાં રંગ અંધ થવાની 50 % શક્યતાઓ છે. માતા પોતે રંગ અંધ નથી કારણ કે જનીન પ્રચ્છન્ન છે. આનો અર્થ એ થાય કે

તેની અસરને તેને મળતા આવતા પ્રભાવી સામાન્ય જનીન દ્વારા દબાવી દેવામાં આવે છે. સામાન્ય સંજોગોમાં પુત્રી રંગ અંધ હોતી નથી, જ્યાં સુધી તેની માતા વાહક અને તેણીના પિતા રંગ અંધ હોય.

હિમોફિલિયા (Haemophilia) : આ લિંગ સંકલિત પ્રચ્છન્ન રોગનો વ્યાપક અભ્યાસ થઈ ચૂક્યો છે. જેમાં સામાન્ય વાહક માદાથી અમુક નર સંતતિમાં રોગનો ફેલાવો થાય છે. આ રોગ રુધિર ગંઠાવવાની ક્રિયા સંબંધિત છે જેમાં એકલ પ્રોટીન અસરગ્રસ્ત થાય છે. આ પ્રોટીન એક પ્રોટીન શૃંખલાનો અંશ માત્ર હોય છે. એના કારણે અસરગ્રસ્ત વ્યક્તિના શરીરમાં નાનો ઘા પડવાથી પણ રુધિરનું નીકળવું બંધ થતું નથી. વિષમયુગ્મી માદા (વાહક) દ્વારા આ હિમોફિલિયા રોગ પુત્રોમાં વહન પામે છે. માદાની રોગગ્રસ્ત હોવાની સંભાવના નહિવત્ હોય છે; કારણ કે, આ પ્રકારની માદાની માતા વાહક અને પિતા હિમોફિલિક હોવા જરૂરી છે (જે વધુ ઉંમર સુધી જીવિત નથી રહેતા). રાણી વિક્ટોરિયાના કુટુંબની વંશાવળી આવા અનેક હિમોફિલિક વારસો ધરાવતાં સંતાનો દર્શાવે છે; કારણ કે, રાણી આ રોગના વાહક હતા.

સિકલ-સેલ ઍનિમિયા (Sickle-cell anaemia) : આ એક દૈહિક રંગસૂત્રો સંલગ્ન પ્રચ્છન્ન લક્ષણ છે જે પિતૃમાંથી સંતતિમાં ત્યારે જ પ્રવેશ કરે છે જ્યારે બંને પિતૃઓ જનીનના વાહક હોય (અથવા વિષમયુગ્મી). આ રોગનું નિયંત્રણ એક જોડ જનીન Hb^A અને Hb^S કરે છે. રોગનાં લક્ષણો ત્રણ સંભવ જિનોટાઈપમાંથી માત્ર Hb^S ($Hb^S Hb^S$)વાળા સમયુગ્મી વ્યક્તિઓમાં દેખાય છે. વિષમયુગ્મી ($Hb^A Hb^S$) વ્યક્તિ રોગમુક્ત હોય છે. પરંતુ તે રોગના વાહક હોય છે. વિકૃત જનીન સંતતિમાં ઊતરવાની સંભાવના 50 % હોય છે (આકૃતિ 5.15). આ વિકારનું કારણ હિમોગ્લોબીન અણુની



આકૃતિ 5.15 : રક્તકણની બાહ્યરચના તથા હિમોગ્લોબીનની β શૃંખલાના સંગત ભાગના એમિનો ઍસિડનો સૂક્ષ્મ-આલેખ (micrograph) (a) સામાન્ય વ્યક્તિમાંથી (b) સિકલ-સેલ ઍનિમિયા ધરાવતા વ્યક્તિમાંથી

β ગ્લોબિન શૃંખલાના છઠ્ઠા ક્રમમાં આવેલ એમિનોઍસિડ ગ્લુટામિક ઍસિડ (Glu)નું વેલાઇન (Val) દ્વારા દૂર થવાનું છે. ગ્લોબિન પ્રોટીનમાં ઍમિનોઍસિડની આ બાદબાકી β ગ્લોબિનના છઠ્ઠા સંકેતમાં GAGના સ્થાને GUG દ્વારા દૂર થવાના કારણે થાય છે. ઓછા ઑક્સિજનની સ્થિતિમાં વિકૃત હિમોગ્લોબીન અણુમાં બહુલીકરણ થઈ જાય છે અને તાણના કારણે RBCનો દ્વિતઅંતર્ગોળ આકાર બદલાઈને દાતરડાં (sickle) આકારનો થઈ જાય છે (આકૃતિ 5.15).

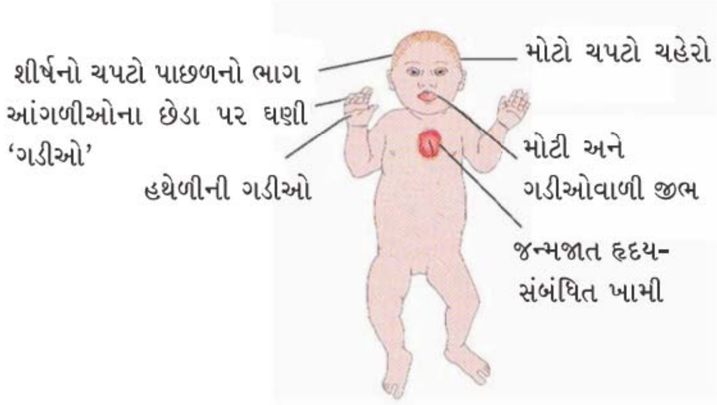
ફિનાઇલ કિટોન્યુરિયા (Phenylketonuria) : આ જન્મજાત ચયાપચયિક ખામી પણ દૈહિક પ્રચ્છન્ન લક્ષણોની જેમ આનુવંશિકતા દર્શાવે છે. રોગગ્રસ્ત વ્યક્તિમાં ફિનાઇલ એલેનીન નામના એમિનોઍસિડને ટાયરોસીન એમિનોઍસિડમાં રૂપાંતરણ કરવા માટે જરૂરી ઉત્સેચકની ઊણપ થઈ જાય છે. પરિણામ સ્વરૂપે ફિનાઇલ એલેનીન એકત્રિત થતો રહે છે અને ફિનાઇલ પાયરુવિક ઍસિડ તથા અન્ય વ્યુત્પનોમાં ફેરવાય છે. તેના એકત્રીકરણથી માનસિક નબળાઈ આવી જાય છે. મૂત્રપિંડ દ્વારા ઓછો શોષણ પામવાથી તે વધુપડતો મૂત્ર સ્વરૂપે ઉત્સર્જન પામે છે.

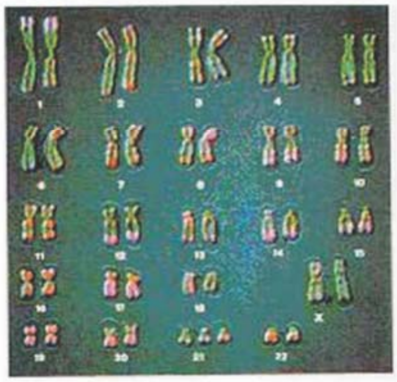
થેલેસેમિયા (Thalassemia) : આ પણ એક દૈહિક-સંલગ્ન પ્રચ્છન્ન જનીનથી થતો રુધિરરોગ છે. તે પિતૃઓમાંથી સંતતિમાં કે જ્યારે બંને પિતૃઓ બિનઅસરકારક વાહક જનીન (અથવા વિષમયુગ્મી)ને વહન કરતા હોય. આ અસર થવાનું કારણ વિકૃતિ અથવા દૂર થવું જેના આખરી પરિણામમાં હિમોગ્લોબીનના નિર્માણમાં વપરાતી ગમે તે એક ગ્લોબીનની સાંકળ (α અને β સાંકળો)ના સંશ્લેષણમાં ઘટાડો છે. આને કારણે હિમોગ્લોબીનના અસામાન્ય અણુઓ નિર્માણ પામે છે જેને પરિણામે ઍનિમિયા થાય છે, જે રોગનું લક્ષણ છે. હિમોગ્લોબીન અણુની કઈ સાંકળ અસરકર્તા છે તેને આધારે થેલેસેમિયાનું વર્ગીકરણ કરી શકાય છે. 'α' થેલેસેમિયામાં 'α' ગ્લોબીન સાંકળનું ઉત્પાદન અસરકર્તા છે. જ્યારે 'β' થેલેસેમિયામાં 'β' ગ્લોબીન સાંકળનું ઉત્પાદન અસરકર્તા છે. 'α' થેલેસેમિયા એ બે નજીકથી જોડાયેલા સંલગ્ન જનીનો HBA1 અને HBA2 કે જે દરેક પિતૃના 16મા રંગસૂત્ર ઉપર આવેલ છે તેના દ્વારા નિયંત્રિત હોય છે અને તે એક કે ચાર જનીનમાંથી વધુ જનીનોમાં વિકૃતિ અથવા દૂર કરવાના કારણે જોવા મળે છે. જેમ વધુ જનીનો અસરકર્તા તેમ α (આલ્ફા) ગ્લોબીન અણુઓનું ઉત્પાદન ઓછું. જ્યારે 'β' થેલેસેમિયા એકલ જનીન HBB કે જે દરેક પિતૃના 11મા રંગસૂત્ર ઉપર આવેલ છે તેના દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે અને તે એક અથવા બંને એક જનીનમાં વિકૃતિ અથવા દૂર કરવાના કારણે જોવા મળે છે. થેલેસેમિયા, સિકલ-સેલ ઍનિમિયાથી અલગ છે જેમાં અગાઉનામાં ગ્લોબીનના અણુના સંશ્લેષણની માત્રાત્મક (quantitatively) સમસ્યા છે, જ્યારે બાદમાં ખોટી રીતે કાર્ય કરતા ગ્લોબીનના સંશ્લેષણની ગુણાત્મક (qualitatively) સમસ્યા છે.

5.8.3 રંગસૂત્રીય અનિયમિતતાઓ (Chromosomal disorders)

એક અથવા વધારે રંગસૂત્રોની ગેરહાજરી અથવા એક અથવા વધારે રંગસૂત્રોની અસામાન્ય ગોઠવણીથી રંગસૂત્રીય અનિયમિતતાઓ થાય છે.

કોષ-વિભાજનના સમયે રંગસૂત્રિકાઓનું વિશ્લેષણ ન થવાના કારણે રંગસૂત્રોનો વધારો કે ઘટાડો થઈ જાય છે જેને **એન્યુપ્લૉઇડી (aneuploidy)** કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે 21મી જોડના રંગસૂત્રોમાં વધારાના એક રંગસૂત્રના કારણે ડાઉન સિન્ડ્રોમ્સ થાય છે. તેવી જ રીતે એક X-રંગસૂત્ર ગુમાવવાના કારણે સ્ત્રીઓમાં ટર્નર્સ સિન્ડ્રોમ થાય છે. કોષ-વિભાજનની અંત્યાવસ્થા પછી કોષરસ વિભાજન (cytokinesis) ન થવાના કારણે સજીવોમાં રંગસૂત્રોનું આખું જૂથ વધી જાય છે જેને **પોલીપ્લોઇડી (polyploidy)** કહે છે. આ અવસ્થા વનસ્પતિઓમાં મુખ્યત્વે જોવા મળે છે.

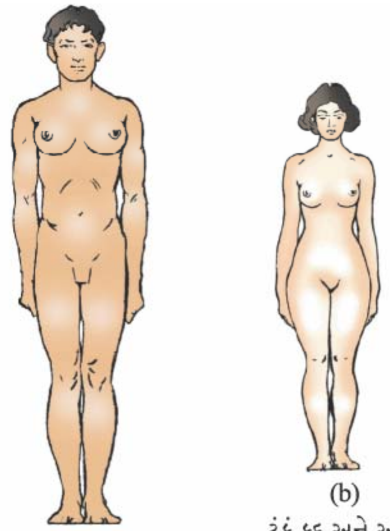




આકૃતિ 5.16 : આપેલ આકૃતિ જેમાં વ્યક્તિ ડાઉન્સ સિન્ડ્રોમથી અસરગ્રસ્ત છે અને તે વ્યક્તિનાં અનુરૂપ રંગસૂત્રો દર્શાવવામાં આવેલ છે

મનુષ્યમાં કુલ રંગસૂત્રોની સંખ્યા 46 (23 જોડ) છે. તેમાંથી 22 જોડ દૈહિક રંગસૂત્ર હોય છે અને એક જોડ લિંગી રંગસૂત્ર હોય છે. ક્યારેક-ક્યારેક વ્યક્તિમાં રંગસૂત્રની એક વધારાની જોડ ઉમેરાઈ જાય છે અથવા ક્યારેક રંગસૂત્રની એક જોડની ઘટ પડે છે. આ સ્થિતિઓને ક્રમશઃ રંગસૂત્રની ટ્રાયસોમી (trisomy) અથવા મૉનોસોમી (monosomy) કહેવામાં આવે છે. આવી સ્થિતિની અસરથી વ્યક્તિમાં ગંભીર રોગ થઈ જાય છે. રંગસૂત્રીય અનિયમિતતાના સામાન્ય ઉદાહરણ ડાઉન્સ સિન્ડ્રોમ્સ, ટર્નર સિન્ડ્રોમ્સ, ક્લાઇન ફેલ્ટર સિન્ડ્રોમ વગેરે છે.

ડાઉન્સ સિન્ડ્રોમ (Down's Syndrome) : આ આનુવંશિક અનિયમિતતા થવાનું કારણ 21મા રંગસૂત્રમાં (ટ્રાયસોમી 21) એક વધારાનું રંગસૂત્ર ઉમેરાવાનું છે. આ ખામીનું સૌપ્રથમ વર્ણન 1866માં લેન્ગડન ડાઉન (Langdon Down) વૈજ્ઞાનિક દ્વારા કરવામાં આવ્યું હતું. અસરગ્રસ્ત વ્યક્તિ ટૂંકું કદ અને ગોળ માથું ધરાવે છે. ખાંચાયુક્ત તિરાડવાળી જીભ હોય છે અને મુખ આંશિક ખૂલે છે (આકૃતિ 5.16). હથેળી પહોળી અને લાક્ષણિક ગડીઓવાળી હોય છે. શારીરિક, માનસિક મંદતા (psychomotor) અને માનસિક વિકાસ રુંધાયેલો હોય છે.



(a) ઊંચા કદની સાથે સ્ત્રીનાં લક્ષણો

(b) ટૂંકું કદ અને અલ્પ વિકસિત માદાનાં લક્ષણો

આકૃતિ 5.17 : મનુષ્યમાં લિંગી રંગસૂત્રોના બંધારણને કારણે ઉત્પન્ન થતા આનુવંશિક વિકારોનું રેખાંકિત નિરૂપણ (a) ક્લાઇનફેલ્ટર સિન્ડ્રોમ (b) ટર્નર સિન્ડ્રોમ

ક્લાઇન ફેલ્ટર્સ સિન્ડ્રોમ (Klinefelter's Syndrome) : આ આનુવંશિક વિકારનું કારણ એક વધારાનું X-રંગસૂત્ર છે. જેના કારણે કેર્યોટાઇપમાં 47, XXY રંગસૂત્રો થઈ જાય છે. આવી વ્યક્તિ સંપૂર્ણ રીતે પુરુષ હોય છે પરંતુ માદાનાં લક્ષણો (સ્તનનો વિકાસ, એટલે કે અલ્પવિકસિત સ્તન-gynaecomastic) પણ અભિવ્યક્ત થાય છે (આકૃતિ 5.17 a). આવી વ્યક્તિ વંધ્ય હોય છે.

ટર્નર્સ સિન્ડ્રોમ (Turner's Syndrome) : આ પ્રકારના વિકારનું કારણ એક X-રંગસૂત્રની ગેરહાજરી છે. એટલે કે 45 રંગસૂત્રો જેમાં XO સ્થિતિ. આવી સ્ત્રી વંધ્ય હોય છે. કેમકે અંડપિંડ અલ્પવિકસિત હોય છે ઉપરાંત અન્ય લક્ષણો જેવા કે દ્વિતીય ગૌણ જાતીય લક્ષણોનો અભાવ હોય છે (આકૃતિ 5.17 b).

સારાંશ

જનીનવિદ્યા જીવવિજ્ઞાનની એ શાખા છે જે આનુવંશિક વ્યવહાર અને સિદ્ધાંતોનો અભ્યાસ કરે છે. એ તથ્ય છે કે સંતતિ પોતાના પિતૃઓ સાથે બાહ્યાકાર અને દૈહિક લક્ષણોમાં મળતી આવે છે જેણે અનેક જીવવિજ્ઞાનીઓનું ધ્યાન આકર્ષિત કર્યું હતું. આ ઘટનાને વ્યવસ્થિત અભ્યાસ કરવાવાળો સૌપ્રથમ વૈજ્ઞાનિક મૅન્ડલ હતો. વટાણાના છોડમાં વિરોધાભાસી લક્ષણોની આનુવંશિકતાના અનુકરણીય નમૂનાઓનો અભ્યાસ કરતા મૅન્ડલે સિદ્ધાંતોને પ્રસ્થાપિત કર્યા જે આજે 'મૅન્ડલના આનુવંશિકતાના નિયમો'થી ઓળખાય છે. તેઓએ સૂચિત કર્યું કે લક્ષણનું નિયમન કરતા કારક (પછીથી જનીન નામ અપાયું) જોડમાં જોવા મળે છે જેને એલેલ કહેવામાં આવ્યા. તેઓએ જોયું કે સંતતિમાં લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ પ્રથમ પેઢી (F_1), દ્વિતીય પેઢી (F_2) તથા આગળની પેઢીઓમાં એક નિશ્ચિત પ્રકારે થાય છે. કેટલાંક લક્ષણ અન્ય ઉપર પ્રભાવી હોય છે. પ્રભાવી લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ ત્યારે જ થાય છે જ્યારે કારક વિષમયુગ્મી સ્થિતિમાં આવેલા હોય (પ્રભુતાનો નિયમ). જ્યારે પ્રચ્છન્ન લક્ષણોની અભિવ્યક્તિ માત્ર સમયુગ્મી સ્થિતિમાં જ થાય છે. લક્ષણો ક્યારેય વિષમયુગ્મી સ્થિતિમાં મિશ્રિત થતાં નથી. પ્રચ્છન્ન લક્ષણ કે જે વિષમયુગ્મી સ્થિતિમાં અભિવ્યક્તિ નથી દર્શાવતું તે સમયુગ્મી સ્થિતિમાં અભિવ્યક્ત થાય છે. આથી, જન્યુઓના સર્જન વખતે લક્ષણો વિશ્લેષણ પામે છે (વિશ્લેષણનો નિયમ).

બધાં જ લક્ષણો વાસ્તવિક રીતે પ્રભુતા દર્શાવતા નથી. કેટલાંક લક્ષણો અપૂર્ણ પ્રભુતા તથા કેટલાક સહ-પ્રભુતા પણ દર્શાવે છે. જ્યારે મૅન્ડલે બે જોડ લક્ષણોની આનુવંશિકતાનો અભ્યાસ કર્યો ત્યારે જોવા મળ્યું કે કારક મુક્ત રીતે વહેંચણી પામે છે અને આ બધાં જ ક્રમચયો અને સંયોજનોથી રજૂ થાય છે (મુક્ત વહેંચણીનો નિયમ). વિવિધ પ્રકારના જન્યુઓના વિકલ્પો સૈદ્ધાંતિક રીતે પુનેટ સ્ક્વેરમાં દર્શાવવામાં આવે છે. રંગસૂત્રો પર સ્થિત કારક (અત્યારે જનીન) જે લક્ષણોનું નિયમન કરે છે તેને જનીન પ્રકાર કહે છે અને દૈહિક (શારીરિક) સ્વરૂપથી અભિવ્યક્ત લક્ષણોને સ્વરૂપ પ્રકાર કહેવામાં આવે છે.

જ્યારે એ જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ કે જનીન રંગસૂત્રોમાં સ્થિત હોય છે ત્યારે મૅન્ડલના નિયમો અને અર્ધીકરણ દરમિયાન થવાવાળાં રંગસૂત્રોના વિશ્લેષણ (segregation) અને વહેંચણી (assortment) વચ્ચે સહસંબંધ સ્થાપિત થઈ શક્યો. મૅન્ડલનો નિયમ પસાર થતા તે આનુવંશિકતાનો રંગસૂત્રીય વાદ તરીકે ઓળખાવા લાગ્યો. પછી ખ્યાલ આવ્યો કે જો જનીન એક જ રંગસૂત્ર પર આવેલા હોય તો મૅન્ડલનો મુક્ત વિશ્લેષણનો નિયમ સાચો પડતો નથી. આવા જનીનને સહલગ્ન જનીન કહેવામાં આવ્યા. અત્યંત નજીક આવેલા જનીનોની એક સાથે વહેંચણી (assort) થાય છે અને દૂર આવેલા જનીનો પુનઃ સંયોજનના કારણે સ્વતંત્ર રીતે વહેંચાય છે. જનીન નકશા, વાસ્તવમાં એક જ રંગસૂત્રમાં સ્થિત જનીનોની ગોઠવણીનો સંબંધ દર્શાવે છે.

અનેક જનીનો લિંગ સાથે સંકળાયેલા હોય છે જેને લિંગ સંકલિત જનીનો કહે છે. બંને જાતિ (નર અને માદા)માં રંગસૂત્રોનું એક જૂથ એકસમાન હોય છે. જ્યારે બીજું જૂથ ભિન્ન હોય છે. જે બંને જાતિમાં ભિન્ન હોય છે તેને લિંગી રંગસૂત્રો કહેવાય છે જ્યારે બાકીના બીજા રંગસૂત્ર જૂથને દૈહિક રંગસૂત્રો કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય માદામાં 22 જોડ દૈહિક રંગસૂત્રો સાથે એક જોડ લિંગી રંગસૂત્ર (XX) હોય છે. જ્યારે નરમાં દૈહિક રંગસૂત્રોની 22 જોડ અને એક જોડ લિંગી રંગસૂત્ર XY હોય છે. મરઘીમાં નરમાં લિંગી રંગસૂત્ર ZZ તથા માદામાં ZW હોય છે.

જનીનદ્રવ્યમાં થતા ફેરફારને વિકૃતિ કહે છે. DNAની માત્ર એક જોડ બેઇઝમાં થતા ફેરફારને પૉઇન્ટ મ્યુટેશન કહે છે. સિકલ-સેલ ઍનિમિયા રોગ હિમોગ્લોબીનની β–શૃંખલાનું સાંકેતન કરવાવાળા જનીનના એક બેઇઝમાં ફેરફાર થવાથી થાય છે. આનુવંશિક વિકૃતિના અભ્યાસ વંશાવળી

પૃથક્કરણ બનાવીને કરી શકાય છે. કેટલીક વિકૃતિ સમગ્ર રંગસૂત્રના જૂથને બદલી નાંખે છે (polyploidy) અથવા રંગસૂત્રોના ઉપજૂથમાં બદલાવ પ્રેરે છે (aneuploidy). આનુવંશિક વિકૃતિઓના ઉત્પરિવર્તની આધારને સમજવામાં સહાયતા મળે છે. ડાઉન્સ સિન્ડ્રોમ થવાનું કારણ 21મા રંગસૂત્રની ટ્રાયસોમી છે. એટલે કે એક વધારાનું રંગસૂત્ર 21મા સ્થાને જોવા મળે છે આથી રંગસૂત્રોની સંખ્યા 47 થાય છે. ટર્નર્સ સિન્ડ્રોમમાં એક X-રંગસૂત્રનો અભાવ હોય છે. આથી લિંગી રંગસૂત્ર XO થઈ જાય છે. ક્લાઇનફેલ્ટર્સ સિન્ડ્રોમમાં XXY અવસ્થા નિર્દેશિત થાય છે. આ કેર્યોટાઇપના અભ્યાસ પરથી સરળતાથી સમજી શકાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. મૅન્ડલ દ્વારા વટાણાના છોડને પ્રયોગ માટે પસંદગી કરવા માટેના લાભો જણાવો.
2. નીચેનામાં ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (a) પ્રભાવી અને પ્રચ્છન્ન
   (b) સમયુગ્મી અને વિષમયુગ્મી
   (c) એકસંકરણ અને દ્વિસંકરણ
3. કોઈ દ્વિકીય સજીવ 4 સ્થાનો માટે વિષમયુગ્મી છે, તો કેટલા પ્રકારના જન્યુઓ ઉત્પન્ન કરી શકશે ?
4. એકસંકરણનો ઉપયોગ કરીને પ્રભુતાનો નિયમ સમજાવો.
5. કસોટી સંકરણની વ્યાખ્યા અને રૂપરેખા આપો.
6. એક જ જનીન સ્થાનવાળી સમયુગ્મી માદા અને વિષમયુગ્મી નરના સંકરણથી પ્રાપ્ત પ્રથમ સંતતિ પેઢીના સ્વરૂપ પ્રકાર વિતરણને પુનેટ સ્ક્વેર બનાવીને નિર્દેશિત કરો.
7. ઊંચા છોડ પીળા બીજવાળા (TtYy)નું સંકરણ ઊંચા છોડ લીલા બીજવાળા (Ttyy) સાથે કરવાથી નીચેનામાંથી કેવા પ્રકારનો સ્વરૂપ પ્રકાર ધરાવતી સંતતિની અપેક્ષા રાખી શકાય :
   (a) ઊંચા અને લીલા
   (b) નીચા અને લીલા
8. બે વિષમયુગ્મી પિતૃનો પરફલન કરવામાં આવ્યો. જો તેમાં બે સ્થળો સહલગ્ન છે, તો દ્વિસંકરણ પરફલનમાં F_2 પેઢીના સ્વરૂપ પ્રકારનાં લક્ષણોનું વિતરણ કયું હશે ?
9. જનીનવિદ્યામાં ટી.એચ. મોર્ગનના યોગદાનને સંક્ષિપ્તમાં વર્ણવો.
10. વંશાવળી પૃથક્કરણ શું છે ? આ પૃથક્કરણ કેવી રીતે ઉપયોગી છે. ટિપ્પણી કરો.
11. મનુષ્યમાં લિંગ-નિશ્ચયન કેવી રીતે થાય છે ?
12. શિશુનું રુધિરજૂથ O છે. પિતાનું રુધિરજૂથ A અને માતાનું રુધિરજૂથ B છે. પિતૃઓના જનીન પ્રકારની તપાસ કરો અને અન્ય સંતતિમાં સંભવિત જનીન પ્રકારની જાણકારી પ્રાપ્ત કરો.
13. નીચેના શબ્દોને ઉદાહરણ સહિત સમજાવો :
    (a) સહ-પ્રભાવિતા
    (b) અપૂર્ણ પ્રભુતા
14. પૉઇન્ટ મ્યુટેશન શું છે ? ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.
15. આનુવંશિકતાનો રંગસૂત્રીય વાદ કોણે પ્રસ્થાપિત કર્યો ?
16. કોઈ પણ બે જનીનિક અનિયમિતતાનો તેનાં લક્ષણો સહિત ઉલ્લેખ કરો.

પ્રકરણ 6

આનુવંશિકતાનો આણ્વિય આધાર (Molecular Basis of Inheritance)

6.1 DNA
6.2 જનીનદ્રવ્ય માટેની શોધ
6.3 RNA વિશ્વ
6.4 સ્વયંજનન
6.5 પ્રત્યાંકન/અનુલેખન
6.6 જનીન સંકેત
6.7 ભાષાંતરણ
6.8 જનીન અભિવ્યક્તિનું નિયમન
6.9 હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ
6.10 DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ

અગાઉના પ્રકરણમાં તમે આનુવંશિક ભાતના જનીનિક આધાર વિશે અભ્યાસ કર્યો. મૅન્ડલ(Mendel)ના સમયમાં કારકો કે જે આનુવંશિક ભાતનું નિયંત્રણ કરે છે તેના વિશે કોઈ સ્પષ્ટતા ન હતી. સો વર્ષો પછી અનુમાનિત જનીનદ્રવ્ય(આનુવંશિક દ્રવ્ય)નો ખ્યાલ આવ્યો કે મોટા ભાગના સજીવોમાં આ આનુવંશિક દ્રવ્ય DNA-ડિઑક્સિરિબોન્યુક્લિઇક ઍસિડ છે. ધોરણ XIમાં તમે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો કે, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ ન્યુક્લિઓટાઇડનો પોલિમર છે.

જૈવિક તંત્રોમાં બે પ્રકારના ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જોવા મળે છે. જેમ કે ડિઑક્સિરિબોન્યુક્લિઇક ઍસિડ (DNA) અને રિબોન્યુક્લિઇક ઍસિડ (RNA). મોટા ભાગના સજીવોમાં DNA આનુવંશિક દ્રવ્ય તરીકે વર્તે છે. કેટલાક વાઇરસમાં આનુવંશિક દ્રવ્ય સ્વરૂપે RNA જોવા મળે છે, છતાં તે મોટે ભાગે સંદેશાવાહક તરીકે કાર્ય કરે છે. RNAનાં અન્ય કાર્યો પણ હોય છે. તે અનુકૂલકારક, સંરચનાત્મક અને કેટલીક સ્થિતિમાં ઉત્પ્રેરક અણુ તરીકે પણ કાર્ય કરે છે. તમે ધોરણ XIમાં ન્યુક્લિઓટાઇડ્સની સંરચના તથા આ મોનોમર એકમો જોડાઈને ન્યુક્લિઇક ઍસિડના પોલિમર બનવાની રીતનો અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો. આ પ્રકરણમાં આપણે DNAની સંરચના, તેનું સ્વયંજનન, DNAમાંથી RNAનું નિર્માણ (પ્રત્યાંકન), જનીન સંકેત કે જે પ્રોટીનમાં એમિનોઍસિડના ક્રમને નક્કી કરે છે તે તથા પ્રોટીન સંશ્લેષણ (ભાષાંતરણ) અને તેના નિયંત્રણના પ્રાથમિક આધાર વિશે ચર્ચા કરશું. છેલ્લા દસકામાં માનવ જનીન સંકુલ (human genome)માં ન્યુક્લિઓટાઇડ્સના પૂર્ણ ક્રમના નિર્ધારણથી જિનોમિક્સના નવા યુગની શરૂઆત થઈ. આ પ્રકરણના અંતિમ ભાગમાં હ્યુમન જીનોમ અનુક્રમની આવશ્યકતા તથા તેનાં પરિણામો (consequences) વિશે વર્ણન કરવામાં આવ્યું છે.

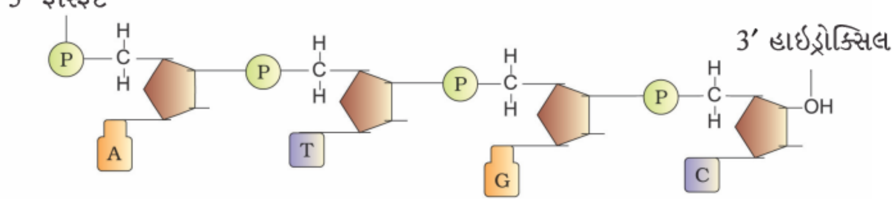
ચાલો, આપણે સૌથી પહેલાં ચર્ચાની શરૂઆત જૈવિક તંત્રોમાં જોવા મળતા સર્વાધિક રસપ્રદ અણુ DNAની સંરચનાના અભ્યાસથી કરીએ. આગળના ભાગમાં આપણે એ સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું કે, શા માટે એ (DNA) વિપુલ પ્રમાણમાં જોવા મળતું જનીનિક દ્રવ્ય છે અને તેનો RNA સાથે શું સંબંધ છે ?

6.1 DNA

DNA એ ડિઓક્સિરિબોન્યુક્લિઓટાઇડ્સનો લાંબો પોલિમર છે. DNAની લંબાઈ તેમાં જોવા મળતાં ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ (અથવા ન્યુક્લિઓટાઇડ્સની જોડને સંબંધિત બેઇઝ જોડ તરીકે પણ ઉલ્લેખાય છે)ની સંખ્યા મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. જે સજીવની લાક્ષણિકતા પણ છે. ઉદાહરણ તરીકે બૅક્ટેરિઓફેઝ $\phi \times 174$ 5386 ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ ધરાવે છે, બૅક્ટેરિઓફેઝ લેમ્ડા 48,502 બેઇઝ જોડ (bp), ઈશ્રેરેશિયા કોલાઈ (*Escherichia Coli*) 4.6×10^6 bp તેમજ મનુષ્ય તેના એકકીય DNAમાં 3.3×10^9 bp ધરાવે છે. ચાલો, આપણે આ લાંબા પોલિમરની સંરચનાની ચર્ચા કરીએ.

6.1.1 પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાની સંરચના (Structure of Polynucleotide Chain)

ચાલો, આપણે પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલા (DNA અથવા RNA)ની રાસાયણિક સંરચનાને સંક્ષિપ્તમાં યાદ કરીએ. ન્યુક્લિઓટાઇડ ત્રણ ઘટકો ધરાવે છે : નાઇટ્રોજન બેઇઝ, પૅન્ટોઝ શર્કરા (RNAમાં રિબોઝ અને DNAમાં ડિઑક્સિરિબોઝ) અને ફૉસ્ફેટ જૂથ. નાઇટ્રોજન બેઇઝ બે પ્રકારના હોય છે - પ્યુરિન (એડેનીન અને ગ્વાનીન) તેમજ પિરિમિડિન (સાઇટોસિન, યુરેસીલ અને થાયમીન). સાયટોસિન DNA તેમજ RNA બંનેમાં જોવા મળે છે અને થાયમીન DNAમાં જોવા મળે છે. જ્યારે RNAમાં થાયમીનના સ્થાને યુરેસીલ જોવા મળે છે. નાઇટ્રોજન બેઇઝ પૅન્ટોઝ શર્કરાના પ્રથમ (1°) C (કાર્બન)ના –OH સમૂહ સાથે N-ગ્લાયકોસિડિક બંધ દ્વારા જોડાઈને ન્યુક્લિઓસાઇડ બનાવે છે, જેમકે એડિનોસાઇન અથવા ડિઑક્સિએડિનોસાઇન, ગ્વાનોસાઇન અથવા ડિઑક્સિગ્વાનોસાઇન, સાઇટિડિન અથવા ડિઑક્સિસાઇટિડિન અને યુરીડિન અથવા ડિઑક્સિથાયમીડિન. જ્યારે ફૉસ્ફેટ સમૂહ ફૉસ્ફોઍસ્ટર બંધ દ્વારા ન્યુક્લિઓસાઇડના પાંચમા (5′) Cના-OH સમૂહ સાથે જોડાય છે ત્યારે સંબંધિત ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ (ડિઑક્સિન્યુક્લિઓટાઇડ્સ જેનો આધાર હાજર શર્કરાના પ્રકાર પર રહેલો છે)નું નિર્માણ થાય છે. બે ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ 3′–5′ ફૉસ્ફોડાયઍસ્ટર બંધ દ્વારા જોડાઈને ડાયન્યુક્લિઓટાઇડનું નિર્માણ કરે છે. આ રીતે અસંખ્ય ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ જોડાઈને પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાનું નિર્માણ કરે છે. આ પ્રકારે નિર્મિત પોલિમરની શર્કરાના 5′ છેડા પર મુક્ત ફૉસ્ફેટ સમૂહ હોય છે, જેને પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાનો 5′ છેડો કહે છે. આ જ રીતે પોલિમરના બીજા છેડા પર શર્કરાના ત્રીજા (3′) Cનો મુક્ત સમૂહ જે –OH સમૂહ ધરાવે છે, જેને પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાનો 3′ છેડો કહે છે. પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાના આધાર (backbone)નું નિર્માણ શર્કરા



આકૃતિ 6.1 : પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલા

અને ફૉસ્ફેટ દ્વારા થાય છે. નાઇટ્રોજન બેઇઝ શર્કરાના છેડા સાથે જોડાયેલ હોય છે, જે આધારથી ઊપસી આવે છે (આકૃતિ 6.1).

RNAમાં પ્રત્યેક અવશેષિત ન્યુક્લિઓટાઇડ, રિબૉઝના 2′ સ્થાન પર એક વધારાનું –OH જૂથ ધરાવે છે. RNAમાં થાયમીન (5-મિથાઇલ યુરેસીલ એ થાયમીનનું બીજું રાસાયણિક નામ)ની જગ્યાએ યુરેસીલ જોવા મળે છે.

સૌપ્રથમ ફ્રેડરિક મિશરે (Friedrich Mischer) 1869માં કોષકેન્દ્રમાં જોવા મળતાં ઍસિડિક પદાર્થ તરીકે DNAની ઓળખ કરી. તેઓએ તેનું નામ 'ન્યુક્લેઇન' (Nuclein) આપ્યું. જોકે આવા લાંબા પોલિમરનું તક્નિકી મર્યાદાઓના કારણે અલગીકરણ કરવું મુશ્કેલ હતું એટલા માટે ખૂબ લાંબા સમય સુધી DNAની સંરચના વિશે સ્પષ્ટ જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ શકી નહિ. મૌરિસ વિલ્કિન્સ અને રોઝલિંડ ફ્રેન્કલિન દ્વારા આપવામાં આવેલ x-ray વિવર્તનની માહિતીને આધારે 1953માં જેમ્સ વૉટ્સન અને ફ્રાન્સિસ ક્રિકે DNAની સંરચનાનું સરળ પરંતુ પ્રખ્યાત (જાણીતું) **બેવડી કુંતલમય (double helix) રચના** ધરાવતું મૉડલ રજૂ કર્યું. તેઓની સમજૂતીમાં બંને પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાઓની વચ્ચે રચાતી બેઇઝ જોડ મુખ્ય બાબત હતી. ઉપર્યુક્ત બેવડા કુંતલમય DNAની સમજૂતી ઇર્વિન ચારગાફ (Erwin Chargaff)નાં અવલોકનોનો આધાર પણ હતો જેમાં તેઓએ જણાવ્યું કે **એડેનીન** અને **થાયમીન** તથા **ગ્વાનીન** અને **સાયટોસિન**ની વચ્ચેનું પ્રમાણ અચળ અને એકબીજાને સમાન રહે છે.

બેઇઝ-જોડાણ પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાઓને એક અજોડ લાક્ષણિકતા બક્ષે છે. આ બંનેને એકબીજાની પૂરક કહેવાય છે એટલા માટે એક શૃંખલામાં રહેલા બેઇઝક્રમ વિશેની જાણકારી જો હોય તો બીજી શૃંખલામાં રહેલ બેઇઝ ક્રમનું અનુમાન કરી શકીએ છીએ. વળી જો DNA (ચાલો તેને પિતૃ DNA કહીએ)ની પ્રત્યેક શૃંખલા નવી શૃંખલાના સંશ્લેષણ માટે પ્રતિકૃતિ (template)નું કાર્ય કરે તો આ રીતે બેવડી કુંતલમય DNA (જેને બાળ DNA કહે છે)નું નિર્માણ થાય છે કે જે પિતૃ DNA જેવું જ આબેહૂબ હોય છે. આ કારણથી DNAની સંરચનાનો જનીનિક સૂચિતાર્થ ઘણો સ્પષ્ટ થયો.

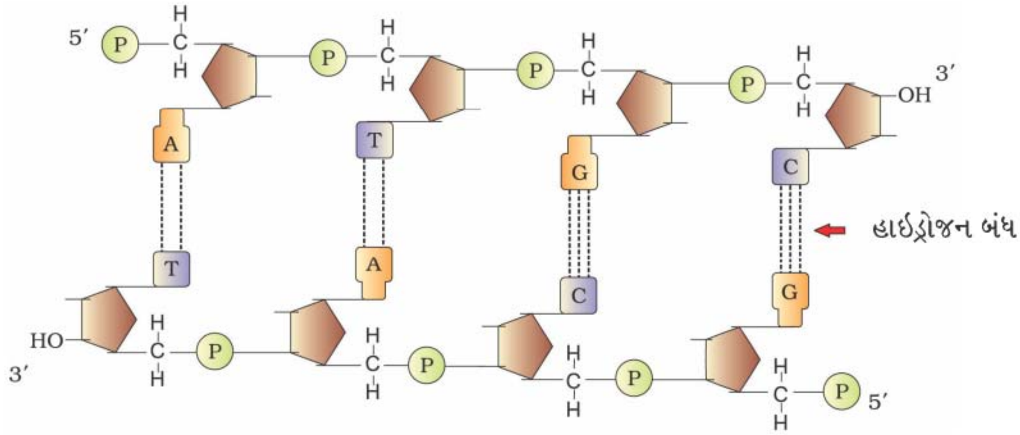
DNAની બેવડી કુંતલમય રચનાની મુખ્ય ખાસિયતો નીચે મુજબ છે :

(i) તે બે પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલાઓનું બનેલું હોય છે, જેનો આધાર શર્કરા-ફૉસ્ફેટનો બનેલ હોય છે અને નાઇટ્રોજન બેઇઝ અંદરની તરફ ઊપસી આવેલ (પ્રક્ષેપિત થયેલ) હોય છે.

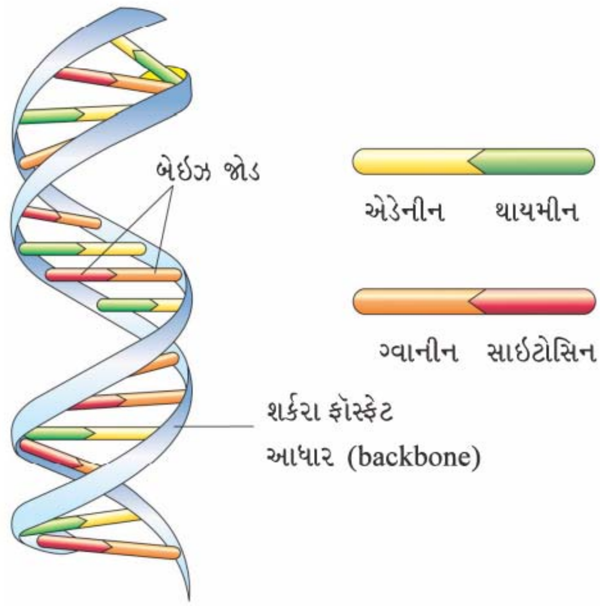
(ii) બંને શૃંખલાઓ પ્રતિ સમાંતર ધ્રુવતા ધરાવે છે. એટલે કે એક શૃંખલાની ધ્રુવતા 5′થી 3′ તરફ હોય તો બીજી શૃંખલાની ધ્રુવતા 3′થી 5′ તરફ હોય છે.

(iii) બંને શૃંખલાના બેઇઝ એકબીજા સાથે હાઇડ્રૉજન-બંધ (H-બંધ) દ્વારા જોડાઈને બેઇઝ જોડ (bp-base pair) બનાવે છે. વિરુદ્ધ શૃંખલાઓના એડેનીન અને થાયમીન એકબીજા સાથે બે હાઇડ્રોજન બંધથી જોડાય છે. એવી જ રીતે ગ્વાનીન અને સાઇટોસિન ત્રણ H-બંધ વડે જોડાયેલા રહે છે. જેના ફળસ્વરૂપે પ્યુરિનની સામે હંમેશાં પિરિમિડિન આવે છે. તેનાથી કુંતલની બંને શૃંખલાઓ વચ્ચે લગભગ સમાન અંતર જળવાઈ રહે છે (આકૃતિ 6.2).

(iv) બંને શૃંખલાઓ જમણેરી કુંતલ (right-handed fashion) પામેલ હોય છે. કુંતલનો ગર્ત (pitch) 3.4 nm (એક નૅનોમીટર એક મીટરનો 10 કરોડમો ભાગ એટલે કે 10^{-9} મીટર જેટલો) હોય છે અને તેના પ્રત્યેક વળાંકમાં 10 bp જોવા મળે છે. પરિણામ સ્વરૂપે એક કુંતલમાં બે ક્રમિક જોડ વચ્ચેનું અંતર લગભગ 0.34 nm જેટલું હોય છે.



આકૃતિ 6.2 : બેવડી કુંતલમય પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલા

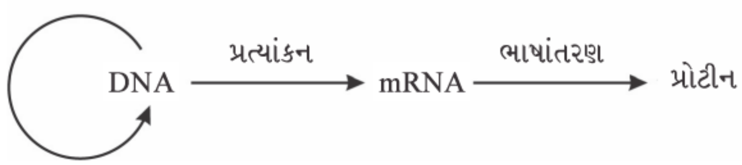


આકૃતિ 6.3 : DNAની બેવડી કુંતલાકાર રચના

(v) બેવડા કુંતલમાં એક બેઈઝ જોડ ઉપર બીજી સ્થિત હોય છે. વધુમાં હાઈડ્રોજન બંધ પણ કુંતલમય રચનાને સ્થાયીત્વ પ્રદાન કરે છે (આકૃતિ 6.3).

પ્યુરિન અને પિરિમિડિનની સંરચનાત્મક તુલના કરતાં, શું તમે જણાવી શકો છો કે DNAમાં બે પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ શૃંખલા વચ્ચેનું અંતર લગભગ સમાન કેમ રહે છે ?

DNAની બેવડી કુંતલમય સંરચનાની સમજૂતી અને તેનો જનીનિક સુચિતાર્થ સમજાવવાની સરળતા ક્રાંતિકારક બની છે. તરત જ ફ્રાન્સિસ ક્રિકે મધ્યસ્થ (પ્રસ્થાપિત) પ્રણાલી (central dogma)નો વિચાર પ્રસ્તુત કર્યો જેનાથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, આનુવંશિક માહિતીનો પ્રવાહ DNA → RNA → પ્રોટીન તરફ હોય છે.



મધ્યસ્થ (પ્રસ્થાપિત) પ્રણાલી (central dogma)

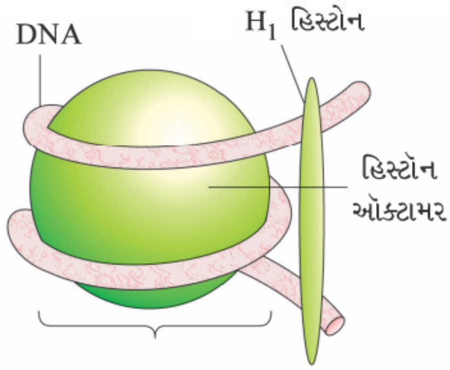
કેટલાક વાઈરસમાં ઉપર્યુક્ત પ્રવાહ વિપરીત દિશામાં પણ હોય છે. શું તમે આ પ્રક્રમ માટે એક સાધારણ નામની સલાહ આપી શકો છો ?

6.1.2 DNA કુંતલનું પૅકેજિંગ (Packaging of DNA Helix)

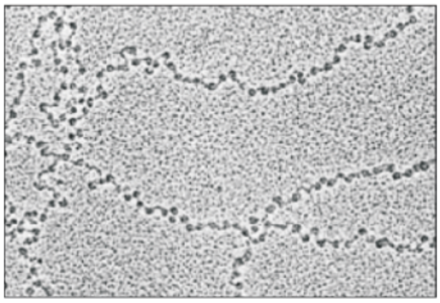
બે ક્રમિક બેઇઝ જોડની વચ્ચે અંતર 0.34 nm (0.34×10^{-9}m) લઈએ અને જો સામાન્ય લાક્ષણિક સસ્તન કોષના બેવડી કુંતલમય રચના ધરાવતા DNAની લંબાઈ ગણીએ (કુલ બેઇઝ જોડીની સંખ્યાને બે પાસપાસે આવેલ જોડના અંતરનો ગુણાકાર કરીને એટલે કે 6.6×10^9 bp $\times 0.34 \times 10^{-9}$m/bp) તો તે લગભગ 2.2 m આવે. આ લંબાઈ એક લાક્ષણિક કોષકેન્દ્રની લંબાઈ (આશરે 10^{-6}m) કરતાં ખૂબ જ વધુ કહેવાય. આપણને પ્રશ્ન થાય કે કેવી રીતે આટલો લાંબો પોલિમર (DNA) કોષમાં સમાવિષ્ટ થયો હશે ?

જો E. coli DNAની લંબાઈ 1.36 mm હોય, તો તમે E. coli માં આવેલ બેઇઝ જોડને ગણી શકશો ?

આદિકોષકેન્દ્રી જેવા કે ઈ. કોલાઇ *(E. coli)*માં સુવિકસિત કોષકેન્દ્રનો અભાવ હોય છે, તેમ છતાં પણ DNA તેના કોષમાં પૂર્ણરૂપે ફેલાયેલું હોતું નથી. DNA (ઋણ વીજભારિત) કેટલાક પ્રોટીન્સ (ધનવીજભારિત) સાથે જોડાઈને એક જગ્યા પર સ્થાપિત થાય છે જેને 'ન્યુક્લિઑઇડ' (nucleoid) કહે છે. ન્યુક્લિઑઇડમાં DNA મોટી કડી (loop) સ્વરૂપે આયોજિત હોય છે અને કડીઓ પ્રોટીન વડે જોડાયેલી હોય છે.



આકૃતિ 6.4 (a) : ન્યુક્લિઓઝોમ



આકૃતિ 6.4 (b) : EM આકૃતિ : દોરીમાં પરોવેલા મણકા

સુકોષકેન્દ્રી સજીવોમાં આ આયોજન એ ખૂબ જ જટિલ હોય છે. તેમાં ધનવીજભારિત પ્રોટીન સમૂહ આવેલા હોય છે જેને **હિસ્ટૉન** કહે છે. વીજભારિત પાર્શ્વશૃંખલા સાથેના એમિનોઍસિડની બહુલકતા (abundance)ને આધારે આ પ્રોટીન વીજભાર પ્રાપ્ત કરે છે. હિસ્ટૉન પ્રોટીનમાં સૌથી વધારે પ્રમાણમાં આલ્કલીય એમિનોઍસિડ લાયસીન અને આર્જેનીન આવેલા હોય છે. જેમાં બંને એમિનો–ઍસિડ્સની પાર્શ્વશૃંખલાઓ પર ધનવીજભાર હોય છે. હિસ્ટૉનના આઠ અણુઓના સંગઠિત એકમને **હિસ્ટૉન ઑક્ટામર (histone octamer)** કહે છે. હવે ઋણ વીજભારિત DNA ધનવીજભારિત હિસ્ટૉન ઑક્ટામર સાથે વિંટળાઈને જે રચના બનાવે છે તેને **ન્યુક્લિઓઝોમ (nucleosome)** કહે છે (આકૃતિ 6.4 a). એક લાક્ષણિક ન્યુક્લિઓઝોમ DNA કુંતલની 200 bp ધરાવે છે. કોષકેન્દ્રમાં આવેલા આવા ઘણા ન્યુક્લિઓઝોમ્સના પુનરાવર્તિત એકમોને **ક્રોમેટિન (chromatin)** કહે છે. જે કોષકેન્દ્રમાં દોરી જેવી અભિરંજિત રચના સ્વરૂપે જોવા મળે છે. ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપ (EM)માં જોતાં ક્રોમેટિનમાં આવેલા ન્યુક્લિઓઝોમ્સ દોરીમાં પરોવેલા મણકા જેવા દેખાય છે (આકૃતિ 6.4 b).

સૈદ્ધાંતિક રીતે સસ્તન કોષમાં તમે કેટલા મણકાઓ (ન્યુક્લિઓઝોમ્સ)ની હાજરીથી કલ્પના કરી શકો છો ?

ક્રોમેટિનમાં આવેલા દોરીમાં પરોવેલા મણકા (beads-on-string) હજુ વધુ સંગઠિત થઈને ક્રોમેટિન તંતુઓ રચે છે, જે કોષવિભાજનની ભાજનાવસ્થા દરમિયાન વધુ ગૂંચળામય અને સંગઠિત થઈને રંગસૂત્રની રચના કરે છે. ઉચ્ચ સ્તરે ક્રોમેટિનના પૅકેજિંગ માટે વધારાના પ્રોટીન્સ સેટની જરૂર પડે છે જેને સામૂહિક રીતે

નૉન-હિસ્ટૉન ક્રોમોઝોમલ (NHC) પ્રોટીન્સ કહે છે. લાક્ષણિક કોષકેન્દ્રમાં ક્રોમેટિનનો કેટલોક વિસ્તાર શિથિલ રીતે ગોઠવાય છે (આછો અભિરંજિત) જેને **યુક્રોમેટિન (euchromatin)** કહે છે. જે ક્રોમેટિન ગાઢ રીતે ગોઠવાયેલા હોય અને ઘેરો અભિરંજિત થતો હોય તેને **હિટેરોક્રોમેટિન (heterochromatin)** કહે છે. યુક્રોમેટિન પ્રત્યાંકન માટે સક્રિય ક્રોમેટિન છે જ્યારે હિટેરોક્રોમેટિન નિષ્ક્રિય છે.

6.2 જનીનદ્રવ્ય માટેની શોધ (The Search for Genetic Material)

મિશર દ્વારા ન્યુક્લેઇનની શોધ અને મૅન્ડલ દ્વારા આનુવંશિકતાના સિદ્ધાંતોની સમજૂતી લગભગ એક જ સમયે અપાઈ હોવા છતાં લાંબા સમય પછી એ સિદ્ધ તેમજ જ્ઞાત થઈ શક્યું કે, DNA આનુવંશિક દ્રવ્ય સ્વરૂપે કાર્ય કરે છે. જનીનિક આનુવંશિકતાની ક્રિયાવિધિ કેવી રીતે થાય છે તેની શોધ 1926 સુધીમાં તો આણ્વિય સ્તરે પહોંચી. ગ્રેગર મૅન્ડલ, વાલ્ટર સટન, થોમસ હન્ટ મોર્ગન તેમજ અન્ય બીજા વૈજ્ઞાનિકોની પૂર્વ શોધના આધારે સ્પષ્ટ થઈ ગયું કે, મોટા ભાગના કોષોમાં કોષકેન્દ્રમાં રંગસૂત્રો જોવા મળે છે. પરંતુ એ પ્રશ્નનો જવાબ મળી શક્યો નહિ કે વાસ્તવમાં કયો અણુ આનુવંશિક દ્રવ્ય છે.

રૂપાંતરણીય સિદ્ધાંત (Transforming Principle)

1928માં ફ્રેડરિક ગ્રિફિથ **સ્ટ્રેપ્ટોકોક્સ ન્યુમોની** - *Streptococcus pneumoniae* (બૅક્ટેરિયા કે જે ન્યુમોનિયા માટે જવાબદાર છે) સાથેના શ્રેણીબદ્ધ પ્રયોગોમાં બૅક્ટેરિયામાં થતા ચમત્કારિક રૂપાંતરણની ઘટનાના સાક્ષી રહ્યા હતા. તેમના પ્રયોગ દરમિયાન જીવંત (બૅક્ટેરિયા)ના ભૌતિક સ્વરૂપમાં પરિવર્તન થયું હતું.

જ્યારે સ્ટ્રેપ્ટોકોક્સ ન્યુમોની (ન્યુમોકોક્સ) બૅક્ટેરિયા સંવર્ધન પ્લેટ પર વૃદ્ધિ કરે છે ત્યારે કેટલાક લીસી ચળકતી કોષોની વસાહત (S) જ્યારે કેટલાક ખરબચડી વસાહત (R)નું નિર્માણ કરે છે. આવું થવાનું કારણ S સ્ટ્રેઇન (S જાત) બૅક્ટેરિયામાં શ્લેષ્મ (પોલિસેકેરાઇડ્સ)નું આવરણ હોય છે જ્યારે R સ્ટ્રેઇનમાં આવું હોતું નથી. જ્યારે ઉંદરને S સ્ટ્રેઇન (ઝેરી) વડે ચેપગ્રસ્ત કરવામાં આવ્યા ત્યારે ન્યુમોનિયાના ચેપથી તે મૃત્યુ પામ્યા. પણ ઉંદરને R સ્ટ્રેઇન વડે અસરગ્રસ્ત કરવામાં આવ્યા ત્યારે તેઓને ન્યુમોનિયા થયો નહિ.

S સ્ટ્રેઇન ⟶ ઉંદરમાં અંતઃક્ષેપણ ⟶ ઉંદર મૃત્યુ પામ્યા.

R સ્ટ્રેઇન ⟶ ઉંદરમાં અંતઃક્ષેપણ ⟶ ઉંદર જીવંત રહ્યા.

ગ્રિફિથે બૅક્ટેરિયાને ગરમ કરીને મૃત કર્યા. તેણે જોયું કે ગરમ કરવાથી મૃત S સ્ટ્રેઇન બૅક્ટેરિયા ઉંદરમાં દાખલ કરાવવાથી ઉંદરનું મૃત્યુ ન થયું. જ્યારે તેણે ગરમીથી મૃત કરેલ S સ્ટ્રેઇન અને જીવંત R સ્ટ્રેઇનનું મિશ્રણ ઉંદરમાં દાખલ કર્યું, તો ઉંદર મૃત્યુ પામ્યા. વધુમાં, આ મૃત ઉંદરમાંથી તેઓએ જીવંત S બૅક્ટેરિયા પ્રાપ્ત કર્યા.

S સ્ટ્રેઇન (ગરમીથી મૃત કરાયેલ) ⟶ ઉંદરમાં અંતઃક્ષેપણ ⟶ ઉંદર જીવંત રહ્યા.

S સ્ટ્રેઇન (ગરમીથી મૃત કરાયેલ) + R સ્ટ્રેઇન (જીવંત) ⟶ ઉંદરમાં અંતઃક્ષેપણ ⟶ ઉંદર મૃત્યુ પામ્યા.

ગ્રિફિથે તારણ કાઢ્યું કે, R સ્ટ્રેઇન બૅક્ટેરિયા કોઈ પણ રીતે ગરમીથી મૃત કરાયેલ S સ્ટ્રેઇન બૅક્ટેરિયા દ્વારા **રૂપાંતરિત (transformed)** થાય છે. **રૂપાંતરણ સિદ્ધાંત**, કોઈક રૂપાંતરણ તત્ત્વ કે જે ગરમીથી મૃત S સ્ટ્રેઇનમાંથી R સ્ટ્રેઇનમાં સ્થાનાંતરિત થાય છે. તેથી R સ્ટ્રેઇન લીસા પોલિસેકેરાઇડ્સનું આવરણ નિર્માણ કરી શકે છે જેનાથી તે ઝેરી બની જાય છે. જનીનિક દ્રવ્યનું રૂપાંતરણ થવાથી જ આમ બન્યું હોવું જોઈએ. જોકે તેઓના પ્રયોગ પરથી આનુવંશિક દ્રવ્યની જૈવરાસાયણિક પ્રકૃતિ વિશે ખ્યાલ આવી શકતો નથી.

રૂપાંતરિત સિદ્ધાંતનું જૈવરાસાયણિક લાક્ષણીકરણ (Biochemical Characterisation of Transforming Principe)

ઓસવાલ્ડ ઍવરી, કોલીન મૈકલિઑડ અને મેકલીન મેકકાર્ટી (1933-44)ના કાર્ય પહેલાં એવું માનવામાં આવતું હતું કે, આનુવંશિક દ્રવ્ય પ્રોટીન છે. ગ્રિફિથના પ્રયોગના આધારે 'રૂપાંતરિત સિદ્ધાંત' (transforming principle)ની જૈવરાસાયણિક પ્રકૃતિ નક્કી કરવા તેઓએ કાર્ય કર્યું.

ગરમીથી મૃત S કોષોમાંથી શુદ્ધિકૃત જૈવરસાયણો (પ્રોટીન, DNA, RNA વગેરે)થી તેઓએ એ જોયું કે, તેમાંથી કયું દ્રવ્ય જીવંત R કોષોને S કોષોમાં રૂપાંતર કરે છે. તેઓએ એ શોધી કાઢ્યું કે, S બૅક્ટેરિયાનું DNA એકલું જ R બૅક્ટેરિયાને રૂપાંતરિત કરી શકે છે.

તેઓએ એ બાબતની પણ શોધ કરી કે, પ્રોટીનનું પાચન કરતા ઉત્સેચક (પ્રોટીએઝીસ) અને RNAનું પાચન કરતા ઉત્સેચક (RNases) આ રૂપાંતરણો પર અસર કરતા નથી, એટલા માટે રૂપાંતરિત પામતો પદાર્થ પ્રોટીન કે RNA નથી. DNase દ્વારા પાચનથી આ રૂપાંતરણ પ્રક્રિયા અવરોધાય છે. એનાથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, DNA રૂપાંતરણ માટે જવાબદાર છે. તેનાથી તેઓએ તારણ આપ્યું કે, DNA જનીન દ્રવ્ય છે. પરંતુ આ બાબતથી બધા જ જીવવિજ્ઞાનિકો સહમત ન હતા.

શું તમે વિચારી શકો છો કે DNAs અને DNase વચ્ચે કોઈ ભેદ છે ?

6.2.1 DNA જનીનદ્રવ્ય છે (The Genetic Material is DNA)

DNA આનુવંશિક દ્રવ્ય છે તેના વિશે સુસ્પષ્ટ સાબિતી આલ્ફ્રેડ હર્શી અને માર્થા ચેઇઝ (1952)ના પ્રયોગ પરથી પ્રાપ્ત થઈ. તેઓએ એ વાઇરસ પર કાર્ય કર્યું કે, જે બૅક્ટેરિયાને ચેપગ્રસ્ત કરે છે જેને બૅક્ટેરિયોફેઝ કહે છે.

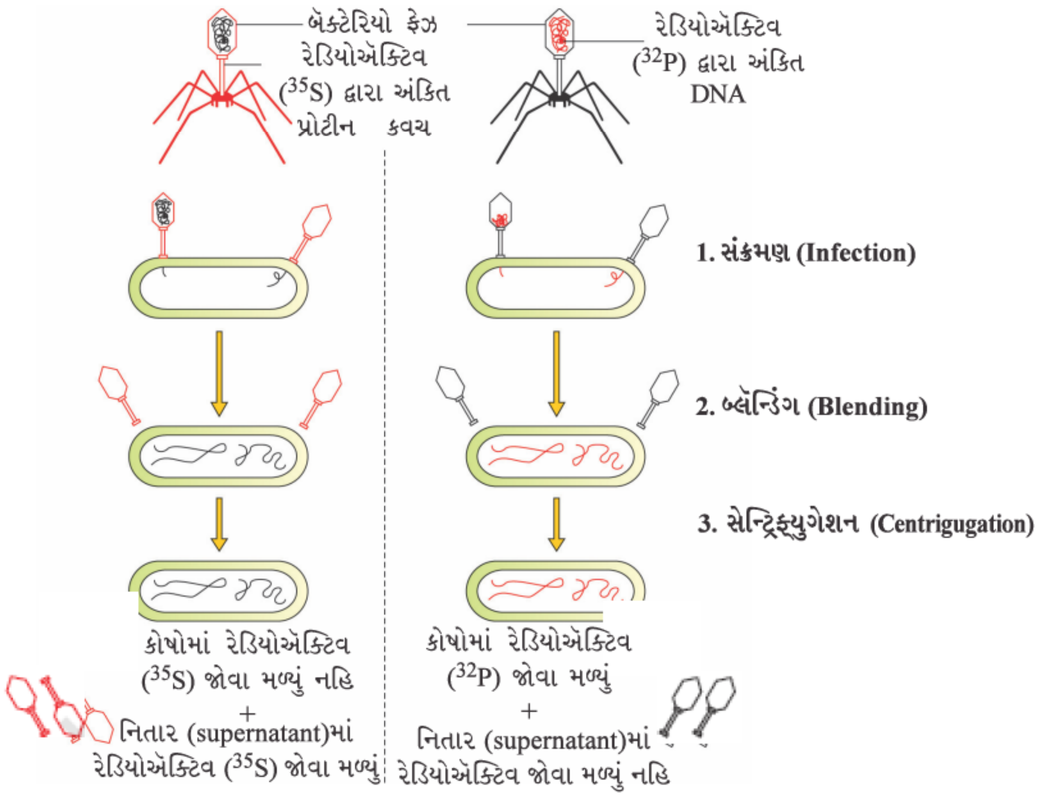
બૅક્ટેરિયોફેઝ એ બૅક્ટેરિયા સાથે ચોંટે છે અને પોતાનું જનીનદ્રવ્ય બૅક્ટેરિયામાં દાખલ કરે છે. બૅક્ટેરિયલ કોષ વાઇરસના આનુવંશિક દ્રવ્યને પોતાનું સમજી લે છે અને તેનાથી આગળ જતાં અનેક વાઇરસ કણનું નિર્માણ થાય છે. બૅક્ટેરિયામાં વાઇરસમાંથી પ્રોટીન અથવા DNA પ્રવેશે છે તે શોધવા માટે હર્શી અને ચેઇઝે પ્રયત્ન કર્યો.

તેઓએ કેટલાક વાઇરસને રેડિયોઍક્ટિવ ફૉસ્ફરસયુક્ત માધ્યમમાં ઉછેર્યા અને કેટલાકને રેડિયોઍક્ટિવ સલ્ફરયુક્ત માધ્યમમાં ઉછેર્યા. જે વાઇરસનો રેડિયોઍક્ટિવ ફૉસ્ફરસયુક્ત માધ્યમમાં ઉછેર કર્યો હતો તેમાં રેડિયોઍક્ટિવ DNA જોવા મળ્યું પરંતુ રેડિયોઍક્ટિવ પ્રોટીન ન હતું, કારણ કે DNAમાં ફૉસ્ફરસ હોય પણ પ્રોટીનમાં હોતું નથી. એવી જ રીતે જે વાઇરસનો રેડિયોઍક્ટિવ સલ્ફરયુક્ત માધ્યમમાં ઉછેર કર્યો હતો, તેમાં રેડિયોઍક્ટિવ પ્રોટીન

હતું રેડિયોઍક્ટિવ DNA નહિ; કારણ કે, DNA સલ્ફર ધરાવતું નથી.

હવે રેડિયોઍક્ટિવ ફેઝને ઈ. કોલાઈ *(E coli)* બૅક્ટેરિયા સાથે ચોંટવા દેવામાં આવ્યા. ત્યાર બાદ જેમ સંક્રમણ (infection) આગળ વધે છે તેમ બ્લૅન્ડરમાં હલાવવાથી વાઈરસનું આવરણ બૅક્ટેરિયામાંથી અલગ થઈ જાય છે. સેન્ટ્રિફ્યુઝમાં ફેરવવાથી વાઈરસના કણોને બૅક્ટેરિયામાંથી દૂર કરી શકાય છે.

જે બૅક્ટેરિયા રેડિયોઍક્ટિવ DNAવાળા વાઈરસથી સંક્રમિત થયા હતા તે રેડિયોઍક્ટિવ રહ્યા. આનાથી સ્પષ્ટ છે કે જે દ્રવ્ય વાઈરસમાંથી બૅક્ટેરિયામાં પ્રવેશે છે તે DNA છે. જે બૅક્ટેરિયા એવા વાઈરસથી સંક્રમિત હતા જેમાં રેડિયોઍક્ટિવ પ્રોટીન હતું તે રેડિયોઍક્ટિવ ના રહ્યા. એનાથી એ સંકેત મળે છે કે, વાઈરસમાંથી બૅક્ટેરિયામાં પ્રોટીન પ્રવેશ કરતું નથી. આ કારણે આનુવંશિક દ્રવ્ય DNA જ છે જે વાઈરસમાંથી બૅક્ટેરિયામાં પ્રવેશે છે (આકૃતિ 6.5).



આકૃતિ 6.5 : હર્શી અને ચેઇઝનો પ્રયોગ

6.2.2 જનીનદ્રવ્યના ગુણધર્મો (DNA વિરુદ્ધ RNA) [Properties of Genetic Material (DNA versus RNA)]

અગાઉની ચર્ચા પરથી એ સ્પષ્ટ છે કે, પ્રોટીન વિરુદ્ધ DNA વચ્ચે જે આનુવંશિક દ્રવ્યને લઈને વિવાદ હતો તે હવે નિ:શંકપણે હર્શી અને ચેઇઝના પ્રયોગ પરથી ઉકેલાઈ ગયો. હવે એ સર્વમાન્ય થઈ ચૂક્યું છે કે, DNA આનુવંશિક દ્રવ્ય સ્વરૂપે કાર્ય કરે છે. જોકે ત્યાર પછી એ સ્પષ્ટ થયું કે,

કેટલાક વાઈરસમાં RNA જનીનદ્રવ્ય છે (જેમકે ઉદાહરણ : ટૉબેકો મોઝેઈક વાઈરસ, QB બૅક્ટેરિયોફેઝ વગેરે). કેટલાક પ્રશ્નોના જવાબ આપવાના છે જેવા કે, શા માટે DNA પૂર્ણ પ્રભાવી આનુવંશિક દ્રવ્ય છે, જ્યારે RNA સંદેશાવાહક અને અનુકૂલનકારક જેવાં સક્રિય કાર્યો કરે છે. તે બંને ન્યુક્લિઈક ઍસિડ અણુઓની રાસાયણિક સંરચનામાં ભેદ આપવાના છે.

શું તમે DNA અને RNA વચ્ચે બે રાસાયણિક ભેદ જણાવી શકો છો ?

જે અણુ નીચેના માપદંડો સંતોષતો હોય તે જ જનીનદ્રવ્ય તરીકે વર્તી શકે :

(i) તે પોતાના જેવી જ પ્રતિકૃતિ (replication) બનાવવામાં સક્ષમ હોવો જોઈએ.

(ii) તે રાસાયણિક રીતે અને રચનાત્મક રીતે સ્થાયી હોવું જોઈએ.

(iii) ઉદ્‌વિકાસ માટે જરૂરી ધીમા ફેરફારો (mutation) માટેની તક પૂરી પાડી શકે તેવું હોવું જોઈએ.

(iv) 'મૅન્ડેલિયન લક્ષણો'નાં રૂપમાં તે પોતાની જાતે અભિવ્યક્ત થઈ શકતું હોવું જોઈએ.

જો કોઈ બેઇઝ જોડ અને પૂરકતાના સિદ્ધાંતને ધ્યાનમાં રાખીને પરીક્ષણ કરે છે ત્યારે તેને જોવા મળશે કે બંને ન્યુક્લિઈક ઍસિડ (DNA અને RNA) એ દ્વિકૃત (duplication) થવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. સજીવ તંત્રમાં અન્ય અણુઓ જેમકે પ્રોટીન ઉપરના માપદંડને પૂર્ણ કરવા માટે અસફળ છે.

આનુવંશિક પદાર્થ એટલો સ્થાયી હોવો જોઈએ કે, જીવનચક્રની વિવિધ અવસ્થાઓ, ઉંમર અથવા સજીવની શારીરિક ક્રિયામાં પરિવર્તન થવા છતાં પણ તેમાં કોઈ પરિવર્તન થવું જોઈએ નહિ. આનુવંશિક દ્રવ્યનું સ્થાયીપણું એ જનીન દ્રવ્યનો એકમાત્ર ગુણધર્મ છે જે ગ્રિફિથના 'રૂપાંતરણ સિદ્ધાંત'થી સ્પષ્ટ છે, જેમાં ગરમીથી બૅક્ટેરિયાનું મૃત્યુ થઈ જાય છે પરંતુ આનુવંશિક દ્રવ્યના કેટલાક ગુણધર્મો નષ્ટ થઈ શકતાં નથી. DNAના પરિપ્રેક્ષ્ય પરથી એ વાત સારી રીતે સમજી શકીએ છીએ કે, DNAની બંને શૃંખલાઓ એકબીજાની પૂરક હોય છે. જ્યારે ગરમીથી બંને શૃંખલાઓને અલગ કરવામાં આવે છે, ત્યારે યોગ્ય પરિસ્થિતિ મળવાથી તે એકબીજા સાથે જોડાઈ જાય છે. વળી RNAના પ્રત્યેક ન્યુક્લિઓટાઇડ પર 2'-OH પ્રતિ ક્રિયાશીલ સમૂહ જોવા મળે છે, અને તે RNA ને અસ્થિર તથા સરળતાથી વિઘટિત થાય તેવું બનાવે છે. આમ RNA ઉત્પ્રેરકીય (ઉદ્દીપકીય) તરીકે પણ ઓળખાય અને આથી તે પ્રતિ ક્રિયાશીલ બની RNAની સાપેક્ષે DNA રાસાયણિક દૃષ્ટિએ ઓછો સક્રિય અને રચનાત્મક દૃષ્ટિએ વધુ સ્થાયી હોય છે. આ કારણે બંને ન્યુક્લિઈક ઍસિડમાંથી DNA વધુ સારો આનુવંશિક પદાર્થ (material) છે.

વાસ્તવમાં DNAમાં યુરેસીલના સ્થાને થાયમીન હોવાથી તેમાં વધુ સ્થાયીત્વ પ્રાપ્ત થાય છે. (આના વિશે વિસ્તૃત ચર્ચા માટે તમારે DNAમાં થતા સમારકામ - Repair in DNA વિશે સમજવું પડશે અને તમે આ પ્રક્રિયા વિશે ઉચ્ચ વર્ગોમાં અભ્યાસ કરશો).

બંને DNA અને RNA વિકૃતિ પામી શકે છે. વાસ્તવમાં RNA અસ્થાયી તેમજ ઝડપથી વિકૃત બને છે. પરિણામ સ્વરૂપે RNA જીનોમ અને ટૂંકી જીવનઅવધિ ધરાવતાં વાઈરસ ઝડપી વિકાસ અને વિકૃતિ પામે છે.

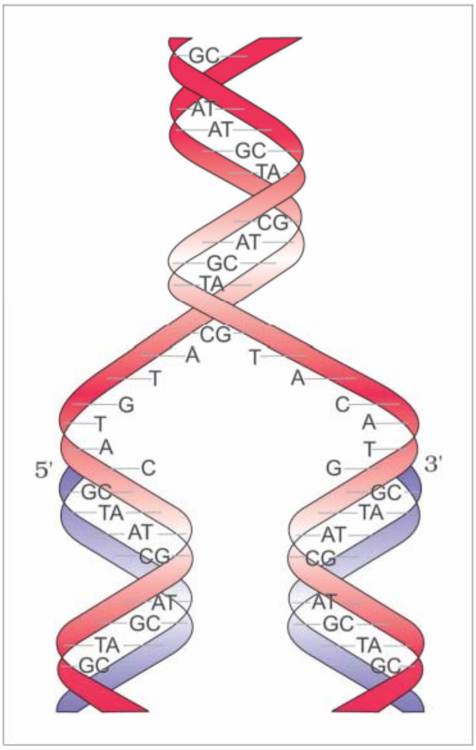
પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટે RNA સીધો જ સંકેત કરી શકે છે, જેથી તે સરળતાથી લક્ષણ અભિવ્યક્ત કરી શકે છે. જોકે DNAને પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટે RNA પર આધાર રાખવો પડે છે. પ્રોટીન સંશ્લેષણની બધી જ વ્યવસ્થા RNA અંતર્ગત વિકસિત થાય છે. ઉપર્યુક્ત ચર્ચા દર્શાવે છે કે, RNA અને DNA બંને

જનીનદ્રવ્ય તરીકે કાર્ય કરી શકે છે, પરંતુ DNA વધારે સ્થાયી અણુ હોવાથી જનીનિક માહિતીના સંગ્રહ માટે વધુ પસંદગીપાત્ર છે. જનીનિક માહિતીના સ્થળાંતરણ માટે RNA વધુ સુયોગ્ય છે.

6.3 RNA વિશ્વ (RNA World)

પૂર્વવર્તી ચર્ચાઓ પરથી એક પ્રશ્ન ઉત્પન્ન થાય કે, પ્રથમ આનુવંશિક દ્રવ્ય કયું છે ? રાસાયણિક ઉદ્‌વિકાસના પ્રકરણમાં તેના વિશે વિસ્તૃત સ્વરૂપે વર્ણન કરવામાં આવેલ છે. પરંતુ સંક્ષિપ્તમાં કેટલાંક તથ્યો તથા મુદ્દાઓને આપણે ચોક્કસ ઉજાગર કરીશું.

RNA પ્રથમ આનુવંશિક દ્રવ્ય હતું. અત્યારે ખૂબ પર્યાપ્ત પ્રમાણમાં પુરાવાઓ છે કે જીવનની આવશ્યક ક્રિયાઓ (જેમકે ચયાપચય, ભાષાંતર, જોડાણકર્તા-splicing વગેરે) RNA અંતર્ગત વિકાસ પામે છે. RNA આનુવંશિક દ્રવ્યની સાથે-સાથે એક ઉત્પ્રેરક છે (જૈવિક તંત્રમાં કેટલીક એવી મહત્ત્વપૂર્ણ જૈવરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ છે જે RNA ઉત્પ્રેરક દ્વારા ઉત્પ્રેરિત કરવામાં આવે છે અને પ્રોટીન ઉત્સેચકોનું તેમાં કોઈ યોગદાન નથી). પરંતુ RNA ઉત્પ્રેરકના સ્વરૂપમાં પ્રતિ ક્રિયાશીલ હોવાથી અસ્થાયી છે. આ કારણથી RNAના રાસાયણિક રૂપાંતરણથી DNAનો ઉદ્‌ભવ થયો. જેનાથી તે વધુ સ્થાયી છે. વધુમાં DNA તેના બેવડા કુંતલ અને પૂરક કુંતલોના કારણે તે સમારકામ પ્રક્રિયાઓના વિકાસથી થતાં પરિવર્તનો પ્રત્યે પ્રતિરોધી છે.



આકૃતિ 6.6 : વૉટ્સન અને ક્રિકનું અર્ધરૂઢિગત DNA સ્વયંજનન મૉડલ

6.4 સ્વયંજનન (Replication)

DNAની બેવડી કુંતલમય રચનાની રજૂઆતની સાથે જ વૉટ્સન અને ક્રિકે તત્કાલ DNAના સ્વયંજનનની યોજના રજૂ કરી. જો તેઓનાં મૂળ કથનોને ઉજાગર કરવામાં આવે તો તે આ પ્રકારે હતાં :

''વિશિષ્ટ જોડની જાણકારી પછી આનુવંશિક દ્રવ્યના નવા સ્વરૂપના નિર્માણની પ્રક્રિયાઓ વિશે તત્કાલ સુજાવ કરવાથી બચી શકાતું નથી'' (વૉટ્સન અને ક્રિક 1953).

ઉપરની યોજનાથી સ્પષ્ટ છે કે, બંને શૃંખલા અલગ પડીને ટેમ્પલેટના રૂપે કાર્ય કરી નવી પૂરક શૃંખલાનું નિર્માણ કરે છે. સ્વયંજનન પૂર્ણ થયા બાદ પ્રત્યેક DNA અણુ એક પિતૃ અને એક નવનિર્મિત શૃંખલા હોય છે. આ DNA સ્વયંજનની યોજનાને **અર્ધરૂઢિગત (semiconservative)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે (આકૃતિ 6.6).

6.4.1 પ્રાયોગિક પ્રમાણ (The Experimental Proof)

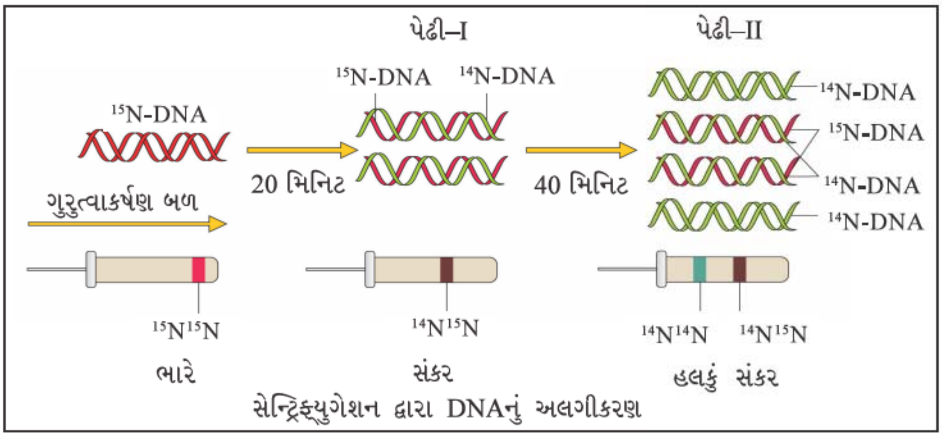
હવે એ સાબિત થઈ ચૂક્યું છે કે DNA અર્ધરૂઢિગત રીતે સ્વયંજનન પામે છે. તેના વિશે સૌપ્રથમ જાણકારી ઈશ્ચેરેશિયા કોલાઇ (*Escherichia coli*)માંથી પ્રાપ્ત થઈ અને આગળ જતાં ઉચ્ચ સજીવો જેમકે વનસ્પતિ અને મનુષ્યના કોષોમાં તેનો ખ્યાલ આવી શક્યો. મૈથ્યુ મેસેલ્સન અને ફ્રેન્કલિન સ્ટાલે 1958માં નીચેનો પ્રયોગ કર્યો :

(i) તેઓએ ઈ. કોલાઇનો એવા સંવર્ધન માધ્યમમાં ઉછેર કર્યો જેમાં $^{15}NH_4Cl$ (^{15}N એ નાઇટ્રોજનનો ભારે સમસ્થાનિક છે) ઘણીબધી પેઢીઓ સુધી માત્ર નાઇટ્રોજનના સ્રોત તરીકે છે. જેના પરિણામે નવનિર્મિત સંશ્લેષિત DNA (તેમજ અન્ય નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનોમાં)માં ^{15}N સામેલ થઈ જાય છે. આ ભારે DNA અણુને સેન્ટ્રિફ્યુગેશનની મદદથી સામાન્ય DNAથી સિઝિયમ ક્લોરાઇડ (CsCl)ના ઘનત્વ પ્રમાણથી અલગીકૃત કરી શકાય છે. (ધ્યાન રાખો કે ^{15}N રેડિયોઍક્ટિવ સમસ્થાનિક નથી અને તે ^{14}Nમાંથી ફક્ત ઘનત્વના પ્રમાણથી અલગ કરી શકાય છે).

(ii) તેના પછી કોષોને એવા સંવર્ધન માધ્યમમાં સ્થાનાંતરિત કર્યા જેમાં સામાન્ય $^{14}NH_4Cl$ હતું તથા કોષવિભાજનના વિવિધ સમયના અંતરાલે નમૂનાઓને લીધા અને DNAને અલગ કરવાથી જોવા મળ્યું કે તે હંમેશાં બેવડી કુંતલમય શૃંખલાઓના સ્વરૂપે જોવા મળે છે. DNAના ઘનત્વના માપન માટે વિવિધ નમૂનાઓને સ્વતંત્ર રૂપે CsClની સાંદ્રતા પર અલગ કરવામાં આવ્યા હતા (આકૃતિ 6.7).

શું તમે કેન્દ્રત્યાગી (centrifugal) બળ વિશે જણાવી શકો છો ? અને વિચારી શકો છો કે શા માટે અણુ કે જે વધુ દ્રવ્યમાન / ઘનતા ધરાવતો હોય તે ઝડપી અવસાદન પામે છે ?

પરિણામ આકૃતિ 6.7માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે.



આકૃતિ 6.7 : મેસેલ્સન અને સ્ટાલનો પ્રયોગ

(iii) આ પ્રકારે, જેને ^{15}Nમાંથી ^{14}N સંવર્ધન માધ્યમ પર એક પેઢી સુધી સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવ્યા હતા તેના DNAને નિષ્કર્ષિત કરવાથી ખ્યાલ આવ્યો કે તે સંકર અથવા મધ્યમ ઘનતાવાળા હતા (20 મિનિટ પછી; ઈ. કોલાઇ 20 મિનિટમાં વિભાજન પામે છે). DNAને બીજી પેઢી (40 મિનિટ પછી; બીજી પેઢી)ના સંવર્ધનમાંથી નિષ્કર્ષિત (અલગીકૃત) કરવામાં આવ્યું. તે સમાન માત્રામાં સંકરિત DNA અને હલકા DNAનું બનેલું હતું.

જો ઈ. કોલાઈ (E.coli)ની 80 મિનિટ સુધી વૃદ્ધિ થાય તો વૃદ્ધિ પછી પ્રાપ્ત થતા DNAમાં હલકા તથા સંકરિત DNAનું ઘનત્વ પ્રમાણ કેટલું હશે ?

આવા જ પ્રયોગમાં ટેલર અને અન્ય સહયોગીઓએ 1958માં વીસીયા ફાબા–*Vicia faba* (ફાબા બીન્સ) ઉપર નવનિર્મિત સંશ્લેષિત DNAનાં રંગસૂત્રોમાં વિતરણની તપાસ કરવા માટે રેડિયોઍક્ટિવ થાઈમીડિનનો ઉપયોગ કર્યો. આ પ્રયોગ પરથી એ સિદ્ધ થઈ ગયું કે, રંગસૂત્રોમાં DNA પણ અર્ધરૂઢિગત રીતે સ્વયંજનન કરે છે.

6.4.2 કાર્યપ્રણાલી અને ઉત્સેચકો (The Machinery and the Enzymes)

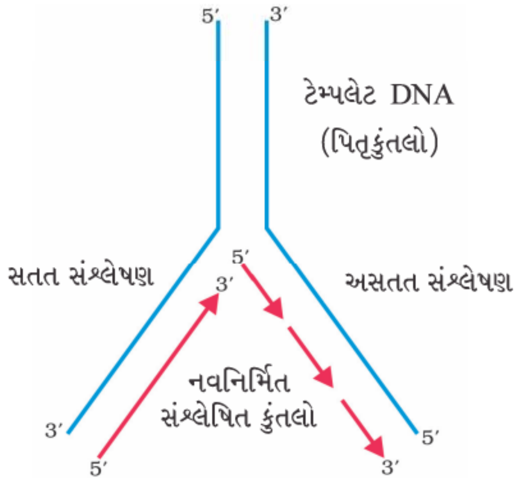
જીવંત કોષો જેમકે ઈ. કોલાઈમાં સ્વયંજનનની પ્રક્રિયા માટે ઉત્પ્રેરકો (ઉત્સેચકો)ના સમૂહની આવશ્યકતા હોય છે. મુખ્ય ઉત્સેચક જે DNA આધારિત છે તે **DNA પોલિમરેઝ** છે. તે DNA પ્રતિકૃતિ (template)નો ઉપયોગ કરીને ડિઑક્સિન્યુક્લિઓટાઇડના બહુલીકરણને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. આ ઉત્સેચક ઘણો સક્ષમ છે, કારણ કે ખૂબ જ ઓછા સમયમાં ઘણીબધી સંખ્યામાં ન્યુક્લિઓટાઇડ્સના બહુલીકરણને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. ઈ. કોલાઈમાં 4.6×10^6 bp જોવા મળે છે (તેની સરખામણી મનુષ્ય સાથે કરો કે જેની દ્વિકીય સંખ્યા 6.6×10^9 bp છે તેની સાથે કરો). જેમાં સ્વયંજનન પૂર્ણ થવા માટે 18 મિનિટ લાગે છે. એનો અર્થ એ થયો કે બહુલીકરણનો દર લગભગ 2000 bp પ્રતિ સેકન્ડ છે. આ માત્ર બહુલીકરણને ઝડપી નથી કરતાં પરંતુ પ્રક્રિયાને ચોકસાઈથી ઉત્પ્રેરિત પણ કરે છે. સ્વયંજનનમાં કોઈ ભૂલના કારણે વિકૃતિ (mutation) ઉદ્‌ભવે છે. તદુપરાંત ઊર્જાની દૃષ્ટિએ આ ખૂબ જ ખર્ચાળ પ્રક્રિયા છે. ડિઑક્સિરિબોન્યુક્લિઓસાઇડ્સ ટ્રાય ફૉસ્ફેટ બેવડા ઉદ્દેશની પૂર્તતા કરે છે. તે પ્રક્રિયાર્થી તરીકે કાર્ય કરવા ઉપરાંત બહુલીકરણ પ્રક્રિયા માટે ઊર્જા પ્રદાન કરે છે (ATPની જેમ ડિઑક્સિરિબોન્યુક્લિઓસાઇડ્સ ટ્રાયફૉસ્ફેટમાં બે ટર્મિનલ ફૉસ્ફેટ ઉચ્ચ ઊર્જાવાળા ફૉસ્ફેટ છે).

વધારે એકસાથે સ્વયંજનનની પ્રક્રિયાને પૂર્ણ કરવા માટે DNA આધારિત DNA પોલિમરેઝ ઉપરાંત અન્ય કેટલાય ઉત્સેચકની જરૂર પડે છે. લાંબા DNA અણુની બંને શૃંખલાઓ એકસાથે સંપૂર્ણ રીતે અલગ થતી નથી (કારણ કે તેના માટે વધુ ઊર્જાની જરૂરિયાત હોય છે). સ્વયંજનન DNA કુંતલના નાના ખુલ્લા થયેલા ભાગમાં થાય છે જેને **સ્વયંજનન ચીપિયો (replication fork)** કહે છે. DNA આધારિત DNA પોલિમરેઝ બહુલીકરણને માત્ર એક જ દિશા 5′ → 3′ તરફ ઉત્પ્રેરિત કરે છે. તે સ્વયંજનન ચીપિયાના સ્થાને કેટલીક વધારાની સમસ્યા પેદા કરે છે. ફળસ્વરૂપે, (3′થી 5′ છેડાવાળી ટેમ્પલેટ) શૃંખલા પર સ્વયંજનન **સતત (continuous)** થાય છે, જ્યારે બીજી (5′થી 3′ છેડાવાળી ટેમ્પલેટ) પર **તૂટક (discontinuous)** થાય છે. આ તૂટક સંશ્લેષિત થયેલ ટુકડાઓ બાદમાં **DNA લાયગેઝ (DNA Ligase)** દ્વારા એકબીજા સાથે જોડાય છે (આકૃતિ 6.8).

DNA પોલિમરેઝ પોતે સ્વયંજનનની શરૂઆત નથી કરી શકતો તથા સ્વયંજનન DNAમાં ગમે ત્યાંથી શરૂ થતું નથી. ઈ. કોલાઈના DNAમાં કેટલાંક નિશ્ચિત સ્થાનો હોય છે જ્યાંથી સ્વયંજનનની શરૂઆત થાય છે. આ સ્થાનોને **સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ-સ્થાન (origin of replication)** નામ આપવામાં આવ્યું છે. સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિના સ્થાનરૂપી DNAના ટુકડાની જો જરૂર પડે તો તેને પુનઃ સંયોજિત DNAની પદ્ધતિ દ્વારા મેળવવામાં આવે છે, જેમાં વાહકની જરૂરિયાત પડે છે (આ માટે સ્વયંજનનની શરૂઆત માટે આવશ્યક DNA ખંડોની પ્રાપ્તિ જો જરૂર હોય તો પુનઃ સંયોજિત DNA પદ્ધતિ દ્વારા થાય છે, જેમાં વાહકની આવશ્યકતા હોય છે). વાહક સ્વયંજનનનું ઉત્પત્તિ-સ્થાન પૂરું પાડે છે.

વળી, સ્વયંજનનની બધી જ વિગતો સમજી શકાય નહિ. સુકોષકેન્દ્રિઓમાં DNAનું સ્વયંજનન કોષચક્રના S-તબક્કામાં થાય છે. DNAનું સ્વયંજનન અને કોષવિભાજન-ચક્ર મોટા ભાગે અનુબદ્ધ હોય

છે. DNA સ્વયંજનન બાદ કોષવિભાજન ન થવાના કારણે પોલિપ્લૉઇડી (રંગસૂત્રોની અનિયમિતતા) ઉત્પન્ન થાય છે. આ તબક્કે થતી અનિયમિતતાની ઉત્પત્તિ તથા પ્રકાર વિશે તમે ઉચ્ચ વર્ગોમાં અભ્યાસ કરશો.



આકૃતિ 6.8 : સ્વયંજનન ચીપિયો

6.5 પ્રત્યાંકન/અનુલેખન (Transcription)

DNAના એક કુંતલ પર રહેલ જનીનીક માહિતીને RNAમાં નકલ કરવાની પ્રક્રિયાને **પ્રત્યાંકન (transcription)** કહે છે. અહીં પૂરકતાનો સિદ્ધાંત પ્રત્યાંકન પ્રક્રિયાને નિયંત્રિત કરે છે. સિવાય કે એડિનોસાઇન એ થાયમીનના સ્થાને યુરેસીલ સાથે બેઇઝ જોડ બનાવે છે. સ્વયંજનન પ્રક્રિયામાં કોઈ સજીવનું કુલ DNA બેવડાય છે પરંતુ પ્રત્યાંકનમાં DNAનો ખંડ અને ફક્ત એક જ શૃંખલા RNAમાં પ્રતિઅંકન પામે છે જ. પ્રત્યાંકનમાં ભાગ લેતાં DNA કુંતલના પ્રદેશની સીમારેખા સ્પષ્ટ કરવા જરૂરી થઈ પડે છે.

પ્રત્યાંકન દરમિયાન બંને શૃંખલાઓનું પ્રતિઅંકન કેમ નથી થતું તેનો જવાબ સરળ છે. સૌપ્રથમ જો બંને શૃંખલાઓ ટેમ્પલેટ તરીકે કાર્ય કરે તો તેનાથી વિભિન્ન અનુક્રમવાળા RNA અણુઓનું પ્રત્યાંકન થાય છે (યાદ રાખો કે પૂરકતાનો અર્થ સમાનતા નથી) અને પ્રોટીન માટે સંકેતન કરે ત્યારે પ્રોટીનમાં જોવા મળતા એમિનોઍસિડનો અનુક્રમ ભિન્ન હશે. આથી જો DNAનો એક જ ટુકડો બે અલગ પ્રોટીન માટે સંકેતન કરે તો તે આનુવંશિક માહિતીની સ્થાનાંતરણ ક્રિયાવિધિ માટે જટિલતા ઉત્પન્ન કરશે. બીજું, એકસાથે બે RNA ઉદ્ભવે કે જે એકબીજાના પૂરક છે. બેવડી શૃંખલામય RNAનું નિર્માણ કરશે. જે RNAને પ્રોટીનમાં ભાષાંતરણ નહિ થવા દે અને પ્રત્યાંકનનો પ્રયાસ વ્યર્થ જશે.

6.5.1 પ્રત્યાંકન એકમ (Transcription Unit)

DNAમાં પ્રત્યાંકન માટેના મુખ્યત્વે ત્રણ ભાગ હોય છે :

(i) પ્રમોટર (promoter)

(ii) બંધારણીય જનીન (structural gene)

(iii) સમાપક (terminator)

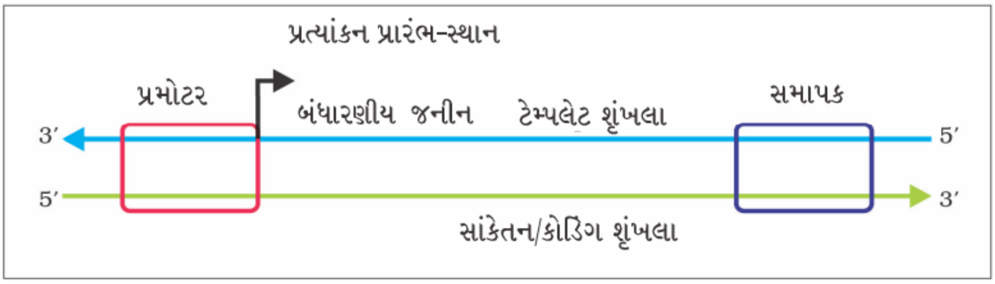
પ્રત્યાંકનના બંધારણીય જનીન એકમ DNAની બેવડી શૃંખલાનો જ ભાગ છે. જેમકે DNAની શૃંખલાઓ વિરુદ્ધ ધ્રુવની હોય છે. એટલા માટે **DNA આધારિત RNA પોલિમરેઝ (DNA dependent RNA polymerase)** પોલિમરાઇઝેશન (બહુલીકરણ)ને એક જ દિશા 5′થી 3′ તરફ ઉત્પ્રેરિત કરે છે. એવી શૃંખલા કે જેમાં ધ્રુવત્વ 3′ → 5′ તરફ હોય છે તે ટેમ્પલેટ સ્વરૂપે કામ કરે છે. એટલા માટે તે **ટેમ્પલેટ શૃંખલા (template strand)** તરીકે ઓળખાય છે. બીજી શૃંખલા જેમાં ધ્રુવત્વ 5′ → 3′ અનુક્રમ છે તે RNA જેવી જ હોય છે (સિવાય કે થાયમીનના સ્થાને યુરેસીલ હોય છે).

જે પ્રત્યાંકન દરમિયાન વિસ્થાપિત થઈ જાય છે. આ શૃંખલા (જે કંઈ પણ સંકેતન કરતી નથી)ને **સાંકેતન શૃંખલા (coding strand)** કહેવાય છે. બધાં જ ઉપર્યુક્ત બિંદુઓ કે જે પ્રત્યાંકન એકમનો ભાગ છે તે કોડિંગ શૃંખલાથી બનેલા હોય છે. આ બિંદુઓની સમજૂતી માટે પ્રત્યાંકન એકમના પરિકલ્પિત અનુક્રમોને નીચે દર્શાવવામાં આવ્યા છે :

3′-ATGCATGCATGCATGCATGCATGC-5′ ટેમ્પલેટ શૃંખલા

5′-TACGTACGTACGTACGTACGTACG-3′ સાંકેતન શૃંખલા

શું તમે ઉપર્યુક્ત DNAમાંથી પ્રત્યાંકન થયેલા RNAના અનુક્રમોને લખી શકો છો ?



આકૃતિ 6.9 : પ્રત્યાંકન એકમની રેખાંકિત સંરચના

બંધારણીય જનીન (structural gene)ના છેડા પર આવેલા **પ્રમોટર (promoter)** અને **સમાપક (terminator)** પ્રત્યાંકન એકમ બનાવે છે. બંધારણીય જનીનના 5′ છેડા પ્રતિપ્રવાહ (upstream) પર (સંકેતન શૃંખલાના ધ્રુવત્વના સંદર્ભે છે) પ્રમોટર આવેલ હોય છે. આ એ DNA અનુક્રમ છે કે જ્યાં RNA પોલિમરેઝ જોડાય છે અને પ્રત્યાંકન એકમમાં સ્થિત પ્રમોટરની હાજરી ટેમ્પલેટ અને કોડિંગ શૃંખલાનું નિર્ધારણ કરે છે. જો તેની જગ્યાએ સમાપક આવે તો સંકેતન અને ટેમ્પલેટ શૃંખલાનું સ્થાન ઊલટું થઈ જાય છે. સમાપક કોડિંગ શૃંખલાના 3′ છેડા (અનુપ્રવાહ) પર આવેલ હોય છે અને તેનાથી પ્રત્યાંકન પ્રક્રિયાની સમાપ્તિનું નિર્ધારણ થાય છે (આકૃતિ 6.9). તેનાથી વિશેષ પ્રમોટરના પ્રતિપ્રવાહ (upstream) અથવા અનુપ્રવાહ (downstream) તરફ નિયામક અનુક્રમ હોય છે. આ અનુક્રમોની કેટલીક વિશિષ્ટતાઓ વિશે જ્યારે જનીન અભિવ્યક્તિના નિયમન વિશે વર્ણન થશે ત્યારે માહિતી આપવામાં આવશે.

6.5.2 પ્રત્યાંકન એકમ અને જનીન (Transcription Unit and Gene)

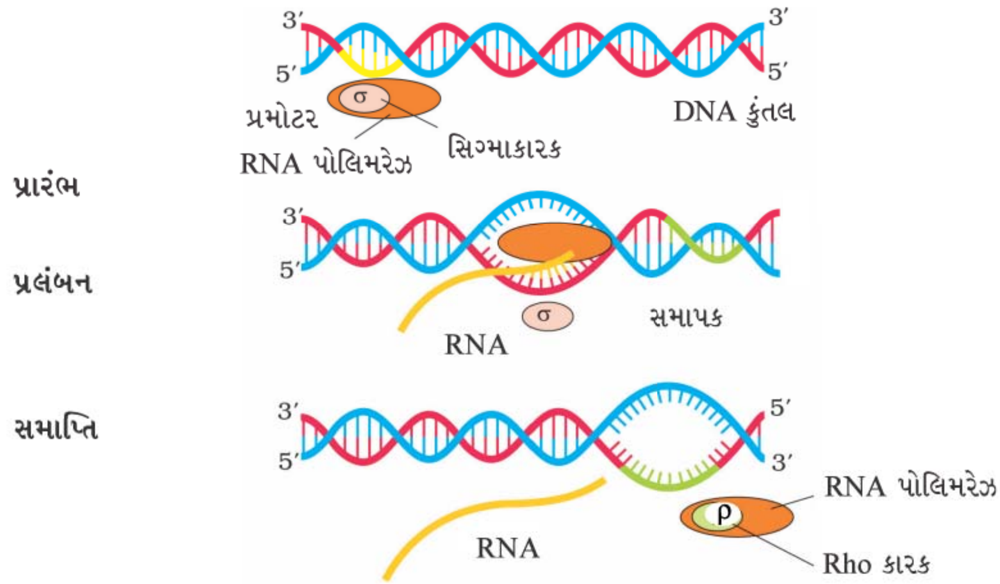
જનીન આનુવંશિકતાનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. એમાં કોઈ શંકા નથી કે જનીન DNA પર સ્થિત હોય છે. જનીનને DNA અનુક્રમના શબ્દોમાં વ્યાખ્યાયિત કરવું મુશ્કેલ છે. DNA અનુક્રમ કે જે t RNA અથવા r RNA અણુનું સંકેતન કરે છે તેનાથી પણ જનીન વ્યાખ્યાયિત થાય છે. વ્યાખ્યા અનુસાર **સિસ્ટ્રોન (cistron)** એ પોલિપેપ્ટાઇડના સાંકેતન માટેનો DNAનો ખંડ છે, પ્રત્યાંકન એકમમાં રહેલા બંધારણીય જનીનને **મોનોસિસ્ટ્રોનિક (monocistronic)** (મોટા ભાગે સુકોષકેન્દ્રીમાં)

અથવા **પોલિસિસ્ટ્રોનિક (polycistronic)** (મોટા ભાગે બૅક્ટેરિયા અથવા આદિ-કોષકેન્દ્રીમાં) કહી શકાય. સુકોષકેન્દ્રીમાં મોનોસિસ્ટ્રોનિક બંધારણીય જનીન જોવા મળે છે જેમાં વિક્ષેપિત કોડિંગ શૃંખલા જોવા મળે છે – સુકોષકેન્દ્રીમાં જનીન વિભાજિત હોય છે. કોડિંગ અનુક્રમ અથવા અભિવ્યક્ત અનુક્રમોને **એક્સોન્સ (exons)** કહે છે. એક્સોન એ અનુક્રમ છે જે પરિપક્વ અથવા સંસાધિત (processed) RNAમાં જોવા મળે છે. એક્સોન, **ઈન્ટ્રૉન્સ (introns)** દ્વારા વિક્ષેપિત થાય છે. ઈન્ટ્રૉન અથવા મધ્યાવર્તી અનુક્રમ પરિપક્વ અથવા પ્રક્રિયા પામેલ RNAમાં જોવા મળતા નથી. DNA ખંડના અર્થમાં વિભાજિત જનીન (split-gene) વ્યવસ્થા જનીનની વ્યાખ્યાને જટિલ બનાવી દે છે.

લક્ષણોની આનુવંશિકતા પણ બંધારણીય જનીનના પ્રમોટર અને નિયામક અનુક્રમો દ્વારા અસર પામે છે. આથી ક્યારેક નિયામક અનુક્રમને હળવાશથી નિયામક જનીન તરીકે ઓળખાય છે, તેમ છતાં આ અનુક્રમ કોઈ પણ RNA અથવા પ્રોટીનનું સંકેતન કરતાં નથી.

6.5.3 RNAના પ્રકારો અને પ્રત્યાંકનની પ્રક્રિયા (Types of RNA and process of Transcription)

બૅક્ટેરિયામાં મુખ્ય ત્રણ પ્રકારના RNA હોય છે, mRNA (messenger RNA), tRNA (transfer RNA) અને rRNA (ribosomal RNA). ત્રણેય RNA કોષમાં પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટે આવશ્યક હોય છે. mRNA ટેમ્પલેટ તરીકે વર્તે છે, tRNA એમિનો-ઍસિડ્સને લાવવાનું તથા આનુવંશિક સંકેતોને વાંચવાનું કામ કરે છે તથા rRNA ભાષાંતર દરમિયાન બંધારણીય અને ઉત્પ્રેરક ભૂમિકા ભજવે છે. બૅક્ટેરિયામાં DNA આધારિત RNA પોલિમરેઝ એક જ હોય છે જે બધા જ પ્રકારના RNAના પ્રત્યાંકનને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. RNA પોલિમરેઝ પ્રમોટર સાથે જોડાઈને પ્રત્યાંકનની **શરૂઆત (પ્રારંભ)** કરે છે, તે ન્યુક્લિઓસાઇડ ટ્રાયફૉસ્ફેટને પ્રક્રિયકના સ્વરૂપે ઉપયોગ કરી પૂરકતાના નિયમનું



આકૃતિ 6.10 : બૅક્ટેરિયામાં પ્રત્યાંકન-પ્રક્રિયા

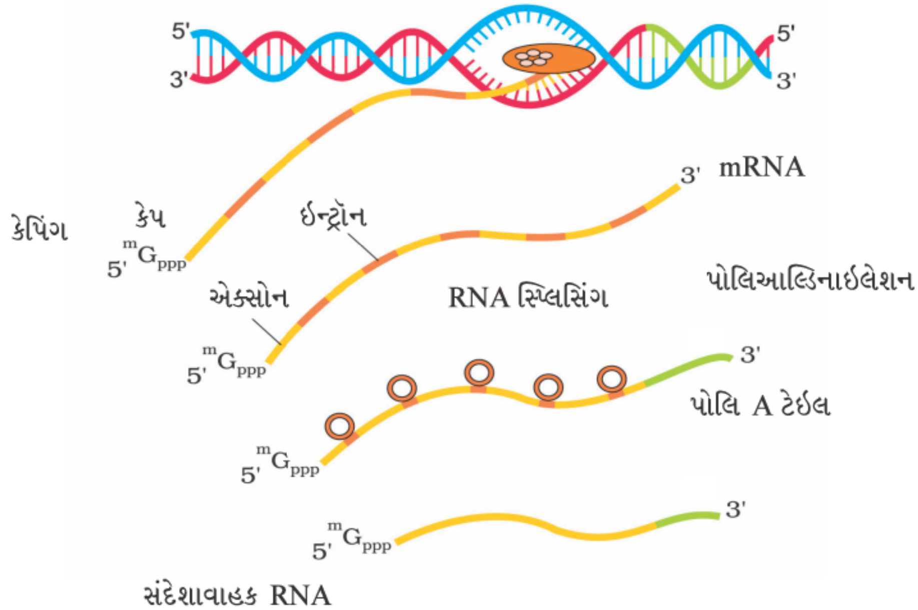
પાલન કરીને ટેમ્પ્લેટમાંના ક્રમ અનુસાર પોલિમરાઇઝ કરે છે. તે કુંતલને ખોલવા અને પ્રલંબનમાં પણ સહાય કરે છે. ફક્ત RNA નો થોડોક ખેંચાયેલ ભાગ જ ઉત્સેચક સાથે જોડાય છે. જ્યારે RNA પોલિમરેઝ સમાપ્તિ સ્થાને પહોંચી જાય છે ત્યારે નવનિર્મિત RNA અને RNA પોલિમરેઝ છૂટા પડી જાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે પ્રત્યાંકન પ્રક્રિયાનું **સમાપન** (સમાપ્તિ - Termination) થઈ જાય છે.

અહીં રસપ્રદ પ્રશ્ન છે કે, RNA પોલિમરેઝ કેવી રીતે આ ત્રણ તબક્કાઓ પ્રારંભ, પ્રલંબન અને સમાપ્તિને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. માત્ર RNA પોલિમરેઝ પ્રલંબન પ્રક્રિયાને ઉત્પ્રેરિત કરવા માટે સક્ષમ છે. તે ક્ષણવાર માટે **પ્રારંભિક કારક (initiation factor)** (σ) અને **સમાપ્તિકારક (termination factor)** (ρ) સાથે જોડાઈને પ્રત્યાંકનને અનુક્રમે પ્રારંભ કરે છે કે સમાપન કરે છે. આ કારકો RNA પોલિમરેઝ સાથે જોડાવાથી તેની નિશ્ચિતતા (specificity)માં પરિવર્તન લાવે છે જેનાથી પ્રારંભ અથવા સમાપ્તિ થાય છે (આકૃતિ 6.10).

બૅક્ટેરિયામાં, mRNAના નિર્માણ માટે કોઈ પણ પ્રક્રિયાની આવશ્યકતા હોતી નથી તથા પ્રત્યાંકન અને ભાષાંતરણ એક જ ખંડ (compartment)માં થાય છે (બૅક્ટેરિયામાં કોષરસ અને કોષકેન્દ્ર જેવું કોઈ ભિન્ન હોતું નથી). એટલા માટે ઘણી વાર mRNAનું પૂર્ણ રીતે પ્રત્યાંકન થતા પહેલાં જ ભાષાંતર શરૂ થઈ જાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે બૅક્ટેરિયામાં પ્રત્યાંકન અને ભાષાંતર સાથે-સાથે પૂર્ણ થાય છે.

સુકોષકેન્દ્રીમાં બે વધારાની જટિલતાઓ હોય છે :

(i) કોષકેન્દ્રમાં ઓછામાં ઓછા ત્રણ પ્રકારના RNA પોલિમરેઝ જોવા મળે છે (અંગિકાઓમાં જોવા મળતા RNA પોલિમરેઝ સહિત). તેમાં સ્પષ્ટ શ્રમવિભાજન હોય છે. RNA પોલિમરેઝ I **rRNAs** (28S, 18S અને 5.8S)નું પ્રત્યાંકન કરે છે જ્યારે RNA પોલિમરેઝ III **tRNA**, **5S rRNA** અને **snRNAs (small nuclear RNAs)**ના પ્રત્યાંકન માટે જવાબદાર છે.



આકૃતિ 6.11 : સુકોષકેન્દ્રીમાં પ્રત્યાંકનની પ્રક્રિયા

RNA પોલિમરેઝ II mRNAના પૂર્વ સ્વરૂપ **હીટરોજીનસ ન્યુક્લિયર RNA (hnRNA)**નું પ્રત્યાંકન કરે છે.

(ii) બીજી જટિલતા એ છે કે પ્રાથમિક પ્રત્યાંકનમાં એક્સોન અને ઇન્ટ્રૉન્સ બંને ધરાવે છે તથા તે બિનકાર્યકારી હોય છે. આથી તે વિશિષ્ટ પ્રક્રિયામાંથી પસાર થાય છે જેને **સ્પ્લિસિંગ (splicing)** કહે છે જેમાં ઇન્ટ્રૉન્સ દૂર થઈ જાય છે અને એક્સોન એક નિશ્ચિત ક્રમમાં એકબીજા સાથે જોડાઈ જાય છે. hnRNA વધારાની પ્રક્રિયાઓ જેમકે **કેપિંગ (capping)** અને **ટેઈલિંગ (tailing)**માંથી પસાર થાય છે. કેપિંગમાં એક વિલક્ષણ ન્યુક્લિઓટાઇડ (મિથાઇલ ગ્વાનોસિન ટ્રાય ફૉસ્ફેટ) hnRNAના 5′ છેડા પર જોડાય છે. ટેઇલિંગમાં એડિનાઇલેટેડ સમૂહ (200-300) સ્વતંત્ર રીતે ટેમ્પલેટના 3′ છેડા પર ઉમેરાય છે. પૂર્ણ સંસાધિત hnRNAને હવે mRNA કહેવાય છે, જે ભાષાંતરણ માટે કોષકેન્દ્રમાંથી સ્થળાંતરણ પામે છે (આકૃતિ 6.11).

હવે, ઉપર્યુક્ત જટિલતાઓના મહત્ત્વને સમજવાની શરૂઆત થઈ છે. વિભાજિત જનીન (split- gene) વ્યવસ્થા, જનીન સંકુલની પ્રાચીન રચનાને પ્રસ્તુત કરે છે. ઇન્ટ્રૉન્સની હાજરી પ્રાચીન યુગની યાદ અપાવે છે અને સ્પ્લિસિંગ પ્રક્રિયા **RNA વિશ્વ (RNA world)**ની પ્રભુતાને વ્યક્ત કરે છે. અર્વાચીન સમયમાં સજીવતંત્રમાં RNA અને RNA આધારિત પ્રક્રિયાઓને સમજવી અત્યંત આવશ્યકતા મનાય છે.

6.6 જનીન સંકેત (Genetic Code)

સ્વયંજનન અને પ્રત્યાંકન દરમિયાન ન્યુક્લિઇક ઍસિડમાંથી બીજા ન્યુક્લિઇક ઍસિડનું પ્રતિઅંકન થાય છે. આથી આ પ્રક્રિયાઓને પૂરકતાના સિદ્ધાંતોના આધારે સમજવી સરળ છે. ભાષાંતરની પ્રક્રિયા આનુવંશિક માહિતી સ્થાનાંતરિત કરવા જરૂરી છે જે ન્યુક્લિઓટાઇડના પોલિમરમાંથી એમિનોઍસિડના પોલિમરનું સંશ્લેષણ કરે છે. એમિનોઍસિડ અને ન્યુક્લિઓટાઇડમાં ના તો કોઈ પૂરકતા જોવા મળે છે અને ના તો કોઈ સૈદ્ધાંતિક સ્વરૂપે તેને વિચારી શકાય છે. હવે ન્યુક્લિઇક ઍસિડ (આનુવંશિક દ્રવ્ય)માં ફેરફારથી પ્રોટીનના એમિનો- ઍસિડમાં પણ પરિવર્તન આવી જાય છે, તે બાબતને આધાર આપતા પૂરતા પુરાવા છે. આનાથી જનીન સંકેત (genetic code)ની પરિકલ્પનાનો પ્રસ્તાવ થયો જે પ્રોટીન સંશ્લેષણ દરમિયાન એમિનોઍસિડના અનુક્રમોને નિર્ધારિત કરે છે.

DNAની સંરચના અને આનુવંશિક દ્રવ્યની જૈવરાસાયણિક પ્રકૃતિનું નિર્દેશન કરવું જેટલું ઉત્તેજનાપૂર્ણ હતું તેનાથી વધારે ચુનૌતીપૂર્ણ કાર્ય જનીન સંકેતનું અર્થઘટન કરવાનું હતું. ખરેખર તો તેમાં વિવિધ ક્ષેત્રોના વૈજ્ઞાનિકો જેમકે ભૌતિકશાસ્ત્રી, કાર્બનિક રસાયણશાસ્ત્રી, જૈવરસાયણશાસ્ત્રી અને જનીનશાસ્ત્રીના સહયોગની આવશ્યકતા હતી. જ્યોર્જ ગેમોવ એક ભૌતિકશાસ્ત્રી હતા, જેમનો વિચાર હતો કે જો બેઇઝ માત્ર 4 હોય અને 20 એમિનોઍસિડ્સનું સાંકેતન કરવાનું હોય તો, સંકેતના નિર્માણમાં બેઇઝનો સમૂહ બનતો હશે. તેઓએ સૂચવ્યું કે બધા જ 20 એમિનોઍસિડના સંકેતન માટે સંકેત ત્રણ ન્યુક્લિઓટાઇડ્સના બનેલા હોય છે. આ એક મજબૂત પ્રસ્તાવ હતો, જેનાથી 4^3 $(4 \times 4 \times 4)$ના ઉત્પરિવર્તન સંયોજન દ્વારા 64 સંકેતોનું નિર્માણ થતું હશે. આ રીતે બનતા સંકેતો જરૂરિયાત કરતા ઘણા વધારે હોય છે.

સંકેત ત્રિઅક્ષરી હોય છે, તેનું પ્રમાણ આપવું અત્યંત કઠિન કાર્ય હતું. હરગોબિંદ ખોરાનાએ નિશ્ચિત બેઇઝ (સમપોલિમર અને સહપોલિમર)ના જોડાણવાળા RNA અણુઓના સંશ્લેષણની રાસાયણિક પ્રક્રિયાની શોધ કરી હતી. માર્શલ નિરેનબર્ગની પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટેની કોષમુક્ત પ્રણાલી

(સેલ-ફ્રી-સિસ્ટમ) સંકેતના અર્થઘટન માટે ખૂબ મદદરૂપ રહી. સેવેરો ઓકોઆ (Severo Ochoa) ઉત્સેચક (પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ ફૉસ્ફોરાયલેઝ) RNAને સ્વતંત્રરૂપે (RNAનું ઉત્સેચકીય સંશ્લેષણ) ટેમ્પલેટના નિશ્ચિત અનુક્રમો સાથે બહુલીકરણ થવા માટે સહાયતા કરે છે. અંતમાં જનીન સંકેતનું ચેકર બૉર્ડ (checker board) તૈયાર કરાવ્યું જે નીચેના કોષ્ટક 6.1માં આપવામાં આવેલ છે:

કોષ્ટક 6.1 : વિવિધ એમિનોઍસિડ માટેના સંકેતો

પ્રથમ સ્થિતિ	દ્વિતીય સ્થિતિ: U	C	A	G	તૃતીય સ્થિતિ
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop	A
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G

જનીન સંકેતના મુખ્ય ગુણધર્મો નીચે મુજબ છે :

(i) જનીન સંકેત ત્રિઅક્ષરી છે. તે પૈકી 61 સંકેતો એમિનોઍસિડ્સ માટે સંકેતન કરે છે અને 3 સંકેતો કોઈ એમિનોઍસિડનું સંકેતન કરતા નથી. આથી તેઓનું કાર્ય સમાપ્તિ સંકેત તરીકેનું છે.

(ii) એક જ એમિનોઍસિડ એક કરતાં વધારે સંકેતો દ્વારા નિશ્ચિત થઈ શકે છે. આવા સંકેતોને **અવનત (degenerate)** સંકેતો કહે છે.

(iii) સંકેત mRNA પર સતત વંચાય છે. તે વચ્ચે વિરામ હોતો નથી.

(iv) જનીન સંકેત **સર્વવ્યાપી (universal)** છે : ઉદાહરણ તરીકે, બૅક્ટેરિયાથી મનુષ્ય સુધી UUU ફિનાઇલ ઍલેનીન (Phe)નું સંકેતન કરે છે. આ નિયમમાં કણાભસૂત્રીય સંકેતો અને કેટલાક પ્રજીવોમાં અપવાદ જોવા મળે છે.

(v) AUG બેવડાં કાર્યો કરે છે. તે મિથિઑનીન (met) માટે સંકેત આપે છે. સાથે-સાથે **પ્રારંભિક સંકેત (initiator codon)** તરીકે પણ વર્તે છે.

(vi) UAA, UAG, UGA આ સમાપન સંકેતો છે.

જો mRNAમાં નીચે દર્શાવેલ ન્યુક્લિઓટાઇડ્સનો ક્રમ આવેલો હોય, તો તેના દ્વારા સંકેતન પામતા એમિનોઍસિડ્સના ક્રમની આગાહી કરો (ચેકર બૉર્ડનો ઉપયોગ કરો).

—AUG UUU UUC UUC UUU UUU UUC—

હવે તેનાથી વિપરીત, નીચે આપેલ mRNA દ્વારા સંકેતન પામેલ એમિનોઍસિડ્સનો ક્રમ છે, તો RNAમાં ન્યુક્લિઓટાઇડ્સના ક્રમની તપાસ કરો.

met-Phe-Phe-Phe-Phe-Phe-Phe

તમને આ વિપરીત તપાસ કરવાનું મુશ્કેલીભર્યું લાગ્યું ?

હવે, તમે શીખેલા જનીન સંકેતના કયા બે ગુણધર્મો વચ્ચે સહસંબંધ છે તે કહી શકશો ?

6.6.1 વિકૃતિ અને જનીનિક સંકેત (Mutations and Genetic Code)

જનીન અને DNA વચ્ચેના પરસ્પર સંબંધો વિકૃતિ દ્વારા સરળતાથી સમજી શકાય છે. તમે વિકૃતિ અને તેની અસર વિશે પ્રકરણ 5માં અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો. DNAના ખંડમાં લોપ અને પુનઃ ગોઠવણીની અસર વિશે સરળતાથી સમજી શકો છો. તેના પરિણામ સ્વરૂપે જનીન કે તેના કાર્યમાં ક્ષતિ અથવા વધારો થાય છે. પૉઇન્ટ મ્યુટેશન (point mutation)નું શ્રેષ્ઠ ઉદાહરણ β ગ્લોબિન શૃંખલા માટેના જનીનમાં એક બેઇઝ જોડમાં પરિવર્તનના પરિણામ સ્વરૂપે β ગ્લોબિન શૃંખલામાં એમિનોઍસિડ ગ્લુટામેટની જગ્યાએ વેલાઇન આવે છે. જેનાથી થતાં રોગને **સિકલ-સેલ એનિમિયા (sickle cell anemia)** કહે છે. પૉઇન્ટ મ્યુટેશનના કારણે બંધારણીય જનીનમાં એક બેઇઝનો ઉમેરો અથવા ઘટાડા વિશે નીચે આપવામાં આવેલા સાદા ઉદાહરણ દ્વારા સરસ રીતે સમજી શકાશે :

આ વાક્ય પર ધ્યાન આપો જે નીચેના શબ્દોથી બનેલ છે. જેમાં ત્રણ અક્ષર આનુવંશિક સંકેતની જેમ જોવા મળે છે :

RAM HAS RED CAP

જો આપણે HAS અને REDની વચ્ચે Bને ઉમેરીને વાક્યની પુનઃ ગોઠવણી કરીએ, તો વાક્ય નીચે મુજબ વાંચી શકાશે :

RAM HAS BRE DCA P

એવી જ રીતે આપણે બે અક્ષરો એ જ જગ્યા પર જેમકે BI ઉમેરીએ, તો નીચે મુજબ વાંચી શકાય :

RAM HAS BIR EDC AP

હવે આપણે એકસાથે ત્રણ અક્ષરો BIGને ઉમેરીએ, તો વાક્ય નીચે મુજબ વાંચી શકાય :

RAM HAS BIG RED CAP

ઉપર્યુક્ત અભ્યાસને RED અક્ષરને એક પછી એક દૂર (લોપ) કરીને પુનરાવર્તિત કરવાથી આ ત્રણ અક્ષરોનું વાક્ય નીચે મુજબ બનશે :

RAM HAS EDC AP

RAM HAS DCA P

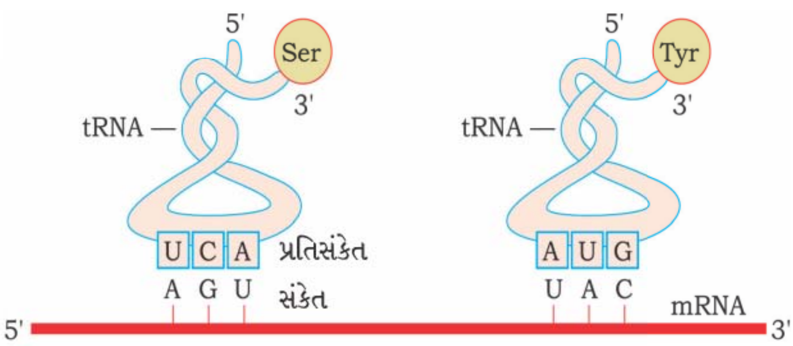
RAM HAS CAP

ઉપર્યુક્ત અભ્યાસ પરથી એ સ્પષ્ટ થાય છે કે, એક અથવા બે બેઇઝના ઉમેરાવાથી અથવા દૂર થવાથી ઉમેરો અથવા દૂર થતાં તે સ્થાને (બિંદુએ) રીડિંગ ફ્રેમમાં પરિવર્તન આવે છે. ત્રણ અથવા તેના ગુણકમાં બેઇઝનો ઉમેરો કે દૂર થવાથી એક અથવા તેના ગુણકમાં

ગુણક પ્રમાણે સંકેતનો ઉમેરો કે દૂર થાય છે. જેનાથી એક અથવા ગુણક પ્રમાણે ઘણાબધા એમિનોઍસિડનો ઉમેરો અથવા દૂર થાય છે. જ્યારે આ સ્થાનથી આગળની તરફ રીડિંગ ફ્રેમમાં કોઈ પરિવર્તન આવતું નથી. જોકે આવી વિકૃતિને **ફ્રેમ શિફ્ટ ઈન્સર્શન (frame shift insertion)** અથવા **લોપ વિકૃતિ (deletion mutations)** કહે છે. આ આનુવંશિક આધાર પ્રમાણે સંકેતો ત્રિઅક્ષરી હોય છે અને તે સળંગ ક્રમમાં વંચાય છે.

6.6.2 tRNA - અનુકૂલક અણુ (tRNA - the Adapter Molecule)

સંકેતની પરિકલ્પનાના ખૂબ પહેલા સમયથી ફ્રાન્સિસ ક્રિકના મત અનુસાર સંકેતને વાંચવા અને તેનો એમિનોઍસિડ સાથે સંબંધ રાખવાની ક્રિયાવિધિ હોવી જોઈએ કારણ કે, એમિનોઍસિડમાં કોઈ સંરચનાત્મક વિશિષ્ટતા નથી હોતી કે જેનાથી તે સંકેતને ચોકસાઈપૂર્વક વાંચી શકે. તેઓએ અનુકૂલક અણુની હાજરી પ્રસ્થાપિત કરી કે જે એક બાજુ સંકેતને વાંચતા હોય અને બીજી બાજુએથી વિશિષ્ટ એમિનો-ઍસિડને જોડતા હોય. tRNA જેને sRNA (soluble RNA) પણ કહે છે, જેના વિશે જાણકારી આનુવંશિક સંકેતની શોધ પહેલા હતી, છતાં પણ તેની અનુકૂલક અણુ સ્વરૂપ તરીકે ઘણા સમય પછી જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ.



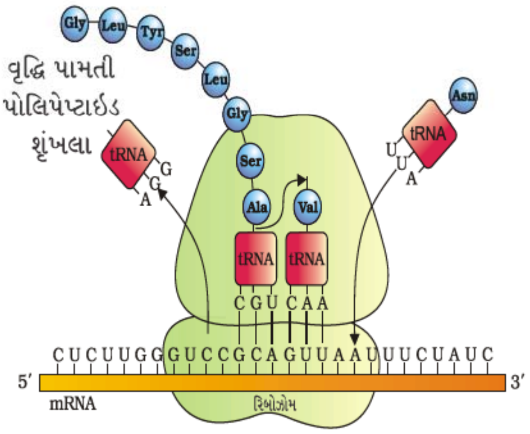
આકૃતિ 6.12 : tRNA - અનુકૂલક અણુ

tRNAમાં એક **પ્રતિસંકેત લૂપ (anticodon loop)** જોવા મળે છે, જ્યાં સંકેતના પૂરક બેઈઝ આવેલા હોય છે અને તેમાં **એમિનો-ઍસિડનો સ્વીકાર્ય છેડો (amino acid accepter end)** આવેલો હોય છે, જેનાથી તે એમિનોઍસિડ સાથે જોડાય છે. પ્રત્યેક એમિનો- ઍસિડ માટે વિશિષ્ટ tRNA આવેલા હોય છે (આકૃતિ 6.12). પ્રારંભ માટે બીજો વિશિષ્ટ tRNA આવેલો હોય છે જેને **પ્રારંભક tRNA (initiator tRNA)** કહે છે. સમાપ્તિ સંકેત માટે કોઈ tRNA હોતા નથી. આકૃતિ 6.12માં, tRNAનું દ્વિતીય બંધારણ દર્શાવેલ છે. જે ક્લોવર (clover leaf)ના પર્ણ જેવું દેખાય છે. વાસ્તવમાં tRNA સઘન અણુ છે જે ઊંધા L આકારની જેમ દેખાય છે.

6.7 ભાષાંતર (Translation)

ભાષાંતર (translation) એ એવી પ્રક્રિયા છે જેમાં એમિનોઍસિડના બહુલીકરણથી પોલિપેપ્ટાઇડનું નિર્માણ થાય છે (આકૃતિ 6.13). એમિનોઍસિડનો ક્રમ mRNA પર આવેલા બેઈઝના અનુક્રમ પર આધાર રાખે છે. એમિનોઍસિડ પેપ્ટાઇડબંધ દ્વારા જોડાયેલા હોય છે. પેપ્ટાઇડબંધના નિર્માણ માટે શક્તિની આવશ્યકતા રહેલી હોય છે. આ કારણે

પ્રથમ અવસ્થામાં એમિનોઍસિડ સ્વયં ATPની હાજરીમાં સક્રિય થઈ જાય છે તથા પોતાના સંબંધિત tRNA સાથે જોડાઈ જાય છે. આ પ્રક્રિયાને સામાન્ય રીતે **tRNAનું આવેશીકરણ (charging of tRNA)** અથવા વધુ સ્પષ્ટ રીતે **tRNA એમિનો એસાઈલેશન (amino acylation of tRNA)** કહે છે. આ બે આવેશિત (charged) tRNA એકબીજાની નજીક આવવાથી તે અણુઓની વચ્ચે પેપ્ટાઇડબંધનું નિર્માણ થાય છે. ઉત્પ્રેરકની હાજરીમાં પેપ્ટાઇડબંધ બનવાનો દર ઝડપી થઈ જાય છે.



આકૃતિ 6.13 : ભાષાંતર

રિબોઝોમ કોષીય ફેક્ટરી છે. જે પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટે જવાબદાર છે. રિબોઝોમમાં સંરચનાત્મક RNAs અને 80 પ્રકારના વિવિધ પ્રોટીનથી હોય છે. તે તેની નિષ્ક્રિય અવસ્થામાં બે પેટા એકમો; મોટો પેટા એકમ અને નાનો પેટા એકમ સ્વરૂપે હોય છે. જ્યારે નાનો પેટા એકમ mRNA સાથે સંકળાય છે ત્યારે mRNAમાંથી પ્રોટીન બનવાની ભાષાંતર પ્રક્રિયાની શરૂઆત થાય છે. મોટા પેટા એકમમાં બે સ્થાન હોય છે જેનાથી એમિનોઍસિડ જોડાઈને એકબીજાની અત્યંત નજીક આવે છે જેનાથી પોલિપેપ્ટાઇડબંધનું નિર્માણ થાય છે. રિબોઝોમ પેપ્ટાઇડબંધના નિર્માણમાં ઉત્પ્રેરક (23S rRNA બૅક્ટેરિયામાં ઉત્સેચક - રિબોઝાઇમ) તરીકે વર્તે છે.

mRNAમાં ભાષાંતરણ એકમ (translational unit) એ RNAનો અનુક્રમ છે જેના છેડા પર પ્રારંભિક સંકેત (AUG) સમાપ્તિ સંકેત (stop codon) અને પોલિપેપ્ટાઇડના સંકેતો હોય છે. mRNAમાં કેટલાક વધારાના અનુક્રમ આવેલા હોય છે જે ભાષાંતરિત નથી તેમને **ભાષાંતરરહિત વિસ્તાર (untranslated regions - UTR)** કહે છે. UTRs એ 5′ છેડા (પ્રારંભિક સંકેત પહેલાં) અને 3′ છેડા (સમાપ્તિ સંકેત પછી) બંને પર સ્થિત હોય છે. તે કાર્યક્ષમ ભાષાંતર-પ્રક્રિયા માટે આવશ્યક છે.

પ્રારંભ માટે રિબોઝોમ mRNAના પ્રારંભિક સંકેત (AUG) સાથે જોડાય છે. જેની ઓળખ ફક્ત પ્રારંભિક tRNA દ્વારા કરવામાં આવે છે. રિબોઝોમ ત્યાર બાદ પ્રોટીન સંશ્લેષણની પ્રલંબન પ્રક્રિયા તરફ આગળ વધે છે. આ દરમિયાન એમિનોઍસિડ tRNA સાથે જોડાઈને જટિલ રચનાનું નિર્માણ કરે છે. જે આગળ વધીને tRNAના પ્રતિ સંકેત સાથે પૂરક બેઇઝ બનાવીને mRNAના ઉચિત સંકેત સાથે જોડાય છે. રિબોઝોમ mRNA પર એક સંકેતથી બીજા સંકેત તરફ ખસે છે. એક પછી એક એમિનોઍસિડ ઉમેરાવાથી પોલિપેપ્ટાઇડ અનુક્રમો ભાષાંતરણ પામે છે જે DNA દ્વારા નિર્દેશિત અને mRNA દ્વારા નિરૂપિત હોય છે. અંતમાં **વિમોચક કારક (release factor)** સમાપ્તિ સંકેત સાથે જોડાવાથી ભાષાંતર-પ્રક્રિયાનો અંત આવે છે અને રિબોઝોમમાંથી સંપૂર્ણ પોલિપેપ્ટાઇડ મુક્ત થાય છે.

6.8 જનીન અભિવ્યક્તિનું નિયમન (Regulation of Gene Expression)

જનીન અભિવ્યક્તિના નિયમનનો વિવિધ સ્તરો પર વ્યાપક અર્થ થાય છે. જનીન અભિવ્યક્તિના ફળસ્વરૂપે પોલિપેપ્ટાઇડનું નિર્માણ થાય છે, જેને ઘણાબધા સ્તરે નિયમન કરી શકાય છે. સુકોષકેન્દ્રીય સજીવોમાં, નિયમન નીચે મુજબ થઈ શકે છે :

(i) પ્રત્યાંકન સ્તર (પ્રાથમિક પ્રત્યાંક અનુલેખનું નિર્માણ)

(ii) પ્રક્રિયા સ્તર (સ્પ્લિસિંગનું નિયમન)

(iii) mRNAનું કોષકેન્દ્રમાંથી કોષરસમાં સ્થળાંતરણ

(iv) ભાષાંતરીય સ્તર

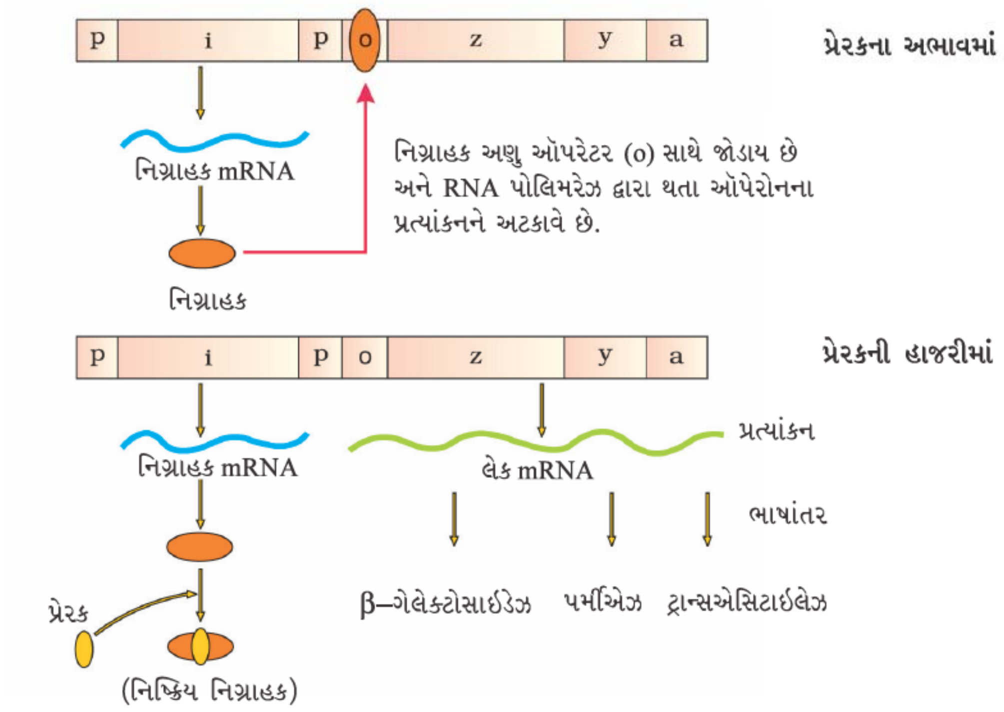
કોષમાં રહેલ જનીન એક વિશિષ્ટ કાર્ય અથવા કાર્યોના સમૂહને અભિવ્યક્ત કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે ઈ. કોલાઈ *(E. coli)*માં રહેલ ઉત્સેચક β-ગેલેક્ટોસાઈડેઝ એ ડાયસેકેરાઈડ્સ - લેક્ટોઝનું જલવિભાજન પ્રેરી તેને ગેલેક્ટોઝ અને ગ્લુકોઝમાં ફેરવે છે. જેને બૅક્ટેરિયા ઊર્જાના સ્રોત તરીકે ઉપયોગમાં લે છે. આથી જો બૅક્ટેરિયા પાસે લેક્ટોઝની ગેરહાજરી હોય તો β-ગેલેક્ટોસાઈડેઝ ઉત્સેચકના સંશ્લેષણની જરૂર પડતી નથી. આ રીતે સામાન્ય શબ્દોમાં કહેવામાં આવે તો આ એક ચયાપચયિક, દેહધાર્મિક અથવા પર્યાવરણીય સ્થિતિ છે જે જનીન અભિવ્યક્તિનું નિયમન કરે છે. એક ભ્રૂણનો પરિપક્વ સજીવમાં વિકાસ અને વિભેદન જનીનના વિવિધ સમૂહોની અભિવ્યક્તિના સહનિયમનનું પરિણામ છે.

આદિકોષકેન્દ્રીમાં જનીન અભિવ્યક્તિના નિયમન માટે કેટલાક એવા પ્રભાવી સ્થાન હોય છે જે પ્રત્યાંકિત પ્રારંભિક દરનું નિયમન કરે છે. પ્રત્યાંકન એકમમાં પ્રમોટર (પ્રચાલક-promoter) સાથે RNA પોલિમરેઝની ક્રિયાશીલતા સહાયક પ્રોટીન સાથેની પારસ્પરિક ક્રિયા દ્વારા નિયમન પામે છે જે પ્રારંભિક સ્થાનની ઓળખ ક્ષમતામાં સહાયતા કરે છે. આ નિયામકી પ્રોટીન (regulatory protein) સકારાત્મક કે સક્રિયક (positively or activators) અને નકારાત્મક કે નિગ્રાહક (negatively or repressors) બંને સ્વરૂપે કાર્ય કરી શકે છે. આદિકોષકેન્દ્રી DNAમાં પ્રમોટર સ્થાનની ઉપલબ્ધતા ઘણા કિસ્સામાં પ્રોટીનના વિશેષ અનુક્રમ જેને **ઓપરેટર (ચાલક-operator)** કહે છે તેના દ્વારા નિયમન પામે છે અને તેના સહયોગથી નિયમિત થતી રહે છે. મોટા ભાગે ઑપેરોનમાં ઓપરેટર સ્થાન, પ્રેરક ભાગની પાસે જ હોય છે અને મોટા ભાગની સ્થિતિમાં ઓપરેટરના અનુક્રમ નિગ્રાહક પ્રોટીનથી જોડાયેલ હોય છે. પ્રત્યેક ઑપેરોનનો પોતાનો વિશિષ્ટ ઓપરેટર અને વિશિષ્ટ નિગ્રાહક (specific repressor) હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, લેક-ઓપરેટર માત્ર લેક ઑપેરોન (lac-operon)માં જોવા મળે છે. તે વિશેષરૂપે ફક્ત લેક-નિગ્રાહક (lac-repressor) સાથે આંતરક્રિયાઓ કરે છે.

6.8.1 લેક-ઑપેરોન (The lac-operon)

લેક-ઑપેરોન વિશે સ્પષ્ટ માહિતી જનીનશાસ્ત્રી ફ્રાન્કોઈસ જેકોબ અને જૈવરસાયણશાસ્ત્રી જૈકવે મોનોડના સહિયારા પ્રયાસ પરથી મળી. તેઓએ સૌપ્રથમ વખત પ્રત્યાંકિત રીતે નિયંત્રિત તંત્ર (transcriptionally regulated system) વિશે ખ્યાલ આપ્યો. લેક-ઑપેરોન (અહીં લેકનો અર્થ લેક્ટોઝ છે)માં પોલિસિસ્ટ્રોનિક બંધારણીય જનીનનું નિયમન એક સામાન્ય પ્રમોટર અને નિયામકી જનીન દ્વારા થાય છે. આ પ્રકારની વ્યવસ્થા બૅક્ટેરિયામાં ખૂબ જ સામાન્ય છે. તેને **ઑપેરોન (operon)** કહે છે. એવાં કેટલાંક ઉદાહરણ લેક-ઑપેરોન (lac operon), ટ્રિપ ઑપેરોન (trp operon), એરા-ઑપેરોન (ara operon), હિસ ઑપેરોન (his operon), વૅલ-ઑપેરોન (val operon) વગેરે છે.

લેક-ઑપેરોન એક નિયામક જનીન (i જનીન. અહીં iનો અર્થ પ્રેરક (inducer) નથી, પરંતુ આ શબ્દ અવરોધક (inhibitor) પરથી લેવામાં આવ્યો છે) અને ત્રણ બંધારણીય જનીન (z, y અને a)થી મળીને બને છે. i જનીન લેક-ઑપેરોનના નિગ્રાહકનું સંકેતન કરે છે. z જનીન β-ગેલેક્ટોસાઈડેઝ (β-gal)નું સંકેતન કરે છે. જે ડાયસેકેરાઈડ્સ લેક્ટોઝના જળવિભાજનથી મોનોમેરિક એકમો ગેલેક્ટોઝ અને ગ્લુકોઝનું સર્જન કરે છે. y જનીન પર્મિએઝ માટેનું સંકેતન કરે છે જે કોષમાં β-ગેલેક્ટોસાઈડેઝની પારગમ્યતાને વધારે છે. જનીન a દ્વારા ટ્રાન્સએસિટાયલેઝનું સંકેતન થાય છે. આ રીતે લેક-ઑપેરોનના ત્રણેય જનીનનાં ઉત્પાદનો લેક્ટોઝ ચયાપચય માટે આવશ્યક હોય છે. બીજા અન્ય ઑપેરોનના ઑપેરોનમાં ઉપસ્થિત જનીન તેજ અથવા સંબંધિત ચયાપચયિક પથમાં એક સાથે કાર્ય કરે છે (આકૃતિ 6.14).



આકૃતિ 6.14 : લેક-ઑપેરોન

લેક્ટોઝ એ β-ગેલેક્ટોસાઈડેઝ માટે પ્રક્રિયકનું કામ કરે છે જે ઑપેરોનની સક્રિયતાનો આરંભ (switching on) અને સમાપ્તિ (off)નું નિયમન કરે છે. તેને **પ્રેરક (inducer)** કહેવાય છે. સૌથી ઉત્તમ કાર્બન સ્રોત-ગ્લુકોઝની ગેરહાજરીમાં જો બૅક્ટેરિયાના સંવર્ધન માધ્યમમાં લેક્ટોઝ ઉમેરવામાં આવે ત્યારે પર્મીએઝની ક્રિયા દ્વારા લેક્ટોઝ કોષની અંદર પ્રવેશે છે (યાદ રાખો કોષમાં લેક-ઑપેરોનની અભિવ્યક્તિ નિમ્ન સ્તરે હંમેશાં હાજર રહેવી જોઈએ, અન્યથા લેક્ટોઝ કોષોની અંદર પ્રવેશ નહિ કરી શકે). તેના પછી લેક્ટોઝ ઑપેરોનને નીચે મુજબ પ્રેરિત કરે છે :

ઑપેરોનના i જનીન દ્વારા નિગ્રાહક સંશ્લેષિત (હંમેશાં અંગભૂત ભાગ તરીકે) થાય છે. નિગ્રાહક પ્રોટીન ઑપેરોનના ઑપરેટર વિસ્તારે જોડાઈને RNA પોલિમરેઝને પ્રત્યાંકન કરતાં અટકાવે છે. લેક્ટોઝ અથવા એલોલેક્ટોઝ જેવા પ્રેરકની હાજરીમાં નિગ્રાહક એ પ્રેરક સાથે પ્રક્રિયા કરીને નિષ્ક્રિય થાય છે. તેથી RNA પોલિમરેઝને પ્રમોટર સાથે જોડાવાની અનુમતિ મળે છે અને પ્રત્યાંકનની શરૂઆત કરે છે (આકૃતિ 6.14). લેક-ઑપેરોનના નિયમનને પ્રક્રિયાર્થી દ્વારા ઉત્સેચકના સંશ્લેષણના સ્વરૂપે નિરુપિત કરી શકાય છે.

યાદ રાખો કે લેક-ઑપેરોન માટે ગ્લુકોઝ અથવા ગેલેક્ટોઝ પ્રેરક સ્વરૂપે કાર્ય કરતા નથી. શું તમે વિચારી શકો છો કે, લેક્ટોઝની હાજરીમાં ક્યાં સુધી લેક-ઑપેરોનની અભિવ્યક્તિ થયા કરશે ?

નિગ્રાહક દ્વારા લેક-ઑપેરોનના નિયમનને **નકારાત્મક નિયમન (negative regulation)** કહે છે. લેક-ઑપેરોન હકારાત્મક નિયમન (positive regulation)ના નિયંત્રણમાં પણ હોય છે પરંતુ આ સ્તરે તેના વિશેની ચર્ચા આપણા ક્ષેત્રની બહારની છે.

6.9 હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ (Human Genome Project)

આગળના વિભાગમાં તમે અભ્યાસ કરી ચૂક્યાં છો કે, DNAમાં જોવા મળતા બેઇઝનો અનુક્રમ કોઈ પણ સજીવની આનુવંશિકતાની માહિતી નિર્ધારિત કરે છે. બીજા શબ્દોમાં કોઈ પણ સજીવની આનુવંશિક વ્યવસ્થા તેના DNAમાં જોવા મળતા અનુક્રમો દ્વારા નક્કી થાય છે. જો બે વ્યક્તિઓમાં ભિન્નતા જોવા મળે તો તેમના DNA અનુક્રમ ભિન્ન હોય છે. આ ધારણાઓ હ્યુમન જીનોમમાં રહેલા DNAના પૂર્ણ અનુક્રમ વિશે તપાસ કરવા માટે વિવશ કરે છે. જિનેટિક એન્જિનિયરિંગ તક્નિકના વિકાસથી કોઈ પણ DNA ખંડનું અલગીકરણ અથવા ક્લોનિંગ કરી શકાય છે અને DNA અનુક્રમોને જાણવા માટે સરળ અને ઝડપી તક્નિકીના વિકાસથી 1990માં હ્યુમન જીનોમના અનુક્રમોની તપાસ કરવા માટે એક મહત્ત્વાકાંક્ષી પ્રૉજેક્ટની શરૂઆત થઈ.

હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ (HGP) મેગા પ્રૉજેક્ટ તરીકે ઓળખાય છે. જો આ પ્રૉજેક્ટના ઉદ્દેશ્યોને ધ્યાનમાં રાખીએ તો તેના વિસ્તાર અને આવશ્યકતા વિશે કલ્પના કરી શકીએ જે નીચે પ્રમાણે છે :

હ્યુમન જીનોમમાં લગભગ 3×10^9 બેઇઝ જોડ (bp) જોવા મળે છે. જો અનુક્રમ જાણવા માટે બેઇઝ જોડ દીઠ 3 US $ ખર્ચ થાય તો સંપૂર્ણ પ્રૉજેક્ટ પર ખર્ચ થવાથી રકમ સરેરાશ લગભગ 9 બિલિયન US ડૉલર હશે. વળી પ્રાપ્ત અનુક્રમોને ટાઈપ કરીને અક્ષરોની જેમ પુસ્તકમાં સંગૃહીત કરવામાં આવે તો પ્રત્યેક પેજમાં 1000 અક્ષર હોય તો તે પ્રકારે આ પુસ્તકમાં 1000 પેજ હોય તો એક માનવકોષની DNAની માહિતીને ભેગી કરવા માટે 3300 પુસ્તક (ચોપડીઓ)ની જરૂરિયાત પડશે. આ પ્રકારે મોટી સંખ્યામાં આંકડાઓની પ્રાપ્તિ માટે ખૂબ જ ઝડપવાળા સંગણક સાધનની જરૂર પડશે. જેનાથી આંકડાઓનો સંગ્રહ, વિશ્લેષણ અને પુનઃ ઉપયોગમાં સહાયતા મળશે. HGP દ્વારા જીવવિજ્ઞાનમાં એક નવા ક્ષેત્રનો ઝડપથી વિસ્તાર સંભવ થઈ શક્યો જેને **બાયોઈન્ફોરમેટિક્સ (Bioinformatics)** કહે છે.

HGPનાં લક્ષ્યાંકો (Goals of HGP)

HGPનાં કેટલાંક મહત્ત્વનાં લક્ષ્યાંકો નીચે મુજબ છે :

(i) માનવના DNAમાં લગભગ 20,000–25,000 બધા જ જનીનોને ઓળખવા.

(ii) હ્યુમન જીનોમને બનાવતી 3 બિલિયન રાસાયણિક બેઇઝ જોડના ક્રમને ઓળખવો.

(iii) આ માહિતીને ડેટાબેઇઝ (database) સ્વરૂપે સંગૃહીત કરવી.

(iv) માહિતીના વિશ્લેષણ માટે ઉપકરણોમાં સુધારો કરવો.

(v) સંબંધિત માહિતીને ઇન્ડસ્ટ્રિઝ જેવા પ્રાઇવેટ સેક્ટરમાં રૂપાંતરિત કરવી.

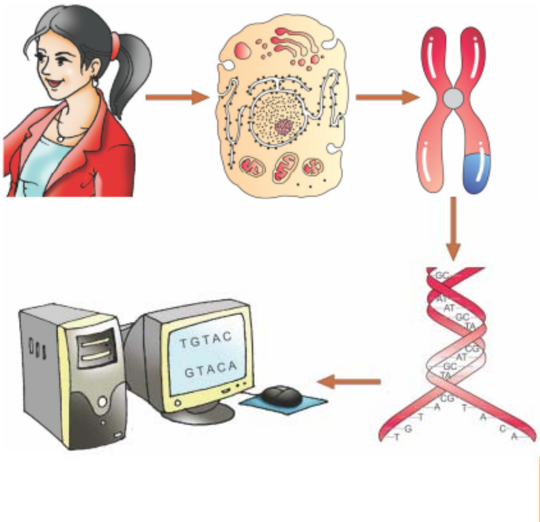
(vi) પ્રૉજેક્ટ સંબંધિત નૈતિક, કાયદાકીય અને સામાજિક સમસ્યાઓ (ethical, legal and social issues) (ELSI)ને સમજવી.

હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ 13 વર્ષની યોજના હતી જેમાં યુ.એસ. ડિપાર્ટમેન્ટ ઑફ ઍનર્જી અને નેશનલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ્સ ઑફ હેલ્થના સહયોગથી પ્રૉજેક્ટ શરૂ થયો. પ્રારંભિક વર્ષોમાં વેલકમ ટ્રસ્ટ (U.K.)ની HGPમાં મુખ્ય ભાગીદારી હતી. પછી જાપાન, ફ્રાન્સ, જર્મની, ચીન અને અન્ય દેશોનો સહયોગ પ્રાપ્ત થયો. આ પ્રૉજેક્ટ 2003માં પૂર્ણ થયો. વ્યક્તિઓમાં જોવા મળતી DNAની ભિન્નતા વિશે પ્રાપ્ત જાણકારીથી માનવમાં જોવા મળતી હજારો અનિયમિતતાઓ વિશે ઓળખ, સારવાર કરવા અને કેટલીક હદ સુધી તેને અટકાવવામાં સહાયતા પ્રાપ્ત થાય છે. તેનાથી વિશેષ માનવ જીવવિજ્ઞાનનાં રહસ્યોને સમજવા, માનવેત્તર સજીવોના DNA ક્રમોની પ્રાપ્ત જાણકારીના આધારે તેની પ્રાકૃતિક ક્ષમતાઓનો

ઉપયોગ કરી સ્વાસ્થ્ય-સુરક્ષા, કૃષિ, ઊર્જા-ઉત્પાદન અને પર્યાવરણ સુધારની દિશામાં ઉદ્‌ભવતા પડકારનું સમાધાન કરી શકાય છે. કેટલાક અમાનવીય-મૉડલ (માનવેત્તર) સજીવો જેમકે બૅક્ટેરિયા, યીસ્ટ, *caenorhabditis elegans* (મુક્તજીવી બિનરોગકારક સૂત્રકૃમિ), ડ્રોસોફિલા (ફળમાખી), વનસ્પતિઓ (ડાંગર અને *Arabidopsis*) વગેરેના અનુક્રમો વિશે જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ છે.

કાર્યપ્રણાલી (Methodologies) : આ પ્રણાલીમાં બે મહત્ત્વપૂર્ણ રીતનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે. પ્રથમ પ્રયાસ એ બધા જનીનો જે RNAના સ્વરૂપમાં વ્યક્ત થાય છે તેના વિશે ધ્યાન આપવું [**જેને એક્સપ્રેસ્ડ્ સિક્વેન્સ ટેગ્સ (expressed sequence tags)** ESTs કહે છે]. બીજો પ્રયાસ એ છે કે જનીનમાં જોવા મળતા બધા જીનોમના કોડિંગ અને નોન-કોડિંગ અનુક્રમોની જાણકારી પ્રાપ્ત કરી તેનાં કાર્યોને નિર્ધારિત કરવાનો છે [જેને **સિક્વેન્સ એનોટેશન (sequence annotation)** કહે છે] કોષના કુલ DNAમાં રહેલ અનુક્રમોની જાણકારી માટે પહેલા તેને અલગીકરણ કરી નાના-નાના યાદચ્છિક (random) ખંડો (યાદ કરો DNA એક ખૂબ જ લાંબો પોલિમર છે જેના કારણે DNAના લાંબા ટુકડાઓના અનુક્રમણ માટે મુશ્કેલી થાય છે) બનાવીને વિશિષ્ટ વાહકની મદદથી યજમાનમાં ક્લોનિંગ કરાવાય છે. ક્લોનિંગ પ્રત્યેક DNAના પ્રવર્ધન (amplification)માં મદદ કરે છે. જેનાથી આ અનુક્રમોની જાણકારી મળવી સરળ થઈ જાય છે. સામાન્ય રીતે ઉપયોગી યજમાન બૅક્ટેરિયા અને યીસ્ટ છે તથા વાહકો જેને **BAC (bacterial artificial chromosome)** અને **YAC (yeast artifical chromosome)** કહે છે.

ખંડોએ સ્વયંસંચાલિત DNA અનુક્રમક (DNA sequencers) ના ઉપયોગથી અનુક્રમિત કરવામાં આવે છે. જે ફ્રેડરિક સેંગર દ્વારા વિકસાવેલ પ્રક્રિયાના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. (યાદ રાખો કે પ્રોટીનમાં એમિનોઍસિડના અનુક્રમોને નક્કી કરનારી ક્રિયાના વિકાસનો શ્રેય પણ સેંગરને જ પ્રાપ્ત થાય છે). આ અનુક્રમો તેમાં હાજર રહેલા કેટલાક એકબીજા પર આચ્છાદન (overlaping) કરતાં પ્રદેશના આધારે ગોઠવાય છે. આ અનુક્રમિતતા માટે આચ્છાદિત ખંડોનું નિર્માણ થવું આવશ્યક છે. આ અનુક્રમોને મનુષ્ય દ્વારા પંક્તિબદ્ધ કરવું સંભવ નથી. આ કારણથી વિશિષ્ટ કમ્પ્યૂટર આધારિત પ્રોગ્રામને વિકસાવવામાં આવ્યો છે (આકૃતિ 6.15). ત્યાર પછી આ અનુક્રમોનું અર્થઘટન (annotated) કરીને તેને પ્રત્યેક રંગસૂત્રની સાથે સાંકળવામાં આવ્યા. રંગસૂત્ર 1નો અનુક્રમ મે, 2006 (આ મનુષ્યના 24 રંગસૂત્રોમાં અંતિમ હતું, 22-દૈહિક અને X અને Yના અનુક્રમ હજુ બાકી હતા)માં પૂર્ણ થયો. બીજું પડકારરૂપ કાર્ય જનીન સંકુલ (genome)નો આનુવંશિક અને ભૌતિક નકશો તૈયાર કરવાનું હતું. જે પોલિમોર્ફિસમ રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ ઓળખસ્થાન અને કેટલાક પુનરાવર્તિત



આકૃતિ 6.15 : હ્યુમન જીનોમ પ્રોજેક્ટનું નિરૂપક ચિત્ર

DNA અનુક્રમો જે માઇક્રો સૅટેલાઇટ્સ (micro satellites) (પુનરાવર્તન DNA અનુક્રમોમાં પોલિમોર્ફિસમનું પ્રયોજન આગળ DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગના ભાગમાં અભ્યાસ કરીશું) તરીકે ઓળખાય છે તેની માહિતીના ઉપયોગથી થયું.

6.9.1 હ્યુમન જીનોમનાં વિશિષ્ટ લક્ષણો (Salient Features of Human Genome)

હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ દ્વારા પ્રાપ્ત કેટલાંક મુખ્ય નિરીક્ષણો નીચે મુજબ છે :

(i) હ્યુમન જીનોમ 3164.7 મિલિયન બેઇઝ જોડ ધરાવે છે.

(ii) સરેરાશ જનીન 3000 બેઇઝ ધરાવે છે. જેના આકારમાં અત્યંત વિભિન્નતાઓ છે. મનુષ્યનો જ્ઞાત સૌથી મોટો જનીન ડિસ્ટ્રોફિન (dystrophin)માં 2.4 મિલિયન બેઇઝ મળ્યા છે.

(iii) જનીનની સંખ્યા 30,000 છે જે પૂર્વ અંદાજિત 80,000થી 1,40,000 જનીનથી ઘણી ઓછી છે. લગભગ બધા (99.9 %) ન્યુક્લિઓટાઇડ બેઇઝ બધા મનુષ્યમાં એક જ સરખા હોય છે.

(iv) શોધાયેલા જનીનો પૈકી 50 % જનીનોનાં કાર્યો અજાણ છે.

(v) 2 % કરતાં પણ ઓછા જીનોમ પ્રોટીન માટે સંકેત કરે છે.

(vi) હ્યુમન જીનોમનો મોટો ભાગ પુનરાવર્તિત ક્રમોથી જ બનેલો છે.

(vii) પુનરાવર્તિત ક્રમો DNAના ફેલાયેલા ભાગ છે જેની ક્યારેક-ક્યારેક સો(શતકો)થી હજાર વખત પુનરાવૃત્તિ થાય છે. જેના વિશે એવું મનાય છે કે તેનો સીધો સાંકેતિક કાર્યોમાં કોઈ સંબંધ નથી પરંતુ તેનાથી રંગસૂત્રની સંરચના, ગતિકી અને વિકાસ વિશે જાણકારી પ્રાપ્ત થાય છે.

(viii) પ્રથમ રંગસૂત્ર સૌથી વધારે જનીનો (2968) અને Y સૌથી ઓછા (231) જનીનો ધરાવે છે.

(ix) વૈજ્ઞાનિકોએ મનુષ્યમાં લગભગ 1.4 મિલિયન જગ્યાઓ પર એકલ બેઇઝ DNA તફાવત (**SNPs – single nucleotide polymorphism,** જેને સ્નિપ્સ (snips) કહેવામાં આવે છે)નો ખ્યાલ મેળવ્યો છે. ઉપર્યુક્ત માહિતીથી રંગસૂત્રોમાં એ જગ્યાઓ કે જે રોગ સાથે સંકળાયેલા ક્રમ અને માનવના ઇતિહાસ વિશે તપાસ મેળવવામાં સહાયક છે તેના વિશે જાણકારી એકત્ર કરવામાં ઘણો સહયોગ પ્રાપ્ત થયો.

6.9.2 પ્રયોજન અને ભાવિ પડકારો (Application and Future Challenges)

DNA અનુક્રમો દ્વારા પ્રાપ્ત અર્થપૂર્ણ જાણકારીએ તથા સંશોધનોથી આવનારા દશકોમાં જૈવિકતંત્રને સમજવામાં ઘણી સરળતા રહેશે. આ મોટા કાર્યને પૂર્ણ કરવામાં સાર્વજનિક અને પ્રાઇવેટ સેક્ટરનાં હજારો વિવિધ ક્ષેત્રોના વિશેષજ્ઞો તથા રચનાકારોની કુશળતા અને સર્જનાત્મકતાની જરૂર પડવાની છે. HG અનુક્રમોનો સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ પ્રભાવ એ રહ્યો કે જૈવિક સંશોધનમાં મુખ્યત્વે નવા આયામોનો સમાવેશ થઈ શક્યો. પહેલાં સંશોધનકર્તા એક સમયે એક અથવા કેટલાક જ જનીનો વિશે અભ્યાસ કરી શકતા હતા. સમગ્ર જીનોમ અનુક્રમો અને નવી તક્નિકોના આધારે ઉત્પન્ન થતા પ્રશ્નોને

વ્યવસ્થિત રીતે હલ કરવામાં હવે વ્યાપક સ્તરે સહાયતા મળી છે. તેઓ જીનોમમાં પ્રાપ્ત બધા જનીનો વિશે અભ્યાસ કરી શકે છે, ઉદાહરણ તરીકે - વિશિષ્ટ પેશીઓ અથવા અંગ અથવા ગાંઠમાં જોવા મળતાં બધાં પ્રત્યાંકનો કે જીવન રસાયણોને લયબદ્ધ કરવા માટે હજારો જનીન અને પ્રોટીન અરસપરસ જોડાયેલા તારની માફક કેવી રીતે કાર્ય કરે છે, તે જાણી શકાયું.

6.10 DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ (DNA Fingerprinting)

અગાઉના વિભાગમાં બતાવ્યા મુજબ, મનુષ્યમાં જોવા મળતા લગભગ 99.9 % બેઈઝક્રમ સરખા હોય છે. *હ્યુમન જીનોમ 3×10^9 bp ધરાવે છે એવું માનીએ તો કેટલા બેઈઝક્રમમાં કેટલી ભિન્નતા રહેલી છે ?* DNAના અનુક્રમમાં જોવા મળતી આ ભિન્નતા વ્યક્તિગત રીતે સ્વરૂપ પ્રકારમાં અનન્યતા બક્ષે છે કે નિર્ધારિત કરે છે. જો કોઈનો ઉદ્દેશ બે વ્યક્તિઓ વચ્ચે અથવા કોઈ વસ્તીમાં આવેલા લોકો વચ્ચે જનીનિક તફાવતનો ખ્યાલ મેળવવાનો છે તો હંમેશાં DNAનો અનુક્રમ જ્ઞાત કરવો પડશે. જે એક કઠિન તથા મોંઘું કાર્ય છે. કલ્પના કરો કે બે 3×10^6 બેઈઝ જોડ ધરાવતા બે સમૂહની વચ્ચે તુલના કરી રહ્યા છીએ. DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ કોઈ પણ બે વ્યક્તિઓ વચ્ચેના અનુક્રમોની સરખામણી કરવા માટેની ત્વરિત (ઝડપી) રીત છે.

DNA ફિંગરપ્રિન્ટમાં DNA અનુક્રમમાં આવેલા કેટલાક વિશિષ્ટ પ્રદેશો વચ્ચે જોવા મળતો તફાવત ધ્યાને લેવામાં આવે છે જેને **પુનરાવર્તિત DNA (repetitive DNA)** કહે છે. કારણ કે આ અનુક્રમોમાં DNAનો નાનો ભાગ વારંવાર પુનરાવૃત્ત થતો હોય છે. આ પુનરાવૃત્ત DNAને જીનોમિક DNAના સમૂહથી ડેન્સિટી ગ્રેડિયન્ટ સેન્ટ્રિફ્યુગેશન (density gradient centrifugation) દ્વારા ભિન્ન શિખર તરીકે અલગ કરાય છે. DNAનો મોટો સમૂહ એક મુખ્ય શિખર બનાવે છે. જ્યારે સાથે અન્ય નાના શિખર પણ બને છે જેને **સૅટેલાઈટ DNA (satellite DNA)** કહે છે. બેઈઝ બંધારણ (A : T સમૃદ્ધ અથવા G : C સમૃદ્ધ), ખંડોની લંબાઈ તેમજ પુનરાવર્તિત એકમોની સંખ્યાના આધારે માઈક્રોસૅટેલાઈટ, મીની-સૅટેલાઈટ વગેરેમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવેલ છે. આ અનુક્રમ કોઈ પણ પ્રોટીન માટે સંકેતન કરતા નથી પરંતુ તે હ્યુમન જીનોમનો મોટો ભાગ બનાવે છે. આ અનુક્રમ ઉચ્ચ સ્તરની બહુરૂપકતા (polymorphism) પ્રદર્શિત કરે છે, જે DNA ફિંગરપ્રિન્ટનો આધાર છે. કોઈ પણ વ્યક્તિની પ્રત્યેક પેશીઓ (જેમકે રુધિર, વાળ-પુટિકા, ત્વચા, હાડકાં, લાળ, શુક્રકોષ વગેરે)માંથી પ્રાપ્ત DNAમાં એકસમાન દરજ્જાની બહુરૂપકતા જોવા મળે છે. જે ફોરેન્સિક ઍપ્લિકેશનમાં એક ઓળખ સાધન તરીકે ઉપયોગી છે. વળી, બહુરૂપકતા પિતૃઓથી સંતતિમાં આનુવંશિક થાય છે, એટલા માટે જ્યારે પિતૃત્વ માટે વિવાદ ઊભો થાય ત્યારે DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ ઉત્તમ કસોટી છે.

DNA અનુક્રમમાં જોવા મળતી **બહુરૂપકતા (polymorphism)** DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગની સાથે-સાથે હ્યુમન જીનોમના આનુવંશિક નકશા તૈયાર કરવામાં પણ લાભદાયક છે. આથી આપણે DNA બહુરૂપકતા શું છે તે સમજવું જરૂરી બને છે. બહુરૂપકતા (આનુવંશિક આધાર પર વિવિધતા) વિકૃતિના કારણે ઉત્પન્ન થાય છે (યાદ કરો કે તમે પ્રકરણ 5 તથા આ પ્રકરણના આગળના ભાગોમાં વિકૃતિના વિવિધ પ્રકાર તથા તેની અસરો વિશે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો). કોઈ પણ વ્યક્તિમાં નવી વિકૃતિ તેના દૈહિક કોષો અથવા જનન કોષો (કોષો કે જે લિંગીપ્રજનન કરતા સજીવોના જન્યુઓનું નિર્માણ કરે છે)માં ઉદ્ભવે છે. જો જનન કોષોમાં વિકૃતિ કોઈ વ્યક્તિની સંતાનોત્પતિ ક્ષમતાને ગંભીરરૂપે પ્રભાવિત ના કરે તો વિકૃતિ સ્થાનાંતરિત થાય છે જેનાથી વસ્તીના બીજા સભ્યો (લિંગીપ્રજનન દ્વારા)માં તે ફેલાય

છે. જો મનુષ્યની વસ્તીમાં 0.01થી વધારે આવૃત્તિમાં એક સ્થાનમાં એક કરતાં વધારે એલેલ હોય તો એલેલિક (આગળના પ્રકરણ 5માંથી એલેલની વ્યાખ્યા યાદ કરો) અનુક્રમની વિભિન્નતાને પરંપરાગત રૂપે DNAની બહુરૂપકતા કહે છે. સરળ શબ્દોમાં જો એક **વારસાગત વિકૃતિ (inheritable mutation)** વસ્તીમાં વધુ આવૃત્તિથી મળે છે તો તેને **DNA બહુરૂપકતા (DNA polymorphism)** કહે છે. ઉપર્યુક્ત વિવિધતાની સંભાવના નોન-કોડિંગ DNAમાં વધારે હોય છે કારણ કે આ અનુક્રમોમાં થતી વિકૃતિ વ્યક્તિની પ્રજનન-ક્ષમતાને ત્વરિત અસર કરી શકતી નથી. આથી વિકૃતિ એક પેઢીમાંથી બીજી પેઢીમાં એકત્રિત થયા કરે છે. જેના ફળસ્વરૂપે વિવિધતા / બહુરૂપકતા ઉત્પન્ન થાય છે. બહુરૂપકતા વિવિધ પ્રકારની હોય છે. જેમાં એક ન્યુક્લિઓટાઇડથી લઈને મોટા પાયે પરિવર્તન થાય છે. ઉદ્વિકાસ અથવા જાતિનિર્માણમાં આવી બહુરૂપકતાની ખૂબ મોટી ભૂમિકા છે. જેના વિશે તમે ઉચ્ચ વર્ગોમાં અભ્યાસ કરશો.

DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગની તક્નિક સૌપ્રથમ એલિક જેફ્રિયસ (Alec Jeffreys) દ્વારા વિકસાવવામાં આવી. તેઓએ સૅટેલાઇટ DNAને પ્રોબ (probe) સ્વરૂપમાં ઉપયોગ કર્યો. જેમાં ઘણીબધી બહુરૂપકતા હતી. તેને **વેરિયેબલ નંબર ઑફ ટેન્ડમ રિપિટ્સ (variable number of tandem repeats - VNTR)** તરીકે ઓળખીએ છીએ. તક્નિક જેમકે પહેલા ઉપયોગ કરી ચૂક્યા છીએ તે સધર્ન બ્લોટ હાઇબ્રિડાઇજેશન (southern blot hybridisation) છે, જેમાં રેડિયોલેબલ્ડ (radiolabelled) VNTRનો પ્રોબ (probe) તરીકે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેમાં સમાવેશ -

(i) DNAનું અલગીકરણ

(ii) રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ દ્વારા DNAનું પાચન

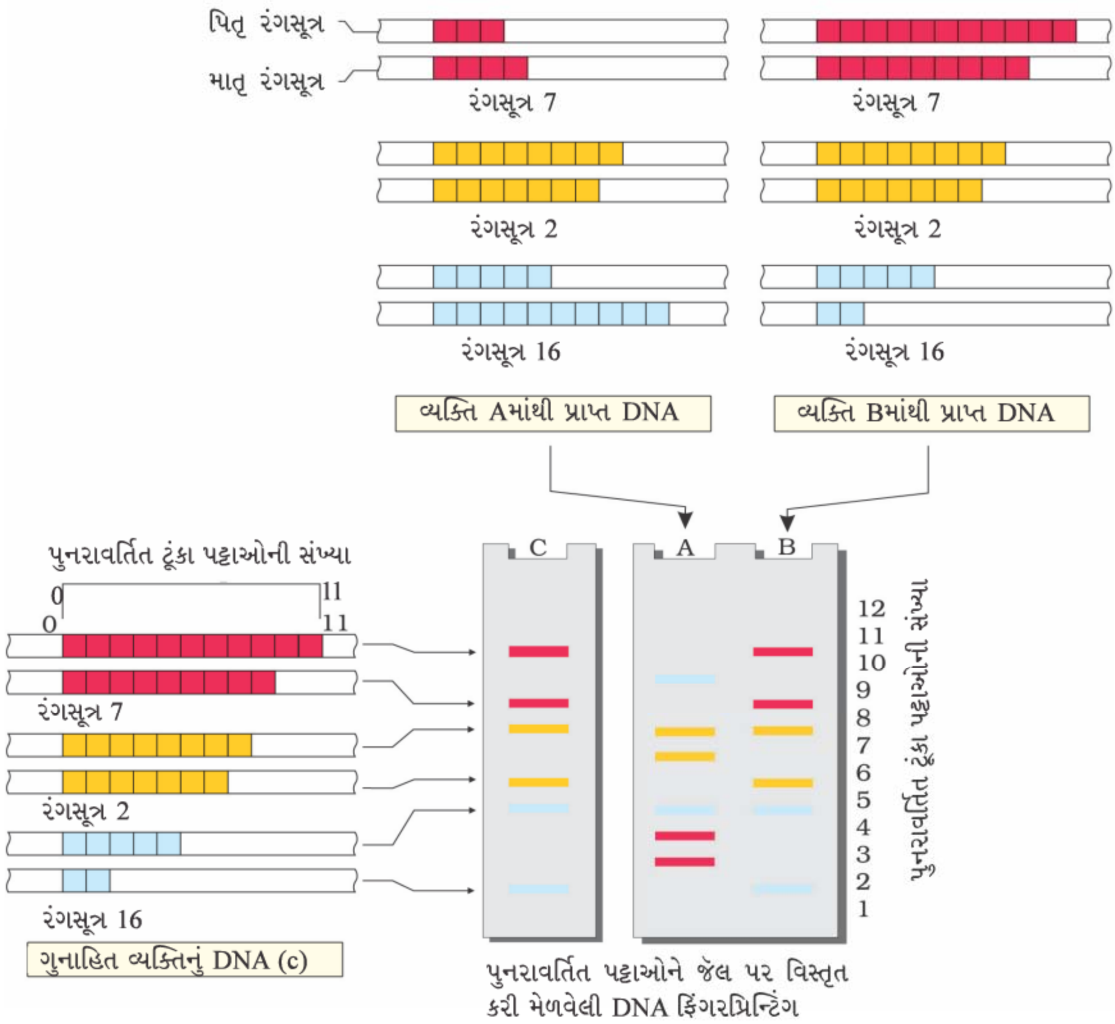
(iii) ઇલેક્ટ્રૉફોરેસિસ દ્વારા DNAના ખંડોનું અલગીકરણ

(iv) અલગીકૃત DNA ખંડોનું સંશ્લેષિત પટલ જેમકે, નાઇટ્રો સેલ્યુલોઝ અથવા નાઇલોન પર સ્થળાંતરણ (blotting)

(v) લેબલ્ડ VNTR પ્રોબનો ઉપયોગ કરીને સંકરણ અને

(vi) ઑટોરેડિયોગ્રાફી (autoradiography) દ્વારા સંકરિત DNA ખંડોની ઓળખ કરવી. DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગનું ચિત્રીય પ્રદર્શન આકૃતિ 6.16માં દર્શાવવામાં આવેલ છે.

VNTR સૅટેલાઇટ DNAના વર્ગમાં આવે છે, જેને મીની-સૅટેલાઇટ કહે છે. તેમાં એક નાનો DNA અનુક્રમ ઘણી નકલોની સંખ્યામાં અનુબદ્ધિય રીતે ગોઠવાયેલો હોય છે. કોઈ વ્યક્તિના એક રંગસૂત્રથી બીજા રંગસૂત્રમાં કૉપી નંબરની સંખ્યામાં ભિન્નતા રહેલી હોય છે. પુનરાવૃત્તોની સંખ્યામાં ઘણી ઊંચી ઉચ્ચ સ્તરની બહુરૂપતા જોવા મળે છે. જેના ફળસ્વરૂપે VNTRના કદમાં પરિવર્તન થતું રહેતું હોય છે. તેનું કદ 0.1થી 20 kb (કિલો બેઇઝ)નું હોય છે. VNTR પ્રોબથી સંકરણના ફળસ્વરૂપે પ્રાપ્ત ઑટોરેડિયોગ્રામમાં વિવિધ આકારની પટ્ટીઓ જોવા મળે છે. આ પટ્ટીઓ કોઈ વ્યક્તિના DNAના વિશિષ્ટ સ્વરૂપને વ્યક્ત કરે છે (આકૃતિ 6.16). આ પટ્ટીઓ સમરૂપી કે એકયુગ્મક (monozygotic) જોડિઓને છોડીને કોઈ પણ વ્યક્તિગત વસ્તીમાં એક વ્યક્તિથી



આકૃતિ 6.16 : DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગનું ચિત્રાત્મક પ્રદર્શન : કેટલાંક પ્રતિનિધિરૂપ રંગસૂત્રોમાં VNTRની વિવિધ નકલ સંખ્યા (કૉપી-નંબર) દર્શાવવામાં આવેલી છે. સમજણની સરળતા માટે વિભિન્ન રંગયોજનાનો ઉપયોગ જેલમાં ઉપસ્થિત પ્રત્યેક પટ્ટાના ઉદ્ગમનો ખ્યાલ મેળવવા કરવામાં આવેલ છે. એક રંગસૂત્રના બે એલેલ્સ (પિતૃક અને માતૃક)માં VNTRની વિવિધ કૉપી નંબર હોય છે. ગુનાહિત વ્યક્તિના DNAના પટ્ટાથી સાબિત થાય છે કે, DNAના પટ્ટાના નમૂનાઓ વ્યક્તિ Bને મળતા આવે છે પરંતુ Aને મળતાં આવતા નથી

બીજી વ્યક્તિમાં ભિન્ન-ભિન્ન હોય છે. પોલિમરેઝ ચેઇન રિએક્શન (PCR)નો ઉપયોગ કરીને તેની સંવેદનશીલતાને વધારી શકાય છે (PCR વિશે તમે પ્રકરણ 11માં અભ્યાસ કરશો). તેના પરિણામે કોઈ પણ એક કોષમાંથી મળતાં DNAમાંથી પર્યાપ્ત DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ વિશ્લેષણ કરી શકાય છે. ફોરેન્સિક સાયન્સ સિવાય પણ અન્ય ક્ષેત્રમાં તેનો ઉપયોગ છે જેમકે, વસ્તી અને જનીનિક વિવિધતાના નિર્ધારણમાં. વર્તમાન સમયમાં ઘણાબધા વૈવિધ્યપૂર્ણ પ્રોબ્સનો ઉપયોગ DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ બનાવવા માટે કરવામાં આવી રહ્યો છે.

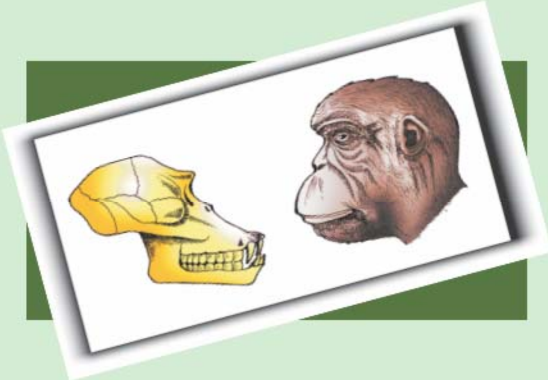
સારાંશ

ન્યુક્લિઇક ઍસિડ ન્યુક્લિઓટાઇડ્સનો એક લાંબો પોલિમર છે. DNA આનુવંશિક માહિતીને સંગૃહીત કરવા જ્યારે RNA મુખ્યત્વે માહિતીનું સ્થાનાંતરણ અને અભિવ્યક્તિમાં સહાય કરે છે. DNA અને RNA બંને આનુવંશિક દ્રવ્ય તરીકે કામ કરે છે. પરંતુ DNA રાસાયણિક અને બંધારણની દૃષ્ટિએ વધુ સ્થાયી હોવાથી શ્રેષ્ઠ આનુવંશિક દ્રવ્ય છે. આમ છતાં, પણ RNA સૌથી પહેલાં વિકસિત થયો અને જ્યારે DNA એ RNAમાંથી પ્રાપ્ત થયો. DNAની બેવડી કુંતલમય સંરચનાની વિશિષ્ટતા તેની વિરુદ્ધ શૃંખલામાં બેઇઝની વચ્ચે આવેલા હાઇડ્રોજનબંધ છે. નિયમાનુસાર એડેનીન થાયમીન સાથે બે હાઇડ્રોજનબંધ વડે જોડાય છે, જ્યારે ગ્વાનીન અને સાયટોસિન ત્રણ હાઇડ્રોજનબંધથી જોડાયેલા હોય છે. તેનાથી એક શૃંખલા બીજી શૃંખલાને પૂરક હોય છે. DNAનું સ્વયંજનન અર્ધરૂઢિગત હોય છે. આ પ્રક્રિયા પૂરક હાઇડ્રોજનબંધ દ્વારા નિર્દેશિત થાય છે. સાધારણ રીતે કહેવામાં આવે તો DNAનો એ ખંડ જે RNAનું સંકેતન કરે છે તેને જનીન કહે છે. પ્રત્યાંકન દરમિયાન પણ DNAની એક શૃંખલા ટેમ્પલેટ સ્વરૂપે કામ કરીને તે પૂરક RNAનું સંશ્લેષણ કરે છે. જે બૅક્ટેરિયામાં પ્રત્યાંકિત mRNA સક્રિય હોય છે અને તે સીધો જ ભાષાંતર પામે છે. સુકોષકેન્દ્રીમાં, જનીન વિખંડિત હોય છે. કોડિંગ અનુક્રમો એક્સોનની વચ્ચે નોનકોડિંગ અનુક્રમો ઇન્ટ્રૉન્સ જોવા મળે છે. ઇન્ટ્રૉન્સને દૂર કરી એક્સોન સ્પ્લિસિંગ દ્વારા એકબીજા સાથે જોડાઈને સક્રિય RNAનું નિર્માણ કરે છે. mRNAમાં જોવા મળતાં બેઇઝ ક્રમોને ત્રણના સમૂહમાં વંચાય છે (ત્રિઅક્ષરીય આનુવંશિક સંકેતનું નિર્માણ) જે એક એમિનોઍસિડનું સંકેતન કરે છે. tRNA દ્વારા આનુવંશિક સંકેતોને પૂરકતાના સિદ્ધાંત દ્વારા વાંચી શકાય છે જે એક અનુકૂલક અણુના રૂપે કાર્ય કરે છે. પ્રત્યેક એમિનોઍસિડ માટે વિશિષ્ટ tRNA આવેલા હોય છે. tRNA વિશિષ્ટ એમિનોઍસિડને પોતાના એક છેડા સાથે જોડીને mRNA પર સ્થિત સંકેત સાથે પોતાના પ્રતિસંકેત દ્વારા હાઇડ્રોજનબંધ બનાવીને જોડાય છે. ભાષાંતર સ્થાન (પ્રોટીન સંશ્લેષણ) રિબોઝોમ છે, જે mRNA સાથે જોડાઈને એમિનોઍસિડ્સને જોડવા માટે જગ્યા પૂરી પાડે છે. કોઈ એક rRNA પેપ્ટાઇડબંધ બનાવવા માટે ઉત્પ્રેરકનું કામ કરે છે. જે એક RNA ઉત્સેચક (રિબોઝાઇમ)નું ઉદાહરણ છે. ભાષાંતર એ એક પ્રક્રિયા છે જેનો વિકાસ RNAની આસપાસ થયો છે જે એ વાતનું સૂચક છે કે જીવનનો ઉદ્‌ભવ RNAમાંથી થયો છે. કેમકે પ્રત્યાંકન અને ભાષાંતર શક્તિની દૃષ્ટિએ ખર્ચાળ પ્રક્રિયા છે. આથી તે ચુસ્તતાપૂર્વક નિયમન પામતી હોય છે. પ્રત્યાંકનનું નિયમન જનીન અભિવ્યક્તિના નિયમનનું પ્રથમ ચરણ છે. બૅક્ટેરિયામાં એકથી વધારે જનીન એવી રીતે અરસપરસ ગોઠવાયેલા હોય છે કે તે એક એકમ સ્વરૂપે હોય છે જેને ઑપેરોન કહે છે. લેક-ઑપેરોન બૅક્ટેરિયા મૂળભૂત ઑપેરોન છે. જે લેક્ટોઝ ચયાપચય માટેના જનીનમાં સંકેતન માટે જવાબદાર છે. ઑપેરોનનું નિયમન સંવર્ધન માધ્યમમાં ઉપસ્થિત લેક્ટોઝની માત્રા પર આધાર રાખે છે. જ્યાં બૅક્ટેરિયાની વૃદ્ધિ થાય છે. આ કારણે આવા પ્રકારના નિયમનને પ્રક્રિયક દ્વારા ઉત્સેચક સંશ્લેષણના નિયમન સ્વરૂપે પણ જોઈ શકાય છે.

હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ એક મોટો પ્રૉજેક્ટ હતો. જેનો ઉદ્દેશ માનવ જીનોમમાં આવેલ બધા જ બેઇઝનું અનુક્રમ કરવાનો હતો. આ પ્રૉજેક્ટથી ઘણીબધી નવી માહિતી પ્રાપ્ત થઈ. આ પ્રૉજેક્ટના ફળ સ્વરૂપે ઘણા નવા ક્ષેત્ર અથવા અવસરોના માર્ગ ખુલ્લા થયા. DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ એક તક્‌નિક છે જેમાં DNAના સ્તરે એક વસ્તીમાં આવેલા વિવિધ લોકો વચ્ચે રહેલ વિવિધતાનો ખ્યાલ આવે છે. આ DNA અનુક્રમમાં બહુરૂપતાના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. તેનો ફોરેન્સિક સાયન્સ, જનીનિક જૈવવિવિધતા અને ઉદ્‌વિકાસીય જીવવિજ્ઞાનમાં ઉપયોગ છે.

સ્વાધ્યાય

1. નીચે આપેલને નાઇટ્રોજન બેઇઝ અને ન્યુક્લિઓસાઇડમાં વર્ગીકૃત કરો :
   એડેનીન, સાઇટીડિન, થાયમીન, ગ્વાનોસિન, યુરેસીલ અને સાયટોસિન.
2. જો બેવડી શૃંખલામય DNAમાં 20 % સાયટોસિન હોય, તો DNAમાં રહેલ એડેનીનની ટકાવારીની ગણતરી કરો.
3. જો DNAની એક શૃંખલાનો અનુક્રમ નીચે મુજબ છે :
   5′-ATGCATGCATGCATGCATGCATGCATGC-3′
   તો પૂરક શૃંખલાનો અનુક્રમને 5′ → 3′ દિશામાં લખો.
4. જો પ્રત્યાંકન એકમમાં સાંકેતિક શૃંખલાનો અનુક્રમને નીચે પ્રમાણે લખવામાં આવેલ છે :
   5′-ATGCATGCATGCATGCATGCATGCATGC-3′
   તો mRNAનો અનુક્રમ લખો.
5. બેવડી કુંતલમય DNAની કઈ વિશિષ્ટતાએ વોટ્સન અને ક્રિકને DNA સ્વયંજનનના અર્ધરૂઢિગત સ્વરૂપને કલ્પિત કરવામાં સહયોગ કર્યો ? સમજાવો.
6. ટેમ્પલેટ (DNA અથવા RNA)ની રાસાયણિક પ્રકૃતિ અને તેમાંથી (DNA અથવા RNA) સંશ્લેષિત ન્યુક્લિઇક ઍસિડની પ્રકૃતિના આધારે ન્યુક્લિઇક ઍસિડ પોલિમરેઝના વિવિધ પ્રકારની યાદી બનાવો.
7. DNA આનુવંશિક દ્રવ્ય છે તેને સિદ્ધ કરવા માટે પોતાના પ્રયોગ દરમિયાન હર્શી અને ચેઇઝે DNA અને પ્રોટીન વચ્ચે કેવી રીતે ભેદ સ્થાપિત કર્યો ?
8. નીચેના વચ્ચે ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (a) પુનરાવર્તિત DNA અને સૅટેલાઇટ DNA
   (b) mRNA અને tRNA
   (c) ટેમ્પલેટ શૃંખલા અને કોડિંગ શૃંખલા
9. ભાષાંતર દરમિયાન રિબોઝોમની બે મુખ્ય ભૂમિકાઓ જણાવો.
10. ઈ. કોલાઇ *(E.coli)* જે સંવર્ધનમાં વૃદ્ધિ પામી રહ્યા છે તેમાં લેક્ટોઝ ઉમેરવાથી લેક-ઑપેરોન ઉત્પ્રેરિત થાય છે, તો પછી શા માટે સંવર્ધનમાં થોડા સમય બાદ લેક્ટોઝ ઉમેરવાથી લેક-ઑપેરોન કાર્ય કરવાનું કેમ બંધ કરી દે છે ?
11. નીચેનાનાં કાર્યોનું વર્ણન કરો (એક અથવા બે વાક્યમાં) :
    (a) પ્રમોટર
    (b) tRNA
    (c) એક્સોન
12. શા માટે હ્યુમન જીનોમ પ્રૉજેક્ટ મેગા પ્રૉજેક્ટ તરીકે ઓળખાય છે ?
13. DNA ફિંગરપ્રિન્ટિંગ શું છે ? તેનું પ્રાયોજન જણાવો.
14. નીચે આપેલને સંક્ષિપ્તમાં વર્ણવો :
    (a) અનુલેખન
    (b) બહુરૂપકતા
    (c) ભાષાંતર
    (d) બાયોઇન્ફોર્મેટિક્સ



પ્રકરણ 7

ઉદ્‌વિકાસ (Evolution)

7.1 જીવની ઉત્પત્તિ

7.2 જીવંત સ્વરૂપોનો ઉદ્‌વિકાસ-એક વાદ (સિદ્ધાંત)

7.3 ઉદ્‌વિકાસ માટેના પુરાવાઓ શું છે ?

7.4 અનુકૂલિત પ્રસરણ શું છે ?

7.5 જૈવિક ઉદ્‌વિકાસ

7.6 ઉદ્‌વિકાસની ક્રિયાવિધિ

7.7 હાર્ડી-વેઈનબર્ગ સિદ્ધાંત

7.8 ઉદ્‌વિકાસનો સંક્ષિપ્ત અહેવાલ

7.9 માનવની ઉત્પત્તિ અને ઉદ્‌વિકાસ

ઉદ્‌વિકાસીય જીવવિજ્ઞાન એ જીવન સ્વરૂપોના પૃથ્વી ઉપરના ઇતિહાસનો અભ્યાસ છે. વાસ્તવિક રીતે ઉદ્‌વિકાસ શું છે ? લાખો (મિલિયન-millions) વર્ષોથી પૃથ્વી ઉપર વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં થતાં ફેરફારો સમજવા માટે, આપણે જીવની ઉત્પત્તિ સંદર્ભે સમજ કેળવવી જરૂરી છે, એટલે કે પૃથ્વી, તારા અને છેક સ્વયં બ્રહ્માંડનો ઉદ્‌વિકાસ. લાંબી લાંબી અટકળબાજીઓ (અર્થઘટનો) અને પૂર્ણ કાલ્પનિક (અનુમાનિત) વાર્તાનો ક્રમ સાંભળવામાં આવે છે. આ ગાથા પૃથ્વીના ઉદ્‌વિકાસના સંદર્ભમાં અને બ્રહ્માંડના ઉદ્‌વિકાસની પૃષ્ઠ ભૂમિની સાથે જીવનની ઉત્પત્તિ અને જીવન-સ્વરૂપો અથવા જૈવવિવિધતાના ઉદ્‌વિકાસની છે.

7.1 જીવની ઉત્પત્તિ (Origin of Life)

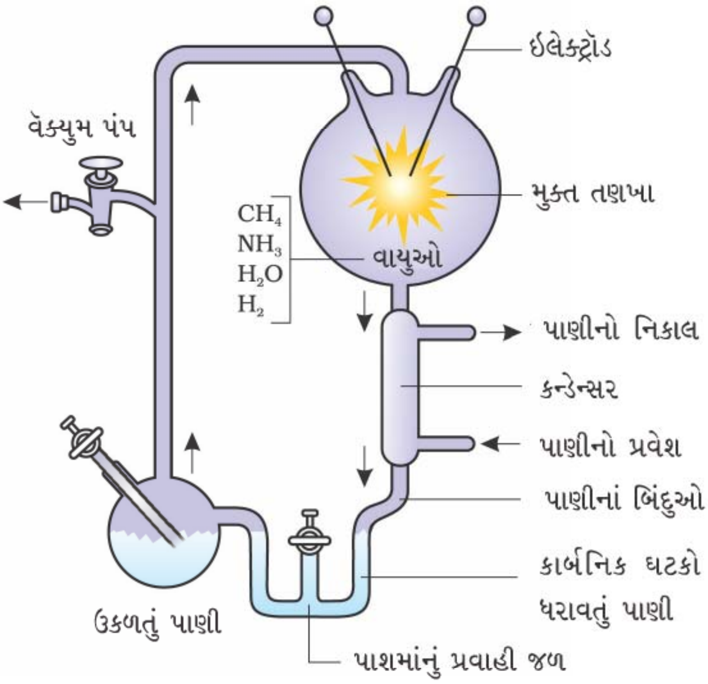
જ્યારે આપણે રાત્રે ખુલ્લા આકાશમાં તારાઓ જોઈએ છીએ ત્યારે આપણે વિતેલા સમયને જોઈએ છીએ. તારાઓ વચ્ચેનું અંતર પ્રકાશવર્ષમાં માપવામાં આવે છે. આપણે આજે જે વસ્તુઓ જોઈ રહ્યાં છીએ તે એવી વસ્તુ (object) છે કે જેમાંથી પ્રસ્ફુરિત પ્રકાશની યાત્રા લાખો વર્ષો પહેલાં શરૂ થયેલી અને તે આપણાથી અબજો (trillions) (10^{12}) કિલોમીટર દૂર છે અને ત્યાંથી હાલ આપણી આંખ સુધી પહોંચી રહ્યા છે. જોકે આપણે આપણી આસપાસની વસ્તુઓ જોઈએ છીએ તો તે તરત દેખાય છે કારણ કે તે વર્તમાનકાળની છે. તેથી જ આપણે જ્યારે તારાઓ જોઈએ છીએ ત્યારે આપણને વર્ષો પહેલાંની ઝાંખી થાય છે.

જીવની ઉત્પત્તિ બ્રહ્માંડના ઇતિહાસમાં એક વિશિષ્ટ ઘટના માનવામાં આવે છે. બ્રહ્માંડ વિશાળ છે. તેના સંદર્ભમાં કહીએ તો પૃથ્વી એક કણ માત્ર છે. બ્રહ્માંડ

લગભગ 20 બિલિયન (billion) વર્ષ જૂનું છે. બ્રહ્માંડમાં ઘણીબધી આકાશગંગાઓ (galaxies) આવેલી છે. આકાશગંગાઓ તારાઓ, વાયુઓ અને ધૂળના વાદળો ધરાવે છે. ખરેખર તો પૃથ્વી એ બ્રહ્માંડમાં કણ સ્વરૂપે છે. **'બીગબેંગ વાદ'** આપણને બ્રહ્માંડની ઉત્પત્તિ સમજાવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. આ એક વિશાળ અકલ્પ્ય ભૌતિક વિસ્ફોટ છે. બ્રહ્માંડ વિસ્તર્યું અને પરિણામે તાપમાન ઓછું થયું. હાઇડ્રૉજન અને હિલિયમ થોડા સમય બાદ સર્જાયા. આ વાયુઓ ગુરુત્વાકર્ષણને કારણે એકઠા થયા અને પ્રવર્તમાન બ્રહ્માંડની આકાશગંગાઓ અસ્તિત્વમાં આવી. મિલ્કી વે (દૂધગંગા-milky way) નામની આકાશગંગાના સૌરમંડળમાં 4.5 બિલિયન વર્ષ પહેલાં પૃથ્વીની રચના થઈ હોવાનું મનાય છે. શરૂઆતમાં પૃથ્વી પર વાતાવરણ નહોતું, પાણીની બાષ્પ (વરાળ), મિથેન, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ તથા એમોનિયા જેવા પિગળેલાં દ્રવ્યો મુક્ત થયાં અને સપાટીને ઢાંકતા ગયા. સૂર્યમાંથી આવતા UV કિરણોએ પાણીને હાઇડ્રૉજન અને ઑક્સિજનમાં વિખંડિત કર્યા અને હલકો H_2 વાયુ મુક્ત થયો. એમોનિયા અને મિથેન સાથે ઑક્સિજન જોડાઈને પાણી, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ તથા અન્ય સંયોજનોની રચના કરી. ઓઝોન સ્તરનું નિર્માણ થયું. જ્યારે પૃથ્વી ઠંડી થઈ ત્યારે પાણીની બાષ્પ વરસાદ સ્વરૂપે પડી, પૃથ્વી પર આવેલા ખાડાઓમાં પાણી એકઠું થયું અને આ રીતે મહાસાગરોનું નિર્માણ થયું. પૃથ્વીની ઉત્પત્તિ બાદ 500 મિલિયન વર્ષો બાદ પૃથ્વી ઉપર જીવ દશ્યમાન થયો એટલે કે લગભગ 4 બિલિયન વર્ષ પહેલાં.

શું જીવન બહારના અંતરિક્ષમાંથી આવ્યું છે ? કેટલાક વૈજ્ઞાનિકો માને છે કે, તે બહારથી જ આવ્યું છે. પહેલાંના ગ્રીક વિચારકો માને છે કે જીવના એકમો જેને **સ્પોર્સ** કહે છે જે પૃથ્વી સહિતના વિવિધ ગ્રહોમાં સ્થળાંતરિત થયા. 'પેનસ્પર્મિયા' હજુ પણ અમુક ખગોળશાસ્ત્રીઓનો માન્ય વિચાર છે. ઘણા સમય સુધી એવું પણ માનવામાં આવતું કે જીવ સડતી અને કોહવાતી વસ્તુઓ જેવી કે ઘાસ અને કાદવમાંથી ઉત્પન્ન થયા છે. આ સ્વયંસ્ફુરિત જનનવાદ હતો. લૂઈ પાશ્ચરે સાવધાનીપૂર્વક પ્રયોગો કર્યા અને સાબિત કર્યું કે જીવ પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા જીવમાંથી જ ઉત્પન્ન થાય છે. તેમણે જોયું કે જંતુરહિત ફ્લાસ્કમાં મૃત યીસ્ટને રાખવામાં આવે તો નવો જીવ પેદા થતો નથી. જ્યારે બીજા ફ્લાસ્કમાં ખુલ્લી હવા દાખલ થતાં મૃત યીસ્ટમાંથી નવો સજીવ ઉદ્ભવતો જોવા મળે છે. સ્વયંસ્ફુરિત જનનવાદને કાયમી અવગણવામાં આવ્યો છે. આ બધી વાતોથી એ પ્રશ્નનો જવાબ મળતો નથી કે પૃથ્વી પર સૌપ્રથમ જીવ કેવી રીતે અસ્તિત્વમાં આવ્યો.

રશિયાના વૈજ્ઞાનિક ઓપેરિન (Oparin) તથા ઇંગ્લૅન્ડના વૈજ્ઞાનિક હાલ્ડેને (Haldane) દર્શાવ્યું કે પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા અજૈવ કાર્બનિક અણુઓ (ઉદાહરણ : RNA, પ્રોટીન વગેરે)માંથી પ્રથમ જીવન આવ્યું હોવું જોઈએ. જીવની રચના રાસાયણિક ઉદ્વિકાસ પછી નિર્માણ પામેલ હશે, એટલે કે અકાર્બનિક અણુઓના એકત્રીકરણથી કાર્બનિક દ્રવ્યો અસ્તિત્વમાં આવ્યા હશે. તે સમયે પૃથ્વી પરની પરિસ્થિતિ ખૂબ ઊંચાં તાપમાનવાળી, જ્વાળામુખીનાં તોફાનોવાળી, વાતાવરણ અવનત (reducing) પ્રકારનું જેમાં મિથેન, એમોનિયા વગેરે હતા. ઈ. સ. 1953માં એસ. એલ. મિલર (S. L. Miller) નામના અમેરિકન વૈજ્ઞાનિકે પૃથ્વીનાં આદિ વાતાવરણ જેવી જ સ્થિતિ પ્રયોગશાળામાં નિર્માણ કરી (આકૃતિ 7.1). તેમણે બંધ ફ્લાસ્કમાં CH_4, H_2, NH_3 અને પાણીની વરાળને 800° C તાપમાને મિશ્ર કરી ઇલેક્ટ્રૉડ ગોઠવી વિદ્યુતઊર્જા મુક્ત કરાવી. તેમણે જોયું કે તેમાં એમિનોઍસિડનું નિર્માણ થયું હતું. આવું જ બીજા વૈજ્ઞાનિકોના આ પ્રકારના પ્રયોગોમાં જોવા મળ્યું. તેમાં શર્કરા, નાઇટ્રૉજન બેઇઝ, રંજકદ્રવ્ય અને ચરબીનું નિર્માણ થયું. પૃથ્વી પર પડેલ ઉલ્કાઓનું પૃથક્કરણ કરતાં આવાં દ્રવ્યો તેમાં પણ મળી આવે છે જે દર્શાવે છે કે કદાચ અવકાશમાં પણ આવી જ ક્રિયા થતી હોવી જોઈએ. આવા મર્યાદિત પુરાવા સાથે રાસાયણિક ઉદ્વિકાસની વાતને વધતા કે ઓછા પ્રમાણમાં પ્રથમ સંકલ્પના તરીકે સ્વીકારેલ છે.



આકૃતિ 7.1 : મિલરના પ્રયોગનું રેખાકીય નિરૂપણ

આપણને ખ્યાલ નથી કે સૌપ્રથમ સ્વયં વિભાજન પામી શકે તેવા જીવનના ચયાપચયિક બીજકોષો (metabolic capsule) કઈ રીતે ઉદ્‌ભવ્યા હશે. પ્રથમ અકોષીય (non-cellular) જીવ 3 બિલિયન વર્ષ પહેલાં ઉત્પન્ન થયો હશે એવું માનવામાં આવે છે. તે મોટો અણુ હોવો જોઈએ (RNA, પ્રોટીન, પોલીસેકેરાઇડ વગેરે). તેઓ કદાચ બીજકોષ (capsules) સ્વરૂપમાં પોતાની રીતે પ્રજનન કરતા હોવા જોઈએ. 2000 મિલિયન વર્ષ પહેલાં સુધી પ્રથમ કોષીય જીવની ઉત્પત્તિ થયેલ નથી. મોટે ભાગે તેઓ એકકોષીય હતા. બધાં જ જીવંત સ્વરૂપો પાણીના વાતાવરણમાં જ હતાં. આમ, જૈવજનન પ્રમાણે અજૈવિક અણુઓમાં ધીમે-ધીમે ઉદ્‌વિકાસની પ્રક્રિયા થઈ, પ્રથમ જીવંત કોષ અસ્તિત્વમાં આવ્યો હશે તેવું મોટે ભાગે બધા જ સ્વીકારે છે. કઈ રીતે પ્રથમ કોષીય જીવમાંથી હાલનું જટિલ જૈવ-વૈવિધ્ય અસ્તિત્વમાં આવ્યું હશે તે રસપ્રદ વાત છે. તેની ચર્ચા નીચે કરેલ છે :

7.2 જીવંત સ્વરૂપોનો ઉદ્‌વિકાસ – એક વાદ (સિદ્ધાંત) (Evolution of Life Forms – A Theory)

રૂઢિગત ધાર્મિક સાહિત્ય આપણને વિશિષ્ટ સર્જનવાદ વિશે જણાવે છે. આ સિદ્ધાંત પ્રમાણે ત્રણ શક્યતાઓ છે : પ્રથમ શક્યતા મુજબ આજે જોવા મળતા બધા જ સજીવો (species or types) આ જ સ્વરૂપે ઉત્પન્ન થયેલા હોવા જોઈએ. બીજી શક્યતા મુજબ ઉત્પત્તિ સમયે જેવી જૈવ-વિવિધતા પહેલાં હતી તેવી જ ભવિષ્યમાં પણ રહેશે. ત્રીજી શક્યતા મુજબ પૃથ્વી લગભગ 4000 વર્ષ જૂની છે. આ બધા જ વિચારોને 19મી સદીમાં સખત રીતે પડકારવામાં આવેલા. આ વિચારો એચ.એમ.એસ. બીગલ નામના સમુદ્રી જહાજમાં વિશ્વભરની સમુદ્રી સફર દરમિયાન ચાર્લ્સ ડાર્વિન (Charles Darwin)નાં અવલોકનો પર આધારિત છે. તેમણે તારણ કાઢ્યું કે પૃથ્વી પરના સજીવો માત્ર એકમેક સાથે સામ્યતા દર્શાવે છે તેવું નથી પણ વર્ષો પહેલાંના સજીવો સાથે પણ તેમની સમાનતા છે. આમાંના ઘણા સજીવો લુપ્ત થયેલા છે. પૃથ્વીના ઇતિહાસમાં વિવિધ સમયગાળામાં અમુક સજીવો લુપ્ત થયેલા

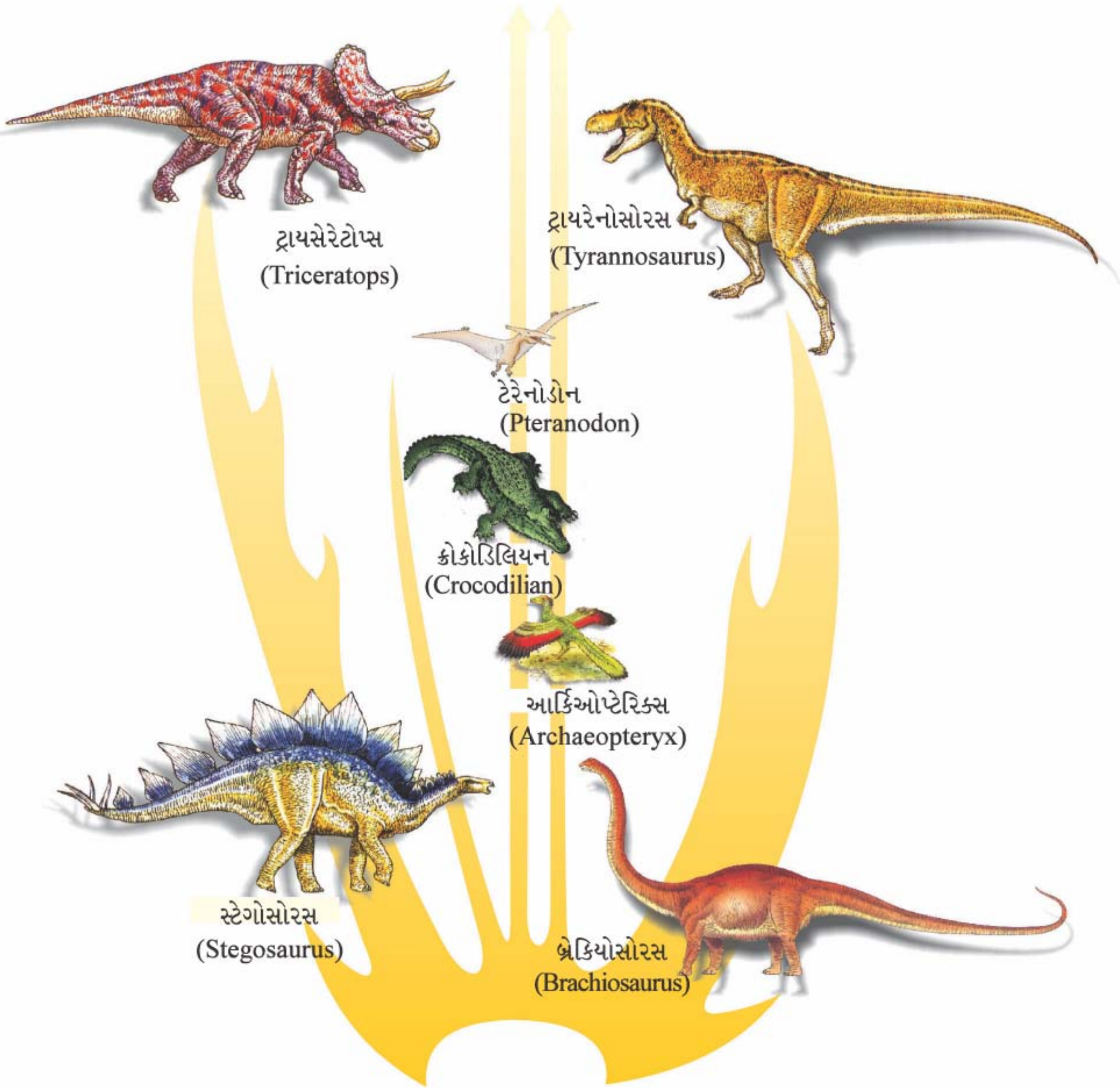
છે જેની સામે અમુક નવા પણ ઊતરી આવેલાં છે. જીવ સ્વરૂપો ક્રમશઃ ઉદ્‌વિકાસ પામેલા છે. કોઈ પણ વસ્તી લક્ષણોમાં રહેતી વિવિધતાને લીધે સ્થાઈ છે. એવી લાક્ષણિકતાઓ કે જે કેટલાકને પ્રાકૃતિક પરિસ્થિતિ (હવામાન, ખોરાક, ભૌતિક ઘટકો વગેરે)માં વધુ સારી રીતે ટકી રહેવા માટે સક્ષમ બનાવે છે. આ પરિસ્થિતિ ઓછા સક્ષમ હોય તેવાને પાછળ રાખી દે છે. આ માટે બીજો શબ્દ યોગ્ય છે જે વ્યક્તિગત અથવા વસ્તી માટે વાપરી શકાય. જે વસ્તીની યોગ્યતા સારી તે પૃથ્વી પર ટકી શકે. આખરે ડાર્વિનના મતે યોગ્યતા એટલે ફક્ત પ્રજનન યોગ્યતા. તેથી જેઓ પર્યાવરણમાં સારી યોગ્યતા કેળવે છે, તેઓ બીજા કરતાં વધુ સંતતિ ઉત્પન્ન કરી શકે છે. તેથી તે વધુ સમય ટકી શકે અને કુદરત તેને પસંદ કરે, જેને તેમણે નૈસર્ગિક પસંદગી કહી. જે ઉદ્‌વિકાસની એક પ્રક્રિયા છે. ચાલો, આપણે પ્રકૃતિવિદ્ આલ્ફ્રેડ વાલેસ (Alfred Wallace)ને યાદ કરીએ કે જેમણે આજ સમયે મલય-આર્કિપેલાગો ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરી આવું જ તારણ આપ્યું. સમય પસાર થતો ગયો તેમ- તેમ દેખીતી રીતે નવા પ્રકારના સજીવો અસ્તિત્વમાં આવતા ગયા. હાલમાં, અસ્તિત્વ ધરાવતા બધા જ સજીવોમાં સમાનતા જોવા મળે છે અને બધા જ પૂર્વજો સામાન્ય છે. તેમ છતાં આ પૂર્વજો પૃથ્વીના ઇતિહાસના વિવિધ સમયે હાજર હતા [પ્રકલ્પીયુગ (epochs), સમય અને કલ્પ યુગો (eras)]. પૃથ્વીનો ભૂસ્તરિય ઇતિહાસ એ પૃથ્વીના જૈવિક ઇતિહાસ સાથે ખૂબ જ સમાનતા દર્શાવે છે. અંતે સામાન્ય શક્ય તારણ એ છે કે પૃથ્વી ખૂબ જૂની છે. અગાઉના વિચારો મુજબ તે હજારો વર્ષો જૂની નહિ, પરંતુ તે અબજો (બિલિયન-billions) વર્ષ જૂની છે.

7.3 ઉદ્‌વિકાસ માટેના પુરાવાઓ શું છે ? (What are the Evidences for Evolution ?)

પૃથ્વી પર જીવોનો ઉદ્‌વિકાસ થયો તે વાતના પુરાવા ઘણી દિશામાંથી પ્રાપ્ત થયા છે. અશ્મિઓ ખડકોમાં રહેલ જીવન સ્વરૂપોના સખત ભાગો છે. ખડકો, કાંપ (સેન્દ્રિય તત્ત્વો) (sediments)નું નિર્માણ કરે છે અને પૃથ્વીના સ્તરોનો છેદ એ સંકેત આપે છે કે સેન્દ્રિય તત્ત્વોની એક સ્તર ઉપર બીજા સ્તરની ગોઠવણી પૃથ્વીના લાંબા ઇતિહાસ દરમિયાનની છે. વિવિધ વયના અવસાદી ખડકો ભિન્ન જીવન સ્વરૂપોના અશ્મિઓ ધરાવે છે કે જે લગભગ આ ખાસ ખડકોના નિર્માણ દરમિયાન મૃત્યુ પામ્યા હશે. તેમાંના કેટલાક આધુનિક સજીવો સાથે સરખાપણું દર્શાવે છે (આકૃતિ 7.2). તેઓ લુપ્ત સજીવોનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે (ઉદાહરણ : ડાયનોસોર). વિવિધ અવસાદી સ્તરોના અશ્મિઓનો અભ્યાસ તે સમયે અસ્તિત્વ ધરાવતા સજીવોની ભૂશાસ્ત્રીય અવધિ દર્શાવે છે. આ અભ્યાસ દર્શાવે છે કે, જીવન-સ્વરૂપોમાં સમય સાથે બદલાવ થાય છે અને કેટલાંક જીવ સ્વરૂપો અમુક ભૂશાસ્ત્રીય સમયગાળા સુધી ફેરફાર પામતા નથી. તેથી પૃથ્વીના ઇતિહાસમાં જુદા-જુદા સમયે જીવનાં નવાં સ્વરૂપો અસ્તિત્વમાં આવ્યાં છે. આ બધાંને અશ્મિવિદ્યાકીય (paleontological) પુરાવા કહે છે. *શું તમને યાદ છે કે અશ્મિઓની ઉંમરની ગણતરી કેવી રીતે કરવી ? શું તમે રેડિયો ઍક્ટિવ-ડેટિંગની પદ્ધતિ અને પ્રક્રિયા પાછળના સિદ્ધાંતોને યાદ કરો છો ?*

ઉદ્‌વિકાસનો ગર્ભવિદ્યાકીય આધાર અર્ન્સ્ટ હેકલે (Ernst Heckel) પણ આપ્યો, તેનાં અવલોકનોને આધારે બધા પૃષ્ઠવંશીઓમાં કેટલાંક લક્ષણો ગર્ભીય તબક્કા દરમિયાન સમાન હોય છે, પણ પુખ્તમાં ગેરહાજર હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે માનવ સહિતના બધા જ પૃષ્ઠવંશીઓના ગર્ભમાં શીર્ષની પાછળ અવશિષ્ટ ઝાલર ફાટની પંક્તિ (હરોળ) વિકસે છે પરંતુ તે ફક્ત મત્સ્યમાં જ કાર્યરત હોય છે, અન્ય પુખ્ત પૃષ્ઠવંશીઓમાં નહિ. જોકે, આ દરખાસ્ત કાર્લ અર્ન્સ્ટ વોન બાયેર (Karl Ernst Von Baer) દ્વારા કરવામાં આવેલા કાળજીપૂર્વકના અભ્યાસમાં નકારી કાઢવામાં આવી હતી. તેમણે નોંધ્યું હતું કે ગર્ભ અન્ય પ્રાણીઓના પુખ્ત તબક્કાઓમાંથી ક્યારેય પસાર થતો નથી.

તુલનાત્મક અંતઃસ્થવિદ્યા અને બાહ્યાકારવિદ્યા હાલના અને તે કે જે અગાઉનાં વર્ષોમાં અસ્તિત્વમાં હતા તેવા સજીવો વચ્ચે સમાનતા અને જુદાપણું દર્શાવે છે. આ સમાનતાઓ પરથી નક્કી કરી શકાય કે સમાન



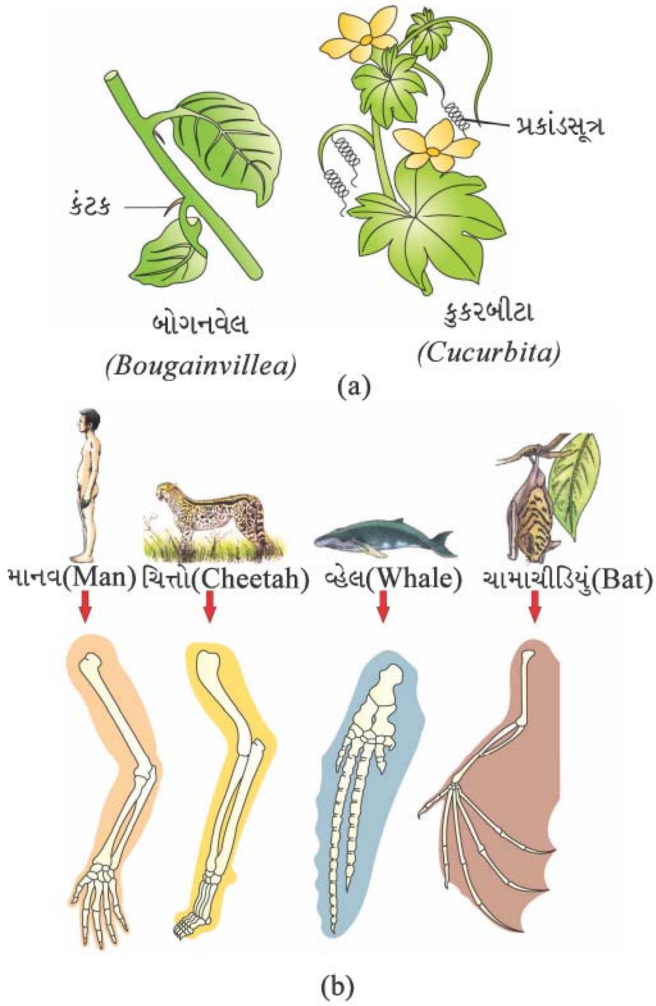
આકૃતિ 7.2 : ડાયનોસોરનું વંશાવલી વૃક્ષ અને તેમને મળતા આજકાલના સજીવો જેવા કે મગર અને પક્ષીઓ

પૂર્વજોમાંથી હાલના જીવો ઊતરી આવ્યા હશે કે કેમ. ઉદાહરણ તરીકે વ્હેલ, ચામાચીડિયાં, ચિત્તા અને માનવ (બધા સસ્તનો)માં અગ્ર ઉપાંગનાં અસ્થિઓની ભાતમાં સમાનતા જોવા મળે છે (આકૃતિ 7.3 (b)). આમ છતાં આ પ્રાણીઓમાં અગ્ર ઉપાંગો ભિન્ન કાર્યો કરે છે, તેઓ અંતઃસ્થ રચનાકીય સમાનતા ધરાવે છે. આ બધામાં તેમના અગ્ર ઉપાંગમાં ભૂજાસ્થિ, અરીયાસ્થિ, પ્રકોષ્ઠાસ્થિ, મણિબંધાસ્થિઓ, પશ્ચમણિબંધાસ્થિઓ અને અંગુલ્યાસ્થિઓ હોય છે. આમ, આ પ્રાણીઓમાં એકસરખા બંધારણ (રચના) ધરાવતાં અંગોનો વિકાસ થયો પરંતુ તે જુદી-જુદી દિશામાં અને તેની જુદી-જુદી જરૂરિયાત મુજબ અનુકૂલિત થયા. આ **અપસારી ઉદ્‌વિકાસ (divergent evolution)** અને આ રચનાઓ **સમમૂલક** કે **રચનાસદૃશ (homologous)** છે. સમમૂલકતા સમાન પૂર્વજો નિર્દેશિત કરે છે. અન્ય ઉદાહરણોમાં પૃષ્ઠવંશીઓના હૃદય અને મગજ છે. વનસ્પતિઓમાં પણ બોગનવેલ

(*Bougainvillea*)ના કંટક અને કુકરબીટા (*Cucurbita*)ના પ્રકાંડસૂત્ર રચનાસદૃશ અંગો છે (આકૃતિ 7.3 (a)). રચના સદૃશતા અપસારી ઉદ્‌વિકાસ આધારિત છે. જ્યારે કાર્યસદૃશતા બિલકુલ વિપરિત સ્થિતિ દેખાડે છે. પતંગિયા અને પક્ષીની પાંખ સરખી દેખાય છે. તેઓ અંતઃસ્થ રચનાની દૃષ્ટિએ સમાન નથી છતાં સમાન કાર્યો કરે છે. તેથી કાર્યસદૃશ રચનાઓએ **કેન્દ્રાભિસારી ઉદ્‌વિકાસ (convergent evolution)** - સમાન કાર્ય માટે ભિન્ન રચનાઓ વિકસે છે અને તેથી સમાનતા ધરાવે છે. કાર્યસદૃશ્યતાનાં અન્ય ઉદાહરણોમાં ઓક્ટોપસ અને સસ્તનોની આંખ અથવા પેંગ્વિન અને ડોલ્ફિનના ફ્લિપર્સ (flippers) છે. કોઈ એવું કહી શકે છે કે સમાન નિવાસસ્થાનોને પરિણામે સજીવોના જુદા-જુદા સમૂહોને સમાન અનુકૂલનો અપનાવવા પડ્યા હશે પરંતુ તેવાં જ સમાન કાર્યો માટે : શક્કરિયાં (મૂળનું રૂપાંતર) અને બટાટા (પ્રકાંડનું રૂપાંતર) એ કાર્યસદૃશ અંગોનું બીજું ઉદાહરણ છે.

આ સંદર્ભે એ તર્ક પણ આપી શકાય કે પ્રોટીન અને જનીનોની કાર્યશૈલીની સમાનતાઓ વિવિધ સજીવોમાં સમાન છે. તે પણ સમાન પૂર્વજ હોવાનું નિર્દેશન કરે છે. જૈવરાસાયણિક સમાનતાઓ પણ એવા સમાન પૂર્વજવાળી પરંપરા તરફ ઇશારો કરે છે, જેવી કે વિવિધ સજીવો વચ્ચે રચનાત્મક સમાનતાઓમાં હતી.

મનુષ્યે પસંદ કરેલ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનું કૃષિ, બાગાયત, રમતગમત અથવા સુરક્ષા માટે સંવર્ધન કરાવ્યું. મનુષ્યે ઘણાં વન્ય પ્રાણીઓ અને પાકોને પાલતુ બનાવ્યા છે. આવા સંકરણના સઘન કાર્યક્રમો યોજીને એક જાતમાંથી બીજી ભિન્ન જાત વિકસાવી છે (ઉદાહરણ : કૂતરાઓ), પરંતુ તે હજુ પણ એક જ સમૂહની છે. એવો તર્ક આપવામાં આવે છે કે મનુષ્ય સો વર્ષોમાં નવી જાતો વિકસાવી શક્યો હોય તો પ્રકૃતિ આ કાર્ય લાખો વર્ષોમાં કેમ નથી કરી શકી ?



આકૃતિ 7.3 : સમમૂલક અંગોનાં ઉદાહરણો (a) વનસ્પતિઓ અને (b) પ્રાણીઓ

પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા ઉદ્‌વિકાસનું સમર્થન કરતું એક રસપ્રદ અવલોકન ઇંગ્લૅન્ડથી મળે છે. જેમાં 1850sમાં એકત્રિત કરવામાં આવેલ ફુદા (moth) એટલે કે ઔદ્યોગિકીકરણ પહેલાં વૃક્ષો ઉપર સફેદ પાંખોવાળા ફુદા, ઘેરી-પાંખોવાળા અથવા મેલેનાઇઝ્ડ ફુદા કરતા વધુ મળતા હતા. જોકે સમાન વિસ્તારમાંથી એકત્રિકીકરણ કરવામાં આવ્યું પરંતુ ઔદ્યોગિકીકરણ બાદ એટલે કે 1920માં, આ જ વિસ્તારમાં ઘેરી પાંખવાળા ફુદા વધુ જોવા મળ્યા એટલે કે પ્રમાણ વિપરિત હતું.

આ અવલોકનથી રજૂઆત કરાઈ છે કે, 'શિકારીઓ વિરોધાભાસી પૃષ્ઠભૂમિમાં ફુદાની જગ્યા શોધે છે'. ઔદ્યોગિકીકરણ બાદના સમય દરમિયાન, વૃક્ષના થડ ઔદ્યોગિક ધુમાડા અને મેશને કારણે ઘેરા બન્યા છે. આ પરિસ્થિતિની અસર નીચે સફેદ પાંખવાળા ફુદા શિકારીઓને કારણે અસ્તિત્વ

(a) (b)

આકૃતિ 7.4 : વૃક્ષોના થડ ઉપર સફેદ પાંખયુક્ત ફુદા અને ઘેરી પાંખયુક્ત ફુદા (મેલેનાઇઝ્ડ)ને દર્શાવતી આકૃતિ (a) અપ્રદૂષિત વિસ્તારમાં (b) પ્રદૂષિત વિસ્તારમાં

ટકાવી શક્યા નહિ, પરંતુ ઘેરી પાંખ અથવા મેલેનાઇઝ્ડ ફુદા ટકી ગયા. ઔદ્યોગિકીકરણ પહેલાં, લગભગ સફેદ રંગની લાઇકેનની વૃદ્ધિ ઘેરી હતી – આ પૃષ્ઠભૂમિમાં સફેદ પાંખવાળા ફુદા અસ્તિત્વ ટકાવી શક્યા પરંતુ ઘેરી પાંખવાળા ફુદા શિકારીઓ દ્વારા ખવાઈ ગયા. *શું તમે જાણો છો કે લાઇકેન એ ઔદ્યોગિક પ્રદૂષણનું નિદર્શન કરે છે ?* પ્રદૂષિત વિસ્તારમાં વૃદ્ધિ પામતી નથી. આમ જે ફુદા રંગઅનુકૃતિ (camouflage) કરી શક્યા તેઓ તેમનું અસ્તિત્વ ટકાવી શક્યા (આકૃતિ 7.4). આ સમજૂતીને સમર્થન એ તથ્યથી મળે છે કે જ્યાં ઔદ્યોગિકીકરણ નથી થયું ત્યાં – ઉદાહરણ : ગ્રામ્ય વિસ્તારોમાં મેલેનીક ફુદાની સંખ્યા ઓછી છે. આ દર્શાવે છે કે મિશ્ર વસ્તીમાં તેઓ વધુ સારું અનુકૂલન સાધે, અસ્તિત્વ ટકાવે અને વસ્તીના કદમાં વધારો કરે છે. યાદ રાખો કે કોઈ પણ જાતનો સંપૂર્ણ વિનાશ થતો નથી.

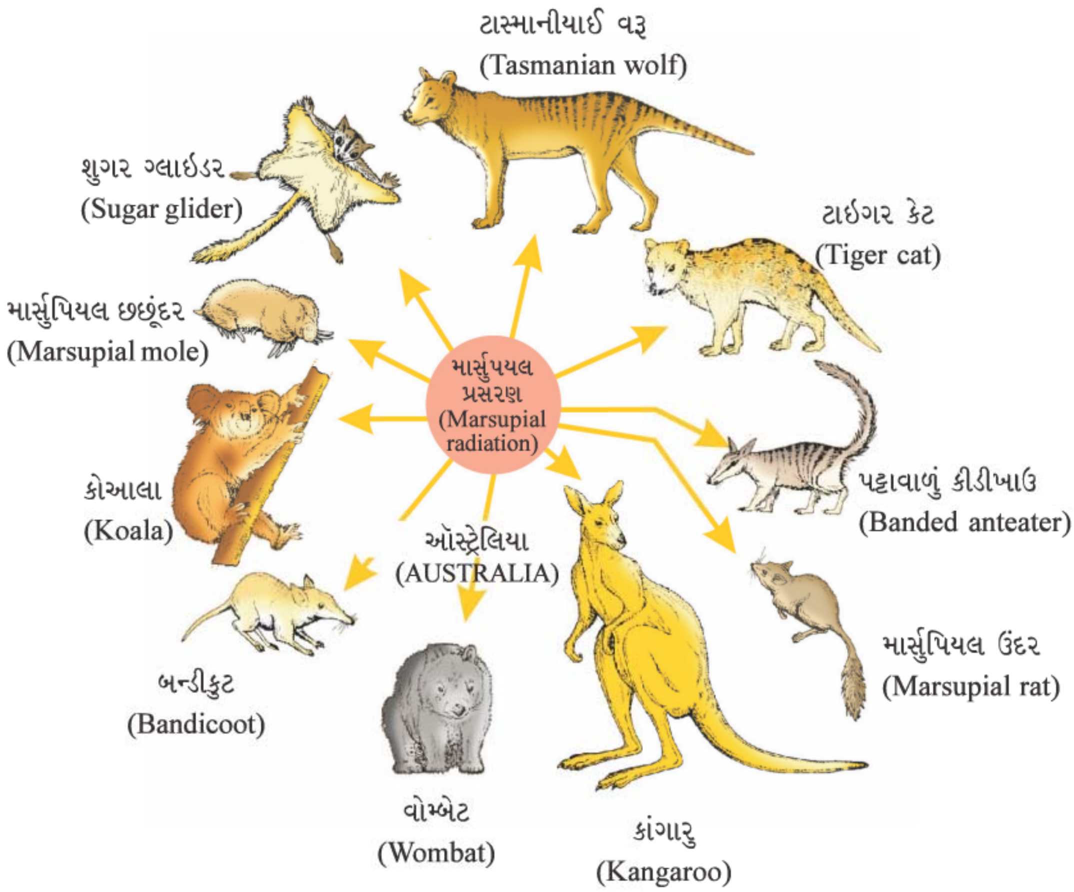
આ જ પ્રમાણે **તૃણનાશકો (herbicides/હર્બીસાઇડ્સ), કીટનાશકો (pesticides/ પેસ્ટિસાઇડ)** વગેરેના વધુપડતા ઉપયોગના પરિણામ સ્વરૂપ ઓછા સમયગાળામાં પ્રતિરોધક જાતોની પસંદગી થઈ. આ બાબત સૂક્ષ્મ જીવો સામે પણ સાચી સાબિત થાય છે કે, જેમના માટે આપણે પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યો (ઍન્ટિ બાયોટિક) અથવા દવાઓને સુકોષકેન્દ્રીય સજીવો / કોષો સામે વાપરીએ છીએ. તેથી પ્રતિરોધક સજીવો / કોષો ખૂબ જલદી એટલે કે પછી શતાબ્દિઓમાં નહિ તો મહિનાઓમાં અથવા વર્ષોમાં દેખાવા માંડ્યા છે. આ માનવપ્રેરિત ક્રિયાઓ દ્વારા થતા ઉદ્‌વિકાસના ઉદાહરણો છે. જે એ પણ જણાવે છે કે ઉદ્‌વિકાસ એ પ્રારબ્ધવાદના અર્થમાં નિર્દેશિત પ્રક્રિયા નથી. પ્રકૃતિમાં તકની ઘટનાઓ અને સજીવોમાં વિકૃતિની તકને આધારે તે સ્ટોકેસ્ટિક (stochastic) પ્રક્રિયા છે.

7.4 અનુકૂલિત પ્રસરણ શું છે ? (What is Adaptive Radiation ?)

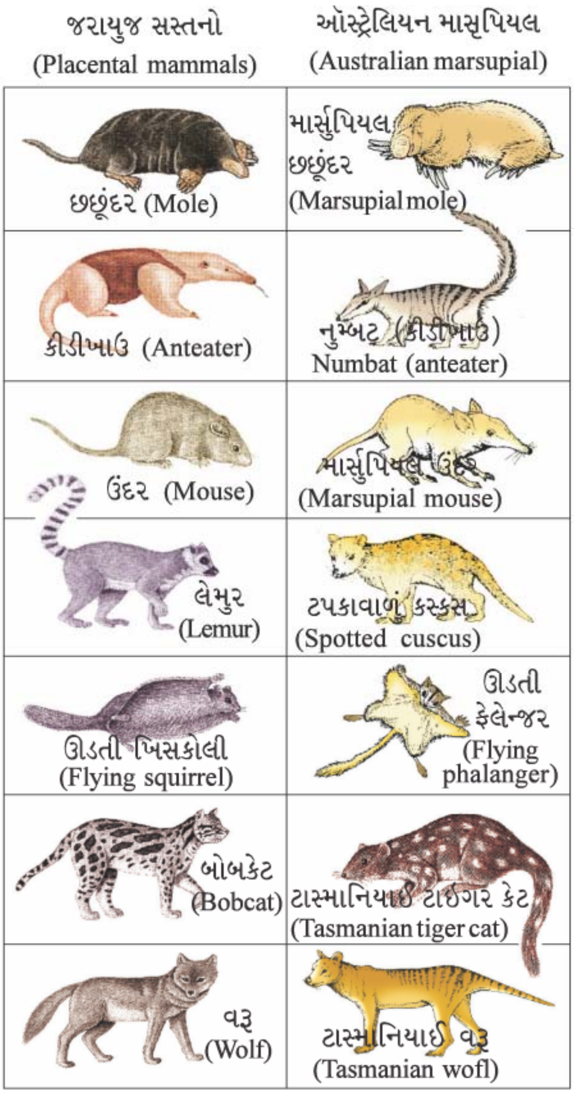
ડાર્વિન પોતાની યાત્રા દરમિયાન ગેલાપેગોસ ટાપુ ઉપર ગયા હતા. જ્યાં તેમને સજીવોમાં એક આશ્ચર્યચકિત કરતી વિવિધતા જોઈ. ખાસ કરીને નાનું કાળું પક્ષી કે જે પાછળથી ડાર્વિન ફિન્ચ (Darvin's Finches) કહેવાયુ તેણે તેમને ખૂબ આશ્ચર્યચકિત કર્યા હતા. તેમણે તે જ ટાપુ ઉપર ઘણી જાતની ફિન્ચસ જોઈ. તેમણે અંદાજ મૂક્યો કે બધી જ જાતો તેની જાતે જ ટાપુ ઉપર ઉદ્‌વિકાસ પામી છે. મૂળભૂત ફિન્ચનાં બીજઆહારી લક્ષણોની સાથે-સાથે અન્ય સ્વરૂપો માટે પણ તેમની ચાંચો

આકૃતિ 7.5 : ફિન્ચની ચાંચમાં વિવિધતા કે જે ડાર્વિને ગેલાપેગોસ ટાપુ ઉપર શોધી

વિકસિત થઈ કે જેણે તેમને કીટભક્ષી અને શાકાહારી ફિન્ચ બનાવી દીધી (આકૃતિ 7.5). વિવિધ જાતિઓના ઉદ્વિકાસની પ્રક્રિયાઓ આપેલ ભૌગોલિક વિસ્તારના એક બિંદુથી શરૂ કરી બીજા ભૌગોલિક વિસ્તારો (નિવાસસ્થાનો) સુધી પ્રસરવાની પ્રક્રિયાને **અનુકૂલિત પ્રસરણ (adaptive radiation)** કહે છે. ડાર્વિન ફિન્ચ આ પ્રકારની ઘટનાનું એક ઉત્તમ ઉદાહરણ રજૂ કરે છે. બીજું ઉદાહરણ ઑસ્ટ્રેલિયન માર્સુપિયલ (marsupial-કોથળીધારી)નું છે. મોટા ભાગના માર્સુપિયલ એકબીજાથી ભિન્ન હતા (આકૃતિ 7.6), તેઓ એક જ પૂર્વજોના સમૂહમાંથી ઉદ્વિકાસ પામેલ હતા પરંતુ તે બધા ઑસ્ટ્રેલિયન ટાપુના મહાદ્વિપ (ખંડ)માં જ વિકસ્યા હતા. જ્યારે અલગ ભૌગોલિક વિસ્તારમાં (જુદા-જુદા વસવાટનું



આકૃતિ 7.6 : ઑસ્ટ્રેલિયાના માસૂપિયલનું અનુકૂલિત પ્રસરણ



આકૃતિ 7.7 : ઑસ્ટ્રેલિયન માસૃપિયલ અને જરાયુજ સસ્તનોની અપસારી ઉદ્‌વિકાસ દર્શાવતી આકૃતિ

પ્રતિનિધિત્વ) એક કરતાં વધુ અનુકૂલિત પ્રસરણ જોવા મળે તો તેને કેન્દ્રાભિસારી (convergent) ઉદ્‌વિકાસ કહે છે. ઑસ્ટ્રેલિયાના જરાયુજ સસ્તનો પણ અનુકૂલિત પ્રસરણ દર્શાવે છે. આ પ્રકારના દરેક જરાયુજ સસ્તનો, માસૃપિયલ (ઉદાહરણ : જરાયુજ વરૂ અને ટાસ્માનીયન વરૂ) સમાન અનુરૂપ વિકાસ દર્શાવે છે (આકૃતિ 7.7).

7.5 જૈવિક ઉદ્‌વિકાસ (Biological Evolution)

સાચા અર્થમાં પ્રાકૃતિક પસંદગીથી પૃથ્વી ઉપર ઉદ્‌વિકાસ ત્યારે શરૂ થયો હશે જ્યારે વિવિધ ચયાપચયિક ક્ષમતા ધરાવતા સજીવોનાં કોષીય સ્વરૂપોની શરૂઆત થઈ હશે.

ઉદ્‌વિકાસ અંગેના ડાર્વિનવાદનો મૂળ સાર પ્રાકૃતિક પસંદગી છે. નવાં સ્વરૂપો પ્રગટ થવાનો દર જીવનચક્ર અથવા જીવનકાળ સાથે સંકળાયેલો હોય છે. ઝડપથી વિભાજન પામતાં સૂક્ષ્મ જીવો ઊંચી ગુણનક્ષમતા ધરાવે છે અને કલાકોમાં લાખોની સંખ્યા પ્રાપ્ત કરે છે. આપેલ માધ્યમમાં વૃદ્ધિ પામતી બૅક્ટેરિયાની એક વસાહત (ધારો કે A) ખાદ્ય ઘટકોનો ઉપયોગ કરવાની ક્ષમતાના સંદર્ભમાં વિવિધતા ધરાવે છે. માધ્યમના બંધારણમાં ફેરફાર કરવામાં આવે તો વસ્તીનો ફક્ત તે જ ભાગ (ધારો કે B) બાકી રહેશે કે જે નવી બદલાયેલી પરિસ્થિતિમાં ટકી રહ્યા હોય. એક નિશ્ચિત સમય (અવધિ) દરમિયાન આ વસ્તીનું ભિન્નરૂપ બીજા કરતાં વધશે અને નવી જાતિઓ તરીકે અસ્તિત્વમાં આવશે. આવું થોડા દિવસોમાં જ થાય છે. પણ આ જ બાબત જ્યારે મત્સ્ય કે મરઘી માટે લાગુ પડે ત્યારે તેમાં લાખો વર્ષો લાગે છે, કારણ કે તેમનો જીવનકાળ વર્ષોનો હોય છે. અહીં આપણે કહી શકીએ કે, Bની યોગ્યતા A કરતા નવી પરિસ્થિતિ નીચે વધુ સારી છે. પ્રકૃતિ યોગ્યતમને જ પસંદ કરે છે. એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે, કહેવાતી યોગ્યતાઓ એ લાક્ષણિકતાઓ ઉપર આધારિત છે કે જે વારસાગત હોય છે. આથી, પસંદગી અને ઉદ્‌વિકાસ પામવા માટે જનીનિક આધાર હોવો જોઈએ. બીજા શબ્દોમાં કેટલાક સજીવો બદલાતા પર્યાવરણમાં ટકી રહેવા માટે વધુ સારી રીતે અનુકૂલિત થયેલા હોય છે. અનૂકૂલનક્ષમતા વારસાગત હોય છે. તે જનીનિક આધાર ધરાવે છે. યોગ્યતા એ અનૂકૂલન પામવાની ક્ષમતા અને પ્રકૃતિ દ્વારા પસંદગી પામવા માટેનું અંતિમ પરિણામ છે.

શાખાકીય અવતરણ (branching descent) અને **પ્રાકૃતિક પસંદગી** એ ડાર્વિનના ઉદ્‌વિકાસવાદના બે ચાવીરૂપ ખ્યાલો છે (આકૃતિ 7.7 અને 7.8).

ડાર્વિનના પહેલા ફ્રેન્ચ પ્રકૃતિવિદ્ લેમાર્કે કહ્યું કે, સજીવ સ્વરૂપોનો ઉદ્‌વિકાસ થયો, પરંતુ તે અંગોના ઉપયોગ અને બિનઉપયોગ દ્વારા સંચારિત થયો. એમણે જીરાફનું ઉદાહરણ આપ્યું, જેમાં ઊંચાં વૃક્ષોનાં ખાવાયોગ્ય પર્ણો મેળવવા માટે તેમની ગરદનની લંબાઈ વધારી અનુકૂલિત થયા. આ લાંબી ગરદનનું ઉપાર્જિત લક્ષણ તેની અનુગામી પેઢીઓને પ્રદાન કર્યું. વર્ષો બાદ જીરાફે ધીરે-ધીરે લાંબી ગરદન પ્રાપ્ત કરી. આ અનુમાન પર કોઈ વિશ્વાસ નથી કરતું.

શું ઉદ્‌વિકાસ એ એક પ્રક્રિયા અથવા એક પ્રક્રિયાનું પરિણામ છે ? આપણે જે દુનિયા જોઈએ છીએ તે સજીવ હોય કે નિર્જીવ પરંતુ તે માત્ર ઉદ્‌વિકાસની એ એક સફળ ગાથા છે. જ્યારે આપણે આ વિશ્વની ગાથા વર્ણવીએ છીએ ત્યારે આપણે ઉદ્‌વિકાસને એક પ્રક્રિયા તરીકે વર્ણવીએ છીએ. બીજા સંદર્ભમાં જ્યારે આપણે પૃથ્વી ઉપરના સજીવોના જીવનની ગાથાઓ વર્ણવીએ છીએ ત્યારે આપણે ઉદ્‌વિકાસને પ્રાકૃતિક પસંદગી કહેવાતી પ્રક્રિયાના પરિણામ તરીકે મુલવીએ છીએ. આપણે હજુ પણ પૂરી રીતે ઉદ્‌વિકાસના સંદર્ભમાં પ્રાકૃતિક પસંદગીની પ્રક્રિયાઓ અથવા અંતિમ અજાણ પ્રક્રિયાઓનાં પરિણામો વિશે સ્પષ્ટ જાણતા નથી.

એ પણ શક્ય છે કે થોમસ માલ્થસ (Thomas Malthus)નું વસ્તી પરનું કાર્ય ડાર્વિનને પ્રભાવિત કરી ગયું હોય. પ્રાકૃતિક પસંદગી અમુક અવલોકનો ઉપર આધારિત છે કે જે વાસ્તવિક હોય. ઉદાહરણ તરીકે કુદરતી સ્રોતો મર્યાદિત છે, અપવાદરૂપે ઋતુકીય ફેરફારોને બાદ કરતા, વસ્તીનું કદ સ્થાયી છે, વસ્તીના સભ્યો બહારથી જોતાં સમાન લાગતા હોવા છતાં લક્ષણોમાં ભિન્નતા દર્શાવે છે (હકીકતમાં બે વ્યક્તિઓ પણ એક જેવી સરખી હોતી નથી), મોટા ભાગની વિવિધતા વારસાગત હોય છે વગેરે. જો આ જ વાસ્તવિકતા હોય અને જો દરેક સજીવ મહત્તમ દરે પ્રજનન કરે તો સૈદ્ધાંતિક રીતે વસ્તી વિસ્ફોટકોની જેમ વધશે (આ જ હકીકત બૅક્ટેરિયાની સંખ્યામાં થતી વૃદ્ધિ દ્વારા જોઈ શકાય) અને એ સત્ય છે કે વાસ્તવિક રીતે વસ્તીનું કદ મર્યાદિત છે, તેનો અર્થ એ થયો કે સ્રોતો માટે સ્પર્ધા થાય છે. અમુક તેમાં અન્યના ભોગે ટકી શક્યા અને વિકાસ પામ્યા જ્યારે કેટલાક ઉન્નતિ કરી શક્યા નહિ. ડાર્વિનની નવીનતા અને તેજસ્વી સૂક્ષ્મદૃષ્ટિ આ હતી : તેમણે ભારપૂર્વક જણાવ્યું હતું કે ભિન્નતાઓ કે જે વારસાગત છે અને કોઈ એક માટે સ્રોતોનો ઉપયોગ વધુ સારો બનાવે છે (વસવાટને સારી રીતે અનુકૂલિત થયેલી છે). માત્ર તેમને જ યોગ્ય (સક્ષમ) બનાવે છે. જે પ્રજનન કરે અને વધુમાં વધુ સંતતિ છોડી જાય. આથી નિશ્ચિત સમયગાળા માટે અનેક પેઢીઓ પૈકીની બાકી વધેલ, વધુ પ્રજોત્પત્તિ પેદા કરશે અને વસ્તીની લાક્ષણિકતાઓમાં ફેરફાર પ્રેરશે, પરિણામે નવું સ્વરૂપ ઉદ્‌ભવશે.

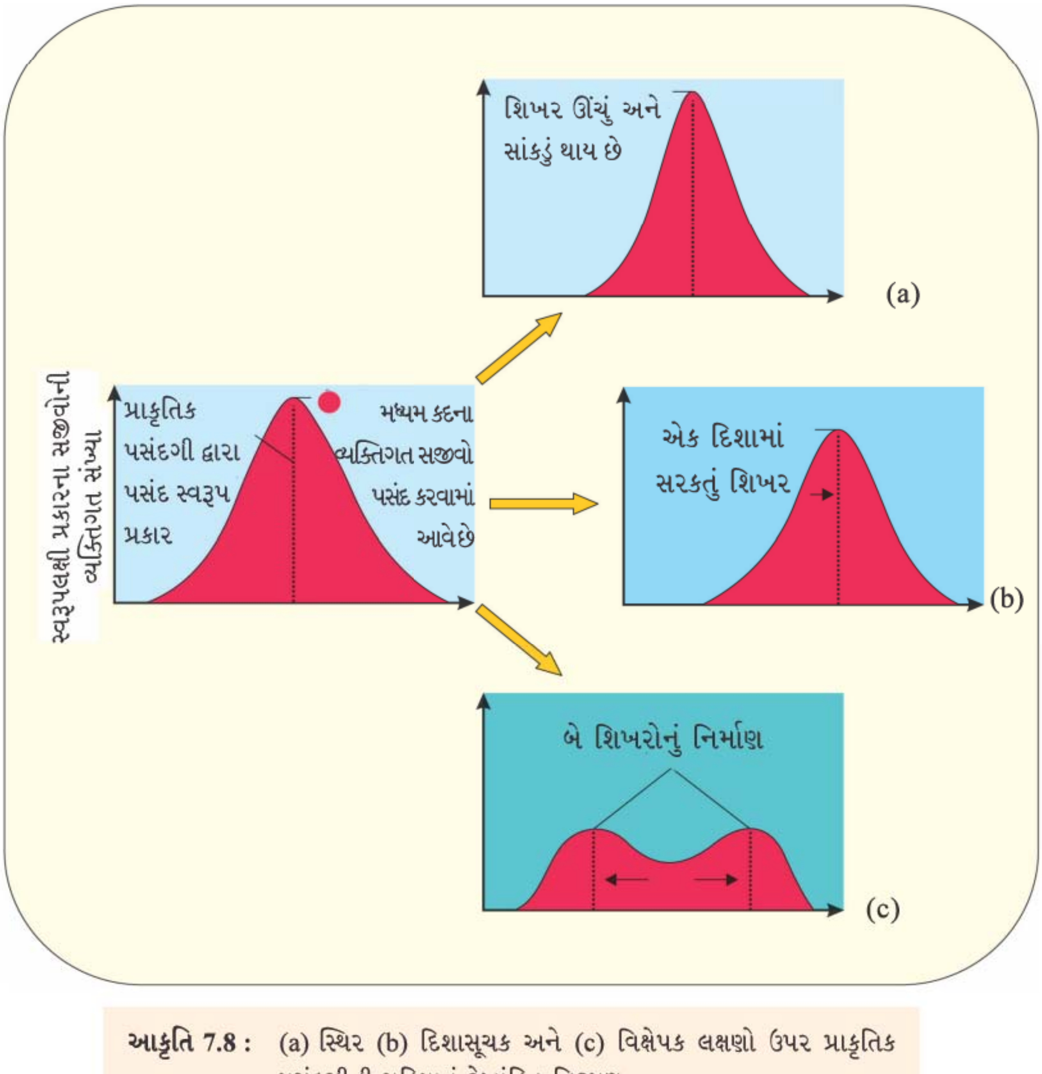
7.6 ઉદ્‌વિકાસની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Evolution)

આ ભિન્નતાનો ઉદ્‌ભવ શું છે અને કેવી રીતે જાતિનિર્માણ (speciation) થાય છે ? તેમ છતાં પણ મેન્ડલે વારસાગમન થઈ શકે તેવા કારકોના વિષયમાં જાણ કરેલી કે તેઓ સ્વરૂપ પ્રકાર પર અસર કરે છે. ડાર્વિને આ બાબતને અવગણી હશે કે આ બાબત પર મૌન રહ્યા હશે. 20મી સદીના પ્રથમ દસકામાં હ્યુગો-દ-વ્રિસે ઈવનિંગ પ્રાઈમરોઝ (evening primrose) વનસ્પતિ પર કાર્ય કરી વિકૃતિના વિચારો રજૂ કર્યા કે વિકૃતિ એટલે વસ્તીમાં એકાએક આવતું મોટું જુદાંપણું. એમનું એવું માનવું હતું કે તે વિકૃતિ જ છે જે ઉદ્‌વિકાસ માટે કારણભૂત છે અને ડાર્વિન કે જેઓ નાની નાની ભિન્નતાઓ (આનુવંશિક)ની વાત કરતા હતા તે નહિ. વિકૃતિ યાદચ્છિક અને દિશાવિહીન છે જ્યારે ડાર્વિનની ભિન્નતા નાની અને દિશાસૂચક છે. ડાર્વિન માટે ઉદ્‌વિકાસ ક્રમબદ્ધ ક્રિયા છે. જ્યારે દ-વ્રિસ પ્રમાણે વિકૃતિ જ જાતિનિર્માણનું કારણ છે જેને તેમણે **સેલ્ટેશન (મોટી વિકૃતિ માટે એક પગલું)** તરીકે બતાવ્યું. પાછળ જતાં વસ્તી જનીનવિદ્યાના અભ્યાસ પરથી કેટલીક નવી સ્પષ્ટતા રજૂ થઈ.

7.7 હાર્ડી-વેઈનબર્ગ સિદ્ધાંત (Hardy-Weinberg Principle)

આપેલ વસ્તીમાં જનીનનાં વૈકલ્પિક સ્વરૂપો કે જનીન સ્થાન(locus)ની આવૃત્તિ શોધી શકાય છે. આ આવૃત્તિઓ લગભગ સ્થાયી અને પેઢીઓ સુધી પણ સ્થિર જળવાઈ રહે છે. હાર્ડી-વેઈનબર્ગ સિદ્ધાંત બીજગણિતીય સૂત્રના ઉપયોગથી જાણી શકાય છે.

આ સિદ્ધાંત કહે છે કે વસ્તીમાં વૈકલ્પિક કારકોની આવૃત્તિ સ્થિર રહે છે અને પેઢી દર પેઢી સુધી અચળ જળવાઈ રહે છે. જનીન સેતુ (gene pool) (વસ્તીમાંના કુલ જનીનો અને તેના વૈકલ્પિક કારકો) અચળ રહે છે. તેને જનીનિક સમતુલન કહે છે. બધાં જ વૈકલ્પિક કારકોની આવૃત્તિઓના સરવાળાને 1, વ્યક્તિગત આવૃત્તિઓ ઉદાહરણ તરીકે તેમને p, q વગેરે નામ અપાય છે. દ્વિકીયમાં p અને q, વૈકલ્પિક કારક A અને વૈકલ્પિક કારક aની આવૃત્તિ દર્શાવે છે. વસ્તીમાં AA વ્યક્તિગત સજીવોની આવૃત્તિ સામાન્યતઃ p^2 છે. આને અન્ય રીતે પણ રજૂ કરી શકાય છે. એટલે કે, દ્વિકીય સજીવોનાં બંને રંગસૂત્રો ઉપર વૈકલ્પિક કારક A અને આવૃત્તિ p સાથે આવવાની શક્યતા એ સંભાવનાઓનું પરિણામ છે. દા.ત., p^2. આ જ રીતે aa એ q^2 અને Aaને 2pq તરીકે દર્શાવાય છે. આથી $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. આ $(p + q)^2$ દ્વિપદીનું



આકૃતિ 7.8 : (a) સ્થિર (b) દિશાસૂચક અને (c) વિક્ષેપક લક્ષણો ઉપર પ્રાકૃતિક પસંદગીની પ્રક્રિયાનું રેખાંકિત નિરૂપણ

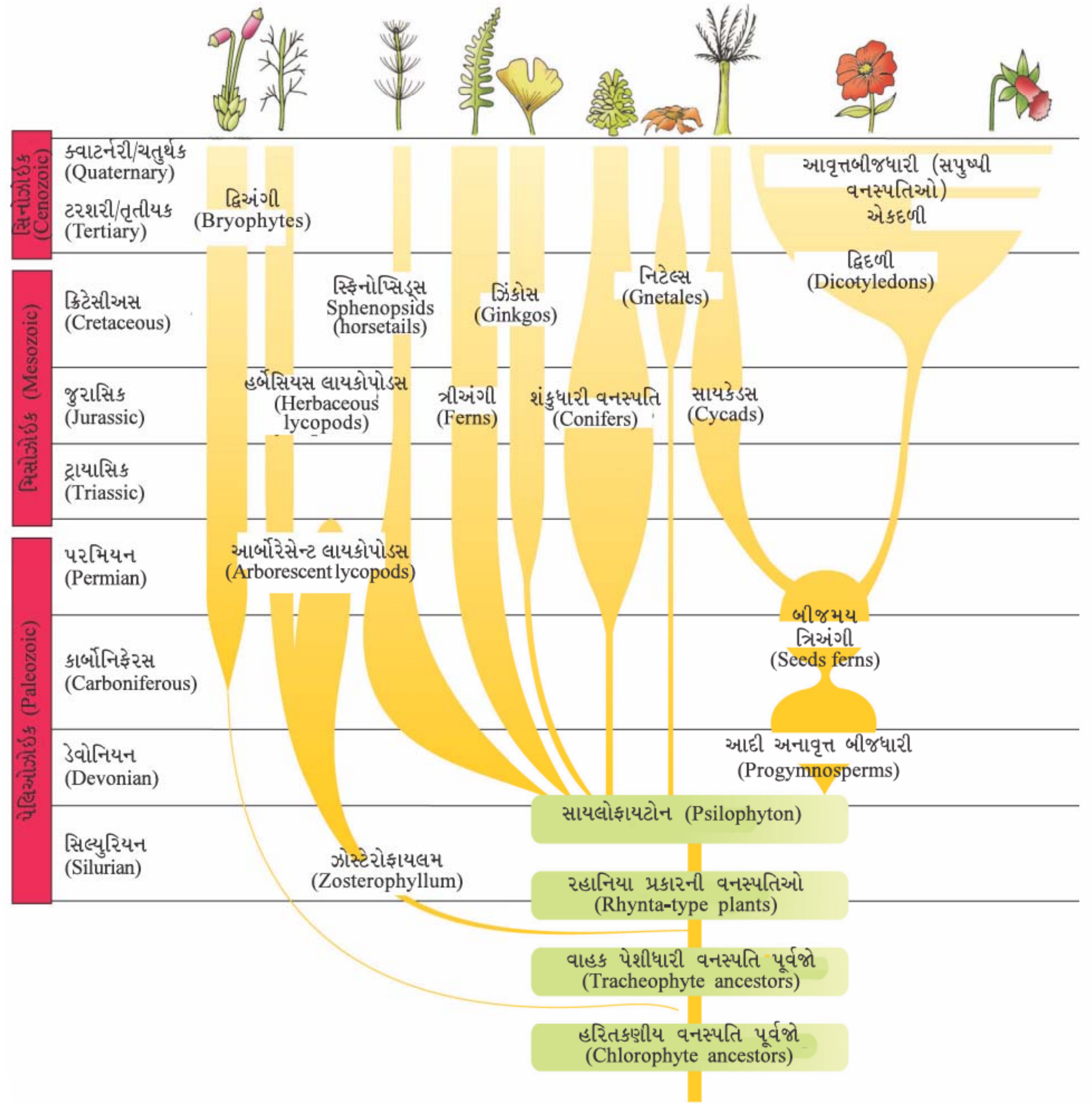
વિસ્તરણ છે. જ્યારે માપવામાં આવતી આવૃત્તિ અપેક્ષિત મૂલ્યથી ભિન્ન હોય, તો આ જુદાપણું ઉદ્‌વિકાસય ફેરફારની વ્યાપકતા દર્શાવે છે. જનીનિક સમતુલામાં અથવા હાર્ડી-વેઈનબર્ગ સમતુલામાં ખલેલ એટલે કે એક વસ્તીમાં વૈકલ્પિક કારકોની આવૃત્તિમાં ફેરફારના પરિણામ સ્વરૂપ ઉદ્‌વિકાસ થાય છે, તેવું અર્થઘટન કરાયું છે.

પાંચ ઘટકો હાર્ડી-વેઈનબર્ગ સમતુલાને અસરકર્તા તરીકે ઓળખી કાઢવામાં આવેલા છે. તેઓ જનીન સ્થળાંતરણ અથવા જનીનપ્રવાહ, જનીનિક વિચલન (drift), વિકૃતિ, જનીનિક પુનઃસંયોજન અને પ્રાકૃતિક પસંદગી છે. જ્યારે વસ્તીના કોઈ પણ ભાગનું અન્ય ભાગની વસ્તીમાં સ્થળાંતરણ થાય છે ત્યારે મૂળભૂત અને નવી વસ્તીની જનીનઆવૃત્તિ ફેરફાર પામે છે. નવા જનીનો / વૈકલ્પિક કારકો નવી વસ્તીમાં ઉમેરાય છે અને જૂની વસ્તીમાંથી તે દૂર થાય છે. જો જનીન સ્થળાંતરણ વારંવાર થતું હોય તો તે જનીનપ્રવાહ છે. આ સમાન ફેરફારો જો તક દ્વારા પ્રાપ્ત થતા હોય તો તેને જનીનિક વિચલન કહે છે. કેટલીક વાર નવી વસ્તીનાં વૈકલ્પિક કારકોની આવૃત્તિમાં ખૂબ જ મોટા ફેરફારો હોય તો તે ભિન્ન જાતિ તરીકે વિકસે છે. મૂળભૂત વિચલિત (drifted) વસ્તી સ્થાપક બને છે અને અસરને **સ્થાપક અસર (founder effect)** કહે છે.

સૂક્ષ્મ જીવો પરના પ્રયોગો દર્શાવે છે કે, પૂર્વ-અસ્તિત્વ ધરાવતી લાભકારી વિકૃતિઓ જ્યારે પસંદગી પામે છે ત્યારે તેના પરિણામ સ્વરૂપ નવા સ્વરૂપ પ્રકારો જોવા મળે છે. કેટલીક પેઢીઓ પછી, તે જાતિનિર્માણમાં પરિણમે છે. પ્રાકૃતિક પસંદગી એ પ્રક્રિયા છે કે જેમાં વારસાગમન થઈ શકે તેવી ભિન્નતાઓ જીવનને ટકાવી શકે છે અને વધુ પ્રજનનક્ષમ બને છે તથા મોટી સંખ્યામાં સંતતિ પેદા કરે છે. તર્ક આધારિત વિશ્લેષણ આપણને વિશ્વાસ અપાવે છે કે વિકૃતિના કારણે અથવા જનીનપ્રવાહને કારણે કે જનીનિક વિચલનને કારણે અથવા જનનકોષનિર્માણ દરમિયાન પુનઃ સંયોજનને કારણે સર્જાતી ભિન્નતા ભવિષ્યની પેઢીમાં જનીનોની તેમજ વૈકલ્પિક કારકોની આવૃત્તિના ફેરફારમાં પરિણમે છે. પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા જોડીઓ પ્રજનનીક સફળતા વધારે છે અને નવી વસ્તી તરીકે સ્થાપિત થાય છે. પ્રાકૃતિક પસંદગી સ્થિરતા (જેમાં ઘણા વ્યક્તિગત સજીવો સરેરાશ લક્ષણ / મૂલ્યો પ્રાપ્ત કરે છે), દિશાકીય ફેરફાર (ઘણા વ્યક્તિગત સજીવો સરેરાશ (મધ્યમ) લક્ષણ / મૂલ્યો ઉપરાંતનાં મૂલ્યો પ્રાપ્ત કરે છે) અથવા વિક્ષેપક (disruption) ઉદ્‌વિકાસ [વિતરણ વક્ર(curve)ના બંને છેડાનાં લક્ષણોનું મૂલ્ય વધુ સભ્યોમાં પ્રાપ્ત કરે] સ્થિતિ તરફ દોરી જાય છે (આકૃતિ 7.8).

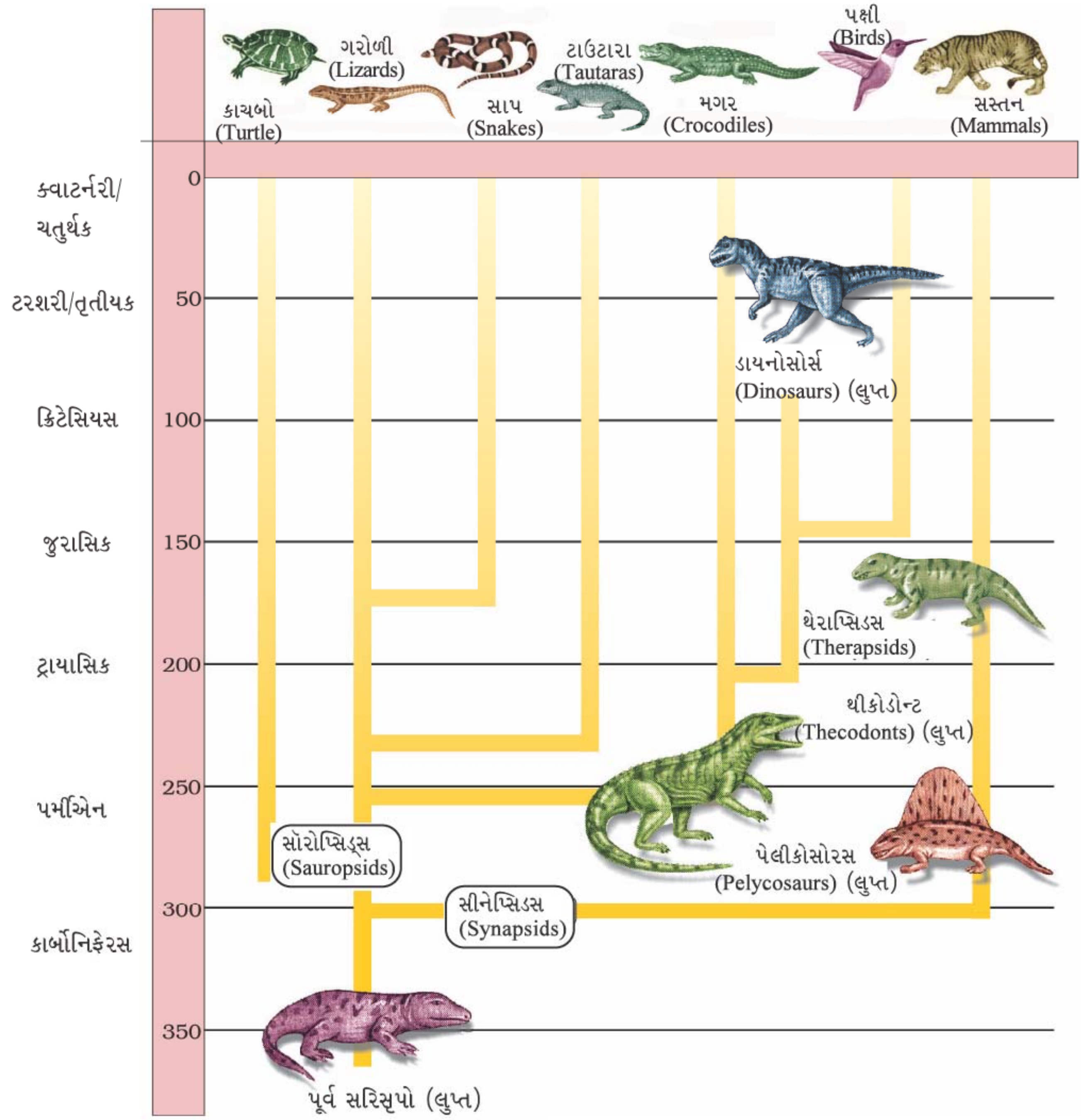
7.8 ઉદ્‌વિકાસનો સંક્ષિપ્ત અહેવાલ (A Brief Account of Evolution)

લગભગ 2000 મિલિયન વર્ષ પહેલાં (million years ago -mya) સૌપ્રથમ કોષીય જીવન પૃથ્વી પર જોવા મળ્યું. મહાઅણુઓના જોડાવાથી મહાઅણુઓ ધરાવતા અકોષી સમૂહો અને તેમાંથી રસસ્તર ધરાવતો કોષો કેવી રીતે નિર્માણ પામ્યા તે જાણી શકાયું નથી. આમાંના કેટલાક કોષો O_2 મુક્ત કરવાની ક્ષમતા ધરાવતા હતા. આ પ્રક્રિયા પ્રકાશસંશ્લેષણમાં થતી પ્રકાશપ્રક્રિયાના તબક્કા જેવી જ હતી. જેમાં પાણીના અણુની વિયોજન પ્રક્રિયા સૂર્યપ્રકાશના ગ્રહણ કરવાથી અને યોગ્ય ક્રમિક પ્રકાશગ્રાહી રંજકદ્રવ્યો દ્વારા તેના વહન થવાની ક્રિયાથી થતી હતી. ધીમે-ધીમે એકકોષીય સજીવો બહુકોષીય સ્વરૂપમાં અસ્તિત્વ ધરાવતા થયા. 500 મિલિયન વર્ષ અગાઉ (mya) અપૃષ્ઠવંશીઓ ઉદ્‌ભવ્યા અને સક્રિય થયા. લગભગ 350 મિલિયન વર્ષ અગાઉ જડબાંવિહીન માછલી ઉદ્‌ભવી. સમુદ્રની શેવાળ અને કેટલીક વનસ્પતિઓ લગભગ 320 મિલિયન વર્ષ અગાઉ અસ્તિત્વ



આકૃતિ 7.9 : ભૂસ્તરીય સમય દ્વારા વનસ્પતિ-સ્વરૂપોની ઉત્પત્તિ દર્શાવતી આકૃતિ

ધરાવતા હોવાનું અનુમાન છે. આપણે કહી શકીએ કે, વનસ્પતિઓ જમીન પર આવનાર સૌપ્રથમ સજીવો હતા. જ્યારે પ્રાણીઓ જમીન પર આવ્યાં ત્યારે વનસ્પતિઓ જમીન પર ખૂબ જ પથરાયેલ હતી. ભારે અને મજબૂત મીનપક્ષવાળી માછલીઓ જમીન પરથી પાણીમાં પાછી ફરી શકતી હતી. આ ઘટના 350 મિલિયન વર્ષ અગાઉ જોવા મળતી હતી. 1938માં દક્ષિણ આફ્રિકામાં પકડાયેલી મત્સ્ય સીલાકાન્થ (Coelacanth) મનાતી હતી, જે લુપ્ત થયેલી હોવાનું માનવામાં આવે છે. આ પ્રાણીઓને લોબફિન્સ (lobefins) તરીકે ઓળખવામાં આવ્યા કે જેમાંથી પ્રથમ ઊભયજીવીઓ ઊતરી આવ્યા કે જે જમીન અને પાણી એમ બંને જગ્યાએ જીવંત રહી શકતા. આમાંના કોઈ જ નમૂના આપણી પાસે બચ્યાં નથી. તેમ છતાં, તે હાલનાં દેડકા અને



આકૃતિ 7.10 : ભૂસ્તરીય સમયગાળા દ્વારા પૃષ્ઠવંશીઓના ઉદ્‌વિકાસના ઇતિહાસનું પ્રતિનિધિત્વ

સાલામાન્ડરના પૂર્વજો હતા. ઉભયજીવોમાંથી સરિસૃપો ઊતરી આવ્યા. તેઓ જાડા કવચવાળાં ઈંડાં મૂકતાં જે ઊભયજીવીઓના ઈંડાંની માફક સૂર્યપ્રકાશમાં સુકાઈ જતા નહોતા. હાલના સમયે ફરી એકવાર આપણે કેવળ તેમના વંશજો, કાચબા (Tortoise), કશ્યપ (Turtle) અને મગરને જોઈ શકીએ છીએ. ત્યાર બાદના 200 મિલિયન વર્ષ અથવા તે દરમિયાન ભિન્ન આકાર અને કદવાળા સરિસૃપો પૃથ્વી ઉપર પ્રભાવી રહ્યા. વિશાળ ફર્ન્સ (ત્રિઅંગી) હાજર હતા. પરંતુ તે બધા ધીરે-ધીરે મૃત્યુ પામીને કોલસાના ભંડાર બની ગયા. તેમાંના કેટલાક સંભવતઃ 200 મિલિયન

વર્ષ પૂર્વે (ઉદાહરણ : ઇકથીઓસોરસ) મત્સ્ય જેવા સરિસૃપોમાં ઉદ્‌વિકાસ પામવા જમીન પરથી પાણીમાં પાછા ફર્યા. જમીન પર રહેવાવાળા સરિસૃપો નિશ્ચિત રીતે ડાયનોસોર્સ હતા. તેમાંનો સૌથી મોટો એટલે કે ટાયરેનોસોરસ રેક્સ *(Tyrannosaurus rex)* જે આશરે 20 ફૂટની ઊંચાઈ અને વિશાળ ભયાનક કટાર જેવા દાંત ધરાવતા હતા. આશરે 65 મિલિયન વર્ષ પૂર્વે ડાયનોસોર એકાએક પૃથ્વી પરથી અદૃશ્ય થયા. આપણે તેનું સાચું કારણ જાણતા નથી. આબોહવાકીય ફેરફારોએ તેઓને માર્યા હશે તેવું કેટલાક કહે છે. કેટલાક તેવું પણ કહે છે કે તેમાંના મોટા ભાગનાં પક્ષીઓમાં ઉદ્‌વિકાસ પામ્યા. સત્યતા આ બંનેની વચ્ચેની છે. તે સમયના નાના કદના સરિસૃપો હાલ પણ અસ્તિત્વમાં છે.

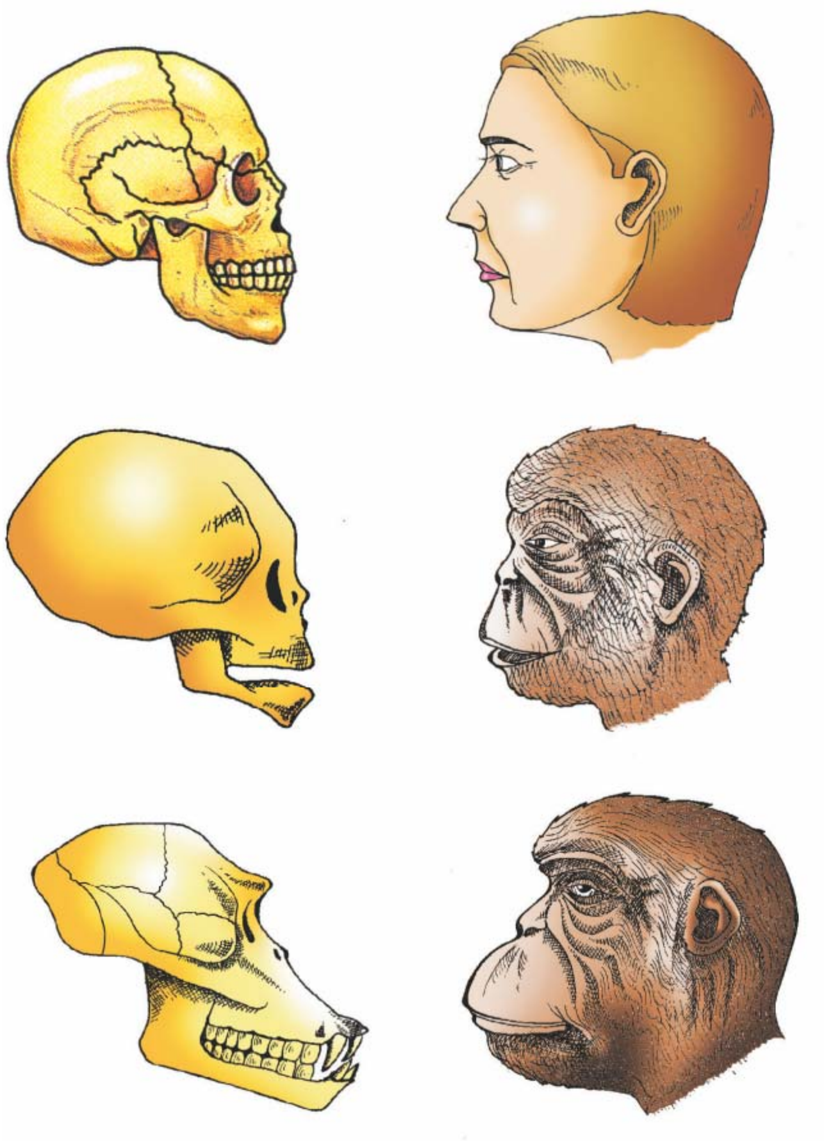
પહેલાં સસ્તનો છછૂંદર (shrews) જેવા હતા. તેમના અશ્મિઓ નાના કદના હતા. સસ્તનો અપત્યપ્રસવી (viviparous) હતા અને તેમના ન જન્મેલા બાળને માતાના શરીરની અંદર સુરક્ષિત રાખતા હતા. સસ્તનો સંવેદનશીલતા અને ભયને ટાળવાની બાબતમાં ખૂબ જ બુદ્ધિશાળી હતા. જ્યારે સરિસૃપો ઓછા થયા ત્યારે સસ્તનોએ પૃથ્વી પર કબજો જમાવ્યો. દક્ષિણ અમેરિકામાં સસ્તનો જેવા કે ઘોડા, હિપોપોટેમસ, રીંછ, સસલાં વગેરેને મળતા સસ્તનો જોવા મળતા હતા. ખંડિય વિચલન (continental drift)ના કારણે દક્ષિણ અમેરિકા, ઉત્તર અમેરિકા સાથે જોડાયું ત્યારે આ પ્રાણીઓ ઉત્તર અમેરિકાનાં પ્રાણીઓ દ્વારા છવાઈ ગયા. સમાન ખંડિય વિચલન (વિસ્થાપન)ને કારણે જ ઑસ્ટ્રેલિયામાં કોથળીધારી સસ્તનો ટકી રહ્યા છે કારણ કે તેમને અન્ય સસ્તનોથી સ્પર્ધા કરવી પડી નહિ.

આપણે એ ભૂલી ન શકીએ કે, કેટલાક સસ્તનો સંપૂર્ણ રીતે પાણીમાં જીવે છે. વ્હેલ, ડોલ્ફિન, સીલ અને દરિયાઈ ગાય એ તેનાં કેટલાંક ઉદાહરણો છે. ઘોડા, હાથી, શ્વાનનો ઉદ્‌વિકાસ એ ઉદ્‌વિકાસની એક વિશિષ્ટ કથા છે. તમે તેનો અભ્યાસ આગળ ઉચ્ચ વર્ગોમાં કરશો. માનવની ભાષાકીય કુશળતા અને સ્વચેતના સાથે માનવ-ઉદ્‌વિકાસની ગાથા સૌથી રોચક છે.

જીવંત સ્વરૂપોનો ઉદ્‌વિકાસ, ભૂસ્તરીય માપદંડ પર તેમનો સમય કામચલાઉ રેખાચિત્રમાં દર્શાવેલ છે (આકૃતિ 7.9 અને 7.10).

7.9 માનવની ઉત્પત્તિ અને ઉદ્‌વિકાસ (Origin and Evolution of Man)

લગભગ 15 મિલિયન વર્ષ પૂર્વે ડ્રાયોપિથેક્સ તથા રામાપિથેક્સ નામના પ્રાઈમેટ અસ્તિત્વમાં હતા. તેઓ વાળવાળા તેમજ ગોરિલા અને ચિમ્પાન્ઝીની જેમ ચાલતા હતા. રામાપિથેક્સ વધુ માનવ જેવા હતા જ્યારે ડ્રાયોપિથેક્સ વધુ એપ જેવા હતા. ઇથિઓપિયા તથા તાન્ઝાનિયા (આકૃતિ 7.11)માં કેટલાક અશ્મિઓ માનવ-અસ્થિઓ જેવા મળી આવ્યા. આ માનવીય વિશિષ્ટાઓ જે એ માન્યતાને આગળ વધારે છે કે 3-4 મિલિયન વર્ષ પૂર્વે માનવ જેવા પ્રાઈમેટ્સ પૂર્વી આફ્રિકામાં વિચરણ કરતા હતા. તેઓ સંભવતઃ 4 ફૂટથી ઊંચા ન હતા પરંતુ તે સીધા ચાલતા હતા. લગભગ 2 મિલિયન વર્ષ પૂર્વે ઑસ્ટ્રેલોપિથેસિન સંભવતઃ પૂર્વી આફ્રિકાના ઘાસનાં મેદાનોમાં રહેતા હતા. પુરાવા દર્શાવે છે કે તે શરૂઆતમાં પથ્થરોના હથિયારોથી શિકાર કરતા હતા પરંતુ મૂળભૂત રીતે ફળો ખાતા હતા. શોધવામાં આવેલ અસ્થિઓમાંના કેટલાક અસ્થિઓ ભિન્ન હતા. આ જીવને પ્રથમ માનવ જેવા કહેવાતા માનવીય હોય તેમને હોમો હેબિલિસ કહેવાયા. તેમના મગજની ક્ષમતા 650-800 ccના વચ્ચે હતી. તે સંભવતઃ માંસ ખાતા નહોતા. 1891માં જાવામાંથી શોધાયેલ અશ્મિઓએ આગળનું ચરણ પ્રગટ કર્યું એટલે કે હોમો ઇરેક્ટ્સ જે આશરે 1.5 મિલિયન વર્ષ પૂર્વે હતા. હોમો ઇરેક્ટ્સનું મગજ મોટું હતું જે લગભગ 900 ccનું હતું. હોમો ઇરેક્ટ્સ સંભવતઃ માંસ ખાતા હતા. નિએન્ડરથલ માનવ 1400 ccના મસ્તિક



આકૃતિ 7.11 : પુખ્ત આધુનિક માનવ, બાળ ચિમ્પાન્ઝી અને પુખ્ત ચિમ્પાન્ઝીની ખોપરીની તુલના. પુખ્ત ચિમ્પાન્ઝી કરતા બાળ ચિમ્પાન્ઝીની ખોપરી પુખ્ત માનવીની ખોપરીને વધુ મળતી આવે છે

કદ સાથે 1,00,000થી 40,000 વર્ષ પૂર્વે પૂર્વી અને મધ્ય એશિયાની નજીક રહેતા હતા. તેઓ તેમના શરીરની રક્ષા માટે ખાલનો ઉપયોગ કરતા હતા અને તેમના મૃતકોને જમીનમાં દાટતા હતા. હોમો સેપિયન્સ આફ્રિકામાં પ્રગટ થયા (વિકસિત થયા) તથા સમગ્ર ખંડોમાં સ્થળાંતરિત થયા અને ભિન્ન જાતોમાં વિકસિત થયા. 75,000 – 10,000 વર્ષ અગાઉ હિમયુગ દરમિયાન આધુનિક હોમો સેપિયન્સ પ્રગટ થયા. પ્રાગૈતિહાસિક ગુફા-કલાનો વિકાસ લગભગ 18,000 વર્ષો અગાઉ થયો હતો. પ્રાગૈતિહાસિક માનવ દ્વારા તૈયાર કરેલ ચિત્રો મધ્યપ્રદેશના રાયસન જિલ્લામાં ભીમબેટકા ખડક ઉપરની આવી એક ગૂફામાં જોવા મળે છે. આશરે 10,000 વર્ષો પૂર્વે કૃષિ શરૂ થઈ અને માનવ-વસાહતો શરૂ થઈ. પછી જે થયું તે માનવના ઇતિહાસની વૃદ્ધિ અને સંસ્કૃતિના ઘટાડાનો ભાગ હતો.

સારાંશ

બ્રહ્માંડ અને ખાસ કરીને પૃથ્વીના ઉદ્ભવની પૃષ્ઠ ભૂમિમાં જ પૃથ્વી પર જીવનની ઉત્પત્તિને સમજી શકાય. મોટા ભાગના વૈજ્ઞાનિકોનો વિશ્વાસ રાસાયણિક ઉદ્વિકાસમાં છે એટલે કે જીવનના પ્રથમ કોષીય સ્વરૂપોના દશ્યમાન થયા પૂર્વે જૈવિક અણુઓ નિર્માણ પામ્યા. પ્રથમ સજીવો પછીની ઘટનાઓ જેમ કે જીવના પ્રથમ સ્વરૂપનું શું થયું ? તેનો આધાર પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા જૈવ (કાર્બનિક) ઉદ્વિકાસ જેવા ડાર્વિનના વિચાર પર છે. લાંબાં વર્ષો દરમિયાન જીવંત સ્વરૂપોમાં વિવિધિતા આવી છે. એવું માનવામાં આવે છે કે વસ્તીમાં ભિન્નતાઓ થવાની એ ચલિત યોગ્યતાને પરિણામે છે. અન્ય ઘટના જેવી કે નિવાસસ્થાન વિભાજન અને જનીનિક વિચલન (genetic drift) આ વિવિધતાઓને નવી જાતિઓ અને તેથી ઉદ્વિકાસ તરફ દોરી જાય છે. શાખાકીય અવતરણનું સ્પષ્ટીકરણ સમાનતાએ કર્યું. તુલનાત્મક અંતઃસ્થવિદ્યા, અશ્મિઓ અને તુલનાત્મક જૈવરસાયણશાસ્ત્ર ઉદ્વિકાસના પુરાવા પૂરા પાડે છે. કોઈ એક જ જાતિની ઉદ્વિકાસની કથાઓ પૈકી આધુનિક માનવના ઉદ્વિકાસની કથા સૌથી રોચક છે અને લાગે છે કે માનવ-મગજ અને ભાષામાં સમાંતર ઉદ્વિકાસ ચાલે છે.

સ્વાધ્યાય

1. ડાર્વિનના પસંદગીવાદના પરિપ્રેક્ષ્યમાં બૅક્ટેરિયામાં જોવા મળતી પ્રતિજૈવિક પ્રતિકારકતાનું સ્પષ્ટીકરણ કરો.
2. સમાચારપત્રો અને લોકપ્રિય વૈજ્ઞાનિક લેખોમાંથી કોઈ નવા અશ્મિઓની શોધ અથવા ઉદ્વિકાસ સંબંધિત મતભેદોની જાણકારી પ્રાપ્ત કરો.
3. જાતિ શબ્દની સ્પષ્ટ વ્યાખ્યા આપવા પ્રયત્ન કરો.
4. માનવ-ઉદ્વિકાસનાં વિભિન્ન પાસાંઓને શોધો (સંકેત : મગજનું કદ અને કાર્ય, કંકાલ-બંધારણ, ખોરાકની પસંદગી વગેરે).
5. ઇન્ટરનેટ અને લોકપ્રિય વૈજ્ઞાનિક લેખો દ્વારા શોધો કે શું માનવ સિવાયના કોઈ પ્રાણીઓમાં સ્વ-સભાનતા છે ?
6. ઇન્ટરનેટ સંસાધનોનો ઉપયોગ કરીને આજના આધુનિક 10 પ્રાણીઓ અને તેમનાં પ્રાચીન અશ્મિઓની જોડ બનાવો. બંનેનાં નામ આપો.
7. વિવિધ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓનાં ચિત્રો દોરવાની પ્રૅક્ટિસ કરો.
8. અનુકૂલિત પ્રસરણનું એક ઉદાહરણ વર્ણવો.
9. શું આપણે માનવ-ઉદ્વિકાસને અનુકૂલિત પ્રસરણ કહી શકીએ ?
10. વિવિધ સંસાધનો જેવા કે શાળાનું પુસ્તકાલય અથવા ઇન્ટરનેટનો ઉપયોગ અને તમારા શિક્ષક સાથે ચર્ચા કરી કોઈ પણ એક પ્રાણીના ઉદ્વિકાસીય તબક્કા શોધો. જેમકે ઘોડો.

એકમ 8
માનવ-કલ્યાણમાં જીવવિજ્ઞાન
(Biology in Human Welfare)

પ્રકરણ 8
માનવસ્વાસ્થ્ય અને રોગો
પ્રકરણ 9
અન્ન-ઉન્નતીકરણ માટેની કાર્યનીતિ
પ્રકરણ 10
માનવ-કલ્યાણમાં સૂક્ષ્મ જીવો

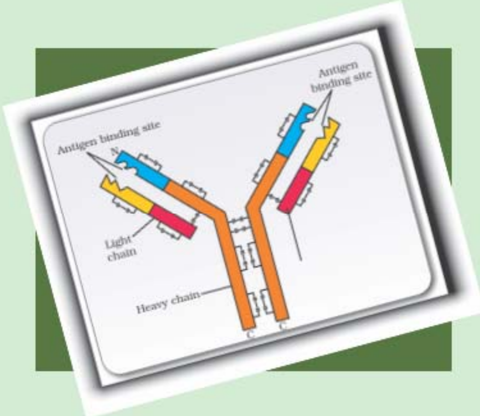
જીવવિજ્ઞાન, નૈસર્ગિક વિજ્ઞાનની સૌથી તરુણ ઔપચારિક વિદ્યાશાખા છે. જીવવિજ્ઞાનની તુલનામાં ભૌતિક અને રસાયણવિજ્ઞાનમાં પ્રગતિ ખૂબ જ ઝડપથી થયેલી છે. આપણા રોજિંદા જીવનમાં જીવવિજ્ઞાનની સાપેક્ષે ભૌતિક અને રસાયણવિજ્ઞાનનો ઉપયોગ ઘણો વધારે થાય છે. જોકે 20મી અને 21મી સદીમાં માનવ-કલ્યાણમાં ખાસ કરીને સ્વાસ્થ્યક્ષેત્રમાં અથવા કૃષિ-ક્ષેત્રમાં જીવવિજ્ઞાનના જ્ઞાનનો ઉપયોગ સ્પષ્ટ રીતે વ્યક્ત કરેલો છે. પ્રતિજૈવિકો (antibiotics) તેમજ સંશ્લેષિત વનસ્પતિજન્ય વ્યુત્પન્ન પામેલ દવાઓ અને નિશ્ચેતકો વગેરેની શોધે એક તરફ ચિકિત્સા-વ્યવસાય અને બીજી તરફ માનવ-સ્વાસ્થ્યના ક્ષેત્રમાં અભૂતપૂર્વ પરિવર્તન કરેલું છે. આ વર્ષોમાં માનવના જીવનની સંભાવનામાં નાટકીય રીતે પરિવર્તન આવેલા છે. માનવસમૂહમાં કૃષિ મહાવરા, ખોરાકની પ્રક્રિયા અને નિદાનશાસ્ત્રએ સામાજિક, સાંસ્કૃતિક પરિવર્તન ઉત્પન્ન કરેલું છે. આ એકમમાં નીચે આપેલ ત્રણ પ્રકરણોમાં સંક્ષિપ્ત વિવરણ રજૂ કરવામાં આવેલું છે.

એમ. એસ. સ્વામીનાથન
(M. S. Swaminathan)
(1925)

(તેમનો) જન્મ ઑગસ્ટ, 1925માં તમિલનાડુના કુમ્બાકોનમમાં થયો હતો. મોનકામ્બુ સાંબાસિવન સ્વામીનાથને (Monkambu Sambasivan Swaminathan) મદ્રાસ (ચેન્નાઈ) વિશ્વવિદ્યાલયમાંથી વનસ્પતિવિજ્ઞાનમાં સ્નાતક અને સ્નાતકોત્તર પદવીઓ પ્રાપ્ત કરી હતી. તેમણે ભારતવર્ષ તેમજ વિદેશોમાં આવેલી કેટલીક સંસ્થાઓમાં અલગ-અલગ હોદ્દાઓ પર કાર્ય કર્યું તેમજ વનસ્પતિ સંવર્ધન અને જનીનવિદ્યામાં તેમની વિદ્વતાનો વિકાસ કર્યો હતો.

ભારતીય કૃષિવિજ્ઞાન અનુસંધાન સંસ્થા (IARI – Indian Agriculture Research Institute)માં આવેલી કોષ જનીન વિદ્યાશાખા તથા વિકિરણ સંશોધન કેન્દ્રમાં તેમણે તેમજ તેમના સાથીદારોએ ટૂંકા સમયમાં વધુ ઉત્પાદન આપવાવાળી ડાંગરની જાતો વિકસાવી તેમાં સુગંધિત બાસમતીનો પણ સમાવેશ થાય છે. તેઓ પાક-અલ્પાહાર (crop cafeteria), પાક-કાર્યક્રમ (crop scheduling) અને જનીનિક રીતે સુધારેલી તેમજ ગુણવત્તાસભર પેદાશો વગેરે સાથે સંબંધિત ધારણાઓનો વિકાસ કરનાર વૈજ્ઞાનિક તરીકે પણ ઓળખાય છે.

સ્વામીનાથને નૉરમેન બોરલોગ (Norman Borlaug)ની સાથે મળીને કાર્ય આરંભ કર્યું કે જેના પરિણામ સ્વરૂપે ભારતવર્ષમાં ઘઉંની મેક્સિકન જાતોના પ્રવેશથી સીમાંત ઉત્કર્ષમય 'હરિત ક્રાંતિ' આવી. તેમના આ કાર્યને ખૂબ જ માન્યતા પ્રાપ્ત થઈ તેમજ પ્રશંસા પ્રાપ્ત થઈ. તેઓ 'લેબ-ટુ-લૅન્ડ' કાર્યક્રમના તથા ખાદ્ય-સુરક્ષા અને કેટલાક અન્ય પર્યાવરણીય કાર્યક્રમોના પ્રારંભકર્તા રહ્યા છે. તેમને રાજકીય સન્માન 'પદ્મભૂષણ' તથા કેટલીક ઉત્કૃષ્ટ સંસ્થાઓ દ્વારા પ્રતિષ્ઠાપૂર્ણ પુરસ્કાર, મૅડલ અને ફેલોશિપ મળવાનું ગૌરવ પ્રાપ્ત થયેલું છે.



પ્રકરણ 8

માનવ-સ્વાસ્થ્ય અને રોગો (Human Health and Disease)

8.1 માનવમાં સામાન્ય રોગો
8.2 પ્રતિકારકતા
8.3 એઇડ્સ
8.4 કૅન્સર
8.5 નશાકારક પદાર્થો અને આલ્કોહૉલનો દુરુપયોગ

સ્વાસ્થ્યને લાંબા સમયથી શરીર અને મનની એવી સ્થિતિ માનવામાં આવતી હતી, જેમાં દેહના કેટલાક વાત, પિત્ત અને કફ જેવા દોષો (humors)નું સંતુલન જળવાઈ રહેતું હતું. પ્રાચીન ગ્રીકના હિપ્પોક્રેટ્સ તેમજ ભારતીય આયુર્વેદિક ચિકિત્સા તંત્ર પણ આ જ માનતું હતું. એવું માનવામાં આવતું હતું કે, 'કાળું પિત્ત' (blackbile) ધરાવતા વ્યક્તિ ગરમ મિજાજવાળા હતા અને તેમને તાવ રહેતો હતો. આ પ્રકારના તારણ પાછળ માત્ર શુદ્ધ વિચારધારા હતી. પ્રયોગાત્મક પદ્ધતિઓ દ્વારા વિલિયમ હાર્વેએ કરેલ રુધિર-પરિવહનની શોધ અને થરમૉમિટરના ઉપયોગ દ્વારા નિદર્શન કર્યું કે કાળું પિત્ત ધરાવતા વ્યક્તિઓના શરીરમાં તાપમાન સામાન્ય હતું; તેનાથી સ્વાસ્થ્યની 'સારી તરલ' (good humor) વિશેની પરિકલ્પના ખોટી પુરવાર થઈ. પછીનાં વર્ષોમાં, જીવવિજ્ઞાને દર્શાવ્યું કે ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવી તંત્ર આપણા પ્રતિકાર તંત્રને અસર કરે છે અને તેના દ્વારા પ્રતિકાર તંત્ર આપણું સ્વાસ્થ્ય જાળવી રાખે છે. આમ, મન અને માનસિક અવસ્થા આપણી તંદુરસ્તીને અસર કરે છે. એમાં કોઈ સંદેહ નથી કે આપણું સ્વાસ્થ્ય નીચે આપેલ બાબતોથી પ્રભાવિત થાય છે :

(i) જનીનિક ખામીઓ - ખામીયુક્ત બાળકનો જન્મ થાય છે અને ખામીઓની અસરો જે બાળકને જન્મથી જ તેનાં માતાપિતા પાસેથી વારસામાં મળે છે.

(ii) ચેપ અને

(iii) આપણી જીવનશૈલી જેમાં ખોરાક જે આપણે ખાઈએ છીએ, પાણી જે આપણે પીએ છીએ, આરામ અને વ્યાયામ કે જે શરીરને આપણે આપીએ છીએ. આદતો, જે આપણે ધરાવીએ છીએ અથવા તેનો અભાવ હોય છે.

સ્વાસ્થ્ય શબ્દ લોકો દ્વારા વારંવાર વપરાય છે. *તેને કઈ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય ?* તેનો અર્થ માત્ર 'રોગની અનઉપસ્થિતિ' કે 'શારીરિક સ્વસ્થતા નથી'. તેને સંપૂર્ણપણે શારીરિક, માનસિક અને સામાજિક અર્થમાં લઈ શકાય. જ્યારે લોકો સ્વસ્થ હોય છે ત્યારે તેઓ વધુ સક્ષમતાથી કામ કરી શકે છે. જેનાથી ઉત્પાદકતામાં વધારો થાય છે અને આર્થિક સમૃદ્ધિમાં વધારો થાય છે. સ્વાસ્થ્ય એ આયુષ્ય વધારે છે તેમજ શિશુ અને માતાના મૃત્યુદરમાં ઘટાડો કરે છે.

સારું સ્વાસ્થ્ય જાળવી રાખવા માટે સંતુલિત આહાર, વ્યક્તિગત સ્વચ્છતા અને નિયમિત વ્યાયામ પણ ખૂબ જ અગત્યના છે. શારીરિક અને માનસિક સ્વાસ્થ્ય પ્રાપ્ત કરવા માટે પ્રાચીનકાળથી યોગનો અભ્યાસ પણ કરાય છે. રોગો પ્રત્યે જાગૃતતા અને શરીરનાં વિવિધ કાર્યો પર તેમની અસરો, ચેપગ્રસ્ત રોગો સામે રસીકરણ (vaccination), ઉત્સર્ગ દ્રવ્યોનો યોગ્ય નિકાલ, વાહકોનું નિયંત્રણ તેમજ આરોગ્યપ્રદ ખોરાક અને પાણીના સ્રોતોની જાળવણી વગેરે સારું સ્વાસ્થ્ય મેળવવા માટે જરૂરી છે.

જ્યારે શરીરનાં એક કે વધુ અંગો કે તંત્રોનાં કાર્યોની પ્રતિકૂળ અસરો થાય, જેને કારણે વિવિધ ચિહ્નો કે લક્ષણો જોવા મળે છે, ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે આપણે સ્વસ્થ (તંદુરસ્ત) નથી એટલે કે આપણને **રોગ (disease)** થયો છે. રોગોને મોટે ભાગે **ચેપી (infectious)** તેમજ **બિનચેપી (non-infectious)** જેવા સમૂહોમાં વહેંચવામાં આવે છે. જે રોગો એક વ્યક્તિમાંથી બીજી વ્યક્તિમાં સરળતાથી ફેલાય તેને **ચેપી રોગ (infectious diseases)** કહે છે. ચેપી રોગો સામાન્ય છે અને આપણે ક્યારેક તેના શિકાર થઈએ જ છીએ. કેટલાક ચેપી રોગો જેવાં કે એઇડ્સ (AIDS) ઘાતક છે. બિનચેપી રોગોમાં કૅન્સર મૃત્યુનું મુખ્ય કારણ છે. નશાકારક પદાર્થો (drugs) અને આલ્કોહૉલનું સેવન પણ આપણા સ્વાસ્થ્યને પ્રતિકૂળ રીતે પ્રભાવિત કરે છે.

8.1 માનવમાં સામાન્ય રોગો (Common Diseases in Humans)

મનુષ્યમાં રોગો સર્જવા માટે અનેક સજીવો જેવાં કે, બૅક્ટેરિયા, વાઈરસ, ફૂગ, પ્રજીવ, કૃમિ જવાબદાર છે. આવા રોગપ્રેરક સજીવોને **રોગકારકો (pathogens)** કહેવાય છે. આમ, બધા પરોપજીવીઓ રોગકારકો છે; કારણ કે, તેઓ યજમાનના દેહમાં કે દેહ ઉપર રહીને તેને નુકસાન પહોંચાડે છે. રોગકારકો આપણા શરીરમાં અનેક પ્રકારે પ્રવેશી, ગુણન પામી, આપણી આવશ્યક ક્રિયાઓમાં ખલેલ પહોંચાડે છે. પરિણામે, બાહ્યાકાર અને કાર્યાત્મક ક્ષતિ સર્જાય છે. રોગકારકો માટે જરૂરી છે કે તેઓ યજમાનના અંતઃ પર્યાવરણ અનુસાર પોતાનું જીવન અનુકૂલિત કરે. ઉદાહરણ તરીકે, જે રોગકારકો આંત્રમાર્ગમાં પ્રવેશે છે તેઓમાં જઠરના નિમ્ન pHમાં જીવંત રહેવા અને ભિન્ન પાચક ઉત્સેચકોનો પ્રતિરોધ કરવાની ક્ષમતા હોવી જોઈએ. રોગકારક સજીવોના વિવિધ વર્ગોનાં સ્વરૂપો અને તેમના દ્વારા થતા રોગો વિશે આપણે અહીં ચર્ચા કરીશું. આ ઉપરાંત તેઓના પ્રતિકાર અને નિયંત્રણના ઉપાયોને પણ અહીં સંક્ષિપ્તમાં વર્ણવ્યા છે.

સાલ્મોનેલા ટાઈફી *(Salmonella typhi)* એ રોગકારક જીવાણુ છે જે મનુષ્યમાં **ટાઈફૉઇડ (typhoid)**નો તાવ પ્રેરે છે. સામાન્ય રીતે આ રોગકારક દૂષિત આહાર અને પાણી દ્વારા નાના આંતરડામાં પ્રવેશે છે અને ત્યાંથી તે રુધિર દ્વારા શરીરનાં અન્ય અંગોમાં પહોંચે છે. આ રોગનાં સામાન્ય લક્ષણો–સતત વધુ તાવ (39° સેથી 40° સે), નબળાઈ, પેટમાં દુઃખાવો, કબજિયાત, માથું દુખવું અને ભૂખ ન લાગવી. તીવ્રતાની સ્થિતિમાં આંત્રમાર્ગમાં કાણાં પડવા અને મૃત્યુ પણ સંભવિત છે. આ રોગનું નિદાન **વિડાલ ટેસ્ટ (Widal Test)** દ્વારા થાય છે. મેડિકલક્ષેત્રે આનું ઉત્કૃષ્ટ ઉદાહરણ મેરી મેલોન

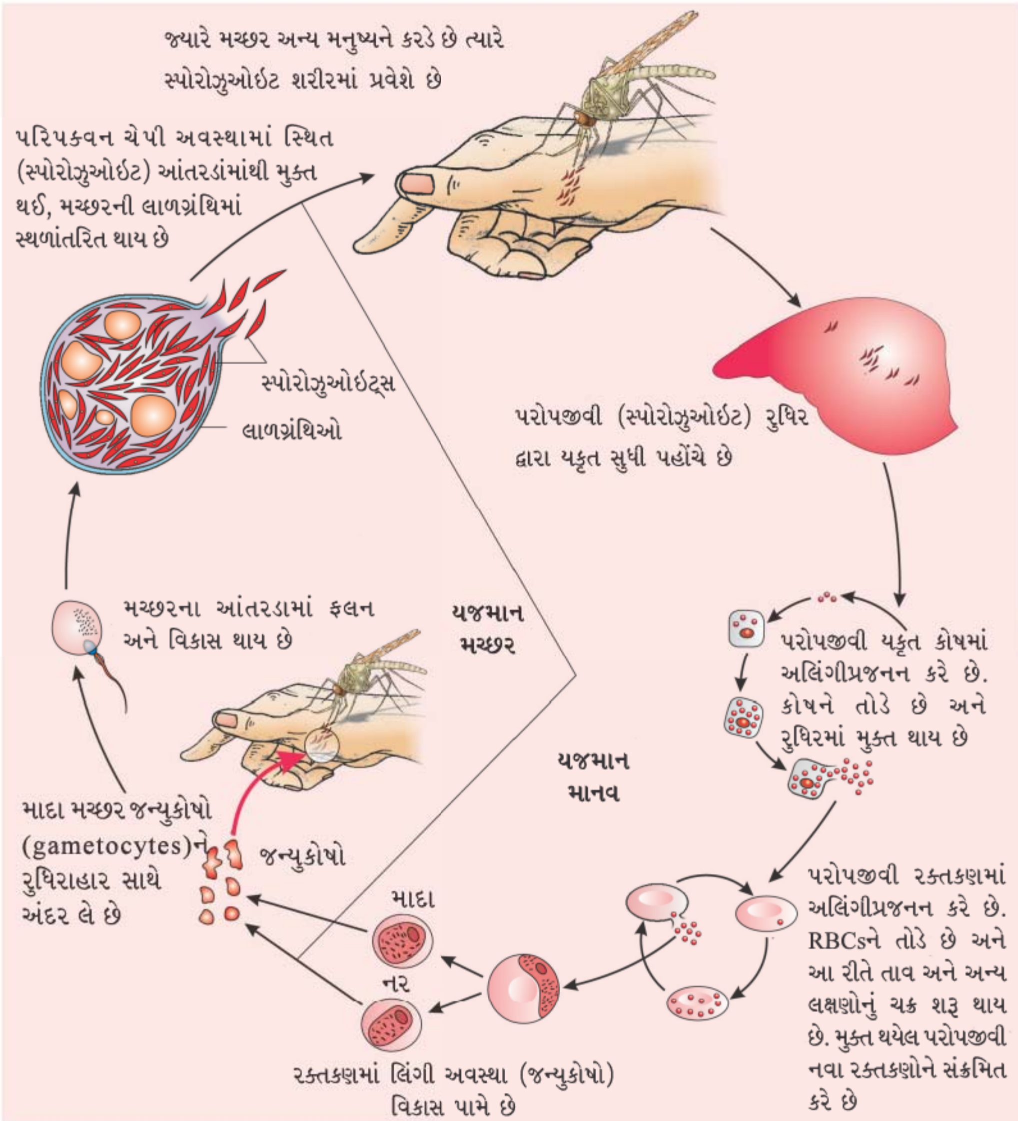
(Mary Mallon) છે. જેમનું ઉપનામ ટાઇફૉઇડ મેરી છે. જે વ્યાવસાયિક રીતે રસોયણ હતી અને તેણીના દ્વારા બનાવવામાં આવતા ખોરાક દ્વારા તેઓ વર્ષો સુધી આ રોગના વાહક બની રહ્યા.

સ્ટ્રેપ્ટોકોક્સ ન્યુમોની *(Streptococcus pneumoniae)* અને હીમોફિલસ ઇન્ફ્લ્યુએન્ઝા *(Haemophilus influenzae)* જેવા જીવાણુ મનુષ્યમાં **ન્યુમોનિયા (pneumonia)** પ્રેરવા માટે જવાબદાર છે. જે ફેફસાંમાંના વાયુકોષ્ઠો (હવાભરેલી કોથળીઓ)ને સંક્રમિત કરે છે. જેને પરિણામે વાયુકોષ્ઠો પ્રવાહીથી ભરાતા, શ્વસનસંબંધી ગંભીર સમસ્યાઓ સર્જાય છે. આ રોગનાં લક્ષણોમાં તાવ, ઠંડી, કફ અને માથું દુખવું વગેરે છે. તીવ્ર સ્થિતિમાં હોઠ અને આંગળીઓના નખ ભૂખરાથી વાદળી રંગના થઈ જાય છે. સ્વસ્થ મનુષ્યમાં તેનો ફેલાવો રોગિષ્ઠ વ્યક્તિ દ્વારા ખાંસી કે છીંક દ્વારા મુક્ત કરવામાં આવેલાં બિંદુકો (droplets) અથવા એરોસોલ્સ (વાયુવિલયો-aerosols) શ્વાસ દ્વારા અંદર લેવાથી કે રોગિષ્ઠ વ્યક્તિનાં ગ્લાસ તેમજ વાસણોને વાપરવાથી થાય છે. અતિસાર (મરડો-dysentery), પ્લેગ, ડિપ્થેરિયા વગેરે મનુષ્યમાં થતા અન્ય જીવાણુજન્ય રોગો છે.

ઘણા વાઇરસ પણ મનુષ્યમાં રોગકારક હોય છે. જેમાંનો એક સમૂહ રિહ્નો વાઇરસ (rhino virus), જે મનુષ્યમાં સૌથી વધુ સંક્રમિત રોગ **સામાન્ય શરદી (common cold)** ફેલાવે છે. તે નાક અને શ્વસનમાર્ગને સંક્રમિત કરે છે. જ્યારે ફેફસાંને સંક્રમિત કરતાં નથી. તેનાં સામાન્ય લક્ષણોમાં- નાક બંધ થવું (nasal congestion) અને તેમાંથી સ્રાવ થવો, ગળું સુકાવવું (sore throat), ઘસારો (hoarseness), કફ, માથું દુખવું, થાક લાગવો વગેરે, જે 3-7 દિવસ સુધી જોવા મળે છે. દર્દીની ખાંસી કે છીંક દ્વારા નીકળતાં બિંદુકો જ્યારે સ્વસ્થ વ્યક્તિ દ્વારા શ્વાસમાં અંદર લેવાથી કે પેન, પુસ્તક, પ્યાલો, દરવાજાના હૅન્ડલ, કમ્પ્યૂટરનાં કી-બૉર્ડ કે માઉસ વગેરે દ્વારા પણ તેનો ફેલાવો થાય છે.

મનુષ્યમાં કેટલાક રોગો પ્રજીવો દ્વારા પણ થાય છે. તમે **મૅલેરિયા (malaria)** વિશે સાંભળ્યું જ હશે. તે એક એવો રોગ છે કે જેની સામે મનુષ્ય વર્ષોથી લડી રહ્યો છે (સામનો કરી રહ્યો છે). આ રોગ માટે પ્લાઝમોડિયમ નામનું નાનું પ્રજીવ જવાબદાર છે. પ્લાઝમોડિયમની ભિન્ન જાતિઓ *(P. vivax, P. malaria, P. falciparum)* વિવિધ પ્રકારના મૅલેરિયા માટે જવાબદાર છે. આમાંથી પ્લાઝમોડિયમ ફાલ્સીપેરમ દ્વારા થતો મૅલેરિયા સૌથી ગંભીર છે અને તે ઘાતક પણ હોઈ શકે છે.

ચાલો, આપણે પ્લાઝમોડિયમના જીવનચક્ર પર પણ દૃષ્ટિ કરીએ (આકૃતિ 8.1). સંક્રમિત એનોફિલિસ માદા મચ્છર જ્યારે મનુષ્યને કરડે છે ત્યારે પ્લાઝમોડિયમ સ્પોરોઝુઓઇટ સ્વરૂપે મનુષ્યના દેહમાં પ્રવેશે છે. શરૂઆતમાં આ પરોપજીવી યકૃત કોષોમાં ગુણન પામે છે અને પછી રક્તકણો પર આક્રમણ કરે છે. જેથી તેઓ ફાટી જાય છે. રક્તકણોના ફાટવાથી એક વિષ પદાર્થ હીમોઝોઇન મુક્ત થાય છે. જેને અનુસરીને દર 3થી 4 દિવસે ઠંડી લાગે છે અને વધુ તાવ પ્રેરાય છે. આ તબક્કે માદા એનોફિલિસ મચ્છર ચેપી વ્યક્તિને કરડે છે ત્યારે આ પરોપજીવી મચ્છરના શરીરમાં પ્રવેશે છે. જ્યાં તેમનો વિકાસ આગળ થાય છે ત્યાં તેઓ ગુણન પામીને સ્પોરોઝુઓઇટ સર્જે છે. જે મચ્છરની લાળગ્રંથિમાં સંગૃહીત થાય છે અને જ્યારે આ માદા એનોફિલિસ મચ્છર કોઈ વ્યક્તિને કરડે છે ત્યારે આ પરોપજીવી તેના શરીરમાં પ્રવેશે અને તેઓનો વિકાસ ઉપર જણાવ્યા મુજબ અહીં થાય છે. અહીં રસપ્રદ વાત એ છે કે, મૅલેરિયાના પરોપજીવીને પોતાનું જીવનચક્ર પૂર્ણ કરવા માટે બે યજમાનની જરૂર પડે છે - મનુષ્ય અને મચ્છર, (આકૃતિ 8.1); માદા એનોફિલિસ મચ્છર આ રોગના વાહક છે.

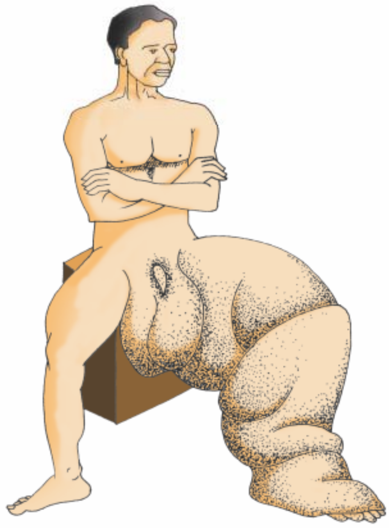


આકૃતિ 8.1 : પ્લાઝમોડિયમના જીવનચક્રના તબક્કાઓ

મનુષ્યના મોટા આંતરડામાં જોવા મળતા પરોપજીવી પ્રજીવ **ઍન્ટઅમીબા હિસ્ટોલાયટિકા (*Entamoeba histolytica*)** દ્વારા **અમીબીઆસિસ (amoebiasis)** કે અમીબીય મરડો **(amoebic dysentery)** થાય છે. તેનાં લક્ષણોમાં કબજિયાત થવી, ઉદરમાં દુખાવો અને ખેંચાણ, મળમાં અતિશ્લેષ્મ અને રુધિરની ગાંઠો જોવા મળે છે. ઘરમાખીઓ આ રોગના યાંત્રિક વાહકો છે, જે ચેપગ્રસ્ત મળમાંના પરોપજીવીને ખોરાક તેમજ તેની પેદાશો સુધી વહન કરી તેને દૂષિત કરે છે. આ રીતે મળ દ્વારા દૂષિત થયેલ પીવાનું પાણી અને ખોરાક આ ચેપ કે ફેલાવાના મુખ્ય સ્રોત છે.

કરમિયા જેવા ગોળકૃમિ અને વુકેરેરિયા જેવા ફિલારીઅલ કૃમિ (હાથીપગાનું કૃમિ) મનુષ્યમાં રોગકારક છે. આંત્રમાર્ગીય પરોપજીવી કરમિયું એ **એસ્કેરીઆસીસ (કૃમિજન્ય રોગ)** માટે જવાબદાર છે. આ રોગનાં લક્ષણો- આંતરિક રક્તસ્રાવ, સ્નાયુમય દુખાવો, તાવ, એનીમિયા અને આંત્રમાર્ગમાં અવરોધ છે. ચેપગ્રસ્ત વ્યક્તિના મળ સાથે આ પરોપજીવીનાં ઈંડાં બહાર આવે છે. માટી, પાણી તેમજ વનસ્પતિઓને દૂષિત કરે છે. સ્વસ્થ વ્યક્તિમાં તેનો ફેલાવો આવા દૂષિત પાણી, શાકભાજી, ફળ વગેરેના સેવનથી થાય છે.

વુકેરેરિયા (*W. bancrofti* અને *W. malayi*) ફિલારીઅલ કૃમિ (હાથીપગાનું કૃમિ) છે. જેઓ પશ્ચઉપાંગોની લસિકાવાહિનીઓમાં ધીમે-ધીમે દીર્ઘકાલીન સોજો (chronic inflamation) સર્જી વર્ષો સુધી તેઓ તેમાં (યજમાનમાં) રહે છે. જેથી આ રોગને **હાથીપગો (elephantiasis)** કે **ફિલારિઆસિસ (filariasis)** કહે છે (આકૃતિ 8.2). ઘણી વાર આ રોગથી જનનાંગો પણ પ્રભાવિત થાય છે, જેથી ઘણી મોટી વિકૃતિઓ સર્જાઈ શકે છે. રોગવાહક માદા મચ્છર જ્યારે સ્વસ્થ વ્યક્તિને કરડે છે ત્યારે આ રોગકારક તે વ્યક્તિના શરીરમાં ફેલાય છે.



આકૃતિ 8.2 : હાથીપગાને લીધે એક પગના નીચેના ભાગમાં સોજો દર્શાવતી આકૃતિ

માઈક્રોસ્પોરમ, ટ્રાયકોફાયટોન અને એપિડર્મોફાયટોન *(Microsporum, Trichophyton, Epidermophyton)* જેવી ફૂગ મનુષ્યમાં **દાદર (ringworm)** માટે જવાબદાર છે કે જે મનુષ્યમાં મોટા ભાગના ચેપી રોગો પૈકી એક છે. શરીરના વિવિધ ભાગો જેવાં કે ત્વચા, નખ અને શિરોત્વચા (scalp) વગેરે પર તે શુષ્ક, શલ્કીય ઉઝરડા (scaly lesions) સ્વરૂપે દેખાય છે. જે આ રોગનાં મુખ્ય લક્ષણો છે (આકૃતિ 8.3). આવા જખમમાં તીવ્ર ખંજવાળ આવે છે. જે હૂંફાળા અને ભેજયુક્ત વાતાવરણ ફૂગમાં વૃદ્ધિ પ્રેરે છે. ગડીયુક્ત ત્વચાસ્થાને જેમ કે, જાંઘપ્રદેશ તેમજ પગની આંગળીઓ આવા વિસ્તારો છે. દાદર સામાન્યપણે માટી કે ચેપગ્રસ્ત વ્યક્તિના ટુવાલ, કપડાં કે કાંસકાનો ઉપયોગ કરવાથી થાય છે.

આકૃતિ 8.3 : ગોળકૃમિથી ત્વચાનો અસરગ્રસ્ત વિસ્તાર દર્શાવેલ આકૃતિ

અનેક ચેપી રોગોના અવરોધ અને નિયંત્રણ માટે વ્યક્તિગત તેમજ જનસમુદાય સ્વચ્છતા જાળવવી અગત્યની છે. વ્યક્તિગત સ્વચ્છતામાં શરીરને ચોખ્ખું રાખવું; પીવા માટે શુદ્ધ પાણી, ખોરાક, શાકભાજી વગેરેના સેવનનો સમાવેશ થાય છે. જનસમુદાય સ્વચ્છતામાં નકામા તેમજ ઉત્સર્ગ પદાર્થોનો યોગ્ય નિકાલ, જળાશયો, કુંડ (pool), ખાળકૂવા (cess pool), ટાંકી વગેરેની સમયાંતરે સફાઈ તેમજ ચોખ્ખા રાખવા તદુપરાંત લોક-ઉપભોગ્ય (public catering)માં પણ સ્વચ્છતાનાં ધારાધોરણનું પાલન થાય તે જોવું જરૂરી છે. આવા ઉપાયો વિશિષ્ટરૂપે એવાં સ્થાનો પર અનિવાર્ય છે કે જ્યાં ચેપી રોગકારકો ખોરાક અને પાણીના માધ્યમ દ્વારા ફેલાતા હોય જેવાં કે, ટાઇફૉઇડ, એમીબીઆસિસ, એસ્કેરીઆસિસ વગેરે. ન્યુમોનિયા અને શરદી જેવા હવાપ્રેરિત (air-borne) રોગોમાં ઉપર્યુક્ત જણાવેલ ઉપાયોના ઉપચારરૂપે ચેપી વ્યક્તિના ગાઢ સંપર્ક તેમજ તેમના દ્વારા ઉપયોગમાં લેવાયેલ વસ્તુઓનો ઉપયોગ ટાળવો જોઈએ. કીટકો દ્વારા ફેલાતા રોગ જેવાં કે મૅલેરિયા અને ફિલારિઆસિસમાં મહત્ત્વપૂર્ણ બાબત એ છે કે, રોગવાહકો અને તેમનાં પ્રજનનસ્થળો (breeding site)નું નિયંત્રણ અને તેમનો નાશ આવશ્યક છે. આ હેતુ સિદ્ધ કરવા માટે રહેણાંક વિસ્તારમાં અને તેની આસપાસ પાણીને જમા ન થવા દેવું, ઘરમાં વપરાતા કુલરની નિયમિત સફાઈ કરવી, મચ્છરદાનીનો ઉપયોગ કરવો, મચ્છરોના ડિમ્ભને ખાઈ જતી ગેમ્બુસિયા માછલીનો ઉપયોગ કરવો, ખાડા, ડ્રેનેજ (પાણીનો નિકાલ),

દલદલ (કાદવ) જેવાં સ્થાનોએ કીટનાશક દવાઓનો છંટકાવ કરવો જરૂરી છે. આ ઉપરાંત, દરવાજા અને બારીઓમાં જાળી લગાવવી જેથી મચ્છરનો પ્રવેશ અટકાવી શકાય. ભારતમાં મોટા પાયે હાલમાં રોગવાહક (*Aedes*-*એડીસ* મચ્છર) દ્વારા ફેલાયેલ ડેન્ગ્યૂ અને ચિકનગુનિયા જેવા વ્યાપક રૂપમાં ફેલાયેલ રોગોના સંદર્ભમાં આવા ઉપાયો મહત્ત્વપૂર્ણ છે.

જીવવિજ્ઞાનક્ષેત્રે થયેલ પ્રગતિને કારણે આપણને અનેક ચેપી રોગોની ટક્કર ઝીલવા માટેના કારગત પ્રયાસો આપણને પ્રાપ્ત થયા છે. રસી અને પ્રતિરક્ષાકરણ જેવા કાર્યક્રમોને કારણે શીતળા જેવો જીવલેણ રોગ જડમૂળથી દૂર થયો છે. રસીના ઉપયોગની પોલિયો, ડિપ્થેરિયા, ન્યુમોનિયા અને ટિટેનસ જેવા અનેક ચેપી રોગોને મહદંશે નિયંત્રિત કરી ચૂક્યા છીએ. જૈવ તક્નિકી (જેના વિશે તમે પ્રકરણ 12માં અભ્યાસ કરશો) દ્વારા નવી અને વધુ સુરક્ષિત રસીઓ બનાવી શકાઈ છે. ઍન્ટિબાયોટિક્સ (પ્રતિજૈવિકો) તેમજ અન્ય દવાઓનાં સંશોધન દ્વારા ચેપી રોગોનો પ્રભાવી રૂપથી ઉપચાર કરવા માટે સક્ષમતા કેળવાય છે.

8.2 પ્રતિકારકતા (Immunity)

દરરોજ આપણે મોટી સંખ્યામાં રોગકારકોનો સામનો કરી રહ્યા છીએ. પરંતુ, આમાંના થોડાક જ આપણને રોગ પ્રેરે છે. શા માટે ? આનું કારણ એ છે કે, આપણું શરીર મોટા ભાગના આ બાહ્ય કારકો (પરજાત કે પ્રતિજન) સામે રક્ષણ મેળવી લે છે. પ્રતિકાર તંત્રને કારણે આવા રોગકારક સજીવો સામે લડવાની યજમાનની ક્ષમતાને **પ્રતિકારકતા (immunity)** કહેવાય છે.

પ્રતિકારકતા બે પ્રકારની છે : (i) જન્મજાત પ્રતિકારકતા (Innate immunity) અને (ii) ઉપાર્જિત પ્રતિકારકતા (Acquired immunity)

8.2.1 જન્મજાત પ્રતિકારકતા (Innate Immunity)

જન્મજાત પ્રતિકારકતા બિનચોક્કસ (non-specific) રક્ષણ છે, જે જન્મસમયે હાજર જ હોય છે. આ પ્રતિકારકતા આપણા શરીરમાં બાહ્ય કારકોના પ્રવેશ સામે વિવિધ પ્રકારના અવરોધો (અંતરાયો = barriers) સર્જાવાથી પ્રાપ્ત થાય છે. આ પ્રતિકારકતામાં ચાર પ્રકારના અવરોધો કે અંતરાયો સર્જાય છે.

(i) ***શારીરિક અંતરાય (Physical barriers)*** : આપણી ત્વચા એ મુખ્ય ભૌતિક અંતરાય છે, જે સૂક્ષ્મ જીવોના પ્રવેશને અટકાવે છે. શ્વસનમાર્ગ, જઠરાંત્રીય માર્ગ અને મૂત્રજનન માર્ગના અસ્તરમાં આવેલ અધિચ્છદ પેશીનું શ્લેષ્માવરણ પણ શરીરમાં પ્રવેશતા જીવાણુઓને અટકાવવામાં મદદ કરે છે.

(ii) ***દેહધાર્મિક અંતરાય (Physiological barriers)*** : જઠરમાંના અમ્લ (ઍસિડ), મુખમાંની લાળ, આંખોના અશ્રુ વગેરે રોગકારકોની વૃદ્ધિને અવરોધે છે.

(iii) ***કોષાંતરીય અંતરાય (Cellular barriers)*** : આપણા દેહમાંના કેટલાક શ્વેતકણો (WBCs) જેવાં કે બહુરૂપી કેન્દ્રીય શ્વેતકણ (poly morphonuclear leukocytes-PMNL તટસ્થકણો) અને એકકેન્દ્રીય કણો (monocytes) તેમજ રુધિરમાં રહેલા લસિકાકોષોના પ્રકાર તરીકે નૈસર્ગિક મારક કોષો (natural killer lymphocytes) ઉપરાંત પેશીઓમાં બૃહદ્ કોષો (macrophages) એ જીવાણુઓનું ભક્ષણ અને તેઓનો નાશ કરી શકે છે.

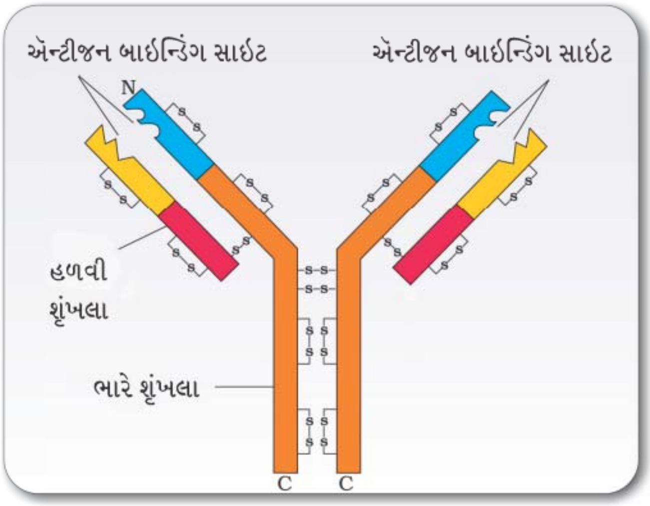
(iv) ***કોષરસીય અંતરાય (cytokine barriers) :*** વાઈરસગ્રસ્ત કોષો **ઈન્ટરફેરોન (interferons)** કહેવાતા પ્રોટીનનો સ્રાવ કરે છે કે જે અન્ય બિનચેપી કોષોને વાઈરસના ચેપથી રક્ષિત કરે છે.

8.2.2 ઉપાર્જિત પ્રતિકારકતા (Acquired Immunity)

બીજી બાજુ, ઉપાર્જિત રોગપ્રતિકારકતા વિશિષ્ટ છે. તે સ્મૃતિ આધારિત છે. આનો અર્થ એ થાય છે કે જ્યારે આપણું શરીર પહેલી વાર કોઈ રોગકારકના સંપર્કમાં આવે છે ત્યારે તે પહેલો પ્રતિચાર આપે છે જેને નિમ્ન તીવ્રતાનો **પ્રાથમિક પ્રતિચાર (primary response)** કહે છે. ત્યાર બાદ તે જ રોગકારકનો સામનો થાય ત્યારે ઉચ્ચ તીવ્રતાનો દ્વિતીય કે સ્મૃતિ આધારિત અનિયમિત પ્રતિચાર **(secondary or anamnestic response)** આપે છે. આનો અર્થ એ થાય કે આપણા શરીરને પ્રથમ હુમલાની સ્મૃતિ છે.

પ્રાથમિક અને દ્વિતીય પ્રતિચાર આપણા રુધિરમાં હાજર રહેલા બે પ્રકારના લસિકાકોષો દ્વારા થાય છે - **B**-લસિકા કોષો, **T**-લસિકા કોષો.

રોગકારકોના પ્રતિચાર સમયે **B**-કોષો આપણા રુધિરમાં પ્રોટીનનું સૈન્ય સર્જે છે. જેથી તે રોગકારકો સામે લડી શકે. આ પ્રોટીન સૈન્યને પ્રતિદ્રવ્ય (ઍન્ટીબોડી) કહેવાય છે. **T**-કોષો ઍન્ટીબોડી સર્જતા નથી પરંતુ **B**-કોષોને ઍન્ટીબોડીના નિર્માણમાં સહાય કરે છે. પ્રત્યેક ઍન્ટીબોડીની આણ્વિક રચનામાં ચાર પોલિપેપ્ટાઇડ શૃંખલાઓ આવેલ છે - બે નાની **હળવી શૃંખલા (light chain)** અને બે **ભારે શૃંખલાઓ (heavy chain)** માટે તેને H_2L_2 સ્વરૂપે દર્શાવાય છે. આપણા શરીરમાં વિવિધ પ્રકારના ઍન્ટીબોડી સર્જાય છે - IgA, IgM, IgE, IgG વગેરે. આકૃતિ 8.4માં ઍન્ટીબોડીની રચના આપેલ છે. ઍન્ટીબોડી રુધિરમાં જોવા મળે છે, માટે તેમને **તરલ પ્રતિકારકતા પ્રતિચાર (humoral immune response)** કહેવાય છે. જે ઉપાર્જિત પ્રતિકારકતાના બે પ્રકારોમાંનો એક છે - **ઍન્ટીબોડી મધ્યસ્થી (antibody mediated)** તેનો બીજો પ્રકાર **કોષીય મધ્યસ્થી પ્રતિકારકતા (cell mediated immunity-CMI)** છે. **T**-લસિકા કોષો CMIનું માધ્યમ બને છે. જ્યારે હૃદય, આંખ, યકૃત, મૂત્રપિંડ જેવાં અંગો સંતોષજનક રૂપમાં કામ કરવાનું બંધ કરે છે ત્યારે એકમાત્ર ઉપચાર પ્રત્યારોપણ (transplantation) હોય છે, જેથી રોગી સામાન્ય જીવન જીવી શકે. ત્યારે યોગ્ય દાતાની શોધ શરૂ થઈ જાય છે. *એવું શા માટે કે પ્રત્યારોપણ માટે કોઈ પણ દાતાનાં અંગો કેમ લઈ શકતાં નથી ? એવું શું છે કે ચિકિત્સકો (ડૉક્ટરો) તપાસે છે ?* કોઈ પણ સ્રોત - પશુ, અન્ય પ્રાઈમેટ કે કોઈ પણ મનુષ્યજાતિના અંગનું આરોપણ થઈ શકતું નથી. કારણ કે, તરત કે પછી દર્દીનું શરીર તે અંગને નકારશે. કોઈ પણ આરોપણ / પ્રત્યારોપણ પહેલાં પેશીની સંગતતા અને રુધિર સંગતતા



આકૃતિ 8.4 : ઍન્ટીબોડી અણુની સંરચના

અતિઆવશ્યક હોય છે અને તે પછી પણ રોગીને પોતાના જીવનપર્યંત પ્રતિકાર-અવરોધકો (immune-suppresants)ને લેવા પડે છે. શરીર 'સ્વજાત' અને 'પરજાત'નો ભેદ પારખવા સક્ષમ છે અને કોષી-મધ્યસ્થી કરે તેવી પ્રતિકારકતા પ્રત્યારોપિત અંગનો અસ્વીકાર કરવા માટે જવાબદાર છે.

8.2.3 સક્રિય અને નિષ્ક્રિય પ્રતિકારકતા (Active and Passive immunity)

જ્યારે યજમાન પ્રતિજન (ઍન્ટીજન)ના સંપર્કમાં આવે છે, ત્યારે યજમાનના દેહમાં પ્રતિદ્રવ્ય (ઍન્ટીબોડી)નું સર્જન થાય છે. ઍન્ટીજન જીવંત, મૃત કે અન્ય પ્રોટીન સ્વરૂપે હોઈ શકે છે. આ પ્રકારની પ્રતિકારકતાને **સક્રિય પ્રતિકારકતા (active immunity)** કહે છે. સક્રિય પ્રતિકારકતા ધીમી હોય છે અને તેનો પૂર્ણ પ્રભાવશાળી પ્રતિચાર આપવામાં સમય માંગી લે છે. પ્રતિરક્ષણ દરમિયાન ઈરાદાપૂર્વક જીવાણુઓની રસી આપવી અથવા નૈસર્ગિક સંક્રમણ દરમિયાન ચેપી જીવોને શરીરમાં દાખલ કરવા એ સક્રિય પ્રતિકારકતાને પ્રેરે છે. જ્યારે શરીરમાં તૈયાર ઍન્ટીબોડી દાખલ કરવામાં આવે તો તેને **નિષ્ક્રિય પ્રતિકારકતા (passive immunity)** કહેવાય છે. *શું તમે જાણો છો કે નવજાત શિશુ માટે માતાનું દૂધ કેમ અતિઆવશ્યક ગણવામાં આવે છે ?* દુગ્ધસ્રવણ (lactation)ના પ્રારંભિક દિવસોમાં માતાના સ્તનમાંથી સ્રવતું પીળાશપડતું પ્રવાહી **કોલોસ્ટ્રોમ (colostrum)**માં ઍન્ટીબોડી IgA વિપુલ માત્રામાં હોય છે. જે શિશુને રક્ષિત કરે છે. ગર્ભાવધિકાળ દરમિયાન ભ્રૂણને પણ જરાયુ દ્વારા માતાના રુધિરમાંથી કેટલાક ઍન્ટીબોડી પ્રાપ્ત થાય છે જે નિષ્ક્રિય પ્રતિકારકતાનાં કેટલાંક ઉદાહરણ છે.

8.2.4 રસીકરણ અને પ્રતિકારકતા (Vaccination and Immunisation)

રસીકરણ કે પ્રતિકારકતાનો સિદ્ધાંત પ્રતિકાર તંત્રની સ્મૃતિના ગુણ પર આધારિત છે. રસીકરણમાં રોગપ્રતિકારક પ્રોટીન (રોગકારકનું ઍન્ટીજેનિક પ્રોટીન) કે નિષ્ક્રિય/નબળા રોગકારક (રસી) તૈયાર કરી શરીરમાં દાખલ કરાય છે. આ ઍન્ટીજન વિરુદ્ધ શરીરમાં ઉત્પન્ન થતા ઍન્ટીબોડી વાસ્તવિક ચેપ દરમિયાન રોગકારકોની અસર નાબૂદ કરે છે. આ રસી પણ સ્મૃતિ આધારિત B અને T-કોષો સર્જે છે. જે રોગકારકોને ઝડપથી ઓળખી, વિપુલ માત્રામાં ઍન્ટીબોડીનું સર્જન કરી હુમલાખોર ઍન્ટીજનને હરાવી દે છે. જ્યારે કોઈ વ્યક્તિ એવા કોઈ ઘાતક જીવાણુઓથી સંક્રમિત થાય છે ત્યારે તેને તાત્કાલિક ધોરણે ઍન્ટીબોડીની આવશ્યકતા હોય છે; જેમકે ટિટેનસ (ધનુર)માં, વ્યક્તિના શરીરમાં તૈયાર ઍન્ટીબોડી (પ્રતિદ્રવ્ય) કે ઍન્ટીટોક્સિન વિષકારક પદાર્થ દાખલ કરવામાં આવે છે. સર્પદંશ જેવા કિસ્સામાં પણ રોગિષ્ઠને જે ઇન્જેક્શન આપવામાં આવે છે તેમાં સર્પવિષ (venom) વિરુદ્ધ તૈયાર કરેલ ઍન્ટીબોડી હોય છે. આ પ્રકારની પ્રતિકારકતાને **નિષ્ક્રિય પ્રતિકારકતા (passive immunisation)** કહેવાય છે.

પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજી દ્વારા જીવાણુ કે યીસ્ટમાં રોગકારકની ઍન્ટીજેનિક પોલીપેપ્ટાઇડ શૃંખલા સંશ્લેષિત કરવામાં આવે છે. આ રીતે રસીનું મોટા પાયે ઉત્પાદન શક્ય બન્યું છે અને તેથી પ્રતિકારકતાના હેતુસર રસીની ઉપલબ્ધિ ખૂબ વધી છે, ઉદાહરણ : હિપેટાઈટીસ-Bની રસી યીસ્ટમાંથી બનાવવામાં આવે છે.

8.2.5 એલર્જી (Allergies)

તમારી સાથે આવું ઘણી વાર બન્યું હશે, જ્યારે તમે કોઈ નવી જગ્યાએ ગયાં હશો અને અચાનક કોઈ પણ કારણ વગર છીંક (sneezing), કફને લીધે ગળામાં સસણી બોલવી (wheezing) વગેરે જેવા અનુભવો થયા હશે અને જેવા તમે એ સ્થાનેથી દૂર જાઓ છો, તો આ લક્ષણ ગાયબ થઈ જાય છે. આપણામાંના કેટલાક પર્યાવરણમાં હાજર રહેલા કેટલાક કણો પ્રત્યે સંવેદનશીલ હોય છે. ઉપર્યુક્ત પ્રતિક્રિયા પરાગરજ, જીવાતો પ્રત્યેની એલર્જીના કારણે આવું થાય છે. જે અલગ-અલગ સ્થાનોએ ભિન્ન-ભિન્ન પ્રકારની હોય છે.

પર્યાવરણમાં હાજર રહેલા કેટલાક પ્રતિજન પ્રત્યે પ્રતિકાર તંત્ર દ્વારા અપાતા વધુપડતા પ્રતિચારને **એલર્જી (allergy)** કહે છે. એવા પદાર્થો, જેમના પ્રત્યે આવો પ્રતિચાર સર્જાય છે તેમને એલર્જી પ્રેરકો (allergens) કહેવાય છે. તેમના માટે સર્જાતાં ઍન્ટીબોડી IgE પ્રકારના હોય છે. એલર્જન્સનાં સામાન્ય ઉદાહરણો - ધૂળમાં રહેલ જીવાત, પરાગરજ, પ્રાણીઓનો ખોડો વગેરે છે. એલર્જીનાં લક્ષણોમાં - છીંક, આંખમાંથી પાણી નીકળવું, નાકમાંથી પ્રવાહી પડવું અને શ્વાસ લેવામાં તકલીફ પડવી વગેરેનો સમાવેશ છે. એલર્જી થવાનું કારણ માસ્ટ કોષોમાંથી સ્રવતા હિસ્ટેમાઈન અને સેરોટોનીન રસાયણો છે. એલર્જીનું કારણ જાણવા માટે દર્દીને સંભવિત એલર્જન્સના સંપર્કમાં લાવવામાં આવે છે અથવા એલર્જન્સની થોડી માત્રા શરીરમાં દાખલ કરવામાં આવે છે અને પ્રતિક્રિયાનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે. ઍન્ટી-હિસ્ટેમાઈન, એડ્રિનાલીન અને સ્ટેરોઈડ જેવા ઔષધો દ્વારા એલર્જીના લક્ષણને ઝડપથી ઘટાડી શકાય છે. પરંતુ, આધુનિક જીવનશૈલીના ફળસ્વરૂપ લોકોમાં પ્રતિકારકતા ઘટી છે અને એલર્જન્સ પ્રત્યેની સંવેદનશીલતા વધી છે. ભારતનાં મોટાં શહેરોમાં મોટા ભાગે બાળકોની પર્યાવરણ પ્રત્યેની સંવેદનશીલતાને કારણે તેઓ એલર્જી અને અસ્થમા (દમ)નો શિકાર બની રહ્યા છે. આનું કારણ, બાળકના જીવનની શરૂઆતથી જ તેઓને વધુપડતા સુરક્ષિત પર્યાવરણમાં રાખવું તે છે.

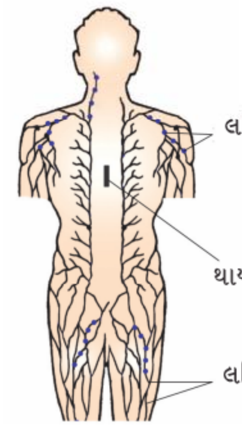
8.2.6 સ્વપ્રતિકારકતા (Auto Immunity)

ઉચ્ચ કક્ષાના પૃષ્ઠવંશીઓમાં, સ્મૃતિ આધારિત ઉપાર્જિત પ્રતિકારકતાનો આધાર સ્વજાત અને પરજાત (ઉદાહરણ : રોગકારકો) વચ્ચેનો ભેદ પારખવાની ક્ષમતા પર આધારિત છે. જોકે હજી સુધી તેનો આધાર સમજી શક્યા નથી. તેને બે ઉપસિદ્ધાંતો (corollaries)થી સમજી શકાય. (i) ઉચ્ચ કક્ષાના પૃષ્ઠવંશીઓ પરજાત અણુઓ તેમજ પરજાત સજીવોને અલગ પાડી શકે છે. મોટા ભાગનું પ્રાયોગિક પ્રતિરક્ષા વિજ્ઞાન આ પાસા પર ચાલે છે. (ii) કેટલીક વખત જનીનિક કે બીજા અજ્ઞાત કારણસર શરીર પોતાના જ કોષો પર હુમલો કરે છે, જેના પરિણામે શરીરને નુકસાન થાય છે. જેને **સ્વપ્રતિરક્ષા (auto-immune)** રોગ કહે છે. સંધિવા (rheumatoid arthritis) એ આપણા સમાજમાં થતો **સ્વપ્રતિરક્ષા**નો રોગ છે.

8.2.7 શરીરમાં રોગપ્રતિકારક તંત્ર (Immune system in the Body)

મનુષ્યના પ્રતિકારક તંત્રમાં લસિકા અંગો, પેશીઓ, કોષો અને ઍન્ટીબોડી જેવા દ્રાવ્ય અણુઓનો સમાવેશ થાય છે. આપણું પ્રતિકારક તંત્ર, વિશિષ્ટ છે જે પરજાત ઍન્ટીજનને ઓળખે છે. તેનો પ્રતિચાર આપે છે તેમજ તેને યાદ રાખે છે. પ્રતિકાર તંત્રમાં એલર્જીની પ્રક્રિયા એ સ્વરોગ પ્રતિકારકતા અને અંગ પ્રત્યારોપણમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

લસિકા અંગો (Lymphoid Organs) : આ એવાં અંગો છે જ્યાં લસિકા કણોનું સર્જન અને / કે પરિપક્વન તથા વિભેદીકરણ થાય છે. પ્રાથમિક લસિકા અંગોમાં **અસ્થિમજ્જા (bone marrow)** અને **થાયમસ (thymus)**નો સમાવેશ થાય છે. જ્યાં અપરિપક્વ લસિકા કણો, ઍન્ટીજન સંવેદી લસિકા કણોમાં વિભેદિત થાય છે. પરિપક્વ બન્યા પછી લસિકા કણો દ્વિતીય લસિકા અંગો જેવાં કે બરોળ, લસિકા ગાંઠ, કાકડા, નાના



આકૃતિ 8.5 : લસિકા ગાંઠોનું રેખાંકિત નિરૂપણ

આંતરડાંના પેયર્સની ખંડિકાઓ (નાના આંતરડાની દીવાલમાં લસિકાપેશીઓનો વિસ્તાર કે જે આંતરડામાં રહેલા પ્રતિજન સામે પ્રતિકાર કરવાની ક્ષમતા સાથે સંકળાયેલ છે) અને આંત્રપૂચ્છમાં સ્થળાંતરિત થાય છે. દ્વિતીય લસિકા અંગો લસિકા કણોને ઍન્ટીજન સાથે પ્રક્રિયા કરવા માટેનું સ્થાન પૂરું પાડે છે અને પ્રક્રિયા પછી અસરકારક કોષ તરીકે તેને ઓળખ પૂરી પાડે છે. માનવદેહમાં વિભિન્ન લસિકા અંગોના સ્થાન આકૃતિ 8.5માં દર્શાવેલ છે.

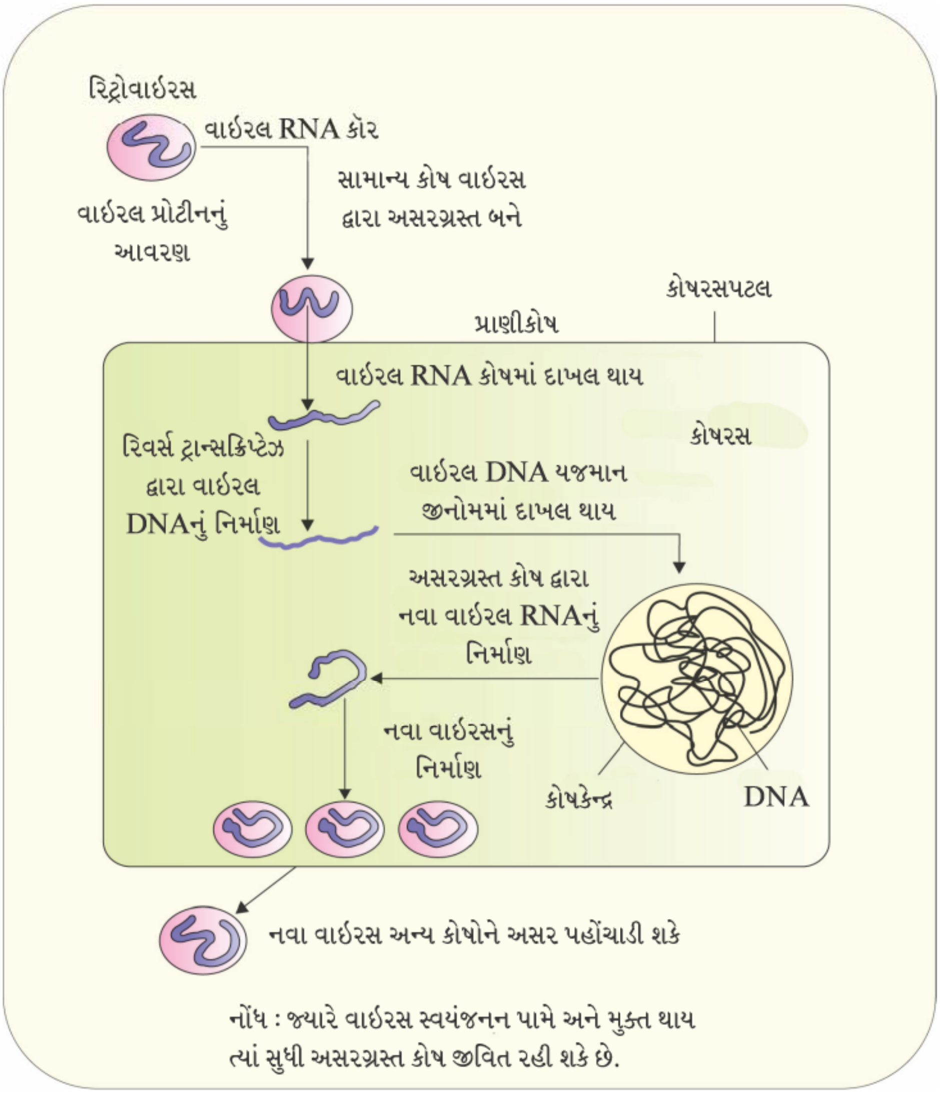
અસ્થિમજ્જા મુખ્ય લસિકા અંગ છે, જેમાં લસિકાકણો કે લસિકાકોષો સહિત બધા રુધિર કોષો સર્જાય છે. થાયમસ એ ખંડમય અંગ છે, જે હૃદયની નજીક અને છાતીના અસ્થિની નીચે ગોઠવાયેલ છે. થાયમસ ગ્રંથિનું કદ જન્મસમયે મોટું હોય છે, પરંતુ ઉંમર વધવાની સાથે તે નાની થતી જાય છે અને કિશોરાવસ્થાએ તે ખૂબ નાના કદની બને છે. થાયમસ અને અસ્થિમજ્જા બંને T-લસિકાકોષોને પરિપક્વ થવા સૂક્ષ્મપર્યાવરણ પૂરું પાડે છે. બરોળ વટાણાના મોટા દાણા જેવું અંગ છે. તે મુખ્યત્વે લસિકા કણો અને ભક્ષક કોષો ધરાવે છે. તે રુધિરમાં સર્જાયેલ સૂક્ષ્મ જીવોને જકડી રાખી રુધિરના ગાળણનું પણ કાર્ય કરે છે. બરોળ ઈરિથ્રોસાઇટ્સનું મોટું સંગ્રહસ્થાન છે. લસિકા ગાંઠ લસિકાતંત્રમાં વિવિધ સ્થાને આવેલ નાની સખત રચના છે. લસિકાગાંઠ લસિકા અને પેશીય જળમાં રહેલ સૂક્ષ્મ જીવો કે અન્ય ઍન્ટીજનોને જકડી રાખે છે. લસિકા ગાંઠમાં પકડાયેલ ઍન્ટીજન ત્યાં રહેલ લિમ્ફોસાઇટને સક્રિય કરે છે અને આ લિમ્ફોસાઇટ પ્રતિકારક પ્રતિચાર આપે છે.

શ્વસનમાર્ગ, પાચનમાર્ગ અને મૂત્રજનનમાર્ગ જેવા અગત્યના માર્ગોના અસ્તર (lining)માં લસિકાપેશી આવેલ છે. જેને **શ્લેષ્મ સંકલિત લસિકા પેશી (mucosal associated lymphoid tissue - MALT)** કહે છે. તે મનુષ્યના શરીરની લસિકા પેશીનું 50 % જેટલું પ્રમાણ ધરાવે છે.

8.3 એઇડ્સ (AIDS)

AIDSનું પૂર્ણ નામ **ઍક્વાયર્ડ ઇમ્યુનો ડેફિસિયન્સી સિન્ડ્રોમ (Acquired Immuno Deficiency Syndrome)** છે. જેનો અર્થ થાય છે પ્રતિકારક તંત્રની ઊણપથી થતો રોગ, જે વ્યક્તિના જીવનકાળ દરમિયાન ઉપાર્જિત થાય છે, જે દર્શાવે છે કે તે જન્મજાત રોગ નથી. 'સિન્ડ્રોમ' એટલે લક્ષણોનો સમૂહ છે. આ રોગ સૌપ્રથમ 1981માં નોંધાયો હતો અને છેલ્લાં 25 વર્ષોમાં તે આખા વિશ્વમાં ફેલાયો છે, તેનાથી 25 મિલિયનથી પણ વધુ લોકો મૃત્યુ પામ્યા છે.

એઇડ્સ, હ્યુમન ઇમ્યુનો ડેફિસિયન્સી વાઇરસ (Human Immuno deficiency Virus- HIV)થી થાય છે. તે **રિટ્રોવાઇરસ (retrovirus)** સમૂહનો વાઇરસ છે, જે આવરણથી રક્ષિત RNA જનીન દ્રવ્ય ધરાવે છે (આકૃતિ 8.6). સામાન્ય રીતે એઇડ્સના ફેલાવા માટેનાં કારણો આ મુજબ છે : (a) ચેપી વ્યક્તિ સાથેના જાતીય સંબંધથી (b) દૂષિત રુધિર અને તેની નીપજોના ઉપયોગથી (c) ચેપગ્રસ્ત વ્યક્તિ દ્વારા ઉપયોગમાં લેવાયેલ સીરિંજને કે સોયનો ઉપયોગ નશાકારકો દ્વારા કરવાથી (d) રોગિષ્ઠ માતા ગર્ભસ્થ શિશુને જરાયુ દ્વારા સંક્રમિત કરવાથી. આથી, એવા લોકો કે જેને આ રોગ થવાનું વધુ જોખમ રહેલું છે, તેમાં અનેક વ્યક્તિઓ સાથેના જાતીય સંબંધો, નશાકારક વ્યક્તિ કે જે ઇન્જેક્શનનો ઉપયોગ નશો કરવા માટે કરે છે, એવી વ્યક્તિઓ જેને વારંવાર રુધિરાધાનની જરૂર પડે છે અને HIVનો ચેપ ધરાવતી માતા દ્વારા જન્મતા બાળકનો સમાવેશ થાય છે. *શું તમે જાણો છો કે વારંવાર રુધિરાધાન કરવાની જરૂર ક્યારે પડે છે ? તેને જાણો અને આવી એક યાદી બનાવો.* અત્રે નોંધનીય છે કે HIV/AIDS માત્ર સ્પર્શ કે ભૌતિક



આકૃતિ 8.6 : રિટ્રોવાઈરસનું સ્વયંજનન

સંપર્કથી ફેલાતો નથી, તે માત્ર દેહપ્રવાહી દ્વારા ફેલાય છે. આથી આ પણ મહત્ત્વનું છે કે, શારીરિક તેમજ મનોવૈજ્ઞાનિક (physiological) સ્વસ્થતા માટે HIV/AIDS ગ્રસ્ત વ્યક્તિને પરિવાર કે સમાજથી અલગ ન કરવી. ચેપ લાગવો અને એઈડ્સનાં લક્ષણો પ્રદર્શિત થાય તેની વચ્ચે હંમેશાં અંતરાલ હોય છે. આ અવધિ (અંતરાય) થોડાક મહિનાથી લઈને કેટલાંક વર્ષો (સામાન્યતઃ 5થી 10 વર્ષ) સુધીનો હોય છે.

વ્યક્તિના શરીરમાં પ્રવેશ્યા પછી આ વાઈરસ મેક્રોફેજ-macrophages- બૃહદ્ ભક્ષક કોષમાં પ્રવેશે છે, જ્યાં વાઈરસનું RNA જનીન દ્રવ્ય રિવર્સ ટ્રાન્સક્રિપ્ટેઝ ઉત્સેચકની મદદથી વાઈરલ DNAમાં સ્વયંજનન પામે છે. આ વાઈરલ DNA યજમાન કોષના DNAમાં દાખલ થાય છે અને યજમાન કોષમાંથી સીધા જ વાઈરસના અણુઓ પેદા કરે છે (આકૃતિ 8.6). આમ, મેક્રોફેઝ વાઈરસ સર્જવાનું શરૂ કરે છે. આ રીતે તે HIVના કારખાના તરીકે વર્તે છે. આ દરમિયાન, HIV મદદકર્તા T-લસિકા કોષો (T_H)માં પ્રવેશે છે અને સ્વયંજનન પામી વાઈરસની સંતતિઓ સર્જે છે. આ રીતે નવા સર્જાયેલા

વાઈરસ રુધિરમાં મુક્ત થાય છે જે અન્ય મદદકર્તા T-લસિકા કોષો પર હુમલો કરે છે. આવું વારંવાર થવાથી ચેપી વ્યક્તિના શરીરમાં મદદકર્તા T-લસિકા કોષોની સંખ્યા ઘટે છે. આ સમય દરમિયાન વ્યક્તિને લાંબા સમય સુધી તાવ, ઝાડા અને વજન ઘટે જેવી સમસ્યાઓનો સામનો કરવો પડે છે. મદદકર્તા T-લસિકા કોષોની સંખ્યા ઘટવાને કારણે વ્યક્તિ બૅક્ટેરિયા ખાસ કરીને માઇકોબૅક્ટેરિયમ *(Mycobacterium)*, વાઈરસ, ફૂગ તેમજ ટેક્સો પ્લાઝમા *(Taxo plasma)* જેવા પરોપજીવીઓના ચેપનો શિકાર બની શકે છે. રોગીની પ્રતિકારકતા એટલી ઘટી જાય છે કે તે આવા ચેપથી પોતાનું રક્ષણ કરવા અસમર્થ બને છે. AIDSના નિદાન માટે વ્યાપક રીતે ઉપયોગમાં લેવાતી કસોટી એલિઝા **(enzyme linked immuno sorbent assay-ELISA)** છે. ઍન્ટી રિટ્રો વાઈરસ ઔષધો દ્વારા AIDSનો ઉપચાર આંશિક રીતે થઈ શકે છે. આ દવાઓ રોગીના સંભવિત મૃત્યુને ટાળી શકે છે, પરંતુ રોકી શકતી નથી, જે અનિવાર્ય છે.

એઇડ્સને અટકાવવાના ઉપાયો (Prevention of AIDS) : એઇડ્સને મટાડી શકાતો નથી, સાવધાની જ શ્રેષ્ઠ વિકલ્પ છે. આ ઉપરાંત, HIVનો ચેપ ઘણી વાર સભાન વર્તન પદ્ધતિ (conscious behaviours pattern)થી ફેલાય છે, નહિ કે ન્યુમોનિયા કે ટાઇફૉઇડ જેવા રોગોની જેમ અજાણતા. એ વાત ઠીક છે કે રુધિરાધાન, નવજાત શિશુ (માતામાંથી) વગેરેમાં ચેપ નબળી કે ઓછી દેખરેખ રાખવાથી થઈ શકે છે. એક માત્ર બહાનું અવગણના પણ હોઈ શકે છે અને માટે સાચે જ કીધું છે કે - 'અવગણનાને કારણે ન મરો' (don't die of ignorable). આપણા દેશમાં રાષ્ટ્રીય એઇડ્સ નિયંત્રણ સંસ્થાન - નેશનલ એઇડ્સ કન્ટ્રોલ ઓર્ગેનાઇઝેશન (NACO) અને અન્ય બિનસરકારી સંસ્થાઓ - નોન ગવર્નમેન્ટલ ઓર્ગેનાઇઝેશન્સ (NGOs) પણ લોકોને એઇડ્સની જાગૃતિ આપવા કાર્યરત છે. WHO પણ HIVના ચેપનો ફેલાવો અટકાવવા માટે સંખ્યાબંધ કાર્યક્રમો યોજે છે. બ્લડબૅન્કના રુધિરને HIV મુક્ત કરવું, સાર્વજનિક તેમજ ખાનગી હૉસ્પિટલ અને દવાખાનામાં ડિસ્પોઝેબલ સોય અને સીરિંજનો ઉપયોગ થાય તેવી વ્યવસ્થા કરવી, નિરોધનું મફત વિતરણ, નશાકારક પદાર્થોના દુરુપયોગ પર નિયંત્રણ, સુરક્ષિત યૌન સંબંધની હિમાયત કરવી, HIV સંભવિત વસાહતમાં સમયાંતરે નિયમિત ચેકઅપ કરાવવું વગેરે જેવા કાર્યક્રમોનો સમાવેશ થાય છે.

HIVનો ચેપ હોવો કે એઇડ્સ હોવો એ કોઈ એવી વાત નથી કે જેને છુપાવવી જોઈએ- કારણ કે જો તેને છુપાવી રાખવામાં આવે તો તે અન્ય વ્યક્તિઓમાં પણ ફેલાઈ શકે છે. સમાજમાં HIV/AIDS ગ્રસ્ત વ્યક્તિઓને મદદ અને સહાનુભૂતિની જરૂર હોય છે, તેમજ તેમને અપરાધી દૃષ્ટિથી જોવા ન જોઈએ. જ્યાં સુધી સમાજ તેને એક એવી સમસ્યા સ્વરૂપે નહિ જુએ કે જેનું સમાધાન સામૂહિક રીતે થઈ શકે છે, ત્યાં સુધી રોગનો વ્યાપક સ્વરૂપે ફેલાવો અનેકગણો થવાની સંભાવના છે. આ એક એવી વ્યાધિ છે જેનો ફેલાવો સમાજ અને ચિકિત્સક વર્ગના સહિયારા પ્રયાસથી રોકી શકાય છે.

8.4 કૅન્સર (Cancer)

કૅન્સર એ ભયંકર રોગમાંનો એક છે, કે જેનાથી વિશ્વમાં મોટે ભાગે મૃત્યુ થાય છે. ભારતમાં દસ લાખથી પણ વધુ લોકો કૅન્સરથી પીડાય છે અને વર્ષે તેમાના ઘણાં લોકો તેનાથી મૃત્યુ પામે છે. કૅન્સર થવાની પ્રક્રિયા અથવા સામાન્ય કોષોનું કૅન્સર કોષોમાં રૂપાંતર (oncogenic transformation), તેની સારવાર તથા તેનું નિયંત્રણ એ જીવવિજ્ઞાન અને મેડિકલ ક્ષેત્રે ગહન સંશોધનનો વિષય છે.

આપણા શરીરમાં, કોષીય વૃદ્ધિ અને વિભેદીકરણની પ્રક્રિયા ઉચ્ચ કક્ષાએ નિયમિત અને નિયંત્રિત હોય છે. કેન્સર કોષોમાં નિયંત્રણની આ પ્રક્રિયા તૂટી જાય છે. સામાન્ય કોષો **સંપર્ક નિષેધ (contact inhibition)**ના ગુણધર્મ દર્શાવે છે. આ સંપર્ક નિષેધના ગુણને કારણે બીજી પેશીઓ સાથેનો તેમનો સંપર્ક તેમની અનિયંત્રિત વૃદ્ધિને અવરોધે છે. કેન્સરગ્રસ્ત કોષો આ ગુણ ગુમાવે છે. તેથી કેન્સર કોષો સતત કોષવિભાજન પામી, કોષોનો સમૂહ સર્જે છે. જેને **ગાંઠ (tumor)** કહે છે. આવી ગાંઠ બે પ્રકારની હોય છે : સાધ્ય (benign) અને અસાધ્ય (malignant) ગાંઠ. **સાધ્ય ગાંઠ (benign tumors)** પોતાના મૂળ સ્થાને સીમિત રહે છે અને તે શરીરના અન્ય ભાગોમાં ફેલાતી નથી તથા તેમના દ્વારા થોડુંક જ નુકસાન થાય છે. બીજી બાજુએ જોઈએ તો **અસાધ્ય ગાંઠ (malignant tumors)** એ પ્રસર્જિત કોષો (proliferating cells)નો સમૂહ છે, જેને **નિઓપ્લાસ્ટિક ગાંઠ (neoplastic tumor)** કે **ગાંઠ કોષો (tumor cells)** કહે છે. આ કોષો ખૂબ જ ઝડપથી વૃદ્ધિ પામી, આસપાસના કોષો પર હુમલો કરી તેમને હાનિ પહોંચાડે છે. આ કોષો ખૂબ જ ઝડપથી વિભાજન પામતા હોવાથી આવશ્યક પોષક દ્રવ્યો માટે સામાન્ય કોષો સાથે સ્પર્ધા કરી તેમને ભૂખ્યા મારી નાંખે છે (સામાન્ય કોષોને આવશ્યક પોષક તત્ત્વોથી વંચિત રાખે છે). આવી ગાંઠમાંથી છૂટા પડેલા કોષો રુધિર દ્વારા દૂરસ્થ સ્થાને પહોંચી ત્યાં નવી ગાંઠ બનાવવાની શરૂ કરે છે. અસાધ્ય ગાંઠનો આ **રોગવ્યાપ્તિ (metastasis)**નો ગુણધર્મ ખૂબ જ ભયજનક છે.

કેન્સર થવાનાં કારણો (Causes of Cancer) : સામાન્ય કોષોને કેન્સરગ્રસ્ત નિયોપ્લાસ્ટિક કોષોમાં રૂપાંતરણ કરવાની પ્રક્રિયા ભૌતિક, રાસાયણિક અથવા જૈવિક કારકો દ્વારા થાય છે. કેન્સર ફેલાવતા કારકોને **કેન્સરજન્સ (carcinogens)** કહે છે. X-કિરણો અને ગામા કિરણો જેવાં આયનિક કિરણો અને UV જેવા બિનઆયનિક કિરણો DNAને ઈજા કરે છે. તેમજ તેમને નિઓપ્લાસ્ટિકમાં ફેરવે છે. તમાકુના ધુમાડામાં રહેલ રાસાયણિક કેન્સરજન પદાર્થો ફેફસાંમાં કેન્સર થવા માટે મુખ્ય રીતે જવાબદાર છે. કેન્સર પ્રેરતા વાઇરસને **ઓન્કોજેનિક વાઇરસ (oncogenic viruses)** કહે છે અને તેમના જનીનને **વાઇરલ ઓન્કોજિન્સ (viral oncogenes)** કહેવાય છે. આ ઉપરાંત, સામાન્ય કોષોમાં **કોષીય ઓન્કોજિન્સ (cellular oncogenes)** અથવા **પ્રોટો-ઓન્કોજિન્સ (proto oncogenes)** આવેલા છે. કોઈ ચોક્કસ પરિસ્થિતિમાં સક્રિય થાય છે ત્યારે સામાન્ય કોષોને તે કેન્સરગ્રસ્ત કોષોમાં ફેરવે છે.

કેન્સરની ચકાસણી અને નિદાન (Cancer detection and Diagnosis) : કેન્સર સમયસર વહેલાં ઓળખાઈ જાય તે ખૂબ જરૂરી છે કારણ કે, તેમ થવાથી કેટલાક કિસ્સાઓમાં આ રોગનો સફળતાપૂર્વક ઉપચાર શક્ય બન્યો છે. કેન્સરની ચકાસણી પેશીના બાયોપ્સી (biopsy) અને હિસ્ટોપેથોલોજિકલ (histopathological) અભ્યાસને આધારે થઈ શકે છે, જ્યારે લ્યૂકેમિયા (રુધિરનું કેન્સર) જેવા કિસ્સાઓમાં રુધિર અને અસ્થિમજ્જામાં વધતા જતા કોષોની માત્રાને ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે. બાયોપ્સીમાં, સંભવિત પેશીનો એક ટુકડો લઈ, તેનો પાતળો છેદ અભિરંજિત કરી પેથોલોજિસ્ટ દ્વારા સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં અભ્યાસ કરવામાં આવે છે (histopathological studies). શરીરનાં આંતરિક અંગોના કેન્સરની ચકાસણી માટે રેડિયોગ્રાફી (X-કિરણોનો ઉપયોગ), CT (computed tomography) અને MRI (magnetic resonance imaging) જેવી તક્નિકોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. કોમ્પ્યુટેડ ટોમોગ્રાફીમાં X-કિરણોનો ઉપયોગ કરી કોઈ એક અવયવની આંતરિક રચનાનું ત્રિપારિમાણિક ચિત્ર પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે. MRIમાં તીવ્ર ચુંબકીય ક્ષેત્ર અને બિનઆયોનિક કિરણો વપરાય છે, જેનાથી જીવંત પેશીમાં થતા પેથોલોજિકલ અને દેહધાર્મિક (physiological) ફેરફારો જાણી શકાય છે.

કેટલાક નિશ્ચિત કેન્સરના પરીક્ષણ માટે કેન્સર નિર્દિષ્ટ પ્રતિજન (cancer-specific antigens) સામે પ્રતિદ્રવ્યો (antibodies)નો પણ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આનુવંશિક રીતે થવાની સંભાવના હોય તેવા ચોક્કસ કેન્સરના નિદાન માટે આણ્વિય જીવવિજ્ઞાનની તક્નિકીનો ઉપયોગ કરી જનીનોનું પરીક્ષણ કરવામાં આવે છે.

આ જનીનોની ઓળખ, કે જે વ્યક્તિને નિશ્ચિત કૅન્સર સામે પૂર્વવત્ (predispose) કરી શકે છે અને કૅન્સરને અવરોધવા / અટકાવવામાં ઉપયોગી થઈ શકે છે. એવી વ્યક્તિઓ જેમને કેટલાક કૅન્સરજનની હાજરીથી સંવેદનશીલ થવાની સંભાવના છે તેવી વ્યક્તિઓને તેમનાથી દૂર જ રહેવું સલાહભર્યું છે (દા.ત., તમાકુના ધુમાડાથી થતું ફેફસાંનું કૅન્સર).

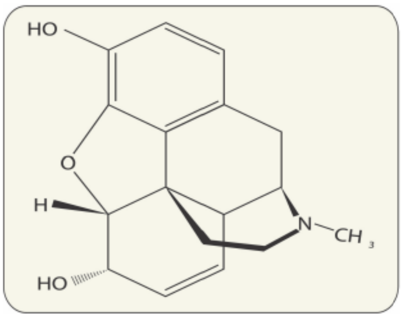
કૅન્સરની સારવાર (Treatment of Cancer) : કૅન્સરની સારવાર માટે સામાન્યતઃ શસ્ત્રક્રિયા, વિકિરણ સારવાર અને પ્રતિકારકતા સારવારનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વિકિરણ સારવારમાં ગાંઠને ઘાતકરૂપે વિકિરણની સારવાર આપવામાં આવે છે, પરંતુ તેની આસપાસના સામાન્ય કોષોને ઈજા ન થાય તેની કાળજી રાખવામાં આવે છે. કેટલાંક રસાયણ ચિકિત્સક ઔષધો (chemotherapeutic drugs)નો ઉપયોગ કૅન્સરગ્રસ્ત કોષોના નાશ માટે કરવામાં આવે છે. આમાંના કેટલાક ચોક્કસ ગાંઠ માટે નિશ્ચિત હોય છે. મોટા ભાગની દવાઓની આડઅસર હોય છે – જેવી કે, વાળ ઊતરવા, એનિમિયા વગેરે. મોટે ભાગે કૅન્સરમાં શસ્ત્રક્રિયા, વિકિરણ અને રસાયણની સંયુક્ત સારવાર આપવામાં આવે છે. ગાંઠના કોષો પ્રતિકાર તંત્ર દ્વારા ઓળખ અને નાશથી બચી જાય છે. માટે જ દર્દીઓને જૈવિક પ્રતિચાર રૂપાંતરકો (biological response modifiers) કહેવાતા પદાર્થો જેવાં કે **α-ઈન્ટરફેરોન** આપવામાં આવે છે જેથી તેમનું પ્રતિકાર તંત્ર સક્રિય થાય છે અને આવી ગાંઠનો નાશ કરવામાં મદદરૂપ બને છે.

8.5 નશાકારક પદાર્થો અને આલ્કોહૉલનો દુરુપયોગ (Drugs and Alcohol Abuse)

આંકડાકીય સર્વેક્ષણ પરથી જાણી શકાય છે કે, કેફી પદાર્થો અને આલ્કોહૉલનું સેવન યુવાનોમાં વધુ જોવા મળે છે. જેના કારણે ઘણી નુકસાનકારક અસરો ઉદ્ભવે છે. યુવાનોને આવી ભયજનક વર્તણૂકથી સુરક્ષિત કરવા તેમને યોગ્ય શિક્ષણ અને સલાહ અપાય તે જરૂરી છે જેથી તેઓ એક તંદુરસ્ત જીવનશૈલીને અનુસરી શકે.

સામાન્ય રીતે વપરાતા નશાકારકો (કેફી પદાર્થો)માં અફીણ, ચરસ અને કોકેઈનનો ઉપયોગ થાય છે. મોટા ભાગના આમાંના સપુષ્પી વનસ્પતિઓ અને કેટલીક ફૂગમાંથી મેળવવામાં આવે છે.

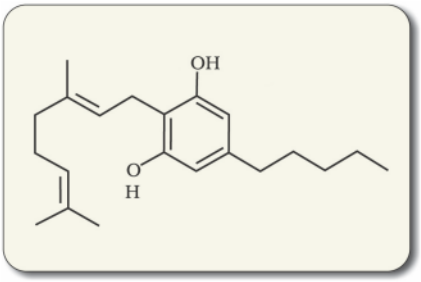
અફીણ (Opioids) એ એવું કેફી દ્રવ્ય છે જે મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર અને જઠરાંત્રીય માર્ગમાં હાજર રહેલા વિશિષ્ટ સંવેદનાગ્રાહીઓ સાથે જોડાણ સાધે છે. હેરોઈન (heroin) જેને સ્મેક કહે છે. તે રાસાયણિક રીતે ડાયએસિટાઈલ મોરફીન (diacetylmorphine) છે જે સફેદ, વાસહીન, કડવું, સ્ફટિકમય સંયોજન છે (આકૃતિ 8.7). જે મોરફીનના એસિટાયલેશનથી મેળવવામાં આવે છે કે જેને ખસખસ – *Papaver somniferum* વનસ્પતિના દુગ્ધ (ક્ષીર-latex)માંથી મેળવવામાં આવે છે (આકૃતિ 8.8). જે સામાન્ય રીતે તેને નાસિકા દ્વારા (snorting) કે ઈન્જેક્શન દ્વારા લેવામાં આવે છે. હેરોઈન તણાવશામક (depressant) છે અને શરીરનાં કાર્યોને ધીમા પાડે છે.



આકૃતિ 8.7 : મોરફીનનું રાસાયણિક બંધારણ

આકૃતિ 8.8 : ખસખસનો છોડ (opium poppy)

કેનાબિનોઈડ્સ (Cannabinoids)એ રસાયણોનો સમૂહ છે, જે મગજમાંના કેનાબિનોઇડ ગ્રાહકો સાથે પ્રતિક્રિયા કરે છે. કુદરતી કેનાબિનોઇડ, ભાંગ (કેનાબિસ સટાઇવા - *Cannabis sativa*) (આકૃતિ 8.10)વનસ્પતિના પુષ્પવિન્યાસમાંથી મેળવવામાં આવે છે. કેનાબિસના ટોચના પુષ્પ, પર્ણ અને રેઝિન (રાળ)નો વિવિધ સંયોજનોમાં ઉપયોગ કરી મેરીઝુઆના, હસીસ, ચરસ અને ગાંજાનું ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. સામાન્યતઃ અંતઃશ્વસન અને મુખ-અંતઃગ્રહણ દ્વારા લેવાતા માદક દ્રવ્ય શરીરના હૃદ પરિવહનતંત્ર (cardiovascular system)ને અસર કરે છે.



આકૃતિ 8.9 : કેનાબીનોઇડના અણુનું રાસાયણિક બંધારણ

આકૃતિ 8.10 : ભાંગ (*Cannabis sativa*)નાં પર્ણો

કોકા આલ્કેલોઇડ અથવા **કોકેઈન (cocaine)** જે દક્ષિણ અમેરિકાની વનસ્પતિ કોકા (ઇરિથ્રોઝાયલમ કોકા - *Erythroxylam coca*)માંથી મેળવવામાં આવે છે. જે ચેતાપ્રેષક દ્રવ્ય ડોપામાઇનના વહનમાં ખલેલ પહોંચાડે છે. કોકેઇન જેને સામાન્ય રીતે **'કોક' કે 'ક્રેક' (coke or crack)** કહીએ છીએ, તેને નાસિકા વાટે લેવામાં આવે છે. તે મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર માટે ઉત્તેજક છે, જે ઉત્સાહની અનુભૂતિ કરાવે છે અને ઊર્જામાં વધારો કરે છે. તેની વધુ માત્રા ભ્રામકતા પ્રેરે છે. અન્ય આવી ભ્રામકતા (hallucinogenic) પ્રેરક વનસ્પતિઓ એટ્રોપા બેલાડોના (*Atropa belladona*) અને ધતૂરો છે (આકૃતિ 8.11). કેટલાક રમતવીરો પણ કેનાબિનોઇડનો દુરુપયોગ કરતા થયા છે.

આકૃતિ 8.11 : ધતૂરાની પુષ્પીય શાખા

બાર્બીટ્યુરેટ, એમ્ફિટેમાઇન્સ, બેન્ઝોડાયએઝેપાઇન અને તેના જેવી અન્ય ડ્રગ્સ જે હતાશા (depression) અને અનિદ્રા (insomnia) જેવી મગજની બીમારીથી પીડાતા રોગીઓની સહાયતા માટે સામાન્ય રીતે ઔષધ સ્વરૂપે તેઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. પરંતુ તેઓનો પણ દુરુપયોગ થાય છે. મોર્ફીન એ અસરકારક શાંતિદાયક કે દર્દશામક ઔષધ અને જેમને શસ્ત્રક્રિયા થઈ છે તેવા દર્દીઓ માટે ખૂબ જ ઉપયોગી છે. ભ્રામક ગુણ ધરાવતી વનસ્પતિઓ, ફળ, બીજનો વિશ્વભરમાં લોક ઔષધી, ધાર્મિક ઉત્સવો તેમજ અનુષ્ઠાનોમાં વર્ષોથી ઉપયોગ થઈ રહ્યો છે. જ્યારે આ ઔષધો ચિકિત્સાના ઉપયોગ સિવાય અન્ય ઉદ્દેશ્યથી લેવામાં આવે ત્યારે તે કેટલી માત્રામાં કેટલી વાર લેવાયા છે, તેને કારણે વ્યક્તિના શારીરિક, દેહધાર્મિક કે માનસિક કાર્યોમાં ગરબડ કે વિક્ષેપ સર્જાય ત્યારે કહી શકાય કે, આ નશાકારક દવા (drug)નો દુરુપયોગ થયો છે.

ધૂમ્રપાન પણ આ તીવ્ર નશાકારક પદાર્થોના તીવ્ર ઉપયોગનો રસ્તો ખોલી આપે છે. તમાકુનો ઉપયોગ મનુષ્ય 400 વર્ષો કરતાં પણ વધુ સમયથી કરતો આવ્યો છે. તમાકુનો ઉપયોગ ધૂમ્રપાન,

ચાવવામાં અથવા છીંકણી તરીકે થાય છે. તમાકુમાં ઘણા રાસાયણિક પદાર્થો હોય છે જેમાંનો એક આલ્કેલોઇડ નિકોટીન છે. નિકોટીન દ્વારા એડ્રિનલ ગ્રંથિને ઉત્તેજના મળતા, તે એડ્રિનાલિન અને નોર એડ્રિનાલિનને રુધિર પ્રવાહમાં મુક્ત કરે છે અને રુધિરનું દબાણ તથા હૃદયના ધબકારા બંનેમાં વધારો કરે છે. ધૂમ્રપાન એ ફેફસાં, મૂત્રાશય અને ગળાના કૅન્સરમાં, બ્રોન્કાઈટિસ, એમ્ફિસેમા, કોરોનરી સંબંધી હૃદયનો રોગ અને જઠરમાં ચાંદુ પડવું વગેરેમાં ઝડપથી વધારો પ્રેરે છે. તમાકુના ચાવવાથી મુખગુહાના કૅન્સરનું જોખમ વધે છે. ધૂમ્રપાન રુધિરમાં કાર્બન મોનોક્સાઇડ (CO)નું પ્રમાણ વધારે છે અને હિમ (સમૂહ) બંધિત ઑક્સિજનની સાંદ્રતાને ઘટાડે છે, જેને પરિણામે શરીરમાં ઑક્સિજનની ઊણપ સર્જાય છે.

જ્યારે વ્યક્તિ સિગારેટનું પૅકેટ ખરીદે છે ત્યારે એવું નથી બનતું કે તેની નજર સિગારેટના પૅકેટ પર છાપેલી કાનૂની ચેતવણી પર તેનું ધ્યાન ન જાય. જે ધૂમ્રપાનથી સાવચેત કરે છે અને દર્શાવે છે કે તે કેવી રીતે સ્વાસ્થ્ય માટે હાનિકારક / જોખમી છે. આમ છતાં પણ યુવાનો અને વૃદ્ધો બંનેમાં આજકાલ ધૂમ્રપાનનું ચલણ વધ્યું છે. ધૂમ્રપાન અને તમાકુ ચાવવાના ભય અને તેની જો આદત પડવાવાળી પ્રવૃત્તિને કારણે, યુવાનો અને વૃદ્ધો બંનેએ આ આદતથી દૂર રહેવું જોઈએ. દરેક બંધાણીને સલાહ અને ચિકિત્સાસંબંધી માર્ગદર્શન આપી આ આદતમાંથી છૂટકારો આપવો જોઈએ.

8.5.1 કિશોરાવસ્થા અને નશાકારક પદાર્થો / આલ્કોહૉલની કુટેવ (Adolescence and Drug / Alcohol Abuse)

કિશોરાવસ્થાનો અર્થ 'એક સમયગાળો' અને 'એક પ્રક્રિયા' બંને છે, જે દરમિયાન એક બાળક પોતાની વર્તણૂક અને માન્યતા અનુસાર સમાજમાં જાતે પ્રભાવીપણે સહભાગી બની શકવા પરિપક્વ બને છે. વ્યક્તિની ઉંમરના 12થી 18 વર્ષ વચ્ચેના સમયને તરુણાવસ્થા કહે છે. બીજા શબ્દોમાં, તરુણાવસ્થા એ બાળપણ અને પુખ્તાવસ્થાને જોડનાર સેતુ છે. તરુણાવસ્થાની સાથે ઘણા જૈવિક અને વર્તણૂકીય ફેરફાર જોવા મળે છે. આમ, તરુણાવસ્થા એ વ્યક્તિનો માનસિક અને મનોવૈજ્ઞાનિક વિકાસનો ઘણો સંવેદનશીલ તબક્કો છે.

જિજ્ઞાસા, સાહસ અને ઉત્તેજના પ્રત્યે આકર્ષણ તથા પ્રયોગ કરવાની ઇચ્છા વગેરે આવાં સામાન્ય કારણો છે જે કિશોરોને નશાકારક પદાર્થો તેમજ આલ્કોહૉલના સેવન માટે મજબૂર કરે છે. બાળકની પ્રાકૃતિક જિજ્ઞાસા આવા પ્રયોગ માટે તેને પ્રેરિત કરે છે. નશાકારક પદાર્થો અને આલ્કોહૉલના પ્રભાવને ફાયદાના રૂપમાં જોવાથી સમસ્યા વધુ જટિલ બની જાય છે. પછી તરુણો સમસ્યાથી નાસી છૂટવા તેનો ઉપયોગ કરવા લાગે છે. કેટલાક તરુણો ભણતરમાં અને પરીક્ષામાં ઉત્કૃષ્ટતા ન બતાવી શકતા તણાવ અને દબાણ હેઠળ કેફી પદાર્થ અને દારૂ પીવાનું શરૂ કરે છે. યુવાનોમાં એવી માન્યતા પણ છે કે ધૂમ્રપાન કરવું, નશાકારક પદાર્થો કે આલ્કોહૉલનો ઉપયોગ કરવો એ વ્યક્તિ માટે ધીરગંભીરતા (cool) કે પ્રગતિશીલતા (progressive)નું પ્રતીક છે. આ બધી આદતો જ સેવન કરવા માટેનું મુખ્ય કારણ છે. ટેલિવિઝન, ચલચિત્રો, સમાચારપત્રો, ઇન્ટરનેટ જેવાં માધ્યમો પણ તેને વેગ આપે છે. કિશોરોમાં નશાકારક પદાર્થો અને આલ્કોહૉલની કુટેવનાં અન્ય કારણોમાં, કુટુંબકીય અસ્થિરતા કે એકબીજાને સહારો આપવાનો અભાવ તથા સમવયસ્કોના દબાણના અભાવનો પણ સમાવેશ થાય છે.

8.5.2 બંધાણી અને પરાધીનતા (Addiction and Dependence)

દેખીતી રીતે કેફી પદાર્થો લાભદાયી છે એવી સમજને કારણે તેનો ઉપયોગ વારંવાર થાય છે. સૌથી મહત્ત્વની વાત એ છે કે, આલ્કોહૉલ અને ડ્રગ્સની પ્રકૃતિ જે વ્યસની બનાવવાની છે તેમ છતાં તેઓ આ વાત સમજી શકતા નથી. વ્યસન મનોવૈજ્ઞાનિક જોડાણની ચોક્કસ અસરો ધરાવે છે. જેમકે, ઉલ્લાસની અનુભૂતિ અને ખુશ રહેવાની ક્ષણિક લાગણીઓને કારણે વ્યક્તિ કેફી પદાર્થો અને આલ્કોહૉલ સાથે સંકળાય છે. જેથી વ્યક્તિ જ્યારે તેની જરૂર હોતી નથી કે તેનો ઉપયોગ સ્વયં વિનાશ પ્રેરે છે, છતાં તેનો ઉપયોગ કરે છે. કેફી પદાર્થોનો વારંવાર ઉપયોગ કરવાથી આપણા શરીરમાં રહેલા સંવેદના ગ્રાહકો (સંવેદનગ્રાહી અંગો)ની સહનશીલતાનો આંક ઊંચો જાય છે. જેને કારણે નશાકારક પદાર્થો કે આલ્કોહૉલની ઉચ્ચ માત્રા જ સંવેદનાનો પ્રતિચાર અનુભવી શકે છે, કે જેથી તેને વધુ માત્રામાં લેવાની આદત પડી જાય છે. તેમ છતાં, એક વાત આપણા મગજમાં ઉતારવી રહી કે નશાકારક પદાર્થોનું એકવારનું પણ સેવન વ્યક્તિને બંધાણી તરફ દોરી જાય છે. આ રીતે નશાકારક પદાર્થો અને આલ્કોહૉલની વ્યસની કે બંધાણી ક્ષમતાને એક દુર્વ્યસની કે નીતિભ્રષ્ટ મિત્રવર્તુળ તરફ દોરી જાય છે કે જેથી આ પદાર્થોનું નિયમિત સેવન કરતું હોય છે તથા આ ચક્રમાંથી બહાર નીકળવું તે/તેણીના હાથની વાત રહેતી નથી. આમ, યોગ્ય માર્ગદર્શન કે પરામર્શનના અભાવથી વ્યક્તિ વ્યસની કે તેનો બંધાણી બની જાય છે અને તેના ઉપયોગથી પરાધીન બને છે.

પરાધીનતાને લીધે શરીરનું અમુક દિશામાં માનસિક વલણ સ્પષ્ટ થાય છે. જો નિયમિત કેફી પદાર્થ કે આલ્કોહૉલને એકાએક ત્યાગ કરવાને લીધે તેને **વિડ્રોઅલ સિન્ડ્રોમ (withdrawal syndrome)** થાય છે. જેને લીધે બેચેની, કંપારી, ઉબકા અને પરસેવો વગેરે લક્ષણો જોવા મળે છે. જ્યારે ફરીથી તેનો ઉપયોગ થાય ત્યારે આનાથી રાહત મળી શકે છે. કેટલાક કિસ્સામાં વિડ્રોઅલ સિન્ડ્રોમ ગંભીર બને છે અને જીવન માટે જોખમી પણ બને છે જેથી વ્યક્તિને દાક્તરી સારવાર આપવાની આવશ્યકતા પણ ઊભી થાય છે.

પરવશતાને કારણે દર્દી પોતાની જરૂરિયાતને પૂરી કરવા માટે જરૂરી ધન રાશિ પ્રાપ્ત કરવા માટે સામાજિક માપદંડોને દાવ પર લગાવી દે છે. જેને પરિણામે અનેક સામાજિક વ્યવસ્થાપનની મુશ્કેલીઓ સર્જાય છે.

8.5.3 નશાકારક પદાર્થો / આલ્કોહૉલના દુરુપયોગની અસરો (Effects of Drugs/ Alcohol Abuse)

નશાકારક પદાર્થો અને આલ્કોહૉલના સેવનની તાત્કાલિક પ્રતિકૂળ અસરો વ્યક્તિમાં અવિચારી વર્તણૂક, વિધ્વંસ કે જંગલીપણું અને હિંસાના સ્વરૂપમાં પ્રગટ થાય છે. નશાકારક પદાર્થોની વધુ માત્રાથી શ્વસનતંત્રની નિષ્ફળતા, હૃદયની નિષ્ફળતા અથવા મગજમાં રક્તસ્રાવ (cerebral hemorrhage)ને કારણે વ્યક્તિ કોમા અને મૃત્યુ તરફ ધકેલાય છે. નશાકારક પદાર્થોનું સંયોજન કે આલ્કોહૉલ સાથે તેમનું સેવન તેની વધુ માત્રા છે અને તે મૃત્યુ પણ પ્રેરે છે. યુવાનોમાં ડ્રગ્સ અને આલ્કોહૉલની કુટેવનાં ચેતવણીભર્યા સામાન્ય લક્ષણોમાં શૈક્ષણિક કાર્યસિદ્ધિ પર માઠી અસર, કારણ વગર શાળા કે કૉલેજમાં ગેરહાજરી, વ્યક્તિગત સ્વચ્છતાની રુચિનો અભાવ, વિડ્રોઅલ, એકલતા, માનસિક તણાવ, થાક, આક્રમકતા અને બળવાખોરી, પરિવાર અને મિત્રો સાથે બગડતા સંબંધો, શોખમાં રસ ન પડવો, સૂવા અને ખાવાની આદતોમાં ફેરફાર થવો, વજન અને ભૂખમાં વધઘટ.

નશાકારક પદાર્થો / આલ્કોહૉલના સેવનની દૂરોગામી અસરો પણ હોઈ શકે છે. જો બંધાણીને નશાકારક પદાર્થો / આલ્કોહૉલ ખરીદવા પૈસા ન મળે તો તે ચોરી કરવા પ્રેરાય છે. તેની પ્રતિકૂળ અસરો માત્ર ડ્રગ્સ / આલ્કોહૉલના સેવન કરવાવાળા વ્યક્તિ સુધી સીમિત હોતી નથી. ક્યારેક ડ્રગ્સ / આલ્કોહૉલનો બંધાણી પોતાના પરિવાર કે અન્ય મિત્ર માટે પણ માનસિક અને આર્થિક સંકટનું કારણ બની શકે છે.

જે બંધાણી ડ્રગ્સને અંતઃશિરા દ્વારા (નીડલ કે સીરિંજની મદદથી સીધું શિરામાં ઈન્જેક્શન) લે, તો તેને એઇડ્સ અને હિપેટાઇટીસ-B (ઝેરી કમળો) થવાની શક્યતા રહે છે. આ રોગ માટેના વિષાણુ (viruses) ચેપી સોય કે સીરિંજ દ્વારા એક વ્યક્તિથી બીજી વ્યક્તિમાં ફેલાય છે. એઇડ્સ અને હિપેટાઇટીસ-B બંનેનું સંક્રમણ તીવ્ર હોય છે અને અંતે તે ઘાતક હોય છે. બંનેનો ફેલાવો જાતીય સંબંધ કે સંક્રમિત રુધિર દ્વારા થાય છે.

તરુણાવસ્થામાં આલ્કોહૉલના સેવનથી લાંબા ગાળાની અસરો જોવા મળે છે. જેથી પુખ્તાવસ્થામાં તેના વધુ સેવનથી આદત પડી જાય છે. ડ્રગ્સ અને આલ્કોહૉલના તીવ્ર ઉપયોગથી ચેતાતંત્ર અને યકૃત **(cirrhosis - વધુ પડતા વ્યસનથી થતો યકૃતનો રોગ)**ને હાનિ પહોંચે છે. સગર્ભાવસ્થા દરમિયાન ડ્રગ્સ અને આલ્કોહૉલનું સેવન ગર્ભસ્થ શિશુમાં પણ વિપરિત અસરો પ્રેરે છે.

ડ્રગ્સના અન્ય દુરુપયોગમાં, કેટલાક ખેલાડીઓ પોતે વધુ સારું પ્રદર્શન કરી શકે તે માટે તેનો ઉપયોગ કરે છે. રમતવીરો માદક પીડાહારક દવાઓ, એનાબોલિક સ્ટેરોઇડ્સ, ડાયયુરેટિક્સ (મૂત્રવર્ધક) દવાઓ અને કેટલાક અંતઃસ્રાવોનો ઉપયોગ, માંસલ શક્તિનું પ્રમાણ વધારવા અને આક્રમકતાને વધારવા કરે છે, જેથી તેમનું ખેલ-પ્રદર્શન શક્તિશાળી બને. મહિલાઓમાં એનાબોલિક સ્ટેરોઇડના ઉપયોગથી નર જાતિનાં લક્ષણો, આક્રમકતામાં વધારો, મિજાજમાં ઉતાર-ચઢાવ, માનસિક તણાવ, અનિયમિત માસિકચક્ર, ચહેરા અને શરીર પર રુવાંટીની વૃદ્ધિ, ભગ્ન શિશ્નિકામાં વધારો, અવાજ ઘેરો બનવો વગેરે જેવી આડઅસરો જોવા મળે છે. જ્યારે પુરુષમાં ખીલ થવા, આક્રમકતામાં વધારો, મિજાજમાં ચઢાવ-ઉતાર, માનસિક તણાવ, શુક્રપિંડના કદમાં ઘટાડો, શુક્રકોષોના ઉત્પાદનમાં ઘટાડો, મૂત્રપિંડ અને યકૃતની કાર્યદક્ષતામાં ઘટાડો, છાતીનો ભાગ વધવો, અપરિપક્વતાએ ટાલિયાપણું, પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિ મોટી બનવી વગેરે લક્ષણો જોવા મળે છે. આ અસરો લાંબા સમયના સેવનથી પ્રભાવી બને છે. તરુણાવસ્થાની છોકરીઓ અને છોકરાઓમાં, ચહેરા અને દેહ પર તીવ્ર ખીલ અને લાંબા અસ્થિઓનાં વૃદ્ધિકેન્દ્રો અપરિપક્વતાએ બંધ થઈ જવાને કારણે વૃદ્ધિ કુંઠિત થાય છે.

8.5.4 અટકાવવાના ઉપાયો અને નિયંત્રણ (Prevention and Control)

ઈલાજ કરતાં અટકાવ વધુ સારો છે. "Prevention is better than cure". આ કહેવત અહીં સાચી ઠરે છે. આ પણ એટલું જ સત્ય છે કે ધૂમ્રપાન, ડ્રગ્સ તેમજ આલ્કોહૉલના સેવનની આદત પડવાની સંભાવના નાની વયે, મોટા ભાગે તરુણાવસ્થા દરમિયાન વધુ હોય છે. માટે આવી પરિસ્થિતિઓને પારખવી સૌથી શ્રેષ્ઠ છે કે જે તરુણોને આલ્કોહૉલ કે ડ્રગ્સના સેવન તરફ ધકેલે છે, જેથી સમયસર તેના ઉપાય વિશે વિચારી શકાય. આ સંદર્ભે શિક્ષક અને માતા-પિતાની વિશિષ્ટ જવાબદારી બને છે. બાળકનો એવો ઉછેર કે જેમાં પાલનપોષણ ઉચ્ચસ્તરીય હોય અને સુસંગત અનુશાસન હોય ત્યાં આવા કુપ્રયોગ (આલ્કોહૉલ / ડ્રગ્સ)નો ભય ઓછો થઈ જાય છે. નીચે જણાવેલ કેટલાક ઉપાય તરુણોમાં આલ્કોહૉલ અને ડ્રગ્સના ઉપયોગને અટકાવવા અને નિયંત્રણ માટે ઉપયોગી બની રહે છે :

(i) ***સમવયસ્કોના બિનજરૂરી દબાણથી દૂર રહેવું :*** દરેક છોકરા / છોકરીની પોતાની પસંદ અને વ્યક્તિત્વ હોય છે તેનો આદર કરવો જોઈએ અને તેને પ્રોત્સાહિત કરવું જોઈએ. બાળકને તેની ઈચ્છા વિરુદ્ધ અઘટિત પાલન કરવા કોઈ સીમા બાંધવી જોઈએ નહિ પછી ભલે તે ભણવા માટે, ખેલકૂદ માટે કે કોઈ અન્ય પ્રવૃત્તિ માટે હોય.

(ii) ***શિક્ષણ અને પરામર્શન :*** સમસ્યાઓ અને તનાવનો સામનો કરવો અને નિરાશા કે અસફળતા મળવી એ જીવનનો જ એક ભાગ છે એવું સમજાવી તેનું શિક્ષણ અને પરામર્શન તેમને આપવું જોઈએ. એ પણ એટલું જ યોગ્ય છે કે બાળકની શક્તિને રમતગમત, વાચન, સંગીત, યોગ અને અન્ય ઇતર પ્રવૃત્તિ વગેરે દિશામાં વાળવી જોઈએ.

(iii) ***માતાપિતા તેમજ સમવયસ્કોની મદદ લેવી :*** માતાપિતા તેમજ સમવયસ્કો (peers) પાસેથી તરત મદદ લેવી જોઈએ, જેથી તેઓ યોગ્ય માર્ગદર્શન આપી શકે. ગાઢ અને વિશ્વાસુ મિત્રોની સલાહ લેવી જોઈએ. યુવાનોની સમસ્યાનો ઉકેલ લાવવા માટે તેમને યોગ્ય સલાહ આપવાથી પોતાની ચિંતા અને અપરાધ ભાવનાની અભિવ્યક્તિ કરવામાં તેમને મદદ મળશે.

(iv) ***ભયજનક સંકેતો તરફ દૃષ્ટિ :*** સજાગ માતાપિતા અને શિક્ષકોએ ઉપર્યુક્ત ભયજનક સંકેતોને ઓળખી, તેની ચર્ચા કરવી જોઈએ. કોઈ વ્યક્તિ ડ્રગ્સ કે આલ્કોહૉલનું સેવન કરતા માલૂમ પડે તો કોઈ પણ ખચકાટ વિના તેનાં માતાપિતા અને શિક્ષકના ધ્યાન પર આ બાબત લાવવી જોઈએ. ત્યાર બાદ બીમારીને ઓળખવા તથા તેની પાછળ છુપાયેલાં કારણો શોધવા માટે યોગ્ય ઉપાયો કરવા જોઈએ જેથી યોગ્ય સારવારનો આરંભ કરવામાં સહાયતા મળશે.

(v) ***વ્યાવસાયિક અને આરોગ્યવિષયક સહાય લેવી :*** જે વ્યક્તિ દુર્ભાગ્યે ડ્રગ્સ / આલ્કોહૉલના કુપ્રયોગરૂપી સેવનમાં ફસાઈ ગઈ છે, એની મદદ માટે ઉચ્ચ લાયકાત ધરાવતા મનોવૈજ્ઞાનિક અને મનોચિકિત્સકની ઉપલબ્ધતા અને વ્યસન છોડાવવા માટે તેમજ તેમના પુનરુત્થાન કાર્યક્રમો દ્વારા યોગ્ય સહાયતા મળે છે. આ પ્રકારની મદદ મળવાથી અસરગ્રસ્ત વ્યક્તિ તેના પૂરતા પ્રયત્નો અને દૃઢ મનોબળથી તેનું આ તંદુરસ્ત જીવન જીવી શકે છે.

સારાંશ

તંદુરસ્તી એટલે રોગની ગેરહાજરી એટલું જ નહિ, પરંતુ ભૌતિક, માનસિક, સામાજિક અને મનોવૈજ્ઞાનિક રીતે સંપૂર્ણ સ્વચ્છતા. ટાઇફૉઇડ, કૉલેરા, ન્યુમોનિયા, ફૂગનો ત્વચીય ચેપ, મૅલેરિયા અને અન્ય ઘણા રોગો મનુષ્યમાં તકલીફ સર્જે છે. પ્લાઝમોડિયમ ફાલ્સીપેરમ દ્વારા થતા મૅલેરિયા જેવા રોગોની સારવાર ન થાય તો ઘાતક સાબિત થાય છે. વ્યક્તિગત સ્વચ્છતા ઉપરાંત, કચરાનો યોગ્ય નિકાલ, પીવાના પાણીને પીવાલાયક બનાવવું. મચ્છર જેવા વાહકોનું નિયંત્રણ અને પ્રતિકારકતા વગેરે આ રોગોને અટકાવવા માટે ઉપયોગી છે. જ્યારે આપણે આવા રોગકારકોના સંપર્કમાં આવીએ છીએ ત્યારે, આપણું પ્રતિકારક તંત્ર મુખ્ય ભાગ ભજવે છે. જન્મજાત પ્રતિકારકતાના ભાગરૂપે આપણી ત્વચા, શ્લેષ્મ આવરણ, લાળ અને આંસુમાં રહેલા સૂક્ષ્મ જીવ પ્રતિરોધક દ્રવ્યો અને ભક્ષક કોષો વગેરે આપણા શરીરમાં રોગકારકોના પ્રવેશને અટકાવે છે. જો રોગકારકોનો આપણા શરીરમાં પ્રવેશ સફળ થઈ જાય તો ચોક્કસ ઍન્ટીબોડી (humoral immune response) અને કોષો (cell mediated immune response) આ રોગકારકોને મારી નાંખે છે. પ્રતિકારક તંત્રને સ્મૃતિ હોય છે. ત્યાર પછી, આ જ પ્રકારના રોગકારકો જો પુનઃ પ્રવેશે છે ત્યારે પ્રતિકારક પ્રતિચાર વધુ ઝડપી અને તીવ્ર બને છે. રસીકરણ, પ્રતિરક્ષાકરણ દ્વારા મળતું રક્ષણ તેનો આધાર છે. અન્ય રોગોમાં એઇડ્સ અને કૅન્સરથી વિશ્વમાં ઘણા લોકોનાં મૃત્યુ થયાં છે. એઇડ્સ એ

HIV દ્વારા ફેલાય છે અને જીવલેણ છે પરંતુ, ચોક્કસ સાવધાની રાખવામાં આવે તો તેને અટકાવી શકાય છે. કેટલાક કૅન્સર સમયસર વહેલા ઓળખાઈ જાય અને યોગ્ય પદ્ધતિ દ્વારા સારવાર આપવામાં આવે તો મટાડી શકાય છે. હાલમાં, યુવાનો અને કિશોરોમાં ડ્રગ્સ તેમજ આલ્કોહૉલનું સેવન તેને સંબંધિત ચિંતાનું અન્ય કારણ પણ છે. આલ્કોહૉલ અને ડ્રગ્સની વ્યસની પ્રકૃતિ અને તેમના સેવનથી થતા કાલ્પનિક લાભો મેળવી તણાવ, દબાણવશ ચોરીછૂપીથી સમસ્યાઓનો સામનો કરવો, પરીક્ષાસંબંધી અને સ્પર્ધાત્મકસંબંધી તણાવમાંથી મુક્તિ મેળવે છે. આ બધું છતાં તે/તેણી નશાખોર બની જાય છે. આ બધી નુકસાનકારક અસરથી બચવા શિક્ષણ, ચર્ચા અને ત્વરિત રીતે વૈદકીય મદદ લઈ વ્યક્તિને સંપૂર્ણપણે આ દૂષણમાંથી મુક્ત કરી શકાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. ચેપી રોગો સામે સલામતી મેળવવા તમે લોક જાગૃતિનાં કયાં પગલાં સૂચવો છો ?
2. ચેપી રોગોનું નિયંત્રણ કરવા માટે આપણને જીવવિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કેવી રીતે મદદરૂપ થાય છે ?
3. નીચે આપેલા પ્રત્યેક રોગોનો ફેલાવો કેવી રીતે થાય છે ?
   (a) એમીબીઆસિસ (b) મૅલેરિયા (c) એસ્કેરિઆસિસ (d) ન્યુમોનિયા
4. પાણીથી ઉદ્‌ભવતા રોગોનો ફેલાવો અટકાવવા તમે શું પગલાં લેશો ?
5. DNAની રસીઓના નિર્માણમાં 'યોગ્ય જનીન'નો અર્થ શું છે ? તેની ચર્ચા તમારા શિક્ષક સાથે કરો.
6. પ્રાથમિક અને દ્વિતીય લસિકા અંગોનાં નામ આપો.
7. નીચે કેટલાંક ટૂંકાં નામ આપેલ છે કે જે આ પ્રકરણમાં ઉપયોગમાં લેવાયેલાં છે. પ્રત્યેકનું પૂર્ણ નામ આપો :
   (a) MALT (b) CMI (c) AIDS (d) NACO (e) HIV
8. નીચે આપેલના તફાવત / ભેદ આપો અને પ્રત્યેકનાં ઉદાહરણો જણાવો :
   (a) જન્મજાત પ્રતિકારકતા અને ઉપાર્જિત પ્રતિકારકતા (b) સક્રિય પ્રતિકારકતા અને નિષ્ક્રિય પ્રતિકારકતા
9. ઍન્ટીબોડી અણુની નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો.
10. હ્યુમન ઇમ્યુનો ડેફિસિયન્સી વાઇરસનો ફેલાવો કયાં વિવિધ પરિપથો દ્વારા થાય છે ?
11. ચેપગ્રસ્ત વ્યક્તિના રોગપ્રતિકારક તંત્રની ઊણપ સર્જતો એઇડ્સ વાઇરસ કઈ ક્રિયાવિધિ દ્વારા પ્રદર્શિત થાય છે ?
12. કૅન્સર કોષ સામાન્ય કોષથી કઈ રીતે ભિન્નતા દર્શાવે છે ?
13. રોગવ્યાપ્તિ શું છે ? વર્ણવો.
14. આલ્કોહૉલ / નશાકારક પદાર્થો દ્વારા થતી હાનિકારક અસરોની સૂચિ બનાવો.
15. શું તમે વિચારી શકો છો કે મિત્રો આલ્કોહૉલ / ડ્રગ્સનું સેવન કરતા હોય ? જો હા હોય તો તેને / તેણીને તેના સેવનથી કેવી રીતે રક્ષિત કરી શકશો ?
16. એક વખત કોઈ વ્યક્તિ આલ્કોહૉલ અથવા ડ્રગ્સ લેવાની શરૂઆત કરે છે પછી આ કુટેવ છોડવી કેમ અઘરી છે ? તેની ચર્ચા તમારા શિક્ષક સાથે કરો.
17. તમારા દૃષ્ટિકોણે યુવાનો શા માટે આલ્કોહૉલ અથવા ડ્રગ્સ લેવા પ્રેરિત થાય છે અને તેને કઈ રીતે રોકી શકાય ?

પ્રકરણ 9

ખાદ્ય-ઉત્પાદનમાં ઉન્નતીકરણ માટેની કાર્યનીતિ (Strategies for Enhancement in Food Production)

9.1 પશુપાલન

9.2 વનસ્પતિ-સંવર્ધન

9.3 એકકોષજન્ય પ્રોટીન

9.4 પેશી-સંવર્ધન

વિશ્વની વધતી જનસંખ્યાની સાથે ખાદ્ય-ઉત્પાદનની વૃદ્ધિ પણ એક અગત્યની આવશ્યકતા છે. જૈવિક સિદ્ધાંતોની મદદથી પશુપાલન અને વનસ્પતિ સંવર્ધન દ્વારા ખાદ્ય-ઉત્પાદન વધારવામાં કરાતા પ્રયાસોમાં તેઓની ભૂમિકા અગત્યની છે. ભવિષ્યમાં, નવી તક્‌નિકો જેવી કે, ભ્રૂણ તબદિલ તક્‌નિકી અને પેશીસંવર્ધન પદ્ધતિઓ ખોરાક-ઉત્પાદનના વધારામાં આધારક ભૂમિકા ભજવશે.

9.1 પશુપાલન (Animal Husbandry)

પશુપાલન એ સંવર્ધન અને પશુધન વધારવાની કૃષિપદ્ધતિ છે. જેમકે તે ખેડૂતો માટે એક આવશ્યક કૌશલ્ય અને એક કળા છે. તેટલું જ વિજ્ઞાન પણ છે. પશુપાલનનો સંબંધ ભેંસ, ગાય, ભૂંડ, ઘોડા, ઢોર, ઘેટાં, ઊંટ, બકરી વગેરે જેવા પશુધનના પ્રજનન અને તેમના ઉછેર સાથે છે, જે મનુષ્ય માટે લાભદાયી છે. વિસ્તૃતરૂપે, તેમાં મરઘાંઉછેર અને મત્સ્યઉછેર પણ સમાવાય છે. મત્સ્યઉદ્યોગ એટલે માછલીઓ, મૃદુકાય (કવચયુક્ત જલીય અપૃષ્ઠવંશી સજીવો-shell fish) અને સ્તરકવચીઓ (ઝિંગા, કરચલાં વગેરે)ને ઉછેરવા, પકડવા અને તેમના વેચાણનો સમાવેશ થાય છે. અતિપ્રાચીન કાળથી મનુષ્ય દ્વારા મધમાખી, રેશમ-કીડા, ઝિંગા, કરચલાં, માછલીઓ, પક્ષીઓ, ભૂંડ, ઢોર, ઘેટાં અને ઊંટ વગેરેનો ઉપયોગ તેમનાં ઉત્પાદનો જેવાં કે દૂધ, ઈંડાં, માંસ, ઊન, રેશમ, મધ વગેરે મેળવવા માટે કરવામાં આવે છે.

એવો અંદાજ છે કે વિશ્વનું 70 % પશુધન ભારત અને ચીન પાસે છે. તેમ છતાં, આશ્ચર્યની વાત એ છે કે, વિશ્વસ્તરે તેમનું ઉત્પાદન-સ્તર (farm produce)

25 % છે; જે એકમ દીઠ ઉત્પાદન-દર ઘણો ઓછો છે. તેથી પ્રાણી-સંવર્ધન અને સંભાળની પારંપરિક પદ્ધતિઓ ઉપરાંત ગુણવત્તા અને ઉત્પાદકતામાં સુધારો લાવવા માટે નવી તક્નિકીનો પ્રયોગ કરવામાં આવે છે.

9.1.1 કૃષિ તેમજ કૃષિને લગતાં પશુઓનું વ્યવસ્થાપન (Management of Farms and Farm Animals)

કૃષિ (ખેતર-farm) વ્યવસ્થાપનની પારંપરિક પદ્ધતિઓમાં વ્યવસાયિક દૃષ્ટિ હોવી જોઈએ, જેથી આપણા ખાદ્ય-ઉત્પાદનને વધુ આવશ્યક વેગ આપી શકીએ. ચાલો, આપણે વ્યવસ્થાપનની કેટલીક પ્રક્રિયાઓની ચર્ચા કરીએ, જે વિવિધ પશુ-કૃષિ તંત્રોમાં કાર્યરત છે.

9.1.1.1 ડેરી-વ્યવસાયનું વ્યવસ્થાપન (Dairy Farm Management)

ડેરીઉદ્યોગ એ મનુષ્યના વપરાશ માટે દૂધ તેમજ તેનાં ઉત્પાદનો માટે પ્રાણીઓનું વ્યવસ્થાપન થાય છે. *શું તમે એવાં પશુઓની યાદી બનાવી શકો છો જે ડેરી વ્યવસાય સાથે સંકળાયેલ હોય ? ડેરીઉદ્યોગ દ્વારા દૂધમાંથી બનતાં વિવિધ ઉત્પાદનો ક્યાં-ક્યાં છે ?* ડેરીઉદ્યોગ વ્યવસ્થાપનમાં પ્રક્રિયાઓ અને પ્રણાલીઓ (systems)નું અધ્યયન કરવામાં આવે છે. જેથી દૂધની ઉત્પાદકતા અને તેની ગુણવત્તામાં સુધારો કરી શકાય. ડેરી- વ્યવસાયમાં દૂધ-ઉત્પાદન પ્રાથમિક રીતે કૃષિજાત (નસલ-breed)ની ગુણવત્તા પર આધાર રાખે છે. સારી જાત (breed) જેમાં ઉચ્ચ ઉત્પાદન ક્ષમતાવાળી સારી નસલ (તે ક્ષેત્રની હવામાન પરિસ્થિતિ હેઠળ)નો ઉપયોગ અને તેમની રોગો સામેની પ્રતિકારક ક્ષમતાને અગત્યની ગણવામાં આવે છે. સારી ઉત્પાદન-ક્ષમતા મેળવવા માટે પશુઓની સારસંભાળ (માવજત) જેમાં તેમને રાખવાની સારી વ્યવસ્થા, પૂરતું પાણી તેમજ રોગમુક્ત વાતાવરણ હોવું જરૂરી છે. પશુઓને આહાર આપવામાં વૈજ્ઞાનિક દૃષ્ટિકોણ હોવો જોઈએ. જેમાં ઢોરને આપવામાં આવતા ચારા (fodder)ની ગુણવત્તા અને તેની માત્રા પર વધુ ભાર આપવો જોઈએ. આ ઉપરાંત પશુને દોહવાની (milking), દૂધ તેમજ દૂધમાંથી બનતી બનાવટનો સંગ્રહ અને તેના પરિવહન દરમિયાન ચોક્કસપણે સફાઈ તથા સ્વાસ્થ્ય (પશુ તેમજ તેના રખેવાળ બંનેનું)નું મહત્ત્વ સર્વોચ્ચ સ્થાને છે. હવે, તો આ બધી પ્રક્રિયા યંત્રો દ્વારા (mechanised) થઈ ગઈ છે, જેથી વ્યક્તિના સીધા સંપર્કમાં આવવાની તક રહેતી નથી. તેના કડકપણે અમલીકરણ માટે તેમનો યોગ્ય સૂચિઆંક (record) રાખવાની અને સમયાંતરે તેના નિયમિત નિરીક્ષણ (inspection)ની આવશ્યકતા રહે છે જેથી શક્ય હોય એટલા વહેલા સમસ્યાઓને ઓળખવા અને તેમના તાત્કાલિક નિવારણ માટે મદદ મળી રહે. પશુ-ચિકિત્સક (veterinary doctor)ની નિયમિત મુલાકાત પણ અનિવાર્ય બની રહે છે.

તમે ડેરી જાળવણીનાં વિવિધ પાસાંઓ (ઉદ્દેશો) પર પ્રશ્નાવલિ તૈયાર કરો અને પછી તમારા વિસ્તારમાં ડેરી ફાર્મની મુલાકાત લો અને પ્રશ્નોના જવાબો શોધી કાઢો તો તમને તે રસપ્રદ લાગશે.

9.1.1.2 મરઘાં-ઉછેર વ્યવસ્થાપન (Poultry Farm Management)

મરઘાં-ઉછેર એ ખોરાક કે તેમનાં ઈંડાં માટે ઉપયોગમાં લેવાતાં પાલતુ પક્ષીઓ (fowl)નો વર્ગ છે. તે લાક્ષણિક રીતે મરઘાં અને બતક તો ક્યારેક ટર્કી (turkey) અને હંસ (geese)નો પણ સમાવેશ કરે છે. મોટે ભાગે 'poultry' શબ્દનો ઉપયોગ માત્ર આ પક્ષીઓના માંસ મેળવવા સંબંધિત જ કરવામાં આવે છે. પરંતુ, વધુ સામાન્ય અર્થમાં તે અન્ય પક્ષીઓના માંસને પણ સંદર્ભિત કરી શકે છે.

ડેરીઉદ્યોગમાં, રોગમુક્ત અને યોગ્ય નસલ (જાત)ની પસંદગી, યોગ્ય અને સલામત ફાર્મની પરિસ્થિતિ, યોગ્ય ખોરાક અને પાણી તેમજ સ્વચ્છતા તથા સ્વાસ્થ્ય આ બધાં મરઘાં-ઉછેર વ્યવસ્થાપનનાં અગત્યનાં પાસાં છે.

તમે TV (ટેલિવિઝન) સમાચાર કે સમાચારપત્રોમાં 'bird flu virus' વિશે સાંભળ્યું હશે, જોયું હશે અને વાંચ્યું પણ હશે. જેના કારણે દેશભરમાં ભય સર્જાયો અને ઈંડાં તેમજ ચિકનના વપરાશ પર પ્રભાવી અસર પણ થઈ. તેના વિશે વધુ જાણી, તેની ચર્ચા કરો અને તેના વિશે જે ડરનું વાતાવરણ ઊભું થયું હતું, તે કેટલું યોગ્ય હતું ? કેટલાક મરઘાઓને જો ચેપ જોવા મળે તો તમે આ ફ્લૂને કેવી રીતે અટકાવશો ?

9.1.2 પ્રાણી-સંવર્ધન (Animal Breeding)

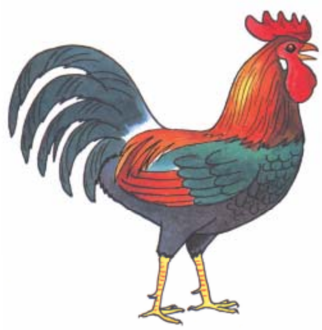
પ્રાણી-સંવર્ધન, પશુપાલનનું એક અગત્યનું પાસું છે. પ્રાણી-સંવર્ધનનો હેતુ તેમનાં ઉત્પાદનમાં વધારો કરવો અને તેમનાં ઉત્પાદનની ઉત્કૃષ્ટ ગુણવત્તા સુધારવી છે. *તો ક્યાં લક્ષણો મેળવવા માટે આપણે પ્રાણી-સંવર્ધન કરવું જોઈએ ? શું લક્ષણોની પસંદગી, પ્રાણીની પસંદગીથી અલગ છે ?*

'જાત' (breed) શબ્દથી આપણે શું સમજીએ છીએ ? પશુઓનો એવો સમૂહ જે પૂર્વજો સાથે વંશપરંપરાગત રીતે સંકળાયેલ હોય અને તેમનો સામાન્ય દેખાવ, લક્ષણો, કદ, રૂપ-રેખાંકન (configuration) વગેરે જેવા મોટા ભાગનાં લક્ષણોમાં સમાન હોય તેઓને એક જ જાત કે નસલના કહેવાય. *તમે તમારા વિસ્તારના ફાર્મનાં પશુ અને મરઘાંઉછેર કેન્દ્રની આવી નસલોની યાદી બનાવો.*

જો એક જ જાતનાં પ્રાણીઓ વચ્ચે સંવર્ધન કરાવવામાં આવે, તો તેને **અંતઃસંવર્ધન (inbreeding)** કહે છે. જ્યારે બે ભિન્ન જાતો (breeds) વચ્ચે કરવામાં આવતું સંકરણ **બહિઃસંવર્ધન (outbreeding)** કહે છે.

અંતઃસંવર્ધન (Inbreeding) : સંવર્ધન એટલે એક જ જાતનાં ગાઢ સંકલિત પ્રાણીઓ વચ્ચે 4-6 પેઢીઓ સુધી કરવામાં આવતું પ્રજનન. પ્રજનન પ્રેરવા માટે સૌપ્રથમ એક જ જાતનાં શ્રેષ્ઠ નર અને શ્રેષ્ઠ માદાને શોધી કાઢવા અને તેઓનું (આ જોડીનું) સમાગમ કરાવવું. ફળસ્વરૂપે પ્રાપ્ત સંતતિનું મૂલ્યાંકન કરવું અને તેમાંથી શ્રેષ્ઠ નર અને શ્રેષ્ઠ માદાને શોધી આગામી સમાગમ માટે પસંદ કરવા. શ્રેષ્ઠ માદા તરીકે, ગાય કે ભેંસ હોઈ શકે. જે પ્રત્યેક દૂધસ્રવણે (lactation) વધુ દૂધ આપે છે. જ્યારે બીજી બાજુ, શ્રેષ્ઠ નર એટલે આખલો (bull), જે અન્ય નરની સાપેક્ષે શ્રેષ્ઠતમ સંતતિ ઉત્પન્ન કરી શકે છે.

(a)



(b)

આકૃતિ 9.1 : દુધાળાં પશુઓ અને મરઘીમાં જાત-સુધારણા (a) જર્સી (Jersey) (b) લેગ્હૉર્ન (Leghorn)

પ્રકરણ 5માં મેન્ડલે ચર્ચેલ સમયુગ્મી શુદ્ધ વંશક્રમને યાદ કરો. વટાણાની શુદ્ધ જાતો મેળવવા માટે જે કાર્યપ્રણાલીનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો, તેવી જ કાર્ય-પ્રણાલીનો ઉપયોગ પશુઓની શુદ્ધ જાતો (pure breeds) મેળવવા માટે પણ થાય છે. અંતઃસંવર્ધનથી **સમયુગ્મતા (homozygosity)**નું પ્રમાણ વધે છે. આથી જો આપણે કોઈ પ્રાણીમાં તેની શુદ્ધ જાત મેળવવા માંગીએ છીએ, તો અંતઃસંવર્ધન જરૂરી છે. અંતઃસંવર્ધન નુકસાનકારક પ્રચ્છન્ન જનીનોને બહાર લાવે છે. જેને પસંદગી દ્વારા દૂર કરી શકાય છે. તે શ્રેષ્ઠ જનીનોની જમાવટ કરવામાં અને અનિશ્ચિત (ઓછા ઉત્કૃષ્ટ) જનીનોને દૂર કરવામાં મદદ કરે છે. માટે, આ અભિગમમાં જ્યાં દરેક સોપાને પસંદગીનો અવકાશ હોવાથી, અંતઃસંવર્ધિત વસ્તીની ઉત્પાદકતામાં વધારો કરે છે. તેમ છતાં, સતત અંતઃસંવર્ધન, ખાસ કરીને નિકટતમ અંતઃસંવર્ધન, ફળદ્રુપતા અને ઉત્પાદકતામાં ઘટાડો પ્રેરે છે, જેને **અંતઃસંવર્ધન દબાણ (inbreeding depression)**

કહે છે. આ સમસ્યા ઊભી થાય ત્યારે, અંતઃસંવર્ધિત વસ્તીનાં પ્રાણીઓનું, તે જ જાતનાં અસંબંધિત શ્રેષ્ઠ પ્રાણીઓ સાથે સમાગમ કરાવવાથી, ફળદ્રુપતા અને નીપજ(ઉત્પાદકતા)ને પુનઃ સ્થાપિત કરી શકાય છે.

બર્હિસંવર્ધન (Out breeding) : બર્હિસંવર્ધન, અસંબંધિત પ્રાણીઓનું સંકરણ છે. જે 4-6 પેઢીઓ સુધી સમાન પૂર્વજ ન ધરાવતાં હોય તેવાં પ્રાણીઓ વચ્ચે (out-crossing-વિજાતીય કે બર્હિસંસ્કરણ) અથવા ભિન્ન જાત વચ્ચે (cross breeding - પરસંવર્ધન) અથવા ભિન્ન જાતિઓ વચ્ચે (આંતરજાતીય સંવર્ધન - inter specific hybridisation) હોઈ શકે છે.

(i) બર્હિસંકરણ (Out crossing) : તે એક જ જાતનાં એવાં પ્રાણીઓ વચ્ચે કરાતો સમાગમ છે, જેમાં વંશાવલી અનુસાર 4-6 પેઢીઓ સુધી બંને પ્રાણીઓના કોઈ સામાન્ય પૂર્વજ હોવા ન જોઈએ. આ પ્રકારે ઉત્પન્ન થતી સંતતિ સીધી જ બર્હિસંકર જાત (out-cross breed) તરીકે ઓળખાય છે. આ પદ્ધતિ એવાં પશુઓ માટે ઉપયોગી છે, જેઓની દૂધ ઉત્પાદન-ક્ષમતા ઓછી હોય તેમજ માંસ માટે ઉપયોગી હોય તેવાં પ્રાણીઓના માંસનો દર વધારે છે. માત્ર એકવારનું બર્હિસંવર્ધન એ અંતઃસંવર્ધન દબાણને દૂર કરવામાં ઉપયોગી છે.

(ii) પર સંવર્ધન (Cross breeding) : આ પદ્ધતિમાં એક જાતનાં શ્રેષ્ઠ નરને અન્ય જાતની શ્રેષ્ઠ માદા સાથે સમાગમ કરાવવામાં આવે છે. પર સંવર્ધન દ્વારા બે ભિન્ન જાતનાં ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય સાધી શકાય છે. આ રીતે મળતી સંતતિ સીધી જ વ્યવસાયિક ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે. નવી સ્થાયી જાતોના વિકાસ માટે તેઓ અંતઃસંકરણ અને પસંદગીના સ્વરૂપે ઉપયોગી છે. જેથી આ નવી સ્થાયી જાતો એ વર્તમાન જાતોથી શ્રેષ્ઠ હોઈ શકે. આ અભિગમ દ્વારા ઘણી નવી પ્રાણીજાતો આ રીતે વિકસાવવામાં આવી છે. પંજાબમાં વિકસિત હિસારડેલ (Hisardale) ઘેટાંની નવી જાત છે. જે બિકાનેરી ઘેટી (Bikaneri ewes) અને મરીનો ઘેટાં (Marino rams) વચ્ચેના સંકરણની નીપજ છે.

(iii) આંતરજાતીય સંકરણ (Interspecific hybridisation) : આ પદ્ધતિમાં, બે ભિન્ન (જુદી-જુદી) સંબંધિત જાતિઓનાં નર અને માદા વચ્ચે સમાગમ કરાવવામાં આવે છે. કેટલાક કિસ્સાઓમાં, સંતતિમાં બંને પિતૃઓનાં ઇચ્છિત લક્ષણો જોવા મળે છે અને તેનું એક આગવું આર્થિક મહત્ત્વ હોય છે. દા.ત., ખચ્ચર (Mule) (આકૃતિ 9.2). *શું તમે જાણો છો ખચ્ચરની ઉત્પત્તિ કયા સંકરણનું પરિણામ છે ?*

આકૃતિ 9.2 : ખચ્ચર (Mule)

નિયંત્રિત સંવર્ધન પ્રયોગો (controlled breeding experiments) કૃત્રિમ વીર્યસેચન (artificial insemination) દ્વારા કરવામાં આવે છે. સંકરણ માટે પસંદ કરેલ નરનું વીર્ય, પસંદ કરેલ માદાના પ્રજનનમાર્ગમાં સંવર્ધક (breeder) દ્વારા દાખલ કરાવવામાં આવે છે. વીર્યનો ઉપયોગ તરત જ કે તેને થીજવીને (frozen) પછી ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. તે વીર્યને થીજવેલા સ્વરૂપે, માદાને જ્યાં રાખવામાં આવેલ હોય તે સ્થળે સ્થળાંતરિત કરીને લઈ જઈ શકાય છે અને આ રીતે ઇચ્છનીય સમાગમ કરાવી શકાય છે. કૃત્રિમ વીર્યસેચન (insemination) દ્વારા સામાન્ય સમાગમથી ઉત્પન્ન થતી સમસ્યાઓને નિવારી શકાય છે. શું તમે તેની ચર્ચા અને કેટલીક યાદી બનાવી શકો છો ?

કૃત્રિમ વીર્યસેચન કરવા છતાં પણ ઘણી વખત પુખ્ત માદા અને નર વચ્ચે કરવામાં આવતા સંકરણની સફળતાનો દર ઘટી જાય છે. સંકર જાતો (hybrids)ના સફળ ઉત્પાદન માટે, અન્ય પદ્ધતિઓનો પણ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. **multiple ovulation embryo transfer technology (MOET)**એ એવો કાર્યક્રમ છે જેના દ્વારા ગૌ-પશુ-સુધારણા કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિમાં ગાયને, FSH-જેવા અંતઃસ્રાવની સારવાર આપવામાં આવે છે, જેથી અંડપુટિકાઓનું

પરિપક્વન પ્રેરાય અને વધુ અંડસર્જન (super ovulation) થાય છે. સામાન્ય રીતે દરેક ચક્રે ઉત્પન્ન થતા 1 અંડકોષના સ્થાને 6-8 અંડકોષો સર્જાય છે. પ્રાણીને સર્વશ્રેષ્ઠ આખલા સાથે કે કૃત્રિમ વીર્યસંચન દ્વારા સમાગમિત કરાય છે. 8-32 કોષીય અવસ્થાના ફલિત અંડકોષોને શસ્ત્રક્રિયા વગર મેળવી, તેને સરોગેટ માતા (ભાડૂતી માતા)માં સ્થળાંતરિત કરાય છે. આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ ઢોરઢાંખર, ઘેટાં, સસલાં, ભેંસ, ઘોડા વગેરેમાં કરાઈ ચૂક્યો છે. માદાની વધુ દૂધ આપતી જાતો અને ઉચ્ચ ગુણવત્તા (ઓછું મેદવાળું માંસ)વાળા માંસ આપતા આખલા વગેરેને સફળતાપૂર્વક સંવર્ધિત કરી શકાય છે. જેથી કરીને ટૂંક સમયમાં ટોળા (herd)નું કદ (સંખ્યા) વધે છે.

9.1.3 મધમાખી-ઉછેર (Bee-Keeping)

મધમાખી-ઉછેર (apiculture) એટલે મધ-ઉત્પાદન માટે મધમાખીના મધપૂડાની માવજત. તે પ્રાચીનકાળથી ચાલતો આવતો એક કુટિર ઉદ્યોગ છે. મધ એ ઉચ્ચ પોષણમૂલ્ય ધરાવતો આહાર છે તેમજ ઔષધોની દેશી પ્રણાલી (આયુર્વેદ)માં પણ તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મધમાખીનું અન્ય ઉત્પાદન માખીનું મીણ (bees wax) છે, જે ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે ખૂબ ઉપયોગી છે. જેમકે, સૌંદર્ય-પ્રસાધનોની બનાવટમાં અને વિવિધ પ્રકારની પૉલિશમાં. મધની વધતી જતી માંગને કારણે મધમાખી-ઉછેરને મોટા પાયે વિકસાવવાની જરૂર પડી છે. આ વ્યવસાય મોટા પાયે હોય કે નાના પાયે, તે એક આવકનું સાધન બની ગયું છે.

મધમાખી-ઉછેર થાય જ્યાં જંગલી ઝાડીઓ, ફળના બગીચા અને ખેતરોમાં વાવેલા પાક હોય એવાં સ્થળોએ થઈ શકે છે. મધમાખીની કેટલીક જાતિઓને ઉછેરી શકાય છે. જેમાંની સૌથી સામાન્ય જાતિ એપિસ ઇન્ડિકા (*Apis indica*) છે. મધપૂડાને ઘરના આંગણામાં, વરંડામાં કે છત ઉપર પણ ઉછેરી શકાય છે. મધમાખી-ઉછેરમાં શ્રમિક કાર્ય હોતું નથી.

મધમાખી-ઉછેર એક સરળ વ્યવસ્થા છે છતાં તેના માટે કેટલુંક વિશિષ્ટ જ્ઞાન જરૂરી છે, જે માટે કેટલીક સંસ્થાઓ આ ક્ષેત્રે શિક્ષણ પ્રદાન કરે છે. સફળ મધમાખી-ઉછેર માટે નીચેના મુદ્દા અગત્યના છે :

(i) મધમાખીઓના સ્વભાવ અને આદતો/પ્રકૃતિનું જ્ઞાન

(ii) મધપૂડાને રાખવા માટે યોગ્ય સ્થળની પસંદગી

(iii) મધમાખીના ઝૂંડ (swarms)ને પકડવું અને તેને મધપૂડામાં ઉછેરવું.

(iv) ભિન્ન ઋતુઓમાં મધપૂડાનું વ્યવસ્થાપન

(v) મધ અને માખીના મીણને જાળવવું અને એકત્રિત કરવું.

મધમાખીઓ, આપણા ઘણા પાક માટે પરાગવાહકો તરીકે વર્તે છે (જુઓ પ્રકરણ 2). જેવાં કે, સૂર્યમુખી, રાઈ (*Brassica*), સફરજન અને નાસપતિ. પાક પર પુષ્પોદ્ભવ સમય દરમિયાન જો મધપૂડાને ખેતરમાં રાખવામાં આવે, તો પરાગનયનની ક્ષમતા વધી જાય છે. આમ, પાક અને મધ બંનેનાં ઉત્પાદનમાં લાભ થાય છે.

9.1.4 મત્સ્યઉદ્યોગ (Fisheries)

મત્સ્યઉદ્યોગ મત્સ્યો, કવચયુક્ત જલીય અપૃષ્ઠવંશી સજીવો (shellfish) અને અન્ય જલીય પ્રાણીઓને પકડવા, પ્રક્રિયા કરવા કે વેચાણ કરવા સાથે સંકળાયેલ છે. આપણી વસ્તીનો મોટો ભાગ મત્સ્ય, તેની પેદાશો અને અન્ય જલીય પ્રાણીઓ જેવાં કે, ઝિંગા, કરચલાં, લૉબ્સ્ટર (સાંઢો-lobster), ખાદ્ય છીપ (edible oyster) વગેરે પર ખોરાક માટે આધારિત છે. મીઠા પાણીની ખાદ્યમત્સ્યો જેમાં કટલા, રોહુ અને સામાન્ય તળાવની માછલી (common carp)નો સમાવેશ થાય છે. જ્યારે કેટલીક દરિયાઈ ખાદ્યમત્સ્યો જેવી કે, હિલ્સા,

સારડિન્સ, મેકેરેલ અને પોમ્ફ્રેટનો સમાવેશ થાય છે. શોધી કાઢો કે તમારા વિસ્તારમાં સામાન્ય રીતે ખવાતી માછલીઓ કઈ છે ?

ભારતીય અર્થવ્યવસ્થામાં મત્સ્યઉદ્યોગનું અગત્યનું સ્થાન છે. દરિયાકિનારાનાં રાજ્યોના લાખો માછીમારો અને ખેડૂતોને તે આવક અને રોજગાર પૂરો પાડે છે. ઘણા લોકો માટે તે એક માત્ર તેમની આજીવિકા છે. વધતી જતી માંગને પહોંચી વળવા માટે તેનું ઉત્પાદન વધારવા માટે મત્સ્યઉદ્યોગમાં વિવિધ તક્નિકીનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે, આપણે જલસંવર્ધન (aquaculture) અને મત્સ્ય-સંવર્ધન (pisciculture) દ્વારા મીઠા જળ અને દરિયાઈ જળ બંનેમાં જલજ વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓનું ઉત્પાદન વધારી શક્યા છીએ. *મત્સ્યસંવર્ધન અને જલસંવર્ધન વચ્ચેનો ભેદ શોધી કાઢો.* જેને કારણે મત્સ્યઉદ્યોગ વિકાસ પામ્યો છે તેમજ ફાલ્યો છે, જેનાથી સામાન્ય રીતે દેશને અને સવિશેષ ખેડૂતોને સારી એવી આવક થઈ છે. હવે, આપણે હવે 'નીલ ક્રાંતિ' (Blue Revolution) વિશેની વાતો કરવા લાગ્યા છીએ. 'હરિયાળી ક્રાંતિ' (Green Revolution)ની જેમ તેને પણ એ જ બાબતો લાગુ પડે છે.

9.2 વનસ્પતિ-સંવર્ધન (Plant Breeding)

પારંપરિક ખેતી દ્વારા મનુષ્ય અને પ્રાણીઓ માટે સીમિત માત્રામાં જૈવભાર ઉત્પાદન થાય છે. સારા વ્યવસ્થાપન દ્વારા અને ભૂમિનો ક્ષેત્રવિસ્તાર વધારીને ઉત્પાદનમાં વધારો કરી શકાય છે. પરંતુ, ફક્ત સીમિત માત્રામાં, (એક હદ સુધી જ). એક તક્નિકીના રૂપમાં વનસ્પતિ સંવર્ધને મોટે પાયે ઉત્પાદન વધારવામાં મદદ કરી છે. ભારતની કઈ એવી વ્યક્તિ છે, જેણે **હરિયાળી ક્રાંતિ** વિશે સાંભળ્યું નથી ? જેના થકી આપણે પાક-ઉત્પાદનની રાષ્ટ્રીય આવશ્યકતાઓને તો પ્રાપ્ત કરી શક્યા છીએ, તે ઉપરાંત આપણે નિકાસ (export) કરવા પણ સક્ષમ બન્યા છીએ ? હરિયાળી ક્રાંતિ મોટા ભાગે, વનસ્પતિ સંવર્ધનની તક્નિકી પર આધારિત ઘઉં, ચોખા, મકાઈ વગેરેના વધુ ઉત્પાદન તથા રોગ-પ્રતિકારક જાતોના વિકાસ પર આધારિત છે.

9.2.1 વનસ્પતિ-સંવર્ધન શું છે ? (What is Plant Breeding ?)

વનસ્પતિ-સંવર્ધન, વનસ્પતિની જાતિઓનો ઇરાદાપૂર્વકનો કુશળ વ્યવહાર છે, જેથી યોગ્ય રીતે ઇચ્છિત વનસ્પતિઓ મેળવી શકાય છે. આ રીતે મળતી વનસ્પતિઓ વધુ ખેતીલાયક, સારું ઉત્પાદન અને રોગ-પ્રતિરોધક હોય છે. માનવસંસ્કૃતિના આરંભથી, હજારો વર્ષો પૂર્વે પારંપરિક રૂપમાં વાનસ્પતિક સંવર્ધન કરવામાં આવતું હતું. તેના 9000-11,000 વર્ષો પૂર્વેના લેખિત પુરાવાઓ આજે પણ ઉપલબ્ધ છે. હાલના કેટલાક પાક પ્રાચીનકાળની વ્યાવહારિક કેળવણી-પ્રક્રિયાઓ (domestication)નું પરિણામ છે. આજના આપણા બધા મોટા ભાગના ખાદ્ય પાકો, વ્યવહારુ જાતિઓ (domisticated varieties)માંથી ઉત્પન્ન થયેલા છે. ઉત્કૃષ્ટ વનસ્પતિ-સંવર્ધનમાં શુદ્ધ વંશક્રમોનું સંસ્કરણ અને સંકરણ સમાવેશિત છે. ત્યાર બાદ તેને અનુસરીને વધુ ઉત્પાદન, પોષણ અને રોગપ્રતિરોધકતાનાં ઇચ્છનીય લક્ષણો ધરાવતી વનસ્પતિઓની કૃત્રિમ પસંદગી તેને અનુસરીને ઉત્પન્ન કરવાનો સમાવેશ છે. જનીનવિદ્યા, આણ્વિય જીવવિજ્ઞાન અને પેશીસંવર્ધન ક્ષેત્રે થયેલ પ્રગતિના ફળસ્વરૂપે, હવે વનસ્પતિ સંવર્ધન આણ્વિય જનીનિક સાધનોનો ઉપયોગ કરીને કરવામાં આવી રહ્યું છે.

જો આપણે એવાં સંવર્ધક લક્ષણોની યાદી બનાવવી હોય કે જેનો સંવર્ધકોએ પાકવિષયક વનસ્પતિઓમાં સમાવેશ કરવા પ્રયાસ કર્યો હોય તો આપણે પ્રથમ વધુ પાક-ઉત્પાદન અને સુધારેલી ગુણવત્તા ધરાવતાં લક્ષણોની યાદી બનાવવી પડે. પર્યાવરણીય તણાવ (ક્ષારતા, ઉચ્ચ તાપમાન, શુષ્કતા) સામે વધતી સહનશીલતા, રોગકારકો (વાઇરસ, ફૂગ અને બૅક્ટેરિયા) પ્રત્યે પ્રતિકારકતા તેમજ કીટકો (pests) પ્રત્યેની સહન-ક્ષમતામાં વધારો વગેરે પણ આપણી યાદીમાં સમાવવા પડશે.

વનસ્પતિ-સંવર્ધનના કાર્યક્રમો સુવ્યવસ્થિત રીતે સમગ્ર વિશ્વમાં સરકારી સંસ્થાઓ તેમજ વ્યાપારિક કંપનીઓ દ્વારા ચલાવવામાં આવે છે. જનીનિક રીતે ભિન્નતા ધરાવતી પાક-સંવર્ધિત જાતિ માટે નીચેના તબક્કાઓ હોય છે :

(i) ***ભિન્નતાનું એકત્રીકરણ (Collection of variability)*** : જનીનિક ભિન્નતા, સંવર્ધન કાર્યક્રમનો આધાર છે. ઘણા પાકોને જનીનિક ભિન્નતા તેમની જંગલી સંબંધિત પ્રજાતિમાંથી પ્રાપ્ત થઈ શકે છે. બધી જ વિભિન્ન જંગલી જાતો (wild breeds), પ્રજાતિઓ અને સંબંધિત સંવર્ધિત જાતિઓ (તેમનાં લક્ષણો માટે મૂલ્યાંકન કરેલ)નો સંગ્રહ અને પરિરક્ષણ, વસ્તીમાં પ્રાકૃતિક જનીનની પ્રાપ્યતાના અસરકારક વ્યાપ માટે પૂર્વ-અપેક્ષિત છે. કોઈ પાકમાં જોવા મળતા બધા જનીનોના વિવિધ વૈકલ્પિક કારકો (alleles)ના (વનસ્પતિ/ બીજ) સંગ્રહણને **જનનરસ સંગ્રહણ (germplasm collection)** કહે છે.

(ii) ***મૂલ્યાંકન અને પિતૃઓની પસંદગી (Evaluation and selection of parents)*** : જનનરસનું મૂલ્યાંકન કરવામાં આવે છે, જેથી ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય ધરાવતી વનસ્પતિઓને ઓળખી શકાય. આ રીતે પસંદગી કરેલ વનસ્પતિઓનું બહુગુણન કરી, તેમનો ઉપયોગ સંકરણ માટે કરવામાં આવે છે. આ પ્રકારે જ્યાં ઇચ્છનીય અને શક્ય હોય ત્યાં, શુદ્ધ સંતતિ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

(iii) ***પસંદ કરેલ પિતૃઓ વચ્ચે પર-સંકરણ (Cross hybridisation among the selected parents)*** : ઘણી વાર ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય બે ભિન્ન પિતૃઓ (વનસ્પતિ)ના ઉપયોગ દ્વારા મેળવવામાં આવે છે. જેમકે, એક પિતૃ ઉચ્ચ પ્રોટીન ગુણવત્તા ધરાવે છે અને બીજો પિતૃ કે જે રોગ-પ્રતિરોધકતા ધરાવે છે. તો તેઓનાં આવાં ઇચ્છિત અને ઉચ્ચ લક્ષણોનો સમન્વય સાધી શકાય છે. બે પિતૃઓના પર-સંકરણ (cross hybridising) દ્વારા આવું શક્ય છે, કે જેમાંથી સંકરજાત પેદા થાય છે જેમાં એક જ વનસ્પતિમાં ઇચ્છિત લક્ષણોનો જનીનિક રીતે સમન્વય થયેલ હોય. નર વનસ્પતિ તરીકે પસંદ કરેલ વનસ્પતિની પરાગરજને એકત્રિત કરી, માદા છોડ તરીકે પસંદ કરેલ વનસ્પતિના પરાગાસન પર સ્થાપિત કરાવવામાં આવે છે પરંતુ આ પ્રક્રિયા સમય માંગી લે તેવી અને કંટાળાજનક છે (પ્રકરણ 2માં સંકરણ કેવી રીતે કરાવાય છે તે દર્શાવ્યું છે). એવું પણ જરૂરી નથી કે સંકરણમાં ઇચ્છિત લક્ષણોનું જ જોડાણ થાય છે. આવા હજારો સંકરણ પૈકી કોઈ એકમાં જ આવો ઇચ્છનીય સમન્વય જોવા મળે છે.

(iv) ***ઉચ્ચ પુનઃસંયોજિત જાતોની પસંદગી અને પરીક્ષણ (Selection and testing of superior recombinants)*** : આ તબક્કામાં સંકરણ દ્વારા સર્જાયેલ સંતતિઓમાંથી ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય ધરાવતી વનસ્પતિઓની પસંદગી કરવામાં આવે છે. સંકરણના ઉદ્દેશની પ્રાપ્તિ માટે પસંદગીની પ્રક્રિયા ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ છે અને તેમાં સંતતિનું વૈજ્ઞાનિક ઢબે મૂલ્યાંકન થવું જોઈએ. આ તબક્કાના પરિણામરૂપે એવી વનસ્પતિઓ પ્રાપ્ત થાય છે જે બંને પિતૃઓમાં શ્રેષ્ઠ હોય (મોટે ભાગે એક કરતાં વધુ શ્રેષ્ઠ વનસ્પતિ સંતતિ પ્રાપ્ત થાય છે). કેટલીક પેઢીઓ સુધી તેઓમાં સ્વપરાગનયન કરાવવામાં આવે છે કે જ્યાં સુધી સમરૂપકતા (સમયુગ્મતા-homozygosity) પ્રાપ્ત ન થાય જેથી સંતતિઓમાં તેઓને આ લક્ષણોનું વિસંયોજન/વિયોજન/વિશ્લેષણ ન થાય.

(v) ***નવી જાતિઓનું પરીક્ષણ, મુક્તિ અને વ્યાપારીકરણ (Testing, release and commercialisation of new cultivars)*** : નવી પસંદ કરેલ જાતિઓના વંશક્રમોનું તેમનાં ઉત્પાદન અને અન્ય ગુણવત્તાસભર પાકની પેદાશો, રોગપ્રતિકારકતા વગેરે માટે મૂલ્યાંકન

કરવામાં આવે છે. તેમના મૂલ્યાંકન માટે તેમને સંશોધનક્ષેત્રો (ખેતરો)માં ઉગાડવામાં આવે છે અને તે દરમિયાન આદર્શ (યોગ્ય) ખાતર, સિંચાઈ (પિયત) અને અન્ય પાક-જાળવણી હેઠળ તેમના વિકાસની નોંધણી કરવામાં આવે છે. સંશોધનક્ષેત્રો (research-field)માં તેના મૂલ્યાંકન બાદ વનસ્પતિઓનું પરીક્ષણ દેશનાં વિવિધ સ્થાનોએ ખેડૂતનાં ખેતરોમાં ઓછામાં ઓછી ત્રણ ઋતુઓ સુધી કરવામાં આવે છે. જ્યાં પાક ઉછેરી શકાય તેવાં બધાં જ કૃષિ આબોહવાકીય સ્થાનોએ તેમને હંમેશાં ઉછેરવામાં આવે છે. આ રીતે મળતા પાકની તુલના ત્યાંની શ્રેષ્ઠ સ્થાનિક પાક સાથે કરવામાં આવે છે. જેના માટે ચકાસણી કે તેના સંવર્ધક (check or reference cultivar)નો સંદર્ભ લેવાય છે.

ભારત એક કૃષિપ્રધાન દેશ છે. ખેતી ભારતના કુલ ઘરેલુ ઉત્પાદન (GDP-gross domestic production)નો 33 % હિસ્સો છે અને વસ્તીના 62 % લોકોને તે રોજગાર પૂરો પાડે છે. ભારતની સ્વતંત્રતા પછી, દેશ સામે મુખ્ય પડકાર વધતી જતી જનસંખ્યા માટે પૂરતું ખોરાક-ઉત્પાદન કરવાનું હતું. આપણે જાણીએ છીએ કે, ખેતી માટે મર્યાદિત જમીન (ભૂમિ) ઉપલબ્ધ છે. તેવા સંજોગોમાં ઉપલબ્ધ જમીનમાં પ્રતિ એકમ પાક-ઉત્પાદન વધે તેવા પ્રયાસો કરવા પડશે. 1960ના મધ્યમાં ઘઉં અને ચોખાની વધુ ઉચ્ચ ઉત્પાદન આપતી જાતોના વિકાસમાં વનસ્પતિ-સંવર્ધનની તક્નિકીઓનો ઉપયોગ કરવાના, પરિણામ સ્વરૂપે ખાદ્ય-ઉત્પાદનમાં અત્યાધિક વૃદ્ધિ થઈ. આ તબક્કાને **હરિયાળી ક્રાંતિ (Green Revolution)** તરીકે ઓળખાય છે. આકૃતિ 9.3માં ઉચ્ચ ઉત્પાદનવાળી કેટલીક ભારતીય સંકર જાતોના પાકો પ્રસ્તુત કરે છે.

(a)

(b)

(c)

આકૃતિ 9.3 : કેટલાક ભારતીય સંકર પાકો (a) મકાઈ (b) ઘઉં (c) વટાણા

ઘઉં અને ચોખા (Wheat and Rice) : 1960થી 2000ના સમયગાળામાં, ઘઉંનું ઉત્પાદન 11 મિલિયન ટનથી વધીને 75 મિલિયન ટન થયું, જ્યારે ચોખાનું ઉત્પાદન 35 મિલિયન ટનથી વધીને 89.5 મિલિયન ટન થયું છે. ઘઉં અને ચોખાની અર્ધ-વામન (semi-dwarf) જાતોના વિકાસને કારણે આમ થયું. નોબલ પારિતોષિક વિજેતા નોર્મન ઇ. બોરલોગે, ઘઉં અને મકાઈના આંતરરાષ્ટ્રીય સુધારણા કેન્દ્ર, (Internation Centre for Wheat and Maize Improvement) મેક્સિકોમાં અર્ધ-વામન ઘઉંની જાત વિકસાવી. 1963માં ભારતના ઘઉં ઉગાડતા વિસ્તારોમાં ઉચ્ચ નીપજ આપતી અને રોગપ્રતિરોધક *સોનાલિકા (Sonalika)* અને *કલ્યાણ સોના (Kalyan Sona)* જેવી જાતોને ઉગાડવામાં આવી. ચોખાની અર્ધ-વામન જાતો IR-8માંથી (આંતરરાષ્ટ્રીય ચોખા સંશોધન સંસ્થાન - International Rice Research Institute - IRRI, ફિલિપાઇન્સ ખાતે) અને Taichung Native-Iમાંથી (તાઈવાન ખાતે) વિકસાવવામાં આવી. 1966માં આ વ્યુત્પન્નોનો પ્રાયોગિક ધોરણે ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો. ત્યાર બાદ ભારતમાં વધુ સારું ઉત્પાદન આપતી *જયા અને રત્ના (Jaya and Ratna)* વિકસાવવામાં આવી.

શેરડી (Sugar cane) : સેકેરમ બારબેરી (*Saccharum barberi*)ને મૂળરૂપે ઉત્તર ભારતમાં ઉગાડવામાં આવતી હતી. પરંતુ તેમાં શર્કરાનું પ્રમાણ ખૂબ ઓછું અને ઉત્પાદન પણ ઘણું ઓછું હતું. જ્યારે દક્ષિણ ભારતમાં ઉષ્ણકટિબંધમાં ઊગતી સેકેરમ ઓફિસિનેરમ (*Saccharum officinarum*) જાડું પ્રકાંડ અને વધુ શર્કરાની માત્રા ધરાવતી હતી. પરંતુ તે ઉત્તર ભારતમાં સારો વિકાસ દર્શાવી શકી નથી. આ બંને જાતિઓનું સફળ રીતે સંકરણ યોજીને, તેમનાં ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય સાધીને, વધુ ઉત્પાદન, જાડું પ્રકાંડ, ઉચ્ચ શર્કરા અને ઉત્તર ભારતમાં ઊગી શકવાની ક્ષમતા ધરાવતી જાત વિકસાવવામાં આવી.

જુવાર (Millets) : ભારતમાં મકાઈ, જુવાર અને બાજરીની સંકર જાતો સફળતાપૂર્વક વિકસાવાઈ છે. સંકરિત સંવર્ધનના કારણે વધુ ઉત્પાદન કરતી અને પાણીની ખેંચ (અછત) સામે પ્રતિરોધ ધરાવતી જાતોના વિકાસમાં વધારો થયો છે.

9.2.2 રોગ-પ્રતિરોધકતા માટે વનસ્પતિ-સંવર્ધન (Plant Breeding for Disease Resistance)

ફૂગ, બૅક્ટેરિયા અને વાઇરસ રોગકારકોની વિશાળ શ્રેણી, ખાસ કરીને ઉષ્ણકટિબંધના વાતાવરણમાં પાક-જાતિઓનાં ઉત્પાદન પર અસર કરે છે. પાકનું આ નુકસાન ઘણી વાર 20-30 % સુધીનું અથવા ક્યારેક તો સંપૂર્ણ નુકસાન પણ થાય છે. આ પરિસ્થિતિમાં, ખેતીવિષયક જાતોમાં રોગના પ્રતિકાર અને સંવર્ધનના વિકાસથી ખાદ્ય-ઉત્પાદનમાં વધારો થાય છે. જે ફૂગનાશક (fungicides) અને જીવાણુનાશક (bacteriocides)ના ઉપયોગની આશ્રિતા ઘટાડવામાં મદદ કરે છે. યજમાન વનસ્પતિનો પ્રતિકાર એ રોગ ઉત્પન્ન થવાથી લઈ રંગકારકના અટકાવવાની ક્ષમતા છે અને તે યજમાન વનસ્પતિના જનીનિક બંધારણને આધારે નિર્ધારિત થાય છે. સંવર્ધનની પ્રક્રિયા અપનાવતા પહેલાં, રોગકારકો વિશે જાણકારી મેળવવી તેમજ તેમના પ્રસારની ક્રિયાવિધિ જાણવી અગત્યની છે. ફૂગ દ્વારા થતા કેટલાક રોગો ગેરુ (rust) પ્રેરે છે, દા.ત., ઘઉંનો ભૂરો ગેરુ (brown rust of wheat), શેરડીનો લાલ સડો (red rot of sugarcane) અને બટાટાનો પાછોતરો સુકારો (late blight of potato), બૅક્ટેરિયા દ્વારા થતો ક્રુસીફરનો કાળો ગેરુ (black rot of crucifers) અને વિષાણુ દ્વારા થતો તમાકુનો કિર્મિર રોગ (tobacco mosaic), સલગસનો કિર્મિર રોગ (turnip mosaic) વગેરે.

રોગ-પ્રતિરોધકતા માટેની પદ્ધતિઓ (Methods of Breeding for Disease Resistance) : સંવર્ધનનો હેતુ પરંપરાગત સંવર્ધનની તક્નિકીઓ (જે અગાઉ વર્ણવેલ છે) કે વિકૃત કે પરિવર્તિત સંવર્ધન (mutation breeding) દ્વારા સિદ્ધ કરવામાં આવે છે. સંકરણ અને પસંદગી એ પ્રતિરોધકો મેળવવા માટેની પરંપરાગત સંવર્ધનપદ્ધતિ છે. તેના માટેના તબક્કાઓ (વિધિ) અને સંવર્ધન દ્વારા વધુ ઉત્પાદન મેળવવા જેવાં અન્ય કોઈ પણ કૃષિવિદ્યાકીય લક્ષણો માટેના તબક્કાઓ આવશ્યક રીતે સમાન છે. વિવિધ તબક્કાઓ ક્રમશઃ

પ્રતિરોધકતાના સ્રોત માટે જનનરસની તારવણી, પસંદગી કરેલ પિતૃઓનું સંકરણ, સંકર જાતોની પસંદગી અને મૂલ્યાંકન તથા નવી જાતોનું પરીક્ષણ અને મુક્તિ (બહાર પાડવી).

સંકરણ તેમજ પસંદગી દ્વારા ઉગાડવામાં આવતા ફૂગ, બૅક્ટેરિયા અને વાઈરલ રોગો પ્રત્યે પ્રતિરોધક અને બહાર પાડવામાં આવેલ કેટલાક પાકની જાતો છે (કોષ્ટક 9.1).

કોષ્ટક 9.1

પાક (Crop)	જાત (Variety)	રોગ સામે પ્રતિરોધકતા (Resistance to diseases)
ઘઉં (Wheat)	*હિમગીરી (Himgiri)*	*પર્ણ તથા કિનારીનો ગેરુ hill bunt* (ઘઉંને થતો એક રોગ)
રાઈ (Brassica)	*પુસા સ્વર્ણિમ (Karan rai)*	*સફેદ ગેરુ (white rust)*
ફ્લાવર (Cauliflower)	*પુસા શુભ્રા (Pusa Shubhra) પુસા સ્નોબોલ K-1 Pusa Snowball K-1*	*કાળો સડો (black rot) અને ફુગના કાળા સુકારાનો વલન રોગ-ઘેરો કાળો સડો (blight black rot)*
ચોળા (Cowpea)	*પુસા કોમલ (Pusa Komal)*	*બૅક્ટેરિયલ સુકારો (bacterial blight)*
મરચું (Chilli)	*પુસા સદાબહાર (Pusa Sadabahar)*	*ચીલી મોઝેઈક વાઈરસ, ટોબેકો મોઝેઈક વાઈરસ અને પર્ણવલન (leaf curl)*

વિવિધ પાકની ભિન્ન જાતો કે સંબંધિત જંગલી જાતોમાં હાજર અને ઓળખાયેલા રોગ-પ્રતિરોધક જનીનોની સીમિત સંખ્યાને કારણે પરંપરાગત સંવર્ધન મોટે ભાગે નીરસ બની જાય છે. વિવિધ ઉપાયો દ્વારા વનસ્પતિમાં વિકૃતિઓ પ્રેરવાથી અને ત્યાર બાદ પ્રતિકારકતા માટે વનસ્પતિજન્ય પદાર્થોને જુદા તારવવાથી ક્યારેક ઇચ્છિત જનીનોની ઓળખ કરી શકાય છે. ઇચ્છિત લક્ષણો ધરાવતી આવી વનસ્પતિઓનું સીધું જ બહુગુણન કરી શકાય છે અથવા તેમનો સંવહન માટે ઉપયોગ કરી શકાય છે. સંવહનની અન્ય પદ્ધતિઓ જેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે, તેમાંથી સોમાક્લોનલ વેરિયન્ટ અને જીનેટિક એન્જિનિયરિંગ પૈકીની પસંદગી છે.

ઉત્પરિવર્તન વિકૃતિ (Mutation) : આનુવંશિક ભિન્નતા માટે જનીનની અંદર નાઇટ્રોજન બેઝના ક્રમમાં ફેરફાર કરવો તેને વિકૃતિ (પ્રકરણ 5 જુઓ) કહે છે, જેના પરિણામે નવાં લક્ષણો વિકસિત થાય છે, તે તેમના પિતૃઓમાં હોતાં નથી. કૃત્રિમ રીતે રસાયણો કે વિકિરણો (જેવાં કે ગામા-કિરણો)નો ઉપયોગ કરવાથી વિકૃતિ પ્રેરી શકાય છે, તેમજ સંવર્ધનમાં સ્રોત તરીકે ઇચ્છનીય લક્ષણો ધરાવતી વનસ્પતિની પસંદગી અને ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયાને **ઉત્પરિવર્તન સંવર્ધન (mutation breeding)** કહે છે. ઉત્પરિવર્તિત મગ (mung beans)માં યલો મોઝેઇક વાઇરસ અને પાવડરી મીલ્ડ્યુ (powdery mildew) સામે પ્રતિરોધકતા પ્રેરી શકાઈ હતી.

વનસ્પતિઓની કેટલીક કૃષિજન્ય જંગલી જાતો પ્રતિરોધક લક્ષણો ધરાવે છે, પરંતુ, તેઓની ઉત્પાદન-ક્ષમતા બહુ ઓછી હોય છે. આથી ઊંચા ઉત્પાદન માટે આવી કૃષિજન્ય જંગલી જાતોમાંથી ઉચ્ચ-ઉત્પાદકતાવાળી જાતોમાં પ્રતિરોધક જનીનોનો પ્રવેશ કરાવવામાં આવે છે. ભીંડા (*Abelmoschus escalentus*)માં યલો મોઝેઇક વાઇરસ (yellow mozaic virus) સામે પ્રતિરોધકતા મેળવવા જંગલી જાતમાંથી તેને (આવા જનીનોને) તબદીલ કરવામાં આવ્યા. જેના પરિણામે એ. એસ્ક્યુલેન્ટ્સ (*A.esculentus*)ની નવી જાત (variety) પ્રાપ્ત થઈ, જેને **પરભાણી ક્રાંતિ (Parbhani Kranti)** કહે છે.

ઉપર્યુક્ત બધાં ઉદાહરણોમાં પ્રતિરોધક જનીનોના સ્રોત સામેલ થાય છે. આ સજીવો એ જ પાકની જાત કે તેને સંબંધિત જંગલી જાતના હોય છે કે જેમને રોગ-પ્રતિકારકતા માટે સંવર્ધિત કરવામાં આવે છે. પ્રતિરોધક જનીનોનું સ્થળાંતરણ લક્ષ્ય વનસ્પતિ અને સ્રોત વનસ્પતિ વચ્ચે લિંગી-સંકરણ કરવાથી થાય છે અને તેને પસંદગીની ક્રિયા દ્વારા પૂર્ણ કરવામાં આવે છે.

9.2.3 કીટકો સામે પ્રતિરોધકતાના વિકાસ માટે વનસ્પતિ-સંવર્ધન (Plant Breeding for Developing Resistance to Insect Pests)

પાક-વનસ્પતિ અને પાક-ઉત્પાદનનું મોટા પાયે વિનાશનું અન્ય મુખ્ય કારણ કીટક અને કીટકોનો ઉપદ્રવ છે. યજમાન પાક વનસ્પતિઓમાં કીટ પ્રતિરોધકતા બાહ્યાકાર, જૈવરસાયણ કે દેહધાર્મિકીય લક્ષણોને કારણે હોય છે. કેટલીક વનસ્પતિઓમાં રોમમય પર્ણો, કીટકોના પ્રતિકાર સાથે સંકળાયેલા છે. દા.ત., કપાસમાં જેસિડ (Jassids) અને ઘઉંમાં ધાન્યપર્ણ ભૃંગ કીટકો. ઘઉંમાં વિશિષ્ટ પ્રકારના પ્રકાંડને કારણે સ્ટેમ સોફલાય (stem sawfly) તેમની નજીક જતી નથી તથા લીસાં પર્ણવાળી અને મધુરસવિહીન કપાસની જાતો બૉલવર્મ્સ (boll worms)ને આકર્ષી શકતી નથી. મકાઈમાં ઉચ્ચ એસ્પાર્ટિક ઍસિડ, નાઇટ્રૉજન અને શર્કરાનું ઓછું પ્રમાણ તેના પ્રકાંડ ભેદક કીટકો (stem borers) સામે પ્રતિરોધકતા સર્જે છે.

અગાઉ થયેલ ચર્ચા પ્રમાણે, કીટ પ્રતિરોધકતા માટેની સંવર્ધન પદ્ધતિઓમાં અન્ય કોઈ પણ કૃષિ-વિષયક લક્ષણ જેમકે, ઉત્પાદન કે ગુણવત્તા વગેરે તે જ પદ્ધતિઓનો સમાવેશ થાય છે. કૃષિ તથા તેની જંગલી જાતોના પ્રતિરોધક જનીનોનો સ્રોત કૃષિજન્ય જાતો તેમજ સંચિત જનનરસ છે.

કીટકો પ્રત્યે પ્રતિરોધકતા વિકસાવવા માટે સંકરણ અને પસંદગી દ્વારા બહાર પાડવામાં આવેલ કેટલાક પ્રજનનિત પાકની જાતોની માહિતી નીચે દર્શાવેલ કોષ્ટક 9.2માં આપેલ છે :

કોષ્ટક 9.2

પાક (Crop)	જાત (Variety)	કીટક (Insect Pests)
રાઈ (Brassica) *(Rapeseed mustard)*	*પુસા ગૌરવ* *(Pusa Gaurav)*	*એફિડ્સ (Aphids)*
ચપટા કઠોળ *(Flat beans)*	*પુસા સેમ 2 (Pusa Sem 2),* *પુસા સેમ 3 (Pusa Sem 3)*	*જેસિડ્સ (Jassids), એફિડ્સ* *અને ફળભેદક (fruit borer)*
ભીંડા (Okara)	*પુસા સવાની (Pusa Sawani)* *પુસા A-4 (Pusa A-4)*	*પ્રકાંડ અને ફળભેદક*

9.2.4 સુધારેલ ખાદ્ય-ગુણવત્તા માટે વનસ્પતિ-સંવર્ધન (Plant Breeding for Improved Food Quality)

વિશ્વમાં લગભગ 840 લાખ (મિલિયન)થી પણ વધુ લોકોને તેમના દૈનિક ખાદ્ય તથા પોષણસંબંધી જરૂરિયાતોની પૂર્તિ માટે પર્યાપ્ત ખોરાક પ્રાપ્ત થતો નથી. મોટી સંખ્યામાં લગભગ 3 કરોડ (બિલિયન) લોકો લઘુ પોષકતત્ત્વો, પ્રોટીન અને વિટામિનની ઊણપ સહન કરે છે કે ભૂખમરા (hidden hunger)નો શિકાર છે. કારણ કે, તેઓને શાકભાજી, કઠોળ, માછલી અને માંસની ખરીદી પરવડી શકતી નથી. એવો ખોરાક કે જેમાં આવશ્યક લઘુ પોષકતત્ત્વો જેવાં કે આયર્ન, વિટામિન A, આયોડિન અને ઝિંકનો અભાવ હોય છે તેને લીધે રોગ થવાનું જોખમ વધી જાય છે, જેથી જીવનકાળમાં ઘટાડો અને માનસિક ક્ષમતા ઘટી જાય છે.

જૈવિક રક્ષણાત્મકતા (બાયોફોર્ટિફિકેશન -Biofortification) : લોક તંદુરસ્તીમાં સુધારો કરવા માટે સંવર્ધિત પાકોમાં વિપુલ માત્રામાં વિટામિન્સ અને ખનીજ તત્ત્વો તેમજ સ્વાસ્થ્યવર્ધક પ્રોટીન હોવા જરૂરી છે.

સુધારેલ પોષણ ગુણવત્તા માટે કરવામાં આવતા સંવર્ધનમાં નીચેના મુદ્દાઓને ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે :

(i) પ્રોટીન-પ્રમાણ અને ગુણવત્તા

(ii) તૈલ-પ્રમાણ અને ગુણવત્તા

(iii) વિટામિન પ્રમાણ અને

(iv) લઘુ પોષકતત્ત્વો તથા ખનીજ-પ્રમાણ

વર્ષ 2000માં, વિકસિત મકાઈની સંકર જાતમાં હાલની મકાઈની જાત કરતાં લાયસિન અને ટ્રિપ્ટોફેન એમિનોઍસિડનું પ્રમાણ બેગણું નોંધાયું. ઘઉંની જાત, એટલાસ 66, તેના ઉચ્ચ પ્રોટીન મૂલ્યને કારણે, ઘઉંનો સુધારેલ પાક મેળવવા માટે દાતા તરીકે ઉપયોગી છે. સામાન્ય વપરાશમાં લેવાતી ચોખાની જાતમાં હોય તેના કરતાં પાંચગણું આયર્ન-મૂલ્ય ધરાવતી ચોખાની જાત વિકસાવવાનું શક્ય બન્યું છે.

ભારતીય કૃષિ-સંશોધન સંસ્થા (Indian Agricultural Research Institute, IARI) એ ન્યુ દિલ્હી ખાતે, શાકભાજીના એવા પાકો બહાર પાડ્યા છે જે વિટામિન A અને ખનીજની વિપુલ માત્રા ધરાવે છે. દા.ત., વિટામિન Aથી ભરપૂર ગાજર, પાલક, કોળું (pumpkin); વિટામિન Cથી સમૃદ્ધ કારેલાં, ચીલની ભાજી (bathua), રાઈ, ટામેટાં; આયર્ન (લોહ) અને કૅલ્શિયમથી ભરપૂર પાલક અને ચીલની ભાજી; તથા પ્રોટીનથી સમૃદ્ધ કઠોળ (શિમ્બ) જેવાં કે વાલ (broad beans), વાલોળ (lablab), ફણસી (french beans) અને વટાણા.

9.3 એકકોષજન્ય પ્રોટીન (Single Cell Protein-SCP)

ધાન્ય, કઠોળ, શાકભાજી, ફળ વગેરેના પારંપરિક કૃષિ-ઉત્પાદનનો દર એટલો નથી કે તે મનુષ્ય અને પ્રાણીઓની વધતી જતી જનસંખ્યાની જરૂરિયાતને પૂર્તિ કરી શકે. શાકાહારથી માંસાહારમાં પરિવર્તન પણ ધાન્યની માંગને પહોંચી વળે એમ નથી; કારણ કે, 1 કિગ્રા પ્રાણી માંસના સંવર્ધન માટે 3-10 કિગ્રા અનાજની આવશ્યકતા રહે છે. *શું તમે આ વિધાનને તમારા આહાર-શૃંખલાના જ્ઞાનને આધારે વર્ણવી શકો છો ?* 25 ટકાથી પણ વધુ માનવવસ્તી ભૂખમરા અને કુપોષણનો શિકાર છે. મનુષ્ય અને પ્રાણીઓમાં પ્રોટીન પોષણ માટેના વૈકલ્પિક સ્રોતોમાંનો એક સ્રોત **એકકોષજન્ય પ્રોટીન (SCP)** છે.

ઔદ્યોગિક સ્તરે સંવર્ધિત કરવામાં આવતા સૂક્ષ્મ જીવો પ્રોટીનનો એક સારો સ્રોત છે. નીલહરિતલીલ જેવી કે સ્પાયરુલિના*(Spirulina)*ને બટાટાના પ્રોસેસિંગ પ્લાન્ટ (જેમાં સ્ટાર્ચ હોય છે), ઘાસની સળીઓ (straw), મોલાસીસ (molasses), પ્રાણીજ ખાતર અને ગટરના પાણી (સુએઝ) વગેરે પર સરળતાથી ઉછેરી શકાય છે. જે વિપુલ માત્રામાં પ્રોટીન, ખનીજ, મેદ, કાર્બોદિત અને વિટામિનથી ભરપૂર ખોરાક તરીકે ગરજ સારે છે. આકસ્મિક રીતે તેઓ પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને પણ ઘટાડે છે.

કેટલાક બૅક્ટેરિયા જેવા કે, મિથાયલોફિલસ મિથાયલોટ્રોફસ *(Methylophilus methylotrophus)* બૅક્ટેરિયા તેમના ઉચ્ચ જૈવભાર ઉત્પાદન અને વૃદ્ધિને કારણે 25 ટન પ્રોટીન ઉત્પન્ન

કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. એ પણ સત્ય છે કે ઘણા લોકો મશરૂમનો આહાર તરીકે ઉપયોગ કરે છે અને મોટા પાયે તેના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન પર વિશ્વાસ બેસે છે કે સૂક્ષ્મ જીવો પણ આહાર તરીકે સ્વીકૃત થઈ શકે છે.

9.4 પેશી-સંવર્ધન (Tissue Culture)

જ્યારે આપણી પારંપરિક કૃષિપદ્ધતિઓ પર્યાપ્ત માત્રામાં ખોરાકની માંગને પહોંચી વળવા અસમર્થ/ અસફળ બની છે ત્યારે પાક-સુધારણા માટેની એક નવી તક્નિકીનો વિકાસ (જન્મ) થયો છે જેને આપણે **પેશી-સંવર્ધન (Tissue culture)** કહીએ છીએ. પેશી-સંવર્ધન એટલે શું ? 1950 દરમિયાન, વૈજ્ઞાનિકોને જાણવા મળ્યું કે, **નિવેશ્ય (explant)**માંથી એક સંપૂર્ણ છોડ વિકસાવી શકાય છે. તે માટે વનસ્પતિના કોઈ પણ ભાગ લઈને તેને જંતુમુક્ત પરિસ્થિતિમાં ટેસ્ટટ્યૂબમાં સંવર્ધિત કરવામાં આવે છે. કોઈ પણ કોષ/નિવેશ્યમાંથી સમગ્ર છોડને સર્જવાની ક્ષમતાને **પૂર્ણક્ષમતા (totipotency)** કહે છે. આગળના ધોરણમાં તમે અભ્યાસ કરશો કે તેને કઈ રીતે શક્ય બનાવી શકાય છે. અહીં એ વાત પર ખાસ ભાર મૂકવો જોઈએ કે, પોષક માધ્યમમાં કાર્બન સ્રોત જેવા કે સુક્રોઝ તેમજ અકાર્બનિક ક્ષાર, વિટામિન્સ, એમિનોઍસિડ તથા ઑક્ઝિન (auxin), સાયટોકાઇનિન (cytokinin) જેવા વૃદ્ધિ નિયામકો પૂરા પાડવામાં આવે. આ પદ્ધતિઓના ઉપયોગ દ્વારા ખૂબ ઓછા સમયમાં મોટી સંખ્યામાં વનસ્પતિઓનું પ્રસર્જન મેળવવું શક્ય બને છે. આમ, પેશી-સંવર્ધન દ્વારા હજારોની સંખ્યામાં વનસ્પતિના સર્જનની આ પદ્ધતિને **સૂક્ષ્મ-પ્રવર્ધન (micropropagation)** કહે છે. આ રીતે ઉત્પન્ન થતી વનસ્પતિઓ તેમની મૂળ વનસ્પતિઓને મળતી આવે છે કે જેમાંથી તેમને વિકસાવી હોય, એટલે કે તેઓ **સોમાક્લોન્સ (somaclones)** છે. મહત્ત્વની ખાદ્યપેદાશો જેવી કે ટામેટાં, કેળાં, સફરજન વગેરેનું મોટા પાયે ઉત્પાદન આ પદ્ધતિ દ્વારા કરવામાં આવે છે. તમે તમારા શિક્ષક સાથે આવી પેશી-સંવર્ધન પ્રયોગશાળાની મુલાકાત લો. જેથી તેને વધુ સમજી શકાય અને તેને બિરદાવી શકાય.

આ પદ્ધતિનો મહત્ત્વનો અન્ય ઉપયોગ એ છે કે, રોગિષ્ટ વનસ્પતિઓમાંથી તંદુરસ્ત વનસ્પતિઓની પુનઃ પ્રાપ્તિ થઈ શકે છે. વનસ્પતિ વાઇરસથી ગ્રસ્ત હોવા છતાં, તેનો **વર્ધનશીલ પ્રદેશ-meristem** (અગ્રીય-apical અને કક્ષીય-axillary) વાઇરસથી અપ્રભાવિત હોય છે. આ માટે વર્ધનશીલ પ્રદેશને દૂર કરીને તેને પ્રયોગશાળામાં (*in vitro*)માં ઉછેરી વાઇરસ મુક્ત વનસ્પતિ મેળવી શકાય છે. વૈજ્ઞાનિકોને કેળાં, શેરડી અને બટાટાના વર્ધનશીલ પ્રદેશને સંવર્ધિત કરવામાં સફળતા મળી છે.

વૈજ્ઞાનિકોએ વનસ્પતિમાંથી એકાકી કોષોને અલગ તારવ્યા છે તથા તેમની કોષદીવાલનું પાચન કરાવીને ખુલ્લું / નગ્ન પ્રોટોપ્લાઝમ મેળવાઈ શકાયું છે (જે કોષરસપટલથી આવરિત હોય છે). આ રીતે બે ભિન્ન જાતોના જીવરસ (પ્રોટોપ્લાઝમ-protoplasm), જે ઇચ્છિત લક્ષણો ધરાવે છે તેમને સંયોજિત કરીને સંકર જીવરસ મેળવી શકાય છે. જેનાં આગળ નવી વનસ્પતિના સર્જન માટે ઉપયોગ કરી શકાય છે. આવી જાતોને **દૈહિક સંકર (somatic hybrid)**, જ્યારે તેની પદ્ધતિને **દૈહિક સંકરણ (somatic hyrbidisation)** કહેવામાં આવે છે. એવી કલ્પના કરો કે, ટામેટાના જીવરસનું જોડાણ બટાટાના જીવરસ સાથે કરાવવામાં આવે અને તેમાંથી ઉત્પન્ન થતી સંકર વનસ્પતિ ટામેટાં અને બટાટા બંનેનાં લક્ષણો ધરાવે છે. જેને પરિણામે 'પોમેટો' (pomato)નું નિર્માણ કરી શકાયું છે. પરંતુ, દુર્ભાગ્યવશ આ વનસ્પતિમાં વ્યવસાયિક ઉપયોગ માટે ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય સાધી શકાયો નથી.

સારાંશ

વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધાંતોને અનુસરીને પાલતુ પશુઓની સારસંભાળ તથા પ્રજનનસંબંધી પ્રક્રિયાઓને પશુપાલન કહે છે. ગુણાત્મક અને માત્રાત્મક બંને દૃષ્ટિકોણથી લાભદાયી એવી પશુપાલન પદ્ધતિઓને અપનાવાથી પશુઓ તેમજ તેમની ઉત્પાદનોની વધતી જતી ખાદ્યમાંગને પૂરી કરી શકાઈ છે. આ પદ્ધતિઓમાં (i) કૃષિ તથા કૃષિપશુઓનું વ્યવસ્થાપન અને (ii) પ્રાણી-સંવર્ધનનો સમાવેશ થાય છે. મધનું ઉચ્ચ પોષણમૂલ્ય તેમજ તેના ઔષધકીય મહત્ત્વને ધ્યાનમાં રાખીને મધમાખી ઉછેર કે એપીકલ્ચરમાં નોંધપાત્ર વધારો થયો છે. મત્સ્યઉદ્યોગ પણ આવો વિકસતો ઉદ્યોગ છે, જે માછલી, તેનાં ઉત્પાદન અને અન્ય જલીય ખાદ્યપ્રાણીઓની વધતી માંગને પૂરું કરી રહ્યો છે.

વનસ્પતિ સંવર્ધનનો ઉપયોગ નવી જાતના વિકાસમાં થાય છે. જે રોગકારકો તથા કીટ પ્રતિરોધક હોય. જેથી ખોરાકનું ઉત્પાદન વધે છે. આ પદ્ધતિ દ્વારા ખોરાકની પ્રોટીન માત્રા તેમજ તેની ગુણવત્તામાં પણ વધારો કરી શકાયો છે. આ બધા ઉપાયો ખોરાકનાં ઉત્પાદનમાં વધારો કરે છે. પેશી-સંવર્ધન અને દૈહિક સંકરણની તક્‌નિકીના ઉપયોગ દ્વારા *Invitro*થી નવી જાત (variety) સર્જી શકાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. માનવ-કલ્યાણમાં પશુપાલનની ભૂમિકાને ટૂંકમાં સમજાવો.
2. જો તમારું કુટુંબ પોતાનો ડેરીઉદ્યોગ ધરાવે છે તો તમે દૂધ-ઉત્પાદનની ગુણવત્તા અને માત્રામાં સુધારો કરવા માટે કયા ઉપાયો દર્શાવશો ?
3. જાત શબ્દનો અર્થ શું છે ? પ્રાણી સંવર્ધનના હેતુઓ શું છે ?
4. પ્રાણી-સંવર્ધન પદ્ધતિઓનાં નામ આપો. તમારા મંતવ્ય અનુસાર કઈ પદ્ધતિ સૌથી સારી છે ? શા માટે ?
5. એપીકલ્ચર શું છે ? આપણા જીવનમાં તેનું મહત્ત્વ કેવી રીતે છે ?
6. ખાદ્ય-ઉત્પાદન / અન્ન-ઉત્પાદનના ઉન્નતીકરણમાં મત્સ્યઉદ્યોગની ભૂમિકાની ચર્ચા કરો.
7. વનસ્પતિ-સંવર્ધનમાં આપેલા વિવિધ તબક્કાઓની ટૂંકમાં ચર્ચા કરો.
8. જૈવિક રક્ષણાત્મકતા-બાયોફોર્ફિફિકેશન એટલે શું ? સમજાવો.
9. વાઈરસમુક્ત વનસ્પતિઓનો અભ્યાસ કરવા માટે વનસ્પતિનો કયો ભાગ સૌથી ઉત્તમ છે અને શા માટે ?
10. સૂક્ષ્મપ્રવર્ધન દ્વારા વનસ્પતિઓનાં ઉત્પાદનના મુખ્ય ફાયદાઓ કયા છે ?
11. શોધી કાઢો કે, પ્રયોગશાળામાં (*in vitro*) નિવેશ્યના પ્રસર્જન માટે વિવિધ ઘટકોનું કયું માધ્યમ ઉપયોગી છે ?
12. પાક-ઉત્પાદિત વનસ્પતિઓની કોઈ પણ પાંચ સંકર જાતો કે જેનો વિકાસ ભારતમાં થયેલો છે તેના નામ આપો.

પ્રકરણ 10

માનવ-કલ્યાણમાં સૂક્ષ્મજીવો (Microbes in Human Welfare)

10.1 ઘરગથ્થુ ઉત્પાદનોમાં સૂક્ષ્મજીવો

10.2 ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનોમાં સૂક્ષ્મજીવો

10.3 સુએઝ સુધારણામાં સૂક્ષ્મજીવો

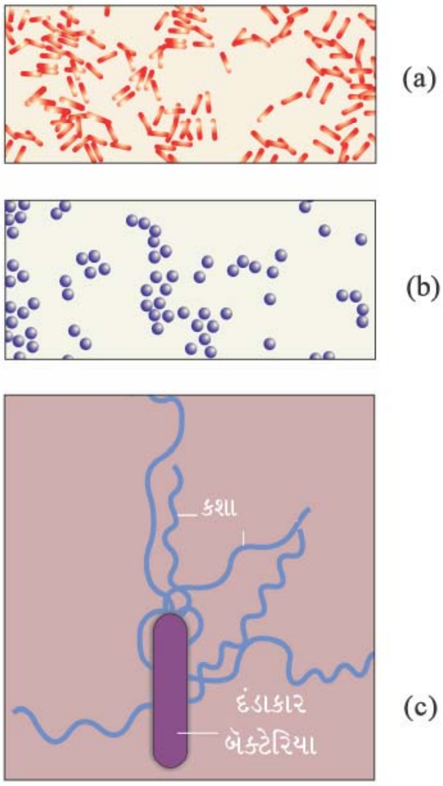
10.4 બાયોગૅસના ઉત્પાદનમાં સૂક્ષ્મજીવો

10.5 જૈવિક નિયંત્રકો તરીકે સૂક્ષ્મજીવો

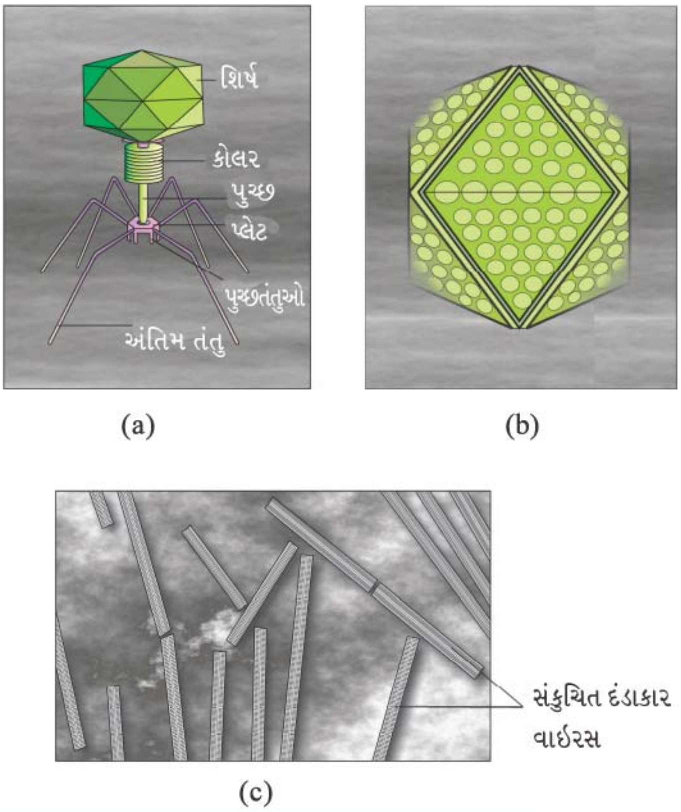
10.6 જૈવિક ખાતરો તરીકે સૂક્ષ્મજીવો

બૃહદદર્શી (macroscopic) વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ ઉપરાંત, સૂક્ષ્મજીવો પૃથ્વી પરના જૈવિક તંત્રનાં મુખ્ય ઘટકો છે. ધોરણ XIમાં તમે સજીવોમાં વિવિધતા વિશે અભ્યાસ કરેલો છે. *શું તમને યાદ આવે છે કે, સજીવોની કઈ સૃષ્ટિમાં સૂક્ષ્મજીવો સ્થાન પામેલા છે ?* તેમાંના કયા માત્ર સૂક્ષ્મદર્શી છે ? સૂક્ષ્મજીવો સર્વવ્યાપી છે - જમીન, હવા, પાણી, આપણા શરીરમાં તેમજ અન્ય પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં પણ જોવા મળે છે. તેઓ એવાં સ્થાનોએ પણ જોવા મળે છે કે જ્યાં અન્ય જૈવસ્વરૂપો જોવા મળતા નથી. જેમકે, ગરમ પાણીના ઝરા (geysers)માં ઊંડે જ્યાં તાપમાન 100° C કરતાં પણ વધુ હોય છે ત્યાં, ભૂમિમાં ઊંડે, અમુક મીટર જાડા બરફ (હિમ)ના સ્તરો હેઠળ અને અતિ ઍસિડિક વાતાવરણમાં. સૂક્ષ્મજીવો વિવિધ પ્રકારના હોય છે - પ્રજીવ, બૅક્ટેરિયા, ફૂગ અને સૂક્ષ્મદર્શી વનસ્પતિજન્ય વાઇરસ, વિરોઇડ અને પ્રાયોન (prions) પણ કે જે પ્રોટીનમય ચેપીકારકો છે. કેટલાક સૂક્ષ્મજીવો આકૃતિ 10.1 અને 10.2માં દર્શાવ્યા છે.

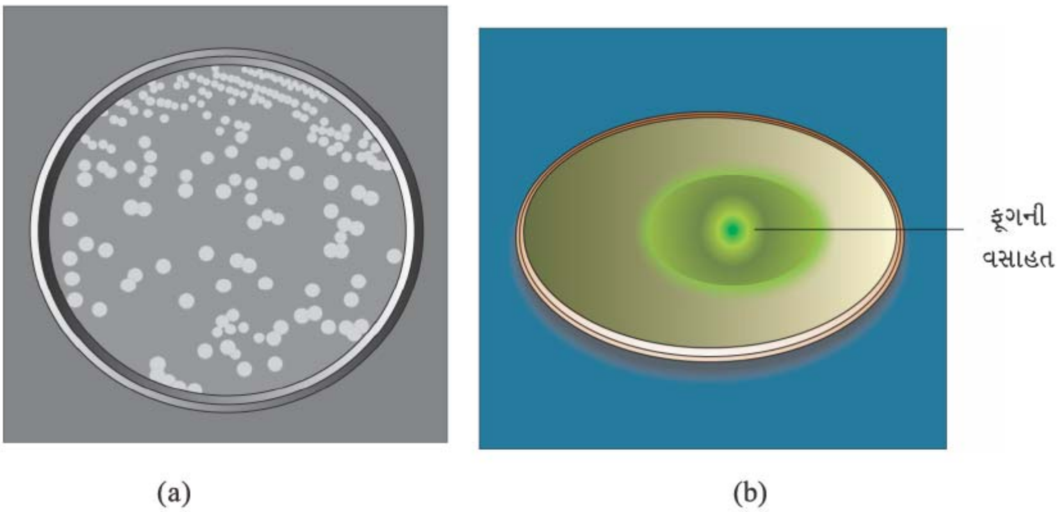
સૂક્ષ્મજીવો જેવાં કે બૅક્ટેરિયા અને ઘણી ફૂગને પોષણયુક્ત માધ્યમમાં તેમની વસાહતો (colonies)ના નિર્માણ માટે ઉછેરવામાં આવે છે (આકૃતિ 10.3), જેને નરી આંખે જોઈ શકાય છે. આવા સંવર્ધિત (cutures) માધ્યમ સૂક્ષ્મજીવોના અભ્યાસ માટે ઉપયોગી છે.



આકૃતિ 10.1 : બૅક્ટેરિયા : (a) દંડાકાર, વિવર્ધન 1500X; (b) ગોળાકાર, વિવર્ધન 1500X; (c) કશાધારી દંડાકાર બૅક્ટેરિયાનું વિવર્ધન-50,000X



આકૃતિ 10.2 : વાઇરસ : (a) બૅક્ટેરિયોફેઝ; (b) શ્વસનને ચેપગ્રસ્ત કરતાં એડેનો વાઇરસ; (c) દંડાકાર ટોબેકો મોઝેઇક વાઇરસ (TMV), વિવર્ધન લગભગ 1,00,000–1,50,000X



આકૃતિ 10.3 : (a) પેટ્રીડિશમાં ઉછેર પામતી બૅક્ટેરિયાની વસાહત (b) પેટ્રીડિશમાં ઉછેર પામતી ફૂગની વસાહત

પ્રકરણ 8માં તમે જોયું કે, સૂક્ષ્મજીવો મનુષ્યમાં ઘણા રોગો પ્રેરવા માટે જવાબદાર છે. તેઓ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં પણ રોગો પ્રેરે છે. આનો અર્થ એ થતો નથી કે, આપણે એવું માની લેવું જોઈએ કે બધા સૂક્ષ્મજીવો હાનિકારક છે; કેટલાક સૂક્ષ્મજીવો મનુષ્યને વિવિધ રીતે ઉપયોગી છે. માનવ-કલ્યાણ માટે સૂક્ષ્મજીવોના કેટલાક મહત્ત્વપૂર્ણ ફાળા માટે આ પ્રકરણમાં ચર્ચા કરવામાં આવી છે.

10.1 ઘરગથ્થુ ઉત્પાદનોમાં સૂક્ષ્મજીવો (Microbes in Household Products)

તમને એ જાણીને આશ્ચર્ય થશે કે, આપણે સૂક્ષ્મજીવો કે તેમની નીપજોનો ઉપયોગ દરરોજ કરીએ છીએ. તેનું સામાન્ય ઉદાહરણ દૂધમાંથી દહીંનું ઉત્પાદન છે. સૂક્ષ્મજીવ જેવા કે લેક્ટોબેસિલસ તેમજ અન્ય, જેને આપણે **લેક્ટિક ઍસિડ બૅક્ટેરિયા (Lactic acid bacteria-LAB)** કહીએ છીએ. તેઓ દૂધમાં વૃદ્ધિ પામે છે અને તેને દહીંમાં પરિવર્તિત કરે છે. વૃદ્ધિ દરમિયાન, LAB અમ્લો (acids) સર્જે છે જે દૂધને જમાવે (coagulate) છે અને દૂધમાં રહેલ પ્રોટીનનું આંશિક પાચન કરે છે. દહીંની થોડી માત્રા કે જે નિવેશ દ્રવ્ય (inculum) કે આરંભક (starter)ના રૂપમાં તાજા દૂધમાં ઉમેરવામાં આવે છે, જે લાખો LAB ધરાવે છે. જે અનુકૂળ તાપમાને ગુણિત થઈ, દૂધને દહીંમાં પરિવર્તિત કરે છે. જે વિટામિન B_{12}ની માત્રા વધારી પોષણસંબંધી ગુણવત્તામાં વધારો કરે છે. આપણા જઠરમાં પણ, સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા થતા રોગોને અટકાવવામાં LAB એક લાભદાયી ભૂમિકા ભજવે છે.

ઢોંસા અને ઈડલી બનાવવા માટે વપરાતું ખીરું (dough) પણ બૅક્ટેરિયા દ્વારા આથવણની ક્રિયાથી બને છે. આ ખીરામાં CO_2 ઉત્પન્ન થવાને કારણે તે ફૂલેલું (puffed-up) દેખાય છે. *શું તમે કહી શકો કે કયો ચયાપચયિક પથ CO_2ના નિર્માણમાં કાર્યરત છે ? શું તમે જાણો છો કે આથવણની ક્રિયા માટે બૅક્ટેરિયા ક્યાંથી આવે છે ?* બ્રેડ બનાવવા માટે વપરાતા ખીરામાં પણ બેકર્સ યીસ્ટ*(Saccharomyces cerevisiae)*નો ઉપયોગ કરીને આથો લાવવામાં આવે છે. કેટલાંક પ્રણાલીગત પીણાં અને ખોરાક પણ સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા થતા આથવણથી મેળવાય છે. દક્ષિણ ભારતમાં પ્રણાલીગત 'ટોડી' (Toddy) પીણું પણ પામના રસમાં આથવણ લાવી બનાવાય છે. માછલી, સોયાબીન, વાંસને પણ આ રીતે આથવણ-પ્રક્રિયામાંથી પસાર કરી, તેમાંથી ખાદ્યસામગ્રી બનાવાય છે. ચીઝ આદિ ખાદ્યપદાર્થ છે. તેમાં પણ સૂક્ષ્મજીવોનો ઉપયોગ થતો હતો. ચીઝની જુદી-જુદી જાત (variety) તેના પોત (texture), સુગંધ (flavour) અને સ્વાદને કારણે જાણીતી છે. જે તેમાં વપરાતા વિશિષ્ટ સૂક્ષ્મજીવોને લીધે હોય છે. દાખલા તરીકે 'સ્વિસ ચીઝ' (Swiss cheese)માં જોવા મળતાં મોટાં કાણાં, તેમાં મોટા પ્રમાણમાં સર્જાતા CO_2ને કારણે હોય છે. જે પ્રોપિયોનીબૅક્ટેરિયમ શર્માની (*Propionibacterium sharmanii*) બૅક્ટેરિયાને કારણે સર્જાય છે. 'રોક્વીફૉર્ટ ચીઝ' (Roquefort cheese)ને પકવવા માટે તેના પર ચોક્કસ ફૂગનું સંવર્ધન કરવામાં આવે છે, તે ચોક્કસ સ્વાદ કે સુવાસ આપે છે.

10.2 ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનોમાં સૂક્ષ્મજીવો (Microbes in Industrial Products)

સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા માનવજાતને ઉપયોગી એવાં ઘણાં ઉત્પાદનો ઔદ્યોગિકક્ષેત્રે સંશ્લેષિત કરવામાં આવે છે. પીણાં અને પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યો (antibiotics) તેનાં કેટલાંક ઉદાહરણો છે. ઔદ્યોગિકક્ષેત્રે ઉત્પાદન માટે, ઉપયોગી સૂક્ષ્મજીવોને મોટાં વાસણો (vessels)માં ઉછેરવામાં આવે છે જેને **આથવણકારકો (fermentors)** કહે છે (આકૃતિ 10.4).

આકૃતિ 10.4 : આથવણકારકો

આકૃતિ 10.5 : આથવણ પ્લાન્ટ

10.2.1 આથવણયુક્ત પીણાં (Fermented Beverages)

પ્રાચીનકાળથી વાઇન, બીયર, વિસ્કી, બ્રાન્ડી કે રમ જેવાં પીણાં યીસ્ટની મદદથી ઉત્પાદિત કરવામાં આવે છે. આ જ હેતુ માટે વપરાતી યીસ્ટ સેક્કેરોમાયસિસ સેરિવિસી બ્રેડ બનાવવા માટે ઉપયોગી છે. તેની મદદથી ધાન્ય અને ફળોનાં રસમાંથી ઇથેનોલનું ઉત્પાદન થાય છે. જે બ્રેવર્સ યીસ્ટ (Brewer's yeast) તરીકે ઓળખાય છે. *શું તમને યાદ આવે છે કે, કઈ ચયાપચયિક પ્રક્રિયાને કારણે યીસ્ટમાંથી ઇથેનોલનું ઉત્પાદન થાય છે ?* આથવણ માટે વપરાતા કાચા માલના પ્રકાર અને પ્રક્રિયાના પ્રકાર (નિસ્યંદિત કે અનિસ્યંદિત)ને આધારે વિવિધ પ્રકારનાં આલ્કોહૉલિક પીણાં મેળવાય છે. વાઇન અને બીયરનું ઉત્પાદન નિસ્યંદન વગર મેળવાય છે. જ્યારે વિસ્કી, બ્રાન્ડી અને રમ આથવણ પામેલ રસમાંથી નિસ્યંદન દ્વારા મેળવાય છે. આકૃતિ 10.5માં આથવણ પ્લાન્ટ (fermentation plant)નો ફોટોગ્રાફ આપેલ છે.

10.2.2 પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યો (Antibiotics)

સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યોનું ઉત્પાદન 20મી સદીની અત્યંત મહત્ત્વપૂર્ણ શોધ અને માનવ-સમાજના કલ્યાણ માટે એક ખૂબ મોટી ઉપલબ્ધિ માનવામાં આવે છે. 'ઍન્ટી' (anti) ગ્રીક શબ્દ છે, જેનો અર્થ 'વિરુદ્ધ' અને 'બાયો' (bio)નો અર્થ 'જીવન' છે. બંનેના સમન્વય દ્વારા બનતો શબ્દ 'જીવનવિરુદ્ધ' (against life) થાય (સજીવો દ્વારા થતા રોગોના સંદર્ભમાં). જ્યારે મનુષ્યના સંદર્ભમાં તેઓ જીવનવિરુદ્ધ નહિ પરંતુ 'પૂર્વ જીવન' (pro life) માનવામાં આવે છે. પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યો એક પ્રકારનાં રસાયણ છે, જેમનું નિર્માણ કેટલાક સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા કરવામાં આવે છે. જે અન્ય સૂક્ષ્મજીવો (રોગ સર્જનારા)ને મારી નાંખે છે અથવા તેમની વૃદ્ધિને મંદ પાડે છે.

તમે સામાન્યતઃ ઉપયોગમાં લેવાતી ઍન્ટિબાયોટિક પેનિસિલિનથી પરિચિત છો. શું તમે જાણો છો સૌપ્રથમ શોધાયેલું ઍન્ટિબાયોટિક પેનિસિલિન છે અને તેની શોધ અનાયાસે થઈ હતી ? ઍલેક્ઝાન્ડર ફ્લેમિંગ (Alexander Fleming) જ્યારે સ્ટેફાયલોકોકાઇ *(Staphylococci)* બૅક્ટેરિયા પર કાર્ય કરી રહ્યા હતા; ત્યારે તેમણે જોયું કે ધોયા વગરની એક સંવર્ધિત પ્લેટ પર મૉલ્ડ ઉત્પન્ન થઈ હતી, જ્યાં સ્ટેફાયલોકોકાઇ વૃદ્ધિ પામી શક્યા નહિ. તેમણે નોંધ્યું કે મૉલ્ડ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા રસાયણને કારણે આવું થયું, પછી તેને 'પેનિસિલિન' નામ આપ્યું, કારણ કે તે પેનિસિલિયમ નોટેટમ *(Panicillium notatum)* મૉલ્ડ (ફૂગ)માંથી સર્જાયું હતું. તેના ઘણા સમય પછી અર્નેસ્ટ ચૈન (Ernest Chain) અને હાવર્ડ ફ્લૉરે (Howard Florey)એ તેને એક તીવ્ર ક્ષમતા ધરાવતી ઉપયોગી ઍન્ટિબાયોટિક તરીકે પ્રસ્થાપિત કરી. આ ઍન્ટિબાયોટિકનો ઉપયોગ બીજા વિશ્વયુદ્ધમાં ઘાયલ અમેરિકન સૈનિકોની સારવાર માટે વ્યાપક રૂપમાં કરવામાં આવ્યો. ફ્લેમિંગ, ચૈન અને ફ્લોરેને આ સંશોધન માટે, 1945માં નોબલ પુરસ્કારથી સન્માનિત કરવામાં આવ્યા.

પેનિસિલિન પછી, અન્ય ઍન્ટિબાયોટિક્સને પણ અન્ય સૂક્ષ્મજીવોમાંથી મેળવવામાં આવ્યા. *શું તમે કેટલાક અન્ય ઍન્ટિબાયોટિક્સના નામ તેમજ તેઓના સ્રોત વિશે જણાવી શકો છો ?* પ્લેગ, કાળી ખાંસી (ઉટાંટિયુ - whooping cough), ડિપ્થેરિયા (gal ghotu) તથા રક્તપિત (કુષ્ટ રોગ - leprosy) જેવા ભયાનક રોગો, જેને કારણે વિશ્વમાં લાખો લોકો મર્યા છે, તેઓના ઉપચાર માટે ઍન્ટિબાયોટિક્સ દ્વારા આ રોગોની સારવારમાં મોટો સુધારો થયો છે. આજે આપણે ઍન્ટિબાયોટિક્સ વિનાનું વિશ્વ કલ્પી શકતા નથી.

10.2.3 રસાયણો, ઉત્સેચકો અને અન્ય જૈવ સક્રિય અણુઓ (Chemicals, Enzymes and other Bioactive Molecules)

કેટલાક વિશિષ્ટ પ્રકારનાં રસાયણો જેવાં કે કાર્બનિક ઍસિડ, આલ્કોહોલ તેમજ ઉત્સેચકો વગેરેના વ્યાવસાયિક તથા ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં સૂક્ષ્મજીવોનો મોટા પાયે ઉપયોગ થાય છે. ઍસિડિક ઉત્પાદનોનાં ઉદાહરણ : એસ્પરજીલસ નાઈઝર *(Aspergillus niger)* ફૂગમાંથી સાઈટ્રિક ઍસિડ, એસીટોબેક્ટર એસેટી *(Acetobacter aceti)* બૅક્ટેરિયામાંથી ઍસેટિક ઍસિડ, ક્લોસ્ટ્રિડિયમ બ્યુટીરિકમ *(Clostridium butyricum)* બૅક્ટેરિયા દ્વારા બ્યુટેરિક ઍસિડ તેમજ લેક્ટોબેસિલસ *(Lactobacillus)* બૅક્ટેરિયા દ્વારા લેક્ટિક ઍસિડ મેળવાય છે.

ઈથેનોલના વ્યાવસાયિક ઉત્પાદન માટે યીસ્ટ *(Saccharomyces cerevisiae)*નો ઉપયોગ થાય છે. સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા ઉત્સેચકોનું પણ ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. લાઈપેઝનો ઉપયોગ ડિટર્જન્ટની બનાવટમાં તેમજ લોન્ડ્રીમાં તૈલી ડાઘ દૂર કરવામાં થાય છે. તમે જોયું હશે કે, ઘરે કાઢવામાં આવેલ ફળોના રસ કરતાં, બજારમાં બોટલમાંના પૅક કરેલ ફળોનાં રસ વધુ સાફ (clear) હોય છે કારણ કે, બોટલમાં પૅક કરેલ ફ્રૂટજ્યુસને પૅક્ટિનેઝ (pactinase) અને પ્રોટીએઝ (protease) વડે શુદ્ધ કરવામાં આવે છે. સ્ટ્રેપ્ટોકાઈનેઝ ઉત્સેચક સ્ટ્રેપ્ટોકોક્સ *(streptococcus)* બૅક્ટેરિયામાંથી મેળવવામાં આવે છે, જે જનીન ઈજનેરીવિદ્યા દ્વારા રૂપાંતરિત કરેલ છે, દર્દીની રુધિરવાહિનીઓમાં જામેલ રુધિર (clot)ને તોડવા માટે 'clot bluster' તરીકે તેનો ઉપયોગ થાય છે. જે એવા દર્દીઓ માટે ઉપયોગી છે જેમને હૃદયની વાહિનીઓ જામ (myocardial infraction) થવાને કારણે હાર્ટઍટેક થવાની સંભાવના હોય.

ટ્રાયકોડર્મા પોલિસ્પોરમ *(Trichoderma polysporum)* ફૂગ દ્વારા મેળવાતું સાયક્લોસ્પોરિન A દર્દીઓના અંગ પ્રત્યારોપણમાં પ્રતિકારકતા ઘટાડનાર ઘટક (immuno suppressive agent) તરીકે વપરાય છે. રુધિરમાં કૉલેસ્ટેરોલનું પ્રમાણ ઘટાડવા સ્ટેટિન્સ વપરાય છે, જેનું વ્યાવસાયિક ધોરણે ઉત્પાદન મોનાસ્કસ પુર્પુરિયસ *(Monascus purpureus)* યીસ્ટમાંથી કરવામાં આવે છે. કૉલેસ્ટેરોલના સંશ્લેષણ માટે જવાબદાર ઉત્સેચક સ્પર્ધા-નિગ્રાહકની જેમ કાર્ય કરે છે.

10.3 સુએઝ ટ્રિટમેન્ટમાં સૂક્ષ્મજીવો (Microbes in Sewage Treatment)

આપણે જાણીએ છીએ કે શહેરો અને નગરોમાં પ્રતિદિન મોટા પ્રમાણમાં ગંદા પાણી (waste water)નું સર્જન થાય છે જેનો મુખ્ય ઘટક માનવમળ છે. નગરના આ ગંદા પાણીને વાહિન મળ (sewage) કહે છે. તેમાં બહોળી માત્રામાં કાર્બનિક પદાર્થો અને સૂક્ષ્મજીવો જોવા મળે છે. તેમાંના કેટલાક રોગજન્ય હોય છે. તમને આશ્ચર્ય થશે કે સુએઝની આટલી મોટી માત્રા અથવા શહેરી ગંદા પાણીનો નિકાલ કેવી રીતે કરવામાં આવે છે ? તેને પ્રાકૃતિક જળાશયો જેવાં કે, નદી અને ઝરણાંઓમાં સીધું (તે જ સ્વરૂપે) છોડવામાં આવતું નથી - કેમ ? એ તમે સમજી શકો છો. આ પાણીને વિસર્જિત કરતાં પહેલાં સુએઝ ટ્રીટમેન્ટ પ્લાન્ટ્સ

આકૃતિ 10.6 : દ્વિતીય સારવાર

(STPs)માંથી પસાર કરવામાં આવે છે. જેથી તે ઓછા પ્રદૂષિત બને. ગંદા પાણીનો ઉપચાર પરપોષી સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા કરવામાં આવે છે જે આ સુએઝમાં કુદરતી રીતે વસતા હોય છે. આ પ્રક્રિયા બે તબક્કાઓમાં કરવામાં આવે છે.

પ્રાથમિક સારવાર (Primary treatment) : આ પ્રથમ તબક્કામાં ગાળણ અને અવસાદન (sedimentation) દ્વારા સુએઝમાં રહેલાં ભૌતિક કણ-દ્રવ્યો (નાના અને મોટા કણો)નો તબક્કાવાર નિકાલ કરાય છે. પહેલાં, વારંવાર ગાળણ કરી તરતો કચરો દૂર કરાય છે. ત્યાર બાદ માટી અને નાની કાંકરીઓ (grit)ને અવસાદન દ્વારા દૂર કરવામાં આવે છે. આ રીતે ઘન દ્રવ્યો એકત્રિત થઈ **પ્રાથમિક સ્લજ primary sludge** (કાદવ અને રગડો) રચે છે. જ્યારે ઉપરનું મુક્ત પાણી ઈફ્લ્યુઅન્ટ (effluent) કહેવાય છે. ઈફ્લ્યુઅન્ટને પ્રાથમિક સેટલિંગ ટાંકામાંથી દ્વિતીયક પ્રક્રિયા માટે લેવામાં આવે છે.

દ્વિતીયક સારવાર અથવા જૈવિક સારવાર (Secondary treatment or Biological treatment) : પ્રાથમિક ઈફ્લ્યુઅન્ટને મોટી વાયુમય જારક ટાંકી (aeration tank)માંથી પસાર કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 10.6). જ્યાં તેને યાંત્રિક રીતે સતત આંદોલિત કરવામાં આવે છે અને તેમાં દબાણપૂર્વક હવા પસાર કરવામાં આવે છે. જેથી ઉપયોગી જારક સૂક્ષ્મજીવોની વૃદ્ધિમાં ઝડપી વધારો થઈ તે **ફ્લોક્સ(flocs)** (સૂક્ષ્મજીવોનું ફૂગના તંતુઓ સાથેના જોડાણથી બનતી જાળમય રચના)માં ફેરવાય છે, જ્યાં વૃદ્ધિ દરમિયાન તેઓ ઈફ્લ્યુઅન્ટમાંનો મોટા ભાગનો કાર્બનિક જથ્થો આ સૂક્ષ્મજીવો વાપરી નાંખે છે. પરિણામે ઈફ્લ્યુઅન્ટના **BOD (biochemical oxygen demand)**માં નોંધપાત્ર ઘટાડો થાય છે. BOD એટલે એક લિટર પાણીમાં રહેલાં બધાં જ કાર્બનિક દ્રવ્યોનું ઑક્સિડેશન કરવા માટે બૅક્ટેરિયા દ્વારા વપરાતો ઑક્સિજનનો જથ્થો. સુએઝ પાણીને ત્યાં સુધી ટ્રીટમેન્ટ આપવામાં આવે છે જ્યાં સુધી BODમાં ઘટાડો ન થાય. BOD કસોટી એટલે પાણીના નમૂનામાં, સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા વપરાયેલ O_2નું માપન અને તેથી પરોક્ષ રીતે BODએ પાણીમાં રહેલ કાર્બનિક દ્રવ્યોનું માપન છે. નકામા પાણીમાં BOD જેટલો વધારે તેટલી તે પાણીની પ્રદૂષણ માત્રા વધારે.

સુએઝ પ્રક્રિયામાં એક વખત જરૂરી માત્રામાં BOD ઘટી જાય એટલે ઈફ્લ્યુઅન્ટને સેટલિંગ ટાંકામાં પસાર કરવામાં આવે છે. જ્યાં ફ્લોક્સનું અવસાદન થાય છે. આવું અવસાદિત દ્રવ્ય **ક્રિયાશીલ સ્લજ (activated sludge)** કહેવાય છે. આ અવસાદિત દ્રવ્યોનો થોડોક જથ્થો પંપ કરીને જારક ટાંકામાં લઈ જવાય છે જ્યાં તે નિવેશ દ્રવ્ય (inoculum)ની ગરજ સારે છે. બાકીના મોટા ભાગના સ્લજને મોટા **એનએરોબિક સ્લજ ડાયજેસ્ટર્સ – (anaerobic sludge digesters -** કાદવ કે રગડાને અજારક શ્વસનથી પચાવનાર હજમ ટાંકા)માં લઈ જવામાં આવે છે. અહીં રહેલા અજારક બૅક્ટેરિયા જે સ્લજના અન્ય બૅક્ટેરિયા તેમજ ફૂગનું પાચન કરે છે. આ પાચન દરમિયાન મિથેન, હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ મિશ્રિત વાયુ સર્જાય છે. જે **બાયોગૅસ (biogas)** સર્જે છે અને તેનો ઉપયોગ ઊર્જાના સ્રોત તરીકે કરી શકાય છે, કારણ કે તે જ્વલનશીલ છે.

દ્વિતીયક સારવારમાંથી પ્રાપ્ત ઈફ્લ્યુઅન્ટને સામાન્યતઃ નૈસર્ગિક જળાશયો જેવાં કે નદી અને ઝરણાંમાં મુક્ત કરવામાં આવે છે. આવા એક પ્લાન્ટનો અવકાશીય નજારો (aerial view) આકૃતિ 10.7માં આપેલ છે.

આકૃતિ 10.7 : સુએઝ (વાહિન મળ)ના પ્લાન્ટનું અવકાશીય અવલોકન

તમે સમજી શકો છો કે, કઈ રીતે સૂક્ષ્મજીવો પ્રતિદિન વિશ્વમાં લાખો ગેલન ગંદા પાણીની સારવારમાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવે છે. વિશ્વના લગભગ બધા જ ભાગોમાં એક સદી કરતાં પણ વધુ સમયથી આ કાર્યપ્રણાલીનો ઉપયોગ થઈ રહ્યો છે. આજદિન સુધી, માનવ વિકસિત તક્નિકી સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા થતી સુએઝની પ્રક્રિયાની ટક્કર ઝીલી શકી નથી.

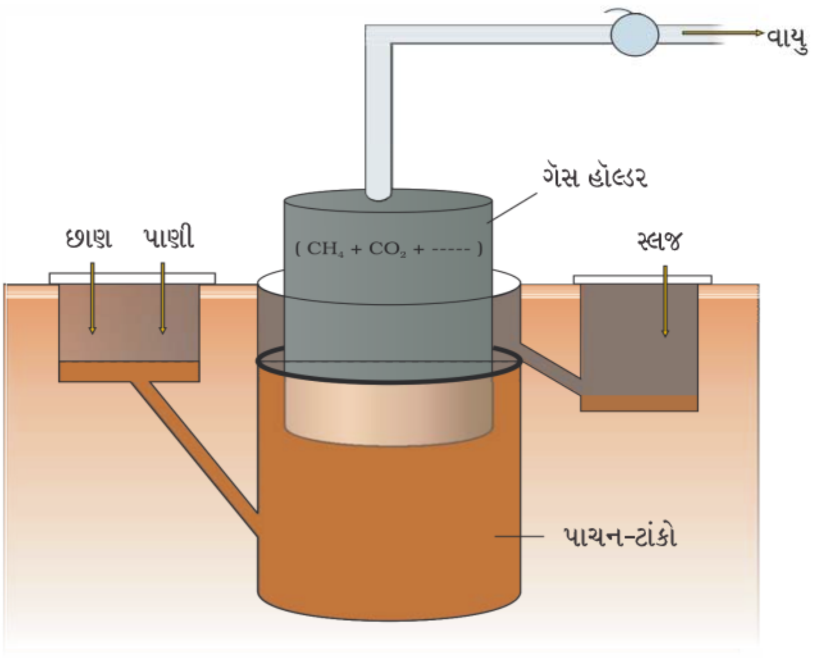
તમે જાણો છો કે, વધતા જતાં શહેરીકરણને કારણે પહેલાની સાપેક્ષે ખૂબ વધુ માત્રામાં સુએઝ ઉત્પન્ન થઈ રહ્યું છે. પરંતુ, આટલા મોટા જથ્થાની સાપેક્ષે સુએઝ ટ્રીટમેન્ટ પ્લાન્ટની સંખ્યા એટલી વધારાઈ નથી, જેથી અનુપચારિત સુએઝને સીધું જ નદીઓમાં ઠાલવી દેવામાં આવે છે. જેને કારણે પ્રદૂષણ અને પાણીજન્ય રોગોનું પ્રમાણ વધ્યું છે.

વન અને પર્યાવરણ મંત્રાલયે આપણા દેશની મુખ્ય નદીઓને પ્રદૂષણથી બચાવવા માટે **ગંગા એક્શન પ્લાન** (Ganga Action Plan) અને **યમુના એક્શન પ્લાન** (Yamuna Action Plan) શરૂ કર્યો છે. આ યોજના હેઠળ, મોટી સંખ્યામાં સુએઝ ટ્રીટમેન્ટ પ્લાન્ટ બનાવવાનો પ્રસ્તાવ છે. જેથી માત્ર ઉપચારિત કરેલ સુએઝ જ નદીઓમાં મુક્ત કરી શકાય. તમારી નજીકના વિસ્તારમાં આવેલ સુએઝ ટ્રીટમેન્ટ પ્લાન્ટની મુલાકાત તમારા માટે રસપ્રદ અને શૈક્ષણિક અનુભવવાળી રહેશે.

10.4 બાયૉગેસના ઉત્પાદનમાં સૂક્ષ્મજીવો (Microbes in Production of Biogas)

બાયોગૅસ એ વાયુઓનું મિશ્રણ (પ્રભાવી વાયુ મિથેન) છે. જે સૂક્ષ્મજીવોની પ્રક્રિયાથી મેળવાય છે અને તેનો ઉપયોગ બળતણ તરીકે થાય છે. તમે ભણ્યા કે સૂક્ષ્મજીવોની વૃદ્ધિ અને ચયાપચયને પરિણામે અંતિમ નીપજ તરીકે વિવિધ પ્રકારના વાયુઓ મળે છે. પ્રાપ્ત થતા વાયુના પ્રકારનો આધાર સૂક્ષ્મજીવો અને તેમના દ્વારા વપરાતાં કાર્બનિક દ્રવ્યો પર રહેલો છે. ઉદાહરણ તરીકે, ખીરા (dough)નું આથવણ, ચીઝ બનાવવાની પ્રક્રિયા અને પીણાંઓના ઉત્પાદન સમયે મુખ્ય વાયુ CO_2 ઉત્પન્ન થાય છે. આમ છતાં સેલ્યુલોઝ ઘટક પર ઉછેર પામતા કેટલાક અજારક બૅક્ટેરિયા મોટા પ્રમાણમાં મિથેન વાયુ સાથે CO_2 અને H_2 સર્જે છે. આવા બૅક્ટેરિયાને સંયુક્તપણે **મિથેનોજેન્સ (methanogens)** કહે છે અને તેમાંના એક મિથેનોબૅક્ટેરિયમ *(Methanobacterium)* છે. આ પ્રકારના બૅક્ટેરિયાની હાજરી સુએઝ ટ્રીટમેન્ટના અજારક સ્લજમાં જોવા મળે છે. આ પ્રકારના બૅક્ટેરિયા ઢોરના આમાશય (**rumen - જઠરનો એક ભાગ**)માં જોવા મળે છે. ઢોરના ખોરાકમાં પુષ્કળ માત્રામાં આવેલુ સેલ્યુલોઝયુક્ત દ્રવ્ય તેના આમાશયમાં પણ હોય છે. આમાશયમાં રહેલા બૅક્ટેરિયા આ સેલ્યુલોઝને તોડે છે અને પશુઓના પોષણમાં મહત્ત્વપૂર્ણ યોગદાન આપે છે. *શું તમે વિચારી શકો છો કે, મનુષ્ય તેના આહારમાં રહેલ સેલ્યુલોઝનું પાચન કરી શકે છે ?* આમ, પશુઓનું છાણ (મળ-dung) જેને ગોબર કહેવાય છે, તે આ બૅક્ટેરિયાની ઉચ્ચ માત્રા ધરાવે છે. આ છાણ (ગોબર) બાયોગૅસના ઉત્પાદનમાં વપરાય છે માટે તેને ગોબર ગૅસ કહે છે.

બાયોગૅસ પ્લાન્ટમાં કૉંક્રીટનો ખાડો (10-15 ફૂટ ઊંડો) બનાવેલ હોય છે, જેમાં જૈવિક કચરો અને



આકૃતિ 10.8 : એક લાક્ષણિક બાયોગૅસ પ્લાન્ટ

છાણનો કાદવ (slurry) ભરવામાં આવે છે. તેની ઉપર તરતું આચ્છાદન (floating cover) રાખવામાં આવે છે. બૅક્ટેરિયા દ્વારા સર્જાતા વાયુને કારણે આ આચ્છાદન ઉપર તરફ ઊંચકાય છે. પ્લાન્ટની સાથે વાયુને બહાર લઈ જતી પાઈપ ગોઠવેલી હોય છે. જે નજીકનાં ઘરોમાં બાયોગૅસ પૂરો પાડવા માટેની પાઈપ સાથે જોડેલી હોય છે. વધેલા કાદવનો અન્ય નળી દ્વારા બહાર નિકાલ કરવામાં આવે છે, જેનો ખાતર તરીકે ઉપયોગ થાય છે. ગ્રામ્ય વિસ્તારમાં પશુનું છાણ પુષ્કળ માત્રામાં પ્રાપ્ત થતું હોય છે કારણ કે ત્યાં પશુઓનો વિવિધ હેતુસર ઉપયોગ થાય છે. માટે જ બાયોગૅસ પ્લાન્ટ ગ્રામીણ વિસ્તારોમાં વધુ જોવા મળે છે. બાયોગૅસનો ઉપયોગ રાંધવા અને પ્રકાશઊર્જા મેળવવા માટે થાય છે. બાયોગૅસ પ્લાન્ટનું ચિત્ર આકૃતિ 10.8માં આપેલ છે. ભારતમાં ઇન્ડિયન એગ્રિકલ્ચરલ રિસર્ચ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ (IARI) તથા ખાદી અને ગ્રામઉદ્યોગ કમિશન (Khadi and Village Industries Commission -KVIC)ના પ્રયાસોથી બાયોગૅસ ટેક્નોલૉજી વિકસાવવામાં આવી છે. જો તમારી શાળા ગામડાંમાં કે તેની નજીક આવેલ હોય, તો નજીકના બાયોગૅસ પ્લાન્ટની માહિતી તમારા માટે રસપ્રદ રહેશે. બાયોગૅસ પ્લાન્ટની મુલાકાત લો અને તેની વ્યવસ્થાપનકર્તાઓ સાથે વાતચીત કરી તેના વિશે વધુ જાણકારી મેળવી શકાય છે.

10.5 જૈવિક નિયંત્રકો તરીકે સૂક્ષ્મજીવો (Microbes as Biocontrol Agents)

જૈવ નિયંત્રકો એટલે જૈવિક પદ્ધતિઓના ઉપયોગ દ્વારા વનસ્પતિ રોગો અને ઉપદ્રવી જંતુ (pest)નું નિયંત્રણ. આધુનિક યુગમાં, કીટનાશકો (insecticides) અને જંતુનાશકો (pesticides)ના વધતા ઉપયોગ દ્વારા તેનું નિયંત્રણ થઈ રહ્યું છે. આ રસાયણો વિષારી છે અને મનુષ્ય તેમજ પ્રાણીઓ માટે ખૂબ જ હાનિકર્તા છે. ઉપરાંત તેઓ આપણા પર્યાવરણ (ભૂમિ, ભૂમિય જળ), ફળો, શાકભાજી અને પાકો પ્રદૂષિત કરી રહ્યા છે. નીંદણના નાશ માટે વપરાતા નીંદણનાશક (weedicides) દ્વારા આપણી ભૂમિ પણ પ્રદૂષિત થઈ રહી છે.

ઉપદ્રવી જંતુ અને રોગોનું જૈવિક-નિયંત્રણ (Biological control of pests and diseases) : કૃષિક્ષેત્રે પેસ્ટ કંટ્રોલની આ પદ્ધતિ રસાયણોના ઉપયોગની સાપેક્ષે પ્રાકૃતિક ભક્ષકો પર વધુ નિર્ભર છે. કાર્બનિક ખેતી કરનાર (organic farmer) અનુસાર જૈવ-વિવિધતા જ સ્વાસ્થ્યની ચાવી છે. દૃશ્ય ભૂમિ પર જેટલી વિવિધતા વધુ, તેટલું વધુ તેનું સ્થાયીપણું. જૈવિક ખેતી કરતા ખેડૂતો એક એવું તંત્ર વિકસાવવામાં કાર્યરત હોય છે જેમાં કીટકો (જેને કેટલીક વાર ઉપદ્રવી જીવાતો કહેવામાં આવે છે) તેમનું નિવારણ ન કરતા તેના સ્થાને વ્યવસ્થાપન સ્તરે એક જીવંત અને ગતિશીલ નિવસનતંત્રમાં તેના ઘટાડા (check) અને સંતુલન માટે જટિલ તંત્રનું નિર્માણ કરવામાં આવે. વધુમાં, 'પરંપરાગત' (conventional) ખેતીની રાસાયણિક પદ્ધતિઓમાં આડેધડ લાભદાયી અને હાનિકારક બંને જૈવ સ્વરૂપોને મારી નાંખવામાં આવે છે, તે (જૈવ નિયંત્રણ) એક સાકલ્યવાદી દૃષ્ટિકોણ છે. જે

પ્રાણીસમૂહ અને વનસ્પતિ સમૂહના ક્ષેત્રની અસંખ્ય રચના કરતા સજીવોની પારસ્પરિક પ્રક્રિયાઓના જાળાની સમજનો વિકાસ માગે છે. ઓર્ગેનિક ફાર્મરની નજરે મોટે ભાગે આ દૃષ્ટિકોણ વિકસિત થાય છે કે પ્રાણી કે જેને આપણે જીવાત (પેસ્ટ) પણ કહીએ છીએ તેનું નિવારણ માત્ર અશક્ય નથી, પરંતુ અનિચ્છનીય પણ છે, તેમના વગર લાભદાયી પરભક્ષી અને પરોપજીવી કીટક જીવંત રહી શકે નહિ, કે જે જીવાત પર પોતાના પોષણ કે ખોરાક માટે તે નિર્ભર હોય છે. આથી જૈવ-નિયંત્રણ દ્વારા, વિષારી રસાયણો અને જંતુનાશકો પરની આપણી નિર્ભરતા મહદંશે ઘટી જાય છે. જૈવ-કૃષિ (biological farming)ના મહત્ત્વના પ્રસ્તાવ થકી આપણે ભિન્ન જીવંત સ્વરૂપો જે ખેતરમાં વસવાટ કરતા પરભક્ષીઓ તે જ રીતે જંતુ-જીવાતો અને તેમના જીવનચક્રો, ખોરાક ગ્રહણ કરવાની રીતભાત તેમજ વસવાટના સ્વરૂપો જે તેઓ પસંદ કરે છે તેમનાથી પરિચિત થઈએ છીએ. જે આપણને જૈવ-નિયંત્રણનાં યોગ્ય સાધનોનો વિકાસ કરવામાં મદદ કરે છે.

ખૂબ જ જાણીતા લેડીબર્ડ (Ladybird) અને ડ્રેગનફ્લાય (Dragonflies) જેના શરીર પર લાલ અને કાળા રંગના નિશાન હોય છે તેવા ભૃંગકીટકો (beetles)નો ઉપયોગ ક્રમશઃ એફિડ્સ (aphids) અને મચ્છરો (mosquitoes)થી છૂટકારો મેળવવામાં ખૂબ લાભદાયી છે. સૂક્ષ્મજીવી જૈવ-નિયંત્રણના ઉદાહરણ સ્વરૂપ બેસિલસ થુરિન્જિનેન્સિસ (*Bacillus thuringiensis* - જેને Bt તરીકે ઓળખાય છે). બૅક્ટેરિયાનો ઉપયોગ પતંગિયાની ઇયળ (caterpillar)ના નિયંત્રણ માટે કરવામાં આવે છે. તેઓ શુષ્ક બીજાણુ (dried spores) સ્વરૂપે પૅકેટ (sachet)માં ઉપલબ્ધ છે, જેને પાણીમાં ભેળવીને, અસરગ્રસ્ત સંવેદનશીલ વનસ્પતિઓ જેવી કે રાઈ *(Brassica)* અને ફળાઉ વૃક્ષો પર તેનો છંટકાવ કરવામાં આવે છે, જ્યાં કીટકોના ડિમ્ભ (larvae) દ્વારા તે ખવાય છે. ડિમ્ભના અન્નમાર્ગમાં આ વિષ મુક્ત થાય છે અને ડિમ્ભોને મારી નાંખે છે. જીવાણુમય રોગ કેટરપીલર (ઇયળ)ને મારી નાંખે છે, પરંતુ, અન્ય કીટકોને કોઈ નુકસાન પહોંચાડતા નથી. લગભગ છેલ્લા દસકામાં જનીન ઇજનેરીવિદ્યાના વિકાસથી વૈજ્ઞાનિકોએ બેસિલસ થુરિન્જિનેન્સિસના વિષકારક જનીનને વનસ્પતિમાં દાખલ કર્યું છે. આવી વનસ્પતિઓ કીટ-જીવાતના આક્રમણ સામે પ્રતિકારકતા દર્શાવે છે. **Bt-કપાસ** આવું એક ઉદાહરણ છે જે આપણા દેશનાં કેટલાંક રાજ્યોમાં ઉછેરવામાં આવે છે. તેના વિશે વધુ જાણકારી તમે પ્રકરણ 12માં મેળવશો.

જૈવ-નિયંત્રણ હેઠળ ટ્રાયકોડર્મા *(Trichoderma)* ફૂગનો ઉપયોગ રોગિષ્ઠ પાકની સારવારમાં કરવામાં આવે છે. ટ્રાયકોડર્મા મુક્ત જીવી ફૂગ છે. જે સામાન્યતઃ મૂળના નિવસનતંત્રમાં જોવા મળે છે. તે ઘણા વનસ્પતિ રોગકારકો માટે અસરકારક જૈવ-નિયંત્રક છે.

બકુલોવાઇરસ (Baculoviruses) કીટકો અને અન્ય સંધિપાદીઓમાં રોગ સર્જે છે. મોટા ભાગના બકુલોવાઇરસ જૈવ-નિયંત્રકો છે. તેમનો સમાવેશ ન્યુક્લિઓ પોલીહેડ્રોવાઇરસ *(Nucleo polyhedrovirus)* પ્રજાતિ હેઠળ થાય છે. આ વિષાણુઓ જાતિ-વિશેષ, લઘુ વર્ણપટીય કીટકીય પ્રયોજન (narrow spectrum insectidal application) માટે શ્રેષ્ઠ સભ્યો માનવામાં આવે છે. એવું જોવા મળ્યું કે તેઓ વનસ્પતિ, સસ્તન, પક્ષીઓ, માછલીઓ કે લક્ષ્યહીન કીટકો પર કોઈ નકારાત્મક અસર ધરાવતા નથી. તે વિશેષરૂપે ત્યારે ઇચ્છનીય છે, જ્યારે લાભદાયી કીટકોનું સંરક્ષણ થાય. જેથી ઇન્ટિગ્રેટેડ પેસ્ટ પ્રોગ્રામ (integrated pest management - IPM)માં તેમનો ઉપયોગ કરી સંવેદી નિવસનતંત્રીય વિસ્તારનો ઉપચાર થાય.

10.6 જૈવિક ખાતરો તરીકે સૂક્ષ્મજીવો (Microbes as Biofertilisers)

વર્તમાન જીવનશૈલી જોઈએ તો પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ એ ચિંતાનું મુખ્ય કારણ છે. કૃષિ-ઉત્પાદનોની વધતી માંગને પહોંચી વળવા માટે રાસાયણિક ખાતરોનો વધુપડતો ઉપયોગ, એ પ્રદૂષણ સર્જવા માટેનું અગત્યનું કારણ છે. પરંતુ, હવે આપણને સમજાઈ ગયું છે કે રાસાયણિક ખાતરોના વધુપડતાં ઉપયોગથી ઘણી સમસ્યાઓ સર્જાઈ શકે છે,

જેના પરિણામે **કાર્બનિક ખેતી (organic farming)** કરવા અને **જૈવિક ખાતરો (biofertilisers)**નો ઉપયોગ વધારવા દબાણ વધી રહ્યું છે. જૈવિક ખાતરો એવા સજીવો છે જે ભૂમિને પોષકોથી સમૃદ્ધ બનાવે છે. જૈવ-ખાતરોનો મુખ્ય સ્રોત બૅક્ટેરિયા, ફૂગ અને સાયનો બૅક્ટેરિયા છે. તમે અભ્યાસ કર્યો છે કે, શિમ્બી કુળની વનસ્પતિઓના મૂળ પર સહજીવી રાઇઝોબિયમ *(Rhizobium)* બૅક્ટેરિયા દ્વારા ગંડિકાનું નિર્માણ થાય છે. બૅક્ટેરિયા વાતાવરણમાંના N_2નું સ્થાપન કરી કાર્બનિક દ્રવ્યો બનાવે છે જે વનસ્પતિ માટે પોષક ઘટક તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે. અન્ય બૅક્ટેરિયા જે ભૂમિમાં મુક્તજીવી [એઝોસ્પિરીલિયમ *(Azospirillum)* અને એઝોટોબેક્ટર *(Azotobacter)*] તરીકે વસે છે, તેઓ પણ વાતાવરણમાંના N_2નું સ્થાપન કરીને, ભૂમિને નાઇટ્રોજનથી સમૃદ્ધ કરે છે.

ફૂગ પણ વનસ્પતિ સાથેનું સહજીવન રચવા માટે જાણીતી છે (**માઇકોરાઇઝા**). ગ્લોમસ *(Glomus)* પ્રજાતિની ઘણી ફૂગ **માઇકોરાઇઝા (કવકમૂળ / mycorrhiza)** રચે છે. જેમાં ફૂગ સહજીવી તરીકે ભૂમિમાંથી ફૉસ્ફરસનું શોષણ કરે છે અને વનસ્પતિને પૂરો પાડે છે. આવું સંકલન ધરાવતી વનસ્પતિઓને અન્ય લાભ પણ મળે છે, જેમ કે, મૂળમાં રોગપ્રેરતા રોગકારકો સામે પ્રતિકારકતા, ક્ષાર અને શુષ્કતા સામે ટકી રહેવાની ક્ષમતા, તેમજ વનસ્પતિની સર્વાંગી વૃદ્ધિ અને વિકાસ પ્રેરવો છે. *શું તમે જણાવી શકો છો કે, ફૂગને આવા સંકલનથી શું ફાયદો મળે છે ?*

સાયનોબૅક્ટેરિયા (Cyanobacteria) સ્વપોષી સૂક્ષ્મજીવો છે, જે જલીય તેમજ સ્થલીય વાતાવરણમાં વિસ્તૃતરૂપે જોવા મળે છે. જેમાંના મોટા ભાગના વાતાવરણમાંના નાઇટ્રોજનને સ્થાપિત કરે છે – દા.ત., એનાબીના *(Anabaena)*, નોસ્ટોક *(Nostoc)*, ઓસિલેટોરિયા *(Oscillatoria)* વગેરે. ડાંગરનાં ખેતરોમાં સાયનો બૅક્ટેરિયા જૈવિક ખાતર તરીકે ઉપયોગી છે. નીલહરિત લીલ (Blue green algae) પણ ભૂમિમાં કાર્બનિક દ્રવ્યોનો ઉમેરો કરે છે અને જમીનની ફળદ્રુપતામાં વધારો કરે છે. હાલમાં, આપણા દેશમાં મોટી સંખ્યામાં જૈવ-ખાતરો બજારમાં વ્યાપારી ધોરણે પ્રાપ્ય છે અને ખેડૂતો તેમનો નિયમિતરૂપે ઉપયોગ કરી રહ્યા છે, જેથી ખનીજ તત્ત્વોની ભરપાઈ થઈ શકે અને રાસાયણિક ખાતરો પરની નિર્ભરતા ઓછી થાય.

સારાંશ

સૂક્ષ્મજીવો પૃથ્વી પર જીવનના અગત્યના ઘટક છે. બધા સૂક્ષ્મજીવો રોગજન્ય હોતા નથી. ઘણા સૂક્ષ્મજીવો મનુષ્ય માટે લાભદાયી છે. આપણે દરરોજ સૂક્ષ્મજીવો અને તેના વ્યુત્પન્નોનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. LAB (લેક્ટિક ઍસિડ બૅક્ટેરિયા)નો ઉપયોગ દૂધમાંથી દહીં બનાવવા માટે થાય છે. બ્રેડ બનાવવા માટેની કણક (dough)માં આથવણ સેક્કેરોમાયસિસ સેરેવિસી યીસ્ટ દ્વારા લાવવામાં આવે છે. ઈડલી અને ઢોંસા માટેના ખીરામાં પણ સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા આથો લાવી મેળવવામાં આવે છે. ચીઝનું પોત (texture) સ્વાદ અને સુગંધ (flavour) માટે બૅક્ટેરિયા અને ફૂગ ઉપયોગી છે. ઉદ્યોગોમાં વિવિધ પ્રક્રિયાઓ વડે ઉપયોગી લેક્ટિક ઍસિડ, ઍસિટિક ઍસિડ અને આલ્કોહોલનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા કરવામાં આવે છે. પેનિસિલિન ઍન્ટિબાયોટિક કે જે ઉપયોગી સૂક્ષ્મજીવમાંથી મેળવવામાં આવે છે તેનો ઉપયોગ રોગજન્ય હાનિકારક સૂક્ષ્મજીવોના નાશ માટે થાય છે. ઍન્ટિબાયોટિક્સ, ઘણા ચેપી રોગોના નિયંત્રણ માટે થાય છે. જેવાં કે, ડિપ્થેરિયા, કાળી ખાંસી (ઊંટાંટિયું) અને ન્યુમોનિયા. સદીઓથી સૂક્ષ્મજીવોનો ઉપયોગ સુએઝની સારવાર માટે સક્રિય સ્લજના નિર્માણ દ્વારા કરવામાં આવે છે અને જેથી

કુદરતમાં પાણીનું પુનઃ ચક્રીયકરણ કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. વનસ્પતિ કચરાના વિઘટન દ્વારા મિથેનોજેન્સ મિથેન (બાયોગૅસ) સર્જે છે. ગ્રામ્ય વિસ્તારોમાં સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા સર્જાતો બાયોગૅસ એક ઊર્જાસ્રોત તરીકે ઉપયોગી છે. સૂક્ષ્મજીવો હાનિકારક પેસ્ટનો નાશ કરે છે. જેને જૈવ-નિયંત્રકો કહે છે. જૈવ-નિયંત્રકો થકી પેસ્ટના નિયંત્રણ માટે વપરાતા પેસ્ટિસાઇટ્સના વધુ ઉપયોગને ટાળે છે. તેથી એવી આગેવાનીની જરૂર છે જેમાં રાસાયણિક ખાતરોના સ્થાને જૈવ ખાતરોના ઉપયોગ પર ભાર મુકાય. સૂક્ષ્મજીવોના વિવિધ ઉપયોગથી સ્પષ્ટ થઈ ગયું છે કે, મનુષ્ય જેનો ઉપયોગ કરી રહ્યો છે તેવા માનવસમાજના કલ્યાણમાં આ અનેક સૂક્ષ્મજીવોની ભૂમિકા અગત્યની છે.

સ્વાધ્યાય

1. બૅક્ટેરિયા નરી આંખે જોઈ શકાતા નથી, પરંતુ તેઓને જોવા માટે સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર (Microscope)ની મદદ લેવી પડે છે. જો તમે તમારા ઘરેથી તમારી જીવવિજ્ઞાનની પ્રયોગશાળામાં સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રની મદદથી સૂક્ષ્મજીવોની હાજરી દર્શાવવા માટે એક નમૂનો લઈ જાઓ છો, તો તમે કયો નમૂનો લેશો અને શા માટે ?
2. ચયાપચય દરમિયાન સૂક્ષ્મજીવો વાયુઓ મુક્ત કરે છે, તેને સિદ્ધ કરતાં ઉદાહરણો આપો.
3. તમે કયા ખોરાકમાં લેક્ટિક ઍસિડ બૅક્ટેરિયા (LAB) જોઈ શકો છો ? તેઓનાં કેટલાંક ઉપયોગી પ્રયોજનો જણાવો.
4. ઘઉં, ચોખા અને ચણામાંથી બનાવેલ કેટલીક પરંપરાગત ભારતીય ખાદ્યપદાર્થો (અથવા તેઓની નીપજો)ના નામ આપો અને તેમાં કયા સૂક્ષ્મજીવોનો ઉપયોગ થાય છે ?
5. નુકસાનકારક બૅક્ટેરિયાના કારણે થતા રોગોના નિયંત્રણમાં કયા ઉપયોગી સૂક્ષ્મજીવોની મુખ્ય ભૂમિકા હોય છે ?
6. ફૂગની કોઈ પણ બે જાતિનાં નામ આપો કે જે ઍન્ટિબાયોટિક્સના નિર્માણમાં ઉપયોગી છે ?
7. સુએઝ એટલે શું ? આપણા માટે સુએઝ કેવી રીતે હાનિકારક છે ?
8. પ્રાથમિક અને દ્વિતીય ટ્રીટમેન્ટ વચ્ચે ચાવીરૂપ ભેદ કયો છે ?
9. શું તમે વિચારી શકો છો કે, સૂક્ષ્મજીવો ઊર્જાના સ્રોત છે ? જો હા હોય તો કેવી રીતે ?
10. સૂક્ષ્મજીવોના ઉપયોગથી રાસાયણિક ખાતરો અને જંતુનાશકોનો ઉપયોગ ઘટાડી શકાય છે. આ કેવી રીતે થઈ શકે છે સમજાવો.
11. BOD કસોટીને અનુલક્ષીને પાણી, સુએઝ ટ્રીટમેન્ટ પ્લાન્ટમાંથી બહાર નીકળતા પાણી, નદીનું પાણી, સારવાર ન પામેલ સુએઝનું પાણી (દ્વિતીય ઇન્ફ્લ્યુઅન્ટ)ની કસોટી કરાય છે. નમૂનાઓને નામનિર્દેશિત A, B અને C કરાય છે. પરંતુ પ્રયોગશાળાના સ્વીકારનાર વ્યક્તિએ નોંધ કરી નહિ. ત્રણ નમૂનાઓ A, B અને Cનાં BOD મૂલ્યોની નોંધ ક્રમાનુસાર છે. 20 mg/L, 8 mg/L અને 40 mg/L છે. પાણીનો કયો નમૂનો સૌથી વધુ પ્રદૂષિત છે ? શું નદીનું પાણી અન્ય નમૂનાઓની સાપેક્ષ વધુ સ્વચ્છ છે તેવું તમે કહી શકશો ?

12. સાયક્લોસ્પોરીન A (પ્રતિરક્ષાશામક દવા) અને સ્ટેટિન્સ (રુધિર કૉલેસ્ટેરોલનું પ્રમાણ ઘટાડનાર કારકો) ક્યાંથી મેળવાય છે ? તે સૂક્ષ્મજીવોનાં નામ શોધો.
13. સૂક્ષ્મજીવોની નીચે આપેલ ઘટના માટે ભૂમિકા શોધો અને તેની તમારા શિક્ષક સાથે ચર્ચા કરો :
    (a) એકકોષજન્ય પ્રોટીન (SCP)
    (b) ભૂમિ
14. માનવસમાજ માટે તેઓની અગત્યને આધારે ઊતરતા ક્રમમાં ગોઠવો. (સૌથી અગત્યનું પહેલું લેવું.) તમારા જવાબનાં કારણો સહિત આપો.
    બાયોગૅસ, સાઇટ્રિક ઍસિડ, પેનિસિલિન અને દહીં.
15. જમીનની ફળદ્રુપતામાં જૈવિક ખાતરો કેવી રીતે વધારો કરે છે ?

એકમ 9
બાયૉટેક્નોલૉજી (Biotechnology)

પ્રકરણ : 11

બાયૉટેક્નોલૉજી : સિદ્ધાંતો અને પ્રક્રિયાઓ

પ્રકરણ : 12

બાયૉટેક્નોલૉજી અને તેનાં પ્રયોજનો

17મી સદીના ફ્રેન્ચ તત્ત્વજ્ઞાની, ગણિતશાસ્ત્રી તથા જૈવવિજ્ઞાની રેને ડેસકાર્ટિઝ (Rene Descartes)ના દિવસોથી જ સમગ્ર માનવજ્ઞાન અને ખાસ કરીને પ્રકૃતિ વિજ્ઞાન તેવી દિશામાં આગળ વધ્યું કે જેમાં પ્રાદ્યૌગિક (technology) વિકાસ થયો જેના પરિણામ સ્વરૂપે માનવ-જીવનની સુખાકારીમાં વૃદ્ધિ થઈ અને મનુષ્યના જીવનનું મહત્ત્વ પણ પ્રસ્થાપિત થયું. આ પ્રાકૃતિક ઘટનાને સમજવા માટેના તમામ અભિગમો માનવકેન્દ્રી બની ગયા છે. ભૌતિકવિજ્ઞાન અને રસાયણવિજ્ઞાને ઇજનેરી, ટેક્નોલૉજી અને ઔદ્યોગિક સંસ્થાઓને જન્મ આપ્યો કે જે બધાએ માનવ-સુખસુવિધાઓ તથા તેના કલ્યાણ માટે કાર્ય કર્યું છે. જીવવિજ્ઞાનનો મુખ્ય ઉપયોગ ખોરાકના સ્રોત તરીકે થઈ રહ્યો છે. બાયૉટેક્નોલૉજી, 20મી સદીની આધુનિક જીવવિજ્ઞાનની પ્રશાખા છે, જેણે આપણા રોજબરોજના જીવનમાં પરિવર્તન લાવી દીધું છે કારણ કે તેનાં ઉત્પાદનોએ આરોગ્યમાં તથા ખોરાક-ઉત્પાદનમાં ગુણાત્મક સુધારણા લાવી દીધી છે. આ એકમમાં બાયૉટેક્નોલૉજીની પ્રક્રિયાઓ તથા કેટલાંક પ્રયોજનોને સમજવા માટેના મૂળભૂત સિદ્ધાંતો પ્રકાશિત કરવામાં આવ્યા છે તથા તેના ઉપર વિચાર-વિમર્શ કરવામાં આવેલ છે.

હરબર્ટ બૉયર(Herbert Boyer)નો જન્મ 1936માં થયો હતો તથા તેમનો ઉછેર પશ્ચિમી પેનસિલવેનિયાના એક પ્રાંતમાં થયો હતો જ્યાં મોટા ભાગના યુવાનોના ભાગ્યમાં રેલ, રસ્તા તથા સૂરંગો હતા. વર્ષ 1963માં પિટ્સબર્ગના વિશ્વવિદ્યાલયમાં તેઓએ તેમનો સ્નાતક અભ્યાસ પૂર્ણ કર્યો તથા તેને અનુસરીને યેલમાં તેઓએ અનુસ્નાતક અભ્યાસમાં ત્રણ વર્ષ પસાર કર્યાં.

હરબર્ટ બૉયર
Herbert Boyer
(1936)

વર્ષ 1966માં બૉયરે સાન ફ્રાન્સિસ્કોમાં આવેલ કેલિફોર્નિયા વિશ્વવિદ્યાલયમાં સહાયક પ્રાધ્યાપકનો કાર્યભાર સ્વીકાર્યો. 1969 સુધી તેઓએ વિશિષ્ટ લાભદાયક ગુણોયુક્ત ઈ. કોલાઇ બૅક્ટેરિયાના ઘણાબધા રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો પર અધ્યયન પૂર્ણ કર્યું. બૉયરે અવલોકન કર્યું કે, આ ઉત્સેચકોમાં DNA શૃંખલાને એક વિશિષ્ટ ઢબે કાપવાની ક્ષમતા હોય છે અને જે ભાગ શેષરૂપે બચે છે તેને શૃંખલા પરનો 'ચીપકુ છેડો' કહેવાય છે. આ આલિંગન છેડા ચોક્કસ પ્રક્રિયામાં DNAના ટુકડાઓ સાથે જોડાઈ જાય છે.

આ શોધના પરિણામ સ્વરૂપે હાવાઈ સ્થિત સ્ટૈનફૉર્ડ વૈજ્ઞાનિક સ્ટેનલી કોહેન (Stanley Cohen) સાથે બહુમૂલ્ય તથા લાભદાયક વિચાર-વિમર્શ થઈ શક્યો. કોહેન DNAના નાનાં-નાનાં વલયો જેને પ્લાસ્મિડ કહે છે તેના પર કાર્ય કરતા હતા. આ પ્લાસ્મિડ કેટલાક વિશેષ બૅક્ટેરિયલ કોષોના કોષરસમાં મુક્ત સ્વરૂપે તરતા રહેતા હોય છે તથા DNAની સાંકેતિક શૃંખલા (કોષકેન્દ્રીય DNA)થી સ્વતંત્ર સ્વયંજનન કરે છે. કોહેને કોષમાંથી આ પ્લાસ્મિડને બહાર કાઢવાની તથા તેને ફરીથી અન્ય કોષોમાં દાખલ કરવાની પદ્ધતિ વિકસાવી હતી. આ પ્રક્રિયાને DNAના વિભાજન કરવાની પ્રક્રિયા સાથે સાંકળતા બૉયર (Boyer) અને કોહેને (Cohen) DNAના ખંડોને ઇચ્છિત રૂપરેખાંકનમાં ફરીથી ગોઠવી પુનઃ સંયોજિત કરી અને બૅક્ટેરિયલ કોષોમાં DNA દાખલ કરવા માટે સક્ષમ બનાવ્યા જે આગળ વધીને વિશિષ્ટ પ્રોટીન માટે ઉત્પાદક એકમ તરીકે કાર્ય કરી શકે. આ સફળતા બાયૉટેક્નોલૉજીનો મૂળભૂત આધાર છે કે જેના પાયા ઉપર જૈવતક્નિકી (Biotechnology) શાખાની સ્થાપના કરવામાં આવી હતી.

પ્રકરણ 11

બાયૉટેક્નોલૉજી : સિદ્ધાંતો અને પ્રક્રિયાઓ (Biotechnology : Principles and Processes)

11.1 બાયૉટેક્નોલૉજીના સિદ્ધાંતો

11.2 પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીનાં ઉપકરણો

11.3 પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીની ક્રિયાવિધિ

જૈવતક્નિકી (biotechnology) જે સજીવો અથવા તેઓમાંથી પ્રાપ્ત થતા ઉત્સેચકોનો ઉપયોગ કરી મનુષ્ય માટે ઉપયોગી નીપજો અને ઉપયોગી પ્રક્રિયાઓનું ઉત્પાદન કરવાની તક્નિકી સાથે સંકળાયેલ છે. આ અર્થમાં દહીં, બ્રેડ અથવા વાઇનની બનાવટ કે જે સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા સંપન્ન પ્રક્રિયાઓથી બને છે, તેને પણ બાયૉટેક્નોલૉજીના સ્વરૂપ તરીકે વિચારવામાં આવે છે. વર્તમાન સમયમાં સીમિત અર્થમાં બાયૉટેક્નોલૉજીને જોવામાં આવે તો તેમાં એ પ્રક્રિયાઓ આવે છે જેમાં ઉપર્યુક્ત પદાર્થોના વધારે માત્રામાં ઉત્પાદન માટે જનીન-પરિવર્તિત સજીવો (Genetically Modified Organisms-GMO)નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આગળ જતા અનેક પ્રક્રિયાઓ / તક્નિકોનો સમાવેશ બાયૉટેક્નોલૉજીમાં કરવામાં આવ્યો છે. ઉદાહરણ તરીકે, ઈન વિટ્રો *(in vitro)* ફલન દ્વારા 'ટેસ્ટટ્યૂબ' બેબીનું નિર્માણ, જનીનનું સંશ્લેષણ તથા તેનો ઉપયોગ, DNA રસી અથવા ક્ષતિગ્રસ્ત જનીનની સુધારણા આ બધા બાયૉટેક્નોલૉજીનો જ ભાગ છે.

યુરોપિયન બાયૉટેક્નોલૉજી સંગઠન (European Federation of Biotechnology - EFB) દ્વારા બાયૉટેક્નોલૉજીની વ્યાખ્યા આપવામાં આવી જેમાં પરંપરાગત અભિગમ અને આધુનિક આણ્વિક બાયૉટેક્નોલૉજીનો સમાવેશ છે. EFB દ્વારા આપવામાં આવેલ વ્યાખ્યા આ મુજબ છે :

'નીપજો અને સેવાઓ માટે પ્રાકૃતિક જીવવિજ્ઞાન અને સજીવો, કોષો, તેમના ભાગો તથા આણ્વિય અનુરૂપતાનું સંચાલન.'

11.1 બાયૉટેક્નોલૉજીના સિદ્ધાંતો (Principles of Biotechnology)

ઘણી તક્નિકીઓ પૈકી, નીચેની મુખ્ય બે તક્નિકોએ આધુનિક બાયૉટેક્નોલૉજીને જન્મ આપ્યો :

(i) **જનીન ઈજનેરીવિદ્યા (Genetic Engineering)** : આ ટેક્નોલૉજી દ્વારા આનુવંશિક દ્રવ્યો (DNA અને RNA)ના રસાયણમાં પરિવર્તન પ્રેરીને તેને યજમાન સજીવમાં પ્રવેશ કરાવીને યજમાન સજીવના બાહ્ય સ્વરૂપ પ્રકારમાં ફેરફાર પ્રેરવામાં આવે છે.

(ii) **જૈવપ્રક્રિયા-ઈજનેરીવિદ્યા (Bioprocess Engineering)** : રસાયણ ઈજનેરી પ્રક્રિયાઓમાં માત્ર ઈચ્છિત સૂક્ષ્મજીવો / સુકોષકેન્દ્રી કોષોની જંતુરહિત (સૂક્ષ્મજીવ સંક્રમણ- રહિત) જાળવણી કરીને વૃદ્ધિ કરાવી વધુ માત્રામાં બાયૉટેક્નોલૉજિકલ નીપજો જેવી કે ઍન્ટિબાયોટિક્સ, રસીઓ, ઉત્સેચકો વગેરેનું નિર્માણ કરવામાં આવે છે.

ચાલો આપણે હવે જનીન ઈજનેરીવિદ્યાના સિદ્ધાંતોના સંકલ્પનાત્મક વિકાસને સમજીએ.

સંભવતઃ તમે અલિંગીપ્રજનનની સાપેક્ષમાં લિંગીપ્રજનનના ફાયદા વિશે જાણતા હશો. લિંગીપ્રજનન અજોડ આનુવંશિક વ્યવસ્થાનાં સંયોજનોની રચના તથા ભિન્નતા માટે તકો પૂરી પાડે છે. તેમાંના કેટલાક સજીવ તથા વસ્તી માટે ફાયદાકારક હોઈ શકે છે. અલિંગીપ્રજનન આનુવંશિક માહિતીને પરિરક્ષિત કરી પેઢી દર પેઢી જાળવી રાખે છે, જ્યારે લિંગીપ્રજનન દ્વારા ભિન્નતા ઉદ્ભવે છે. પરંપરાગત સંકરણની પદ્ધતિઓ કે જે વનસ્પતિઓ તથા પ્રાણીઓના સંવર્ધનમાં ઉપયોગી છે તેના દ્વારા કેટલીક વખત ઈચ્છિત જનીનો સાથે-સાથે અનિચ્છનીય જનીનોનો સમાવેશ તથા ગુણન થઈ જાય છે. ઉપર્યુક્ત ક્ષતિઓ દૂર કરવા માટે જનીન ઈજનેરીવિદ્યામાં **જનીન ક્લોનિંગ** અને **જનીન સ્થળાંતરણ (gene cloning** and **gene transfer)**નો ઉપયોગ કરી પુનઃસંયોજિત **DNA (*r*-DNA recombinant DNA)**નું નિર્માણ કરવામાં આવે છે, જેનાથી અનિચ્છનીય જનીનોને બાકાત રાખીને એક અથવા એકથી વધુ ઈચ્છનીય જનીનોને અલગ તારવીને લક્ષ સજીવમાં દાખલ કરી શકાય છે.

શું તમે જાણો છો કે જે DNAનો ટુકડો વિજાતીય સજીવોમાં સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે તેનું ભવિષ્ય શું છે ? મોટા ભાગે આ DNAનો ટુકડો સજીવના બાળકોષોમાં સ્વયંજનન પામવાની ક્ષમતા ધરાવતો નથી. પરંતુ જ્યારે તે ગ્રાહીનાં જનીનો સાથે જોડાઈ જાય છે ત્યારે તે વિભાજન પામીને યજમાન DNA સાથે આનુવંશિક બની જાય છે કારણ કે, આ વિદેશી DNAનો ટુકડો રંગસૂત્રનો એક ભાગ બની જાય છે કે જેની પાસે સ્વયંજનનની ક્ષમતા હોય છે. રંગસૂત્રમાં DNAનો એક વિશિષ્ટ ક્રમ આવેલો હોય છે જેને **સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ (origin of replication)** કહે છે, જે સ્વયંજનનના પ્રારંભ માટે જવાબદાર હોય છે. આથી તે માટે કોઈ પણ સજીવમાં વિદેશી DNAના ટુકડાના ગુણન માટે તે રંગસૂત્ર અથવા રંગસૂત્રોનો ભાગ હોવો આવશ્યક હોય છે કે જે એક વિશિષ્ટ શૃંખલા ધરાવે છે જે 'સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ' તરીકે ઓળખાય છે. આ રીતે એક વિદેશી DNA સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ સાથે જોડાય છે, આથી આ વિદેશી DNAનો ટુકડો યજમાન સજીવમાં આપમેળે સ્વયંજનન તેમજ ગુણન પામી શકે છે. આને **ક્લોનિંગ (cloning)** પણ કહે છે અથવા કોઈ ટેમ્પલેટ DNAની એકસરખી અનેક નકલોનું નિર્માણ પણ કહી શકાય છે.

હવે એક કૃત્રિમ રિકોમ્બિનન્ટ DNA અણુના નિર્માણની પ્રથમ ઘટનાનો અભ્યાસ કરીશું. પ્રથમ રિકોમ્બિનન્ટ DNAનું નિર્માણ સાલમોનેલા ટાયફિમુરિયમ *(Salmonella typhimurium)*ના અસલ **પ્લાસ્મિડ** (native plasmid-વલયાકાર બાહ્ય રંગસૂત્રીય DNA કે જે સ્વતંત્ર સ્વયંજનન પામી શકે છે)માં ઍન્ટિબાયોટિક પ્રતિરોધી જનીનના ટુકડાને જોડીને થઈ શક્યું. સ્ટેનલી કોહેન અને હરબર્ટ બૉયરે 1972માં ઉપર્યુક્ત કાર્ય ઍન્ટિબાયોટિક પ્રતિરોધક જનીનના અલગીકરણ દ્વારા સંપન્ન કર્યું, જે માટે તેમણે પ્લાસ્મિડમાંથી DNAનો ટુકડો કાપ્યો. જેમાં ઍન્ટિબાયોટિક પ્રતિરોધકતા પ્રદાન કરવા માટે જવાબદાર જનીનો હતા. 'આણ્વિય કાતર' તરીકે ઓળખાતા **રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો**ની શોધથી DNAને વિશિષ્ટ જગ્યાઓથી કાપવાનું શક્ય બની શક્યું. કાપેલા DNAના ટુકડાને પ્લાસ્મિડ સાથે જોડવામાં આવે છે. આ પ્લાસ્મિડ DNA એ

વાહકની જેમ કાર્ય કરે છે, જે તેની સાથે જોડાયેલ DNAને સ્થાનાંતરિત કરે છે. સંભવતઃ તમે જાણો છો કે મચ્છર, કીટવાહક તરીકે વર્તીને મૅલેરિયાના પરોપજીવીને મનુષ્યમાં સ્થાનાંતરિત કરે છે. બસ, આવી જ રીતે પ્લાસ્મિડનો વાહક તરીકે ઉપયોગ કરીને વિદેશી DNAના ટુકડાને યજમાન સજીવોમાં મોકલવામાં આવે છે. ઍન્ટિબાયોટિક જનીનને વાહક સાથે જોડવાનું કાર્ય DNA લાયગેઝ ઉત્સેચક દ્વારા થાય છે. જે DNA અણુના કપાયેલા ભાગ પર કામ કરીને તેના છેડાઓને જોડવાનું કામ કરે છે. આવી રીતે એક નવા સ્વયં પ્રતિકૃતિ બનાવવાવાળા (પોતાની રીતે સ્વયંજનિત થતા) વલયાકાર DNAનું *in vitro* નિર્માણ થાય છે, જે રિકોમ્બિનન્ટ DNA તરીકે ઓળખાય છે. જ્યારે આ DNA ઈ. કોલાઈ *(E. coli)* બૅક્ટેરિયા કે જે સાલ્મોનેલા *(Salmonella)* સાથે નજદીકનો સંબંધ ધરાવે છે તેમાં સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે ત્યારે તે નવા યજમાનના DNA પોલિમરેઝ ઉત્સેચકનો ઉપયોગ કરીને પ્રતિકૃતિઓ બનાવવા લાગે છે. ઈ. કોલાઈમાં ઍન્ટિબાયોટિક અવરોધક જનીનની અનેક નકલો બનાવવાની ક્ષમતાને ઈ. કોલાઈમાં ઍન્ટિબાયોટિક જનીનનું **ક્લોનિંગ** કહેવાય છે.

તમે અનુમાન લગાવી શકો છો કે, જનીન પરિવર્તિત સજીવોના નિર્માણમાં મૂળભૂત ત્રણ ચરણો છે :

(i) ઇચ્છિત જનીનયુક્ત DNAની ઓળખ;

(ii) ઓળખ પામેલા DNAનો યજમાનમાં પ્રવેશ

(iii) પ્રવેશેલા DNAની યજમાનમાં જાળવણી તથા તેની સંતતિઓમાં DNAનું સ્થળાંતર

11.2 રિકોમ્બિનન્ટ DNA ટેક્નોલૉજીનાં ઉપકરણો (Tools of Recombinant DNA Technology)

હવે આપણે પહેલાંની ચર્ચા પરથી જાણી ચૂક્યા છીએ કે, જનીન ઇજનેરીવિદ્યા અથવા રિકોમ્બિનન્ટ DNA ટેક્નોલૉજી ત્યારે જ પૂર્ણ થઈ શકે છે કે જ્યારે આપણી પાસે મહત્ત્વનાં ઉપકરણો જેવા કે, રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો, પોલિમરેઝ ઉત્સેચકો, લાયગેઝ, વાહકો અને યજમાન સજીવ હોય. ચાલો, હવે આમાંથી કેટલાકને વિસ્તૃતમાં સમજવાનો પ્રયાસ કરીએ.

11.2.1 રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો (Restriction Enzymes)

વર્ષ 1963માં બે ઉત્સેચકોને અલગ કરવામાં આવ્યા કે, જે ઈ. કોલાઈમાં બૅક્ટેરિયોફેઝની વૃદ્ધિને અવરોધવા માટે જવાબદાર છે. તેમાંનો એક DNAમાં મિથાઈલ સમૂહને ઉમેરે છે જ્યારે બીજો DNAને કાપે છે. પછીથી તેમાંના બીજાને **રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ** કહેવામાં આવ્યો.

પ્રથમ રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ *Hind-II,* જેનું કાર્ય DNA ન્યુક્લિઓટાઇડના વિશિષ્ટ ક્રમ પર આધાર રાખે છે, તે પાંચ વર્ષ પછી અલગ કરાયો અને ઓળખવામાં આવ્યો. એવું જોવા મળ્યું કે, *Hind-II* હંમેશાં DNA અણુના એક ચોક્કસ બિંદુ પર કાપ મૂકે છે જ્યાં છ બેઇઝ જોડનો એક ચોક્કસ ક્રમ હોય છે. આ ચોક્કસ બેઇઝક્રમ *Hind-II*ના **ઓળખક્રમ** તરીકે જાણીતો છે. *Hind-II* સિવાય આજે 900થી વધારે રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો વિશે જાણકારી છે જે બૅક્ટેરિયાની 230થી વધારે જાતમાંથી અલગ કરવામાં આવી છે, જેમાંથી પ્રત્યેક અલગ–અલગ ઓળખક્રમોને ઓળખે છે.

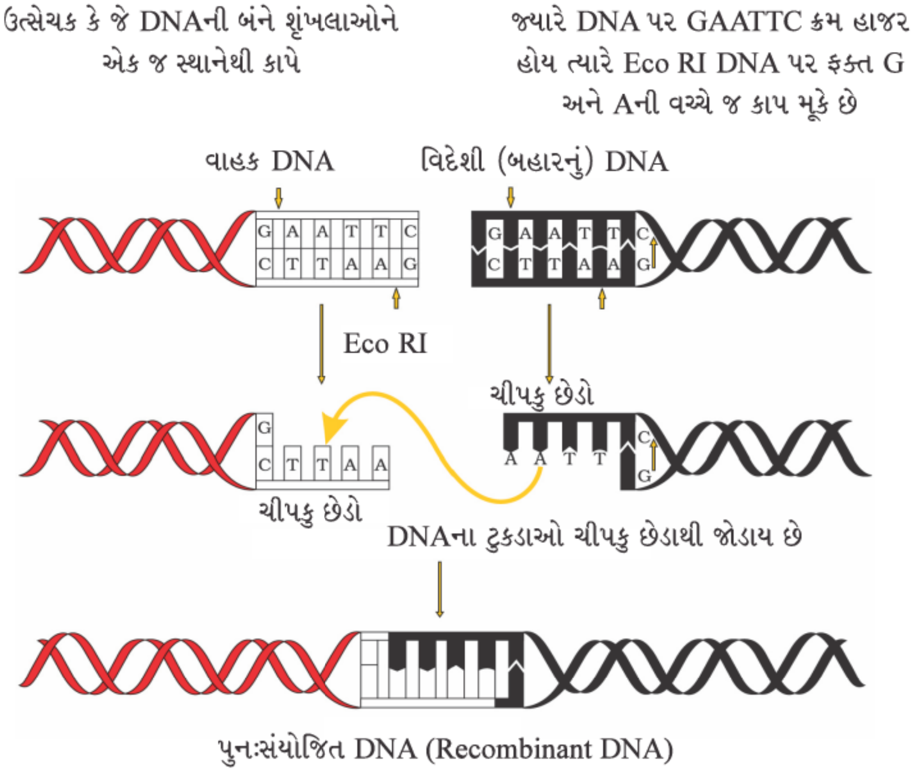
આ ઉત્સેચકોના નામકરણમાં પરંપરાનુસાર, નામનો પ્રથમ અક્ષર પ્રજાતિમાંથી જ્યારે બીજા બે અક્ષરો આદિકોષકેન્દ્રી કોષની જાતિમાંથી લેવામાં આવે છે કે, જેમાંથી તેને અલગ કરવામાં આવ્યા હતા. ઉદાહરણ : Eco RI, ઇશ્ચેરેશિયા કોલાઈ *(Escherichia coli)* RY 13માંથી આવ્યો છે.

તેમાં Eco RIમાં અક્ષર 'R' જાતના નામ પરથી લેવામાં આવેલ છે. નામ પછીનો રોમન અંક બૅક્ટેરિયાની જે-તે જાતમાંથી કયા ક્રમમાં ઉત્સેચકને અલગ કરવામાં આવ્યો હતો તે દર્શાવે છે.

રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકોનો **ન્યુક્લિએઝિસ** કહેવાતા ઉત્સેચકોના મોટા વર્ગમાં સમાવેશ થાય છે. તે બે પ્રકારના હોય છે : **એક્સોન્યુક્લિએઝ** અને **ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ**. એક્સોન્યુક્લિએઝ DNAના છેડા પરથી ન્યુક્લિઓટાઈડ્‌સને દૂર કરે છે, જ્યારે ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ DNAની અંદર ચોક્કસ સ્થાન પર કાપ મૂકે છે.

પ્રત્યેક રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ DNAની શૃંખલાની લંબાઈનું નિરીક્ષણ કર્યા પછી તે કાર્ય કરે છે. જ્યારે તે પોતાનો વિશિષ્ટ ઓળખક્રમ પ્રાપ્ત કરી લે છે ત્યારે તે DNA સાથે જોડાય છે અને બેવડા કુંતલની બંને શૃંખલાને શર્કરા-ફૉસ્ફેટ આધારસ્તંભોમાં વિશિષ્ટ કેન્દ્રો પરથી કાપે છે (આકૃતિ 11.1). પ્રત્યેક રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ DNAમાં વિશિષ્ટ **પેલિન્ડ્રોમિક ન્યુક્લિઓટાઈડ શૃંખલાઓ (palindromic nucleotide sequence)**ને ઓળખે છે.

રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકનું કાર્ય



આકૃતિ 11.1 : રિસ્ટ્રિક્શન એન્ડોન્યુક્લિએઝ ઉત્સેચક Eco RIની પ્રક્રિયા દ્વારા પુનઃસંયોજિત DNAના નિર્માણનાં ચરણો

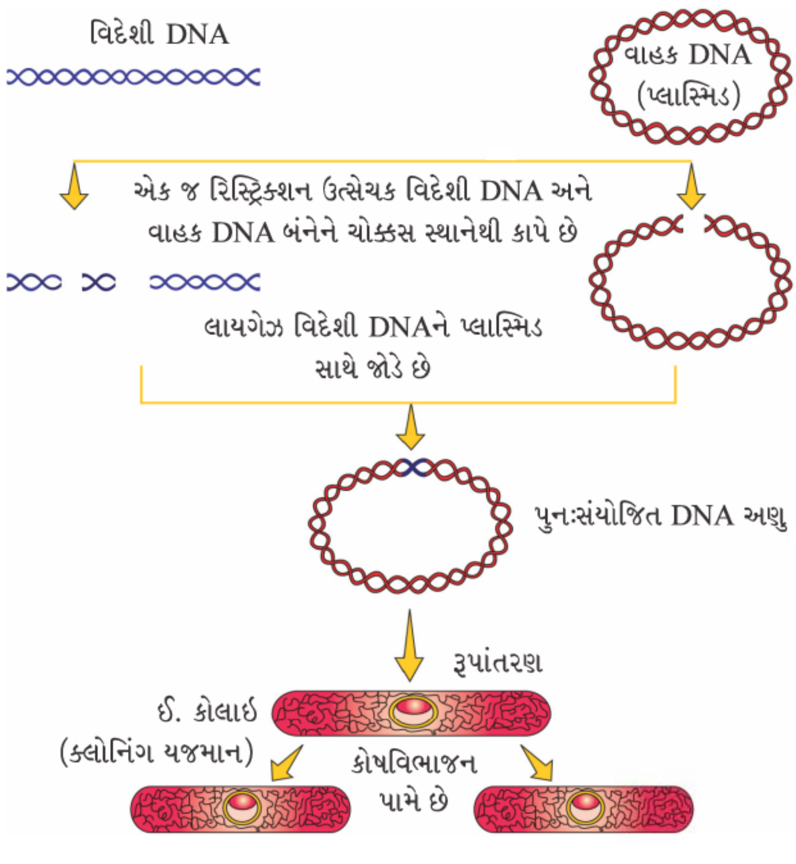
શું તમે જાણો છો કે, પેલિન્ડ્રોમ શું છે ? તે શબ્દોનો સમૂહ છે જેને આગળ-પાછળ બંને બાજુએથી વાંચતા સરખા વાંચી શકાય છે. ઉદાહરણ : 'મલયાલમ.' DNAમાં પેલિન્ડ્રોમ બેઈઝ જોડનો એક એવો ક્રમ હોય છે જે DNAની એક બાજુએથી બીજી બાજુ તરફ આગળ અને પાછળથી એકસરખા વાંચી શકાય છે. ઉદાહરણ : આપેલ ક્રમને 5′ $\rightarrow$ 3′ દિશામાં વાંચવાથી બંને શૃંખલામાં એકસરખા વાંચી શકાય. જો તેને 3′ $\rightarrow$ 5′ દિશામાં વાંચવામાં આવે તોપણ તે સાચું પડે છે.

5′ ______ GAATTC ______ 3′
3′ ______ CTTAAG ______ 5′

રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચક DNA શૃંખલાને પેલિન્ડ્રોમ સ્થાને કેન્દ્રથી સહેજ દૂર પરંતુ વિરુદ્ધ શૃંખલામાં બે સરખા બેઇઝની વચ્ચેથી કાપે છે જેના ફળ સ્વરૂપે છેડા પર એક શૃંખલાનો ભાગ રહી જાય છે. આથી બેવડા કુંતલના છેડા ઉપર એક શૃંખલાવાળો ટૂંકો ભાગ છૂટી જાય છે. આવા ટૂંકા એક શૃંખલામય લટકતા નાના ભાગને ચીપકુ છેડો કહે છે (આકૃતિ 11.1). તેનું આવું નામ એટલા માટે આપવામાં આવ્યું છે કારણ કે, તેના પૂરક કપાયેલા પ્રતિરૂપ સાથે હાઇડ્રોજન બંધ બનાવે છે. છેડાઓનું આ ચીપકાપણું (stickyness) ઉત્સેચક DNA લાયગેઝના કાર્યમાં સહાયતા પ્રદાન કરે છે.

રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝનો ઉપયોગ જનીન ઇજનેરીવિદ્યામાં પુનઃસંયોજિત DNA અણુ બનાવવા માટે કરવામાં આવે છે કે જે વિભિન્ન સ્રોતો/જનીન સંકુલ (genomes)માંથી પ્રાપ્ત થતા DNA ભેગા થઈને બનેલ હોય છે.

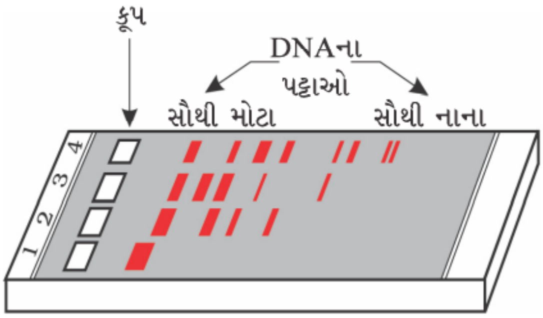
એક જ રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચક દ્વારા કાપવાથી પ્રાપ્ત થનારા DNAના ખંડોમાં સમાન પ્રકારના ચીપકુ છેડા (sticky end) હોય છે અને તેને DNA લાયગેઝની મદદથી એકબીજા સાથે (છેડાથી છેડા-end to end) જોડી શકાય છે (આકૃતિ 11.2).



આકૃતિ 11.2 : પુનઃસંયોજિત DNA (*r*-DNA) ટેક્નોલૉજીનું રેખાંકિત નિરૂપણ

તમે સંપૂર્ણ રીતે સમજી ચૂક્યા હશો કે, સામાન્યતઃ જ્યાં સુધી વાહક અને સ્રોત DNAને એક જ રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચક દ્વારા કાપવામાં ન આવે ત્યાં સુધી પુનઃસંયોજિત વાહક અણુનું નિર્માણ થઈ શકતું નથી.

DNA ખંડોનું પૃથક્કરણ અને અલગીકરણ : રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ દ્વારા DNAને કાપવાના પરિણામ સ્વરૂપે DNAના ટુકડા થઈ જાય છે. આ ટુકડાઓને **જૅલ ઇલેક્ટ્રૉફોરેસિસ (gel electrophoresis)** તરીકે ઓળખાતી પદ્ધતિ દ્વારા અલગીકૃત કરી શકાય છે. કેમકે DNA ટુકડાઓ ઋણ વીજભારિત અણુઓ હોય છે જેથી તેઓને માધ્યમ / આધારકમાં વિદ્યુતક્ષેત્રની મદદથી ધન વિદ્યુતધ્રુવ (anode)ની તરફ બળપૂર્વક ધકેલીને અલગ કરી શકાય છે. આજકાલ સામાન્ય રીતે ઉપયોગ કરવામાં આવતું માધ્યમ એગેરોઝ છે. તે દરિયાઈ નિંદણ (see weeds)માંથી અલગીકૃત કરાયેલ કુદરતી પોલીમર છે. એગેરોઝ જૅલની ચાળણી જેવી અસરથી DNAના ટુકડાઓ તેના કદ મુજબ અલગ થાય છે. આમ, તેના ટુકડાનું કદ જેટલું નાનું તેટલું તે વધુ દૂર સુધી ખસશે. *આકૃતિ 11.3માં જુઓ અને અનુમાન લગાવો કે જૅલના કયા છેડા પર સેમ્પલ ભરવામાં આવ્યું હતું.*



આકૃતિ 11.3 : અપાચિત (પટ્ટી 1) અને પાચિત (પટ્ટી 2 થી 4) DNAના ખંડોના સમૂહનું સ્થાનાંતરણ દર્શાવતું લાક્ષણિક એગારોઝ જૅલ ઇલેક્ટ્રૉફોરેસિસ

અલગીકૃત DNAના ટુકડાઓને ત્યારે જ જોઈ શકાય છે જ્યારે આ DNAને ઇથીડિયમ બ્રોમાઇડ (ethidium bromide) નામના સંયોજન વડે અભિરંજિત કરીને UV કિરણો દ્વારા નિરાચ્છાદન (exposed) કરવામાં આવે (તમે શુદ્ધ DNAના ટુકડાઓને દૃશ્યમાન પ્રકાશમાં અભિરંજિત કર્યા વગર જોઈ શકતા નથી). ઇથીડિયમ બ્રોમાઇડથી અભિરંજિત જૅલ ઉપર UV પ્રકાશ પાડતાં DNAના ચળકતા નારંગી રંગના પટ્ટાઓ તમે જોઈ શકો છો (આકૃતિ 11.3). DNAના પટ્ટાઓને એગેરોઝ જૅલમાંથી કાપીને બહાર કાઢવામાં આવે છે અને જૅલના ટુકડાઓથી અલગ કરવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયાને છાલન (elution) કહે છે. આ રીતે શુદ્ધ કરવામાં આવેલ DNAના ટુકડાઓને ક્લોનિંગ વાહકો સાથે જોડીને રિકોમ્બિનન્ટ DNAના નિર્માણમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

11.2.2 ક્લોનિંગ વાહકો (Cloning Vectors)

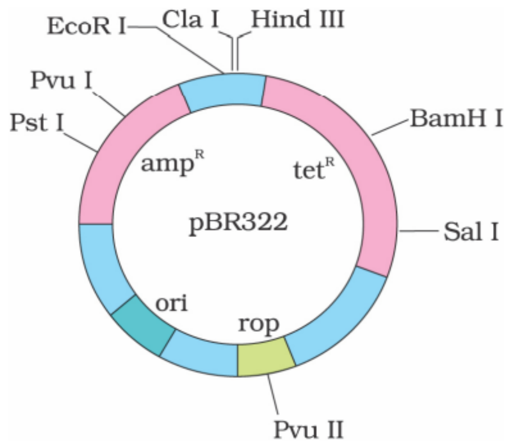
તમે જાણો છો કે પ્લાસ્મિડ અને બૅક્ટેરિયોફેઝ બૅક્ટેરિયલ કોષમાં રંગસૂત્રીય DNAના નિયંત્રણ વગર સ્વતંત્ર રીતે સ્વયંજનન કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. બૅક્ટેરિયોફેઝની પ્રત્યેક કોષમાં ઘણી વધારે સંખ્યા હોવાથી બૅક્ટેરિયલ કોષમાં તેમના જનીનસંકુલ (genome)ની ઘણીબધી નકલો જોવા મળે છે. કેટલાક પ્લાસ્મિડની એક અથવા બે નકલો પ્રતિકોષ હોય છે જ્યારે બીજાની 15-100 નકલો પ્રતિ કોષ હોય છે. તેની સંખ્યા આનાથી પણ વધારે હોઈ શકે છે. જો આપણે વિદેશી DNAના ટુકડાને બૅક્ટેરિયોફેઝ અથવા પ્લાસ્મિડ DNA સાથે જોડીએ તો તેની સંખ્યા પણ બૅક્ટેરિયોફેઝ અથવા પ્લાસ્મિડની નકલોની સંખ્યાને સમકક્ષ ગુણન કરાવી શકીએ છીએ. વર્તમાન સમયમાં ઉપયોગ કરાવવામાં આવતા વાહકો એવી રીતે તૈયાર કરવામાં આવે છે કે, જેથી વિદેશી DNAના સરળતાથી જોડાણમાં તથા બિનપુનઃસંયોજિતમાંથી પુનઃસંયોજિતની પસંદગીમાં સહાયતા પ્રાપ્ત થાય.

નીચેની વિશેષતાઓ વાહકમાં સાનુકૂળ ક્લોનિંગ કરવા માટે જરૂરી છે :

(i) સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ [Origin of Replicationo(ori)] : આ તે ક્રમ છે જ્યાંથી સ્વયંજનનની શરૂઆત થાય છે અને જ્યારે કોઈ DNAનો ટુકડો આ શૃંખલા સાથે જોડાય છે ત્યારે યજમાન કોષની અંદર સ્વયંજનન કરી શકે છે. આ ક્રમ, જોડાયેલ DNA (સંકલિત DNA)ની નકલોની સંખ્યાના નિયંત્રણ માટે પણ જવાબદાર છે. એટલા માટે જો કોઈ લક્ષ્ય DNAની ઘણી નકલો પ્રાપ્ત કરવા માંગતા હોય તો તેને એવા વાહકમાં ક્લોન કરવું જોઈએ કે જેની ઉત્પત્તિ (origin) ખૂબજ વધારે નકલો બનાવવામાં સહયોગ કરતી હોય.

(ii) પસંદગીમાન રેખક (વરણ ચિહ્ન-Selectable marker) : સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ (ori)ની સાથે વાહકને પસંદગીમાન રેખકની પણ આવશ્યકતા હોય છે, કે જે અપરિવર્તનીય (non-transformants)ની ઓળખ તથા તેને દૂર કરવામાં મદદરૂપ હોય તથા પરિવર્તનીય (transformants)ની વૃદ્ધિ માટે પસંદગીમાન અનુમતી આપતું હોય. **રૂપાંતરણ (transformation)** એક એવી કાર્યપદ્ધતિ છે જેની મદદથી DNAના એક ખંડને યજમાન બૅક્ટેરિયામાં પ્રવેશ કરાવાય છે (તમે આગળના વિભાગમાં આ પ્રક્રિયાનો અભ્યાસ કરશો). સામાન્ય રીતે એમ્પિસિલિન, ક્લોરામ્ફેનિકોલ, ટેટ્રાસાયક્લિન તથા કેનામાયસિન જેવા પ્રતિજૈવિક (antibiotics) દ્રવ્યો પ્રત્યે અવરોધન સાંકેતન કરવાવાળા જનીનો ઈ. કોલાઇ માટે ઉપયોગી પસંદગીમાન રેખકો છે. સામાન્ય ઈ. કોલાઇ કોષો આમાંથી કોઈ પણ પ્રતિ જૈવિક દ્રવ્યોનું અવરોધન કરતા નથી.

(iii) ક્લોનિંગ જગ્યાઓ (Cloning Sites) : વિદેશી DNAને જોડવા માટે સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાઈ રહેલા રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો માટે વાહકમાં ખૂબ જ ઓછી કે મોટે ભાગે એક જ ઓળખ જગ્યા હોવી જોઈએ. વાહકની અંદર એકથી વધારે **ઓળખ જગ્યા** હોવાથી તેના ઘણાબધા ટુકડા થઈ જશે જે જનીન ક્લોનિંગને જટિલ બનાવી દે છે (આકૃતિ 11.4). વિદેશી DNAનું જોડાણ (ligation) એ બંને **પ્રતિજૈવિક અવરોધક** (antibiotic resistance) જનીનોમાંથી એકમાં આવેલ રિસ્ટ્રિક્શન સ્થાન પર કરવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે, તમે વિદેશી DNAને વાહક pBR322માં સ્થિત ટેટ્રાસાયક્લિન પ્રતિરોધી જનીનના Bam H I સ્થાને જોડી શકો છો. પુનઃસંયોજિત પ્લાસ્મિડ પરજાત DNA દાખલ થવાથી ટેટ્રાસાયક્લિન અવરોધન ગુમાવે છે, પરંતુ પુનઃસંયોજન પામતાં ઘટકોને એમ્પિસિલિન સમાવિષ્ટ માધ્યમ પર રહેલા પરિવર્તનીય ઘટકોના લેપન (plating) દ્વારા પુનઃસંયોજિત ન પામતાં ઘટકોથી અલગ પસંદગી કરી શકાય છે. ઍમ્પિસિલિનયુક્ત માધ્યમ પર વૃદ્ધિ કરવાવાળાં રૂપાંતરણો(પરિવર્તનીય ઘટકો)ને હવે ટેટ્રાસાયક્લિનયુક્ત માધ્યમ પર સ્થળાંતરિત કરવામાં આવે છે. પુનઃસંયોજિત ઘટકો ઍમ્પિસિલિન માધ્યમ પર વૃદ્ધિ પામશે પરંતુ ટેટ્રાસાયક્લિનયુક્ત માધ્યમ પર વૃદ્ધિ પામશે નહિ. પણ પુનઃસંયોજન ન પામતા ઘટકો (બિન પુનઃ સંયોજિત) બંને પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યો ધરાવતા માધ્યમમાં વૃદ્ધિ પામશે.



આકૃતિ 11.4 : *E. coli* ક્લોનિંગ વાહક pBR322માં રિસ્ટ્રિક્શન સ્થાનો (*Hind* III, *Eco*R I, *Bam*H I, *Sal* I, *Pvu* II, *Pst* I, *Cla* I), ori તેમજ પ્રતિજૈવિક અવરોધક જનીનો (amp^R અને tet^R) rop પ્લાસ્મિડના સ્વયંજનનમાં ભાગ લેતા પ્રોટીનનું સંકેતન કરે છે

આ કિસ્સામાં, અહીં એક ઍન્ટિબાયોટિક્સ અવરોધક જનીન પરિવર્તનશીલ ઘટકોની પસંદગીમાં મદદ કરે છે, જ્યારે બીજું ઍન્ટિબાયોટિક અવરોધક જનીન વિદેશી DNAના પ્રવેશથી નિષ્ક્રિય થઈ જાય છે અને પુનઃસંયોજિત ઘટકોની પસંદગીમાં મદદ કરે છે.

ઍન્ટિબાયોટિક્સના નિષ્ક્રિય થવાના કારણે પુનઃસંયોજિતની પસંદગી એક જટિલ ક્રિયા છે કેમકે તેમાં જુદાં-જુદાં ઍન્ટિબાયોટિક્સ ધરાવતી બંને પ્લેટમાં વિદ્યુતલેપન એકસાથે જરૂરી છે તેથી વૈકલ્પિક પસંદગીમાન રેખકને વિકસાવવામાં આવ્યું કે જે રંગસર્જક પદાર્થની હાજરીમાં પુનઃસંયોજિત અને બિનપુનઃસંયોજિતને તેમની રંગ ઉત્પન્ન કરવાની ક્ષમતાના આધારે અલગ પાડે છે. જેમાં, *r*-DNAને β ગેલેક્ટોસાઇડેઝ ઉત્સેચકની સાંકેતિક શૃંખલામાં પ્રવેશ કરાવતા β ગેલેક્ટોસાઇડેઝ ઉત્પન્ન કરતું જનીન નિષ્ક્રિય થઈ જાય છે. જેને **નિવેશી નિષ્ક્રિયતા (insertional inactivation)** કહે છે. જો બૅક્ટેરિયાના પ્લાસ્મિડમાં નિવેશ (insert) ન હોય તો રંગ સર્જક પદાર્થની હાજરીમાં ભૂરા રંગની વસાહતોનું નિર્માણ થાય છે. નિવેશની હાજરી β ગેલેક્ટોસાઇડેઝ જનીનની નિવેશી નિષ્ક્રિયતામાં પરિણમે છે તેથી વસાહતો કોઈ રંગ ઉત્પન્ન કરતી નથી જેને પુનઃસંયોજિત વસાહતો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

(iv) વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં ક્લોનિંગ જનીનો માટે વાહકો (Vectors for cloning genes in plants and animals) : તમને એ જાણીને આશ્ચર્ય થશે કે, જનીનોને વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં સ્થળાંતરિત કરવાનું આપણે બૅક્ટેરિયા અને વાઇરસમાંથી શીખ્યાં, જેને આ વાતની લાંબા સમયથી ખબર હતી તેઓ જાણતા હતા કે સુકોષકેન્દ્રી કોષોને રૂપાંતરિત કરવા માટે જનીનોને કેવી રીતે સ્થળાંતરિત કરવા કે જે બૅક્ટેરિયા તથા વાઇરસ જે ઇચ્છે છે તે કરવા માટે પ્રેરે છે. ઉદાહરણ તરીકે, એગ્રોબૅક્ટેરિયમ ટ્યુમિફેસિયન્સ *(Agrobacterium tumifaciens)* કેટલીય દ્વિદળી વનસ્પતિઓ માટે રોગકારક છે, તે DNAનો એક ખંડ જેને T-DNA કહે છે જે સામાન્ય વનસ્પતિ કોષોને રૂપાંતરિત કરી **ગાંઠ (tumor)**માં ફેરવે છે અને આ ટ્યુમર કોષો રોગકારક માટે જરૂરી રસાયણોનું ઉત્પાદન કરે છે. તેવી જ રીતે પ્રાણીઓમાં રિટ્રોવાઇરસ સામાન્ય કોષોને **કૅન્સરગ્રસ્ત કોષો**માં પરિવર્તિત કરે છે. રોગકારક દ્વારા સુકોષકેન્દ્રી યજમાનમાં જનીન સ્થળાંતરણની પદ્ધતિને આપણે સારી રીતે સમજી રોગકારકની આ પદ્ધતિ દ્વારા ઉપયોગી વાહકનો ઉપયોગ કરી માનવ માટે લાભદાયક જનીનનું સ્થાનાંતરણ કરી શકીએ છીએ. એગ્રોબૅક્ટેરિયમ ટ્યુમિફેસિયન્સનું ટ્યુમર ઇન્ડ્યુસિંગ (Ti) પ્લાસ્મિડ ક્લોનિંગ વાહકના રૂપમાં રૂપાંતરિત કરી દેવામાં આવ્યું છે જે વનસ્પતિ માટે હવે રોગજન્ય રહ્યું નથી. પરંતુ તેનો ઉપયોગ પોતાની અભિરુચિના જનીનને અનેક વનસ્પતિઓમાં સ્થાનાંતરિત કરવા માટે કરાય છે. આ રીતે જ્યારે એક જનીન અથવા DNAના ખંડને યોગ્ય વાહક સાથે જોડી દેવામાં આવે છે ત્યારે તેને બૅક્ટેરિયા, વનસ્પતિઓ તેમજ પ્રાણી યજમાનમાં સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે (જ્યાં તે ગુણન પામી શકે).

11.2.3 સક્ષમ યજમાન (Competent Host) (પુનઃસંયોજિત DNA સાથેના રૂપાંતરણ માટે)

DNA જલાનુરાગી (hydrophilic) અણુ છે, એટલા માટે તે કોષરસપટલમાંથી પસાર થઈ શકતો નથી. કેમ ? બૅક્ટેરિયાને પ્લાસ્મિડ સ્વીકારવા માટે ગ્રાહી કરતાં પહેલાં તે આવશ્યક છે કે બૅક્ટેરિયલ કોષને DNAના સ્વીકાર હેતુ સક્ષમ બનાવવામાં આવે. એવું કરવા માટે પહેલા તેને નિશ્ચિત સાંદ્રતા ધરાવતા દ્વિસંયોજિત (divalent) ધન આયન (cation) જેમકે કૅલ્શિયમની સારવાર આપવામાં આવે છે. તેનાથી

DNAને બૅક્ટેરિયાની કોષદીવાલમાં આવેલાં છિદ્રો દ્વારા પ્રવેશ પામવાની ક્ષમતામાં વધારો થાય. પુનઃસંયોજિત DNA (*r*-DNA)ને કોષમાં દાખલ કરાવવા માટે પ્રથમ તેમને બરફ પર રાખવામાં આવે છે. ત્યાર બાદ 42 °C તાપમાને મૂકવામાં આવે છે અને અંતે પુનઃ બરફ પર મૂકવામાં આવે છે. આમ કરવાથી બૅક્ટેરિયા *r*-DNA નો સ્વીકાર કરવા માટે સક્ષમ બની જાય છે.

યજમાન કોષોમાં વિદેશી DNAને પ્રવેશ કરાવવાની માત્ર આ જ એક રીત નથી. **સૂક્ષ્મ અંતઃક્ષેપણ (micro-injection)** વિધિમાં પુનઃસંયોજિત DNAને પ્રાણીકોષના કોષકેન્દ્રમાં સીધું જ અંતઃક્ષેપણ કરાવવામાં આવે છે. અન્ય પદ્ધતિ કે જે વનસ્પતિઓ માટે અનુકૂળ છે જેમાં ટંગસ્ટન કે સોના (gold)ના લઘુ તીવ્ર વેગીય કણો દ્વારા આવરિત DNAનો કોષો પર મારો (bombarding) કરવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિને **જૈવ પ્રાક્ષેપિકી (biolistics)** અથવા **જનીન સ્ફોટક (gene gun)** તરીકે ઓળખાય છે અને અંતિમ પદ્ધતિ જેમાં બિનહાનિકારક રોગકારક વાહકનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ વાહકોથી જ્યારે કોષો સંક્રમિત થાય છે ત્યારે તે પુનઃસંયોજિત DNAને યજમાનમાં સ્થાનાંતરિત કરી દે છે.

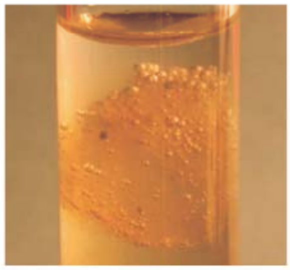
તમે પુનઃસંયોજિત DNAના નિર્માણ માટેનાં ઉપકરણો વિશે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો. ચાલો હવે, એ પદ્ધતિનું વર્ણન કરીશું જે પુનઃસંયોજિત ટેક્નોલૉજીને સરળ બનાવે છે.

11.3 પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીની ક્રિયાવિધિ (Processes of Recombinant DNA Technology)

પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીમાં કેટલાંક ચોક્કસ ક્રમના સોપાનોનો સમાવેશ થાય છે, જેમકે DNAનું અલગીકરણ, રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝની મદદથી DNAનું અવખંડન, ઇચ્છિત DNA ખંડનું અલગીકરણ, વાહકમાં DNA ખંડોનું જોડાણ, યજમાનમાં પુનઃસંયોજિત DNAનો પ્રવેશ, યજમાન કોષોનું માધ્યમમાં વ્યાપક સ્તરે સંવર્ધન અને ઇચ્છિત નીપજોનું નિષ્કર્ષણ. ચાલો, હવે આ બધાં ચરણોનો વિસ્તૃત સ્વરૂપે અભ્યાસ કરીએ.

11.3.1 જનીન દ્રવ્ય (DNA)નું અલગીકરણ [Isolation of the Genetic Material (DNA)]

યાદ રાખો કે કોઈ પણ અપવાદ વગર બધા જ સજીવોમાં આનુવંશિક દ્રવ્ય ન્યુક્લિઇક ઍસિડ છે. મોટા ભાગના સજીવોમાં તે ડિઑક્સિરિબોન્યુક્લિઇક ઍસિડ અથવા DNA છે. DNAને રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકોની મદદથી કાપવા માટે તે આવશ્યક છે કે તે શુદ્ધ સ્વરૂપે, બીજા મહાઅણુઓથી મુક્ત હોવો જોઈએ. DNA પટલો વડે ઘેરાયેલું હોય છે, એટલા માટે આપણે કોષોને તોડીને ખોલતા, બીજા બૃહદ્ અણુઓ જેમકે RNA, પ્રોટીન, પોલિસેકેરાઇડ્સ અને લિપિડની સાથે DNA મુક્ત થાય છે. જ્યારે બૅક્ટેરિયલ કોષો / વનસ્પતિ અથવા પ્રાણીપેશીને; **લાઇસોઝાઇમ** (બૅક્ટેરિયા), **સેલ્યુલેઝ** (વનસ્પતિકોષો), **કાઇટિનેઝ** (ફૂગ) જેવા ઉત્સેચકોની સારવાર દ્વારા જ તે મેળવી શકાય છે. તમે જાણો છો કે, હિસ્ટૉન જેવા પ્રોટીન સાથે ગૂંથાયેલા DNAના લાંબા અણુઓ પર જનીનો સ્થાન પામેલ હોય છે. RNAને રિબોન્યુક્લિએઝની સારવારથી દૂર કરી શકાય છે, જ્યારે પ્રોટીનને પ્રોટીએઝની સારવારથી દૂર કરાય છે. બીજા અણુઓને યોગ્ય સારવાર દ્વારા દૂર કરવામાં આવે છે અને અંતે ઠંડો ઇથેનોલ ઉમેરીને શુદ્ધ સ્વરૂપે DNAનું અવક્ષેપન કરાય છે. તેને અવલંબિત (suspension) માધ્યમમાં પાતળાં તાતણાંઓના સમૂહ સ્વરૂપે જોઈ શકાય છે (આકૃતિ 11.5).



આકૃતિ 11.5 : અલગ કરાયેલ DNAને સ્પૂલિંગ (spooling) દ્વારા દૂર કરવો

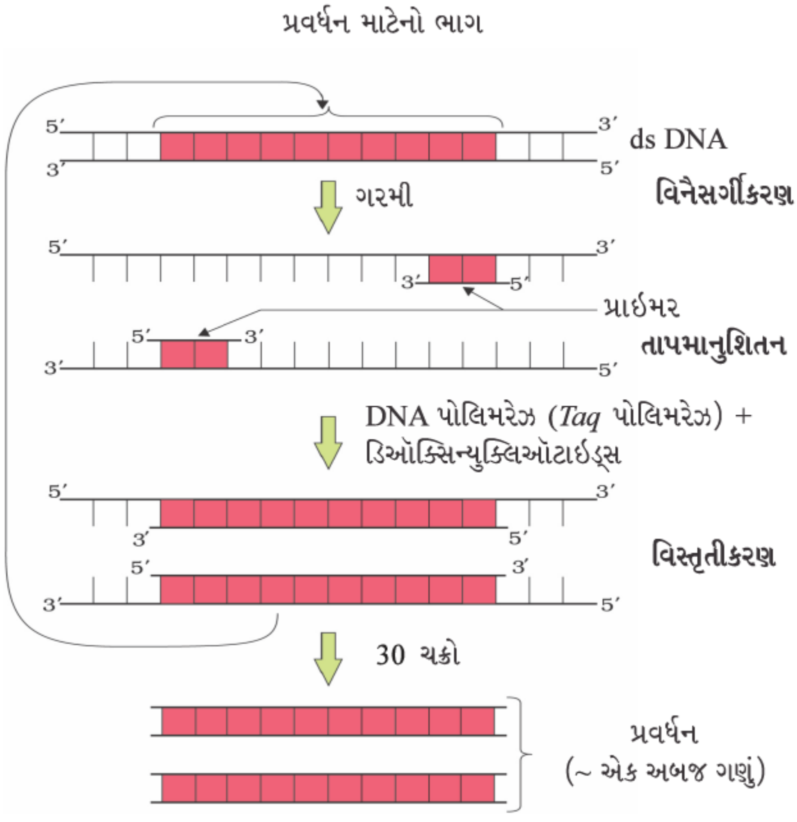
11.3.2 ચોક્કસ જગ્યાએથી DNAની કાપણી (Cutting of DNA at Specific Locations)

શુદ્ધ DNA અણુને રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકની સાથે આ નિશ્ચિત ઉત્સેચક માટેની ઈષ્ટતમ પરિસ્થિતિમાં રાખવાથી રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચક દ્વારા પાચન સંપન્ન થાય છે. રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચક દ્વારા થતા પાચનની પ્રગતિ જાણવા માટે એગેરોઝ જૅલ ઇલેક્ટ્રૉફોરેસિસનો ઉપયોગ થાય છે. DNA એ ઋણ વીજભારિત અણુ છે, તેના કારણે તે ધન વિદ્યુતધ્રુવ (anode)ની તરફ ગતિ કરે છે (આકૃતિ 11.3). આ પ્રક્રિયા વાહક DNA દ્વારા પણ પુનરાવર્તિત કરી શકાય છે.

DNAના જોડાણ માટે ઘણીબધી પ્રક્રિયાઓ સામેલ છે. સ્રોત (source) DNA તથા વાહક DNAને વિશિષ્ટ રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચક દ્વારા કાપ્યા પછી સ્રોત DNAમાંથી કાપેલ રુચિ પ્રમાણેના ઉપયોગી જનીનને વાહકની કપાયેલી જગ્યામાં મૂકી લાયગેઝ દ્વારા જોડવામાં આવે છે. પરિણામ સ્વરૂપે એક પુનઃસંયોજિત DNAનું નિર્માણ થાય છે.

11.3.3 PCRના ઉપયોગથી રુચિ પ્રમાણેનાં જનીનનું પ્રવર્ધન (Amplification of Gene of Interest Using PCR)

PCRનો અર્થ **પોલિમરેઝ ચેઇન રિએક્શન (Polymerase Chain Reaction)** છે. આ પ્રક્રિયામાં પ્રાઇમરના બે સેટ (નાનાં રાસાયણિક સંશ્લેષિત ઓલિગો ન્યુક્લિઓટાઇડ જે DNA વિસ્તારના પૂરક હોય) અને DNA પોલિમરેઝ ઉત્સેચકનો ઉપયોગ કરીને ઇન વિટ્રો (*In vitro*) ક્રિયાવિધિ દ્વારા રુચિ પ્રમાણેના ઉપયોગી જનીન (કે DNA)ની ઘણીબધી બહુગુણિત પ્રતિકૃતિઓ (multiple copies)નું સંશ્લેષણ કરાય છે. આ DNA પોલિમરેઝ ઉત્સેચક એ જનીન સંકુલ ધરાવતા DNA (genomic



આકૃતિ 11.6 : પોલિમરેઝ ચેઇન રિએક્શન (PCR) : પ્રત્યેક ચક્રમાં ત્રણ ચરણો છે : (i) વિનૈસર્ગીકરણ (ii) પ્રાઇમર તાપમાનુશિતન અને (iii) પ્રાઇમરનું વિસ્તૃતીકરણ

DNA)ને ટેમ્પ્લેટ (બીબા કે ફરમા) સ્વરૂપે કામમાં લઈને તથા પ્રક્રિયામાં રહેલા ન્યુક્લિઓટાઇડ્સનો ઉપયોગ કરીને પ્રાઇમરને વિસ્તૃત કરી દે છે. જો DNAની સ્વયંજનનની પ્રક્રિયા ઘણી વખત પુનરાવર્તિત થાય તો DNAના ખંડો આશરે અબજો વખત પ્રવર્ધિત થઈ શકે છે, એટલે કે અબજો નકલો બને છે. થરમૉસ્ટેબલ DNA પોલિમરેઝ (થર્મસ એક્વેટિક્સ- *Thermus aquaticus* બૅક્ટેરિયામાંથી અલગ કરવામાં આવેલ) ઉત્સેચકના ઉપયોગ દ્વારા આ રીતે પુનરાવર્તિત પ્રવર્ધન મેળવવામાં આવે છે, જે ઊંચા તાપમાન દરમિયાન પણ સક્રિય રહી દ્વિશૃંખલીય DNAના વિનૈસર્ગીકરણને પ્રેરે છે. જો જરૂરિયાત હોય તો આ પ્રવર્ધિત ખંડોને વાહક સાથે જોડીને ક્લોનિંગ માટે ઉપયોગ કરી શકીએ છીએ (આકૃતિ 11.6).

11.3.4 યજમાન કોષ કે સજીવમાં પુનઃસંયોજિત DNAનો પ્રવેશ (Insertion of Recombinant DNA into the Host Cell/Organism)

જોડાયેલ DNA (ligued DNA)ને ગ્રાહીકોષોમાં પ્રવેશ કરાવવાની અનેક ક્રિયાવિધિઓ છે. આ કાર્ય જ્યારે ગ્રાહીકોષો પોતાની ફરતે આવેલ DNAને ધારણ કરવા સક્ષમ થઈ જાય ત્યારે તે તેને ગ્રહણ કરે છે. જો પુનઃસંયોજિત DNA પ્રતિજૈવિક અવરોધક જનીન (દા.ત., એમ્પિસિલિન) ધરાવતો હોય તેને *E. coli* કોષોમાં સ્થાનાંતરિત કરાતાં યજમાન કોષો એ એમ્પિસિલિન અવરોધક કોષોમાં રૂપાંતરિત થાય છે. જો આપણે આવા રૂપાંતરિત થયેલા કોષોને એમ્પિસિલિન ધરાવતી અગર (agar) પ્લેટ્સ પર મૂકીએ તો ફક્ત રૂપાંતરિત કોષો જ વૃદ્ધિ પામે છે અને રૂપાંતરિત ન થયેલા ગ્રાહીકોષો મૃત્યુ પામે છે. કારણ કે એમ્પિસિલિનની હાજરીમાં રૂપાંતરિત કોષોની પસંદગીમાં સક્ષમ એવો એમ્પિસિલિન પ્રતિરોધક જનીન હોય છે. આવા કિસ્સામાં એમ્પિસિલિન પ્રતિજૈવિક અવરોધક જનીનને **પસંદગીમાન રેખક (selectable marker)** કહે છે.

11.3.5 વિદેશી (પરજાત) જનીન નીપજ મેળવવી (Obtaining the Foreign Gene Product)

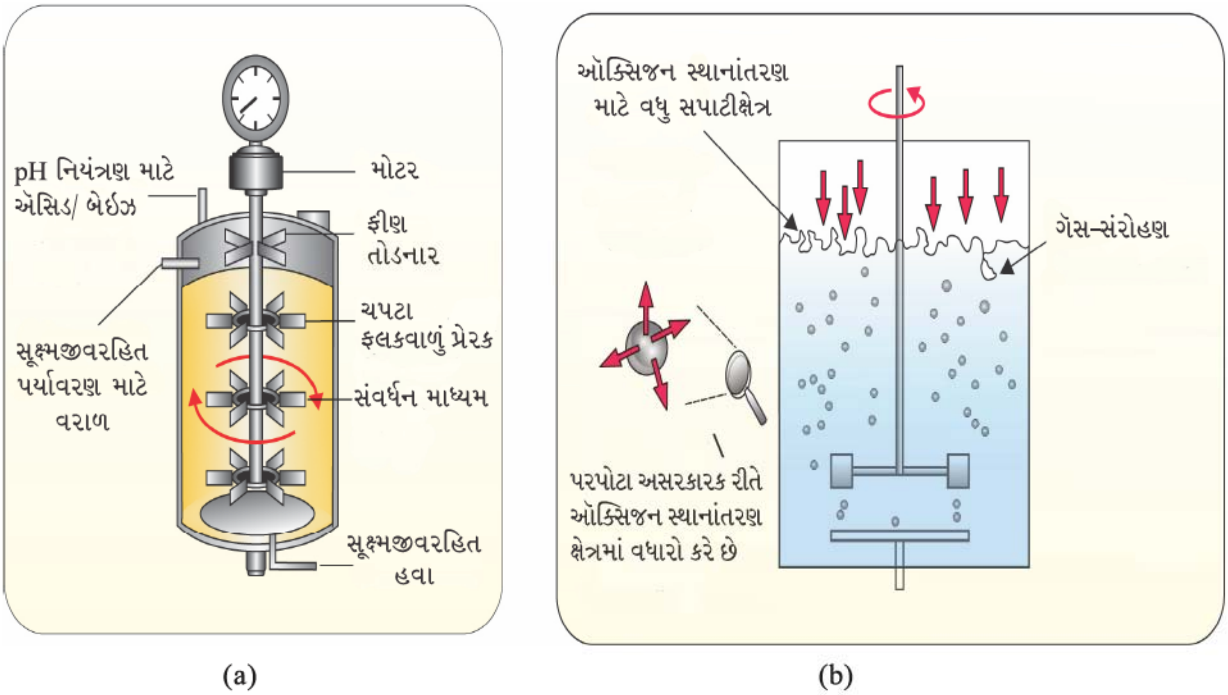
જ્યારે તમે વિદેશી DNA ખંડને ક્લોનિંગ વાહકમાં પ્રવેશ કરાવીને કોઈ પણ બૅક્ટેરિયા, વનસ્પતિ અથવા પ્રાણીકોષમાં સ્થાનાંતરિત કરો છો ત્યારે વિદેશી DNA તેમાં બહુગુણિત થવા લાગે છે. લગભગ બધી જ પુનઃસંયોજિત ટેક્નોલૉજીનો અંતિમ ઉદ્દેશ ઇચ્છિત પ્રોટીનનું ઉત્પાદન કરવાનો હોય છે. એટલા માટે પુનઃસંયોજિત DNA અભિવ્યક્ત થવું જરૂરી હોય છે. વિદેશી જનીન ઇષ્ટતમ પરિસ્થિતિઓમાં જ અભિવ્યક્ત થાય છે. યજમાન કોષોમાં વિદેશી જનીનોની અભિવ્યક્તિને સમજવા માટે ઘણીબધી તક્‌નિકી બાબતોને ઊંડાણપૂર્વક જાણવી જરૂરી છે.

ઇચ્છિત જનીનને ક્લોન કરીને લક્ષ્ય પ્રોટીનની અભિવ્યક્તિને પ્રેરિત કરતી પરિસ્થિતિઓને અનુકૂલત્તમ બનાવ્યા પછી કોઈ પણ તેનો વ્યાપક સ્તરે ઉત્પાદન કરવા વિશે વિચારી શકે છે. *શું તમે કોઈ કારણ વિચારી શકો છો કે, મોટા પાયે (large scale) ઉત્પાદનની શું આવશ્યકતા છે ?* જો કોઈ પ્રોટીન સંકેતન જનીન કોઈક વિષમજાત યજમાનમાં અભિવ્યક્ત થાય છે તો તેને **પુનઃસંયોજિત પ્રોટીન** કહેવાય છે. લાભદાયી ક્લોનિંગ જનીનોને આશ્રય આપતા કોષોને નાના પાયે પ્રયોગશાળામાં ઉછેરવામાં આવે છે. ઇચ્છિત પ્રોટીનના નિષ્કર્ષણ (extraction) માટે સંવર્ધન માધ્યમનો ઉપયોગ કરી શકાય છે અને પછી જુદી-જુદી અલગીકરણ પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરી તેનું શુદ્ધીકરણ કરવામાં આવે છે.

કોષોને સતત સંવર્ધનતંત્રમાં ગુણિત કરી શકાય છે કે, જેમાં વપરાયેલ માધ્યમને એક બાજુએથી બહાર કાઢવામાં આવે છે અને બીજી બાજુએથી તાજું માધ્યમ ભરવામાં આવે છે, જેથી કોષો પોતાની દેહધાર્મિક રીતે સક્રિય સ્વરૂપે ઝડપી / વિસ્તારિત પ્રાવસ્થા (log/expontential phase)માં જળવાઈ રહે. આ સંવર્ધન પદ્ધતિ મોટા પાયે જૈવભારના ઉત્પાદન તથા ઇચ્છિત પ્રોટીનના વધુ ઉત્પાદન માટે ઉપયોગી છે.

ઓછું કદ ધરાવતા સંવર્ધનથી નીપજોનું પર્યાપ્ત માત્રાનું ઉત્પાદન થઈ શકતું નથી. તેના વ્યાપક સ્તરે ઉત્પાદન માટે **જૈવભઠ્ઠી (bioreactor)**ના વિકાસની આવશ્યકતા હોય છે કે જેમાં સંવર્ધનનો મોટી માત્રામાં (100-1000 લિટર) ઉપયોગ કરી શકાય. આ રીતે **જૈવભઠ્ઠી** એક વાસણ (vessels) સમાન છે જેમાં સૂક્ષ્મ વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ તેમજ માનવકોષોનો ઉપયોગ કરીને કાચા સામાન (raw material)ને જૈવસ્વરૂપે વિશિષ્ટ નીપજો, વ્યક્તિગત ઉત્સેચકો વગેરેમાં પરિવર્તિત કરવામાં આવે છે. ઇચ્છિત નીપજ મેળવવા માટે જૈવભઠ્ઠીમાં ઇષ્ટતમ પરિસ્થિતિ પૂરી પાડવામાં આવે છે. જે માટે (તાપમાન, pH, પ્રક્રિયાર્થી, ક્ષાર, વિટામિન કે ઑક્સિજન) ઇષ્ટતમ વૃદ્ધિ માટેની પરિસ્થિતિ પૂરી પડાય છે.

સર્વાધિક ઉપયોગમાં લેવામાં આવતું બાયૉરિએક્ટર સ્ટિરિંગ પ્રકારનું છે જેને આકૃતિ 11.7માં દર્શાવવામાં આવેલ છે.



આકૃતિ 11.7 : (a) સરળ સ્ટીરેડ-ટેન્ક બાયૉ રિએક્ટર (b) સ્પર્જડ સ્ટીરેડ ટેન્ક બાયૉરિએક્ટર જેના દ્વારા સૂક્ષ્મજીવરહિત હવાના પરપોટાઓનો પ્રવેશ કરાવાય છે

મિશ્રક (stirred) ટેન્ક રિએક્ટર સામાન્ય રીતે નળાકાર હોય છે અથવા જેનું તળિયું વળેલું હોય છે જેથી રિએક્ટરની અંદર દ્રવ્યોના મિશ્રણમાં સહાયતા પ્રાપ્ત થાય છે. બાયૉરિએક્ટરમાં મિશ્રક એ ઑક્સિજનની ઉપલબ્ધતા તથા તેના મિશ્રણનું પણ કામ કરે છે. સમયાંતરે હવા પરપોટા સ્વરૂપે બાયૉરિએક્ટરમાં મોકલવામાં આવે છે. જો તમે આકૃતિને ધ્યાનથી જોશો તો જણાશે કે, રિએક્ટરમાં એક આંદોલક (agitator) તંત્ર, ઑક્સિજન વિતરણ તંત્ર, ફીણ-નિયંત્રણ તંત્ર, તાપમાન-નિયંત્રણ તંત્ર, pH નિયંત્રણ તંત્ર અને પ્રતિચયન પ્રધાર (sampling ports) આવેલા છે, જેનાથી સમયાંતરે સંવર્ધનની થોડી માત્રા બહાર કાઢી શકાય છે.

11.3.6 અનુપ્રવાહિત પ્રક્રિયા (Downstream Processing)

જૈવ સંશ્લેષિત તબક્કો પૂર્ણ થયા બાદ નીપજોને બજારમાં માર્કેટિંગ માટે મોકલતા પહેલાં શૃંખલામય

પ્રક્રિયાઓમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. નીપજોની અલગીકરણ અને શુદ્ધીકરણ જેવી પ્રક્રિયાઓને સામૂહિક રીતે અનુપ્રવાહિત પ્રક્રિયા તરીકે ઉલ્લેખવામાં આવે છે. નીપજોને યોગ્ય પરિરક્ષકોથી પરિરક્ષિત બનાવાય છે. ઔષધોની બાબતમાં આવી બનાવટોને ચીવટપૂર્વકના ચિકિત્સકીય પરીક્ષણમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. પ્રત્યેક નીપજોની ચુસ્તપણે ગુણવત્તા નિયંત્રણ ચકાસણી થાય તે પણ આવશ્યક હોય છે. અનુપ્રવાહિત પ્રક્રિયા અને ગુણવત્તા નિયંત્રણ ચકાસણી (પરીક્ષણ) પ્રત્યેક નીપજો માટે અલગ-અલગ હોય છે.

સારાંશ

બાયૉટેક્નોલૉજી સજીવો, કોષો અથવા ઉત્સેચકોનો ઉપયોગ કરીને નીપજો તથા પ્રક્રિયાઓના વ્યાપક સ્તરે ઉત્પાદન અને માર્કેટિંગ કરવા સાથે સંકળાયેલ છે. આધુનિક બાયૉટેક્નોલૉજીમાં જનીનિક રૂપાંતરિત સજીવોનો ઉપયોગ ત્યારે સંભવ થઈ શક્યો જ્યારે માનવે DNAના રસાયણને પરિવર્તિત કરવાનું અને પુનઃસંયોજિત DNAનું નિર્માણ કરવાનું શીખી લીધું. આ ચાવીરૂપ પ્રક્રિયાને રિકોમ્બિનન્ટ DNA ટેક્નોલૉજી અથવા જિનેટિક એન્જિનિયરિંગ કહે છે. આ પ્રક્રિયામાં રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ, DNA લાયગેઝ, યોગ્ય પ્લાસ્મિડ અથવા વાઈરસ વાહકોનો ઉપયોગ કરી વિજાતીય DNAને અલગ કરવું તથા યજમાન સજીવોમાં વિજાતીય DNAને સ્થળાંતરિત કરવું, વિજાતીય કે વિદેશી જનીનની અભિવ્યક્તિ, જનીન-ઉત્પાદનનું શુદ્ધીકરણ જેવા કે ક્રિયાત્મક પ્રોટીન અને તે રીતે માર્કેટિંગ માટે યોગ્ય સ્વરૂપમાં ફેરવવું વગેરે સામેલ છે. વ્યાપક સ્તરે થતા ઉત્પાદનમાં બાયૉરિએક્ટરનો ઉપયોગ થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. શું તમે 10 પુનઃસંયોજિત (રિકોમ્બિનન્ટ) પ્રોટીનની યાદી બનાવી શકો છો કે જેનો ચિકિત્સકીય પ્રણાલીમાં ઉપયોગ થતો હોય ? તપાસ કરો કે તે ચિકિત્સકીય રીતે ક્યાં ઉપયોગમાં લેવાય છે (ઈન્ટરનેટનો ઉપયોગ કરો).
2. રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો કે જેઓ પ્રક્રિયક DNA પર કાર્ય કરતા હોય, જ્યાંથી તે DNA પર કાપ મૂકતા હોય તે સ્થાન અને તેનાથી ઉત્પાદિત નીપજોને દર્શાવતો હોય તેવો એક રેખાકૃતિવાળો ચાર્ટ બનાવો.
3. તમે કરેલા અભ્યાસના આધારે શું તમે કહી શકો છો કે, આણ્વિય કદના આધારે ઉત્સેચકો મોટા છે કે DNA મોટો છે ? તમે કેવી રીતે જાણકારી મેળવશો ?
4. મનુષ્યના એક કોષમાં તેના DNAની મોલર સાંદ્રતા શું હશે ? તમારા શિક્ષક સાથે પરામર્શ કરો.
5. સુકોષકેન્દ્રી સજીવો રિસ્ટ્રિક્શન ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ ધરાવે છે ? તમારા જવાબને ન્યાયોચિત કરો.
6. સુયોગ્ય વાતાભિસરણ તથા મિશ્રણ વિશેષતા સિવાય સ્ટિરિંગ ટેન્ક બાયૉરિએક્ટરના કંપન્ન ફ્લાસ્કના અન્ય ફાયદાઓ હોય છે ?

7. શિક્ષક સાથે પરામર્શન કરીને પેલિન્ડ્રોમિક DNA શૃંખલાઓનાં 5 ઉદાહરણ એકત્રિત કરો. બેઝ-જોડના નિયમોનું પાલન કરીને પેલિન્ડ્રોમિક શૃંખલા બનાવવા ખૂબ જ સારો પ્રયાસ કરો.
8. અર્ધિકરણને ધ્યાનમાં રાખીને જણાવી શકો છો કે, પુનઃસંયોજિત DNA કઈ અવસ્થામાં બને છે ?
9. શું તમે વિચારીને જવાબ આપી શકો છો કે, રિપોર્ટર ઉત્સેચકને પસંદગીમાન રેખક ઉપરાંત વિદેશી DNA દ્વારા યજમાન કોષોના રૂપાંતરણના નિયમન માટે કેવી રીતે ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે ?
10. નીચે આપેલનું સંક્ષિપ્તમાં વર્ણન કરો :
    (a) સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ
    (b) બાયૉરિએક્ટર
    (c) અનુપ્રવાહિત-પ્રક્રિયા
11. સંક્ષિપ્તમાં સમજાવો :
    (a) PCR
    (b) રિસ્ટ્રિક્શન ઉત્સેચકો અને DNA
    (c) કાઈટિનેઝ
12. તમારા શિક્ષક સાથે ચર્ચા કરીને શોધી કાઢો કે, નીચેના વચ્ચેનો ભેદ કેવી રીતે કરાય :
    (a) પ્લાસ્મિડ DNA અને રંગસૂત્રીય DNA
    (b) RNA અને DNA
    (c) ઍક્સોન્યુક્લિએઝ અને ઍન્ડોન્યુક્લિએઝ

પ્રકરણ 12

બાયૉટેક્નોલૉજી અને તેના પ્રયોજનો (Biotechnology and its Applications)

12.1 ખેતીવાડીમાં બાયૉટેક્નોલૉજીનાં પ્રયોજનો

12.2 ઔષધમાં જૈવતક્નિકીનું પ્રયોજન

12.3 પારજનીનિક પ્રાણીઓ

12.4 નૈતિક પ્રશ્નો

તમે અગાઉના પ્રકરણમાં બાયૉટેક્નોલૉજી વિશે અભ્યાસ કરી ચૂક્યાં છો. જેમાં મુખ્યત્વે જનીનિક રૂપાંતરિત સૂક્ષ્મ જીવો, ફૂગ, વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનો ઉપયોગ કરીને બાયૉફાર્માસ્યુટિકલ અને જૈવિક પદાર્થોનું ઔદ્યોગિક સ્તરે ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. બાયૉટેક્નોલૉજીનો ઉપયોગ ચિકિત્સાશાસ્ત્ર, નિદાન, ખેતીમાં જનીનિક રૂપાંતરિત પાકો, પોષણમૂલ્ય ધરાવતા ખાદ્યો, બાયૉરેમિડિએશન, અપશિષ્ટ સુધારણા (waste treatment) તથા ઊર્જા-ઉત્પાદનમાં થઈ રહ્યો છે. બાયૉટેક્નોલૉજીનાં ત્રણ જટિલ સંશોધનક્ષેત્રો નીચે મુજબ છે :

(i) સુધારેલ સજીવ, સામાન્યતઃ સૂક્ષ્મજીવ અથવા શુદ્ધ ઉત્સેચકના સ્વરૂપમાં શ્રેષ્ઠ ઉત્પ્રેરક પૂરા પાડવા.

(ii) ઉત્પ્રેરકના કાર્ય માટે ઇજનેરીવિદ્યાની મદદથી ઇષ્ટતમ પરિસ્થિતિઓનું નિર્માણ કરવું તથા

(iii) અનુપ્રવાહ સંસાધન ટેક્નોલૉજી દ્વારા પ્રોટીન/કાર્બનિક સંયોજનનું શુદ્ધીકરણ.

ચાલો હવે, આપણે અભ્યાસ કરીએ કે મનુષ્ય ખાસ કરીને સ્વાસ્થ્ય અને અન્ન-ઉત્પાદનના ક્ષેત્રમાં, પોતાના જીવનસ્તરની સુધારણા માટે કેવી રીતે બાયૉટેક્નોલૉજીનો ઉપયોગ કરે છે.

12.1 ખેતીવાડીમાં બાયૉટેક્નોલૉજીનાં પ્રયોજનો (Biotechnological Application in Agriculture)

ચાલો આપણે, અન્ન-ઉત્પાદનના વધારા માટે વિચારી શકાય તેવા ત્રણ વિકલ્પો જોઈએ :

(i) એગ્રો કેમિકલ આધારિત ખેતી

(ii) કાર્બનિક ખેતી અને

(iii) જનીનિક ઇજનેરી પાકો-આધારિત ખેતી

હરિયાળી ક્રાંતિથી ત્રણગણો અન્ન-પુરવઠો પૂરો પાડી શકાયો છે, પરંતુ તે વધતી જતી માનવ-વસ્તી માટે અપૂરતો છે. વધારાનું ઉત્પાદન માત્ર સુધારેલી પાકની જાતિઓના ઉપયોગ વડે જ નહિ પરંતુ કુશળ વ્યવસ્થાપન મહાવરા અને એગ્રો કેમિકલ (ખાતરો અને જંતુનાશકો)ને લીધે છે. આમ છતાં, વિકસતા વિશ્વમાં એગ્રો કેમિકલનો ઉપયોગ ખેડૂતો માટે ખૂબ જ ખર્ચાળ છે. તેમજ પરંપરાગત સંવર્ધનના ઉપયોગ દ્વારા વર્તમાન જાતિઓના પાક-ઉત્પાદનમાં વધારો સંભવ નથી. શું કોઈ એવો વૈકલ્પિક રસ્તો છે કે જેમાં આનુવંશિક (જનીનિક) માહિતીનો ઉપયોગ કરીને ખેડૂત પોતાનાં ખેતરોમાંથી વધારે ઉત્પાદન પ્રાપ્ત કરી શકે ? શું એવો કોઈ રસ્તો છે જેના દ્વારા ખાતરો તેમજ રસાયણોનો ન્યૂનતમ ઉપયોગ કરીને તેના દ્વારા પર્યાવરણ પર ઊભા થતા હાનિકારક પ્રભાવોને ઘટાડી શકાય ? જનીન પરિવર્તિત પાકોનો ઉપયોગ એક માત્ર શક્ય ઉકેલ છે.

એવી વનસ્પતિઓ, બૅક્ટેરિયા, ફૂગ તેમજ પ્રાણીઓ કે જેના જનીન કૃત્રિમ રીતે પરિવર્તિત કરવામાં આવ્યા છે તેને **જનીન પરિવર્તિત સજીવો (Genetically Modified Organisms-GMO)** કહે છે. GM વનસ્પતિઓનો ઉપયોગ ઘણા બધા પ્રકારે લાભદાયી છે. જનીનિક રૂપાંતરણ દ્વારા :

(i) અજૈવિક તાણ (શીત, અછત, ક્ષાર, ગરમી) સામે પાકોને વધારે સહિષ્ણુ બનાવવા

(ii) જીવાતનાશક રસાયણો પરની નિર્ભરતા ઘટાડવી (જંતુ પ્રતિરોધક પાકો)

(iii) લણણી પછી થતા નુકસાનને ઘટાડવામાં સહાય કરવી

(iv) વનસ્પતિઓ દ્વારા ખનીજોના ઉપયોગની કાર્યક્ષમતા વધારવી (તે ઝડપથી નષ્ટ પામતી ભૂમિની ફળદ્રુપતાને અટકાવે છે.)

(v) ખોરાકનું પોષણકીય મૂલ્ય વધારે છે ઉદાહરણ : વિટામિન Aનું વધુ પ્રમાણ ધરાવતા સોનેરી ચોખા (golden rice).

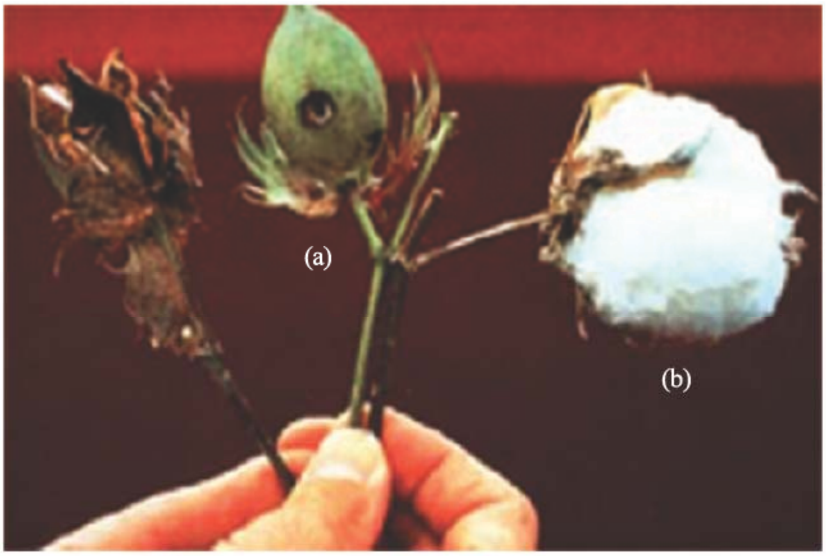
આ ઉપયોગો ઉપરાંત GMનો ઉપયોગ કોઈ વિશિષ્ટ ઉદ્દેશ આધારિત વનસ્પતિઓના નિર્માણમાં પણ થાય છે જેનાથી સ્ટાર્ચ, બળતણ અને ફાર્માસ્યુટિકલ સંયોજનોના સ્વરૂપમાં ઉદ્યોગોને વૈકલ્પિક સ્રોતો (સંસાધનો) પૂરા પાડે છે.

કૃષિમાં બાયૉટેક્નોલૉજીનાં કેટલાંક પ્રયોજનો વિશે તમે વિગતવાર અભ્યાસ કરશો. જેમકે જીવાત પ્રતિકારક વનસ્પતિઓ, જે જંતુનાશકોના ઉપયોગના પ્રમાણને ઘટાડશે. **Bt** વિષ **બેસિલસ થુરિન્જિએન્સિસ-*Bacillus thuringiensis* (Bt)** બૅક્ટેરિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. **Bt** વિષકારક જનીનની બૅક્ટેરિયામાં પ્રતિકૃતિઓ તૈયાર કરીને તેને વનસ્પતિઓમાં પ્રદર્શિત કરવામાં આવે છે જેથી આવી વનસ્પતિઓમાં પ્રતિકાર માટે જંતુનાશકોની જરૂરિયાત રહેતી નથી. આવી રીતે બાયૉપેસ્ટિસાઇડ્સનું નિર્માણ થાય છે. દા.ત., **Bt**-કપાસ, **Bt**-મકાઈ, ચોખા, ટામેટાં, બટાટા અને સોયાબીન વગેરે.

Bt-કપાસ (Bt-Cotton) : બેસિલસ થુરિન્જિએન્સિસની કેટલીક જાતો એવા પ્રોટીનનું નિર્માણ કરે છે જે ચોક્કસ કીટકો જેવા કે લેપિડોપ્ટેરા (તમાકુની કલીકાકીટકો, સૈનિકકીટકો), કોલિઓપ્ટેરા (ભૃંગ કિટકો) અને ડિપ્ટેરન (માખીઓ, મચ્છર)ને મારી નાંખે છે. બી. થુરિન્જિએન્સિસ પોતાની વૃદ્ધિની એક ચોક્કસ અવસ્થા દરમિયાન કેટલાક પ્રોટીન સ્ફટિકાનું નિર્માણ કરે છે. આ સ્ફટિકોમાં વિષકારી **કીટનાશક પ્રોટીન** (insecticidal protein) હોય છે. *આ વિષ બેસિલસને શા માટે મારી નાખતું નથી ?* વાસ્તવમાં Bt વિષકારી પ્રોટીન પ્રાકૃતિક રીતે નિષ્ક્રિય પ્રોટોક્સિન **(protoxin)** સ્વરૂપે હોય છે. જે પણ કીટક આ નિષ્ક્રિય વિષને ખાય છે ત્યારે તેના ક્રિસ્ટલ આંતરડામાં આલ્કલાઇન pHના કારણે આ નિષ્ક્રિય સ્ફટિકમય પ્રોટીન દ્રાવ્ય

થતાં સક્રિય સ્વરૂપમાં ફેરવાય છે. આ સક્રિય વિષ મધ્યાંત્રની સપાટી પરના અધિચ્છદીય કોષો સાથે જોડાઈને તેમાં છિદ્રો ઉત્પન્ન કરે છે, જેના કારણે કોષો ફૂલીને ફાટી જાય છે અને આખરે કીટકોનું મૃત્યુ થાય છે.

વિશિષ્ટ Bt વિષકારક જનીન જે બેસિલસ થુરિન્જિએન્સિસમાંથી અલગીકૃત કરીને કપાસ જેવી ઘણી પાક-વનસ્પતિઓમાં દાખલ કરાઈ ચૂક્યું છે (આકૃતિ 12.1). જનીનની પસંદગી પાક તથા નિર્ધારિત કીટકો પર આધાર રાખે છે, જ્યારે મોટા ભાગના Bt વિષ ચોક્કસ કીટકજૂથ પર નિર્ભર કરે છે. વિષ જે *CryIAc* જનીન દ્વારા સાંકેતન પામે છે તેને **ક્રાય *(Cry)*** કહે છે, તે ઘણાબધા પ્રકારના હોય છે, ઉદાહરણ તરીકે જે પ્રોટીન એ જનીન *CryIAc* અને *CryIIAb* દ્વારા સાંકેતન પામેલ હોય છે તે કપાસના બોલવૉર્મ્સને નિયંત્રિત કરે છે, જ્યારે *CryIAb* કોર્ન બોરર (મકાઈમાં છિદ્રો પાડતી ઉપદ્રવી જીવાત)ને નિયંત્રિત કરે છે.

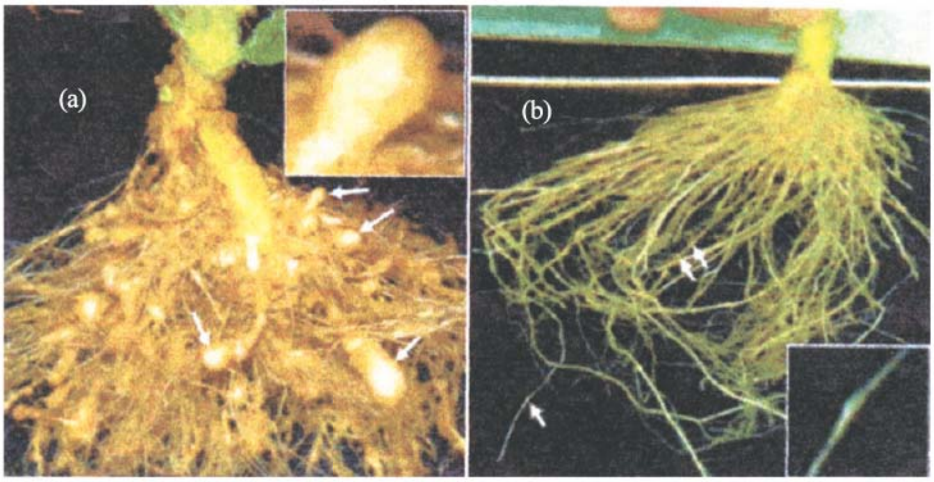


આકૃતિ 12.1 : કપાસનો દડો : (a) બોલવૉર્મ દ્વારા નાશ પામેલ (b) પૂર્ણ પરિપક્વ કપાસનો દડો

પેસ્ટ પ્રતિકારક વનસ્પતિઓ (Pest Resistant Plants) : કેટલાક સૂત્રકૃમિઓ માનવ સહિત ઘણાં પ્રાણીઓ અને કેટલાય પ્રકારની વનસ્પતિઓ પર પરોપજીવી તરીકે હોય છે. સૂત્રકૃમિ મેલાઈડેગાઈન ઈનકોગ્નીશિયા *(Meloidegyne incognitia)* તમાકુના છોડના મૂળ પર ચેપ લગાડીને તેના ઉત્પાદનને ખૂબ જ ઘટાડી દે છે. ઉપર્યુક્ત સંક્રમણને અટકાવવા માટે એક નવીન યોજનાનો સ્વીકાર કરવામાં આવેલ હતો, જે **RNA અંતઃક્ષેપ [RNA interference (RNAi)]** પ્રક્રિયા પર આધારિત હતી. RNA અંતઃક્ષેપ બધા સુકોષકેન્દ્રી સજીવોની કોષીય સુરક્ષા માટેની એક પદ્ધતિ છે. આ પદ્ધતિમાં વિશિષ્ટ mRNA, પૂરક dsRNA સાથે જોડાયા બાદ નિષ્ક્રિય થઈ જાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે mRNAના ભાષાંતરણ (translation)ને અટકાવે છે. આ પૂરક ds RNAનો સ્રોત RNA જનીનસંકુલ (genome) અથવા ચલાયમાન જનીનિક તત્ત્વો-પરિવર્તકો (mobile genetic elements – transposons) ધરાવતા વાઈરસ દ્વારા લાગેલ ચેપમાંથી હોઈ શકે છે, જે એક RNA મધ્યસ્થી દ્વારા સ્વયંજનન પામે છે.

એગ્રોબૅક્ટેરિયમ *(Agrobacterium)* વાહકોનો ઉપયોગ કરીને સૂત્રકૃમિ વિશિષ્ટ જનીનોને યજમાન વનસ્પતિમાં પ્રવેશ કરાવી ચૂક્યા છીએ (આકૃતિ 12.2). DNAનો પ્રવેશ એવી રીતે કરાવવામાં આવે છે જેથી તે યજમાન કોષોમાં અર્થપૂર્ણ (sense) અને પ્રતિ અર્થપૂર્ણ (antisense) RNAનું નિર્માણ કરે છે. આ બંને RNA એકબીજાના પૂરક હોય છે, જે બેવડા કુંતલમય dsRNAનું નિર્માણ કરે છે, જેનાથી

RNA અંતઃક્ષેપ શરૂ થાય છે અને આ કારણે સૂત્રકૃમિના વિશિષ્ટ mRNA નિષ્ક્રિય થઈ જાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે પારજનીનિક (transgenic) યજમાનમાં પરોપજીવી જીવંત રહી શકતા નથી. આ પ્રકારે પારજનીનિક વનસ્પતિ પોતાની રક્ષા પરોપજીવીઓથી કરે છે (આકૃતિ 12.2).



આકૃતિ 12.2 : યજમાન વનસ્પતિ નિર્મિત dsRNA દ્વારા સૂત્રકૃમિઓના ઉપદ્રવ સામે રક્ષણમાં વધારો : (a) લાક્ષણિક નિયંત્રિત વનસ્પતિનાં મૂળ (b) હેતુપૂર્વક સૂત્રકૃમિનો ચેપ લગાડ્યા પછીના 5 દિવસ સુધી પારજનીનિક વનસ્પતિના મૂળ પરંતુ નવીન ક્રિયાવિધિ દ્વારા સુરક્ષા

12.2 ઔષધમાં જૈવતક્નિકીનું પ્રયોજન (Biotechnological Application in Medicine)

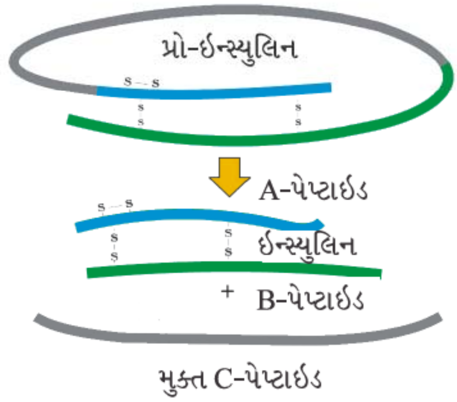
પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજી પદ્ધતિનો સ્વાસ્થ્ય-સુરક્ષાના ક્ષેત્રમાં અત્યાધિક પ્રભાવ પડ્યો છે. કારણ કે, તેના દ્વારા ઉત્પન્ન થતા સુરક્ષિત અને સારા પ્રભાવશાળી ચિકિત્સકીય ઔષધોનું ઉત્પાદન વધુ માત્રામાં સંભવ થયું. પુનઃસંયોજિત ચિકિત્સકીય ઔષધોથી અનૈચ્છિક પ્રતિરક્ષાત્મક પ્રભાવ પડતો નથી જ્યારે અમાનવીય સ્રોતોમાંથી અલગ કરવામાં આવેલ ઉપર્યુક્ત અનૈચ્છિક પ્રતિરક્ષાત્મક પ્રભાવ પાડે છે. વર્તમાન સમયમાં લગભગ 30 જેટલા પુનઃસંયોજિત ચિકિત્સકીય ઔષધો વિશ્વમાં મનુષ્યના ઉપયોગ માટે સ્વીકૃત કરવામાં આવ્યા છે. તેમાંથી 12 ભારતમાં વેચાઈ રહ્યા છે.

12.2.1 જનીનિક ઈજનેરી ઈન્સ્યુલિન (Genetically Engineered Insulin)

પુખ્ત વ્યક્તિઓમાં થતા મધુપ્રમેહ (diabetes)નું નિયંત્રણ સમયાંતરે ઇન્સ્યુલિન લેવાથી સંભવ છે. *જો માનવ ઈન્સ્યુલિન પર્યાપ્ત માત્રામાં ઉપલબ્ધ ન હોય તો મધુપ્રમેહ રોગી શું કરશે ?* તેના પર વિચાર કરવાથી આપણે એ વાતનો સ્વીકાર કરીશું કે આપણે અન્ય પ્રાણીઓમાંથી ઈન્સ્યુલિન અલગ તારવીને ઉપયોગમાં લેવું પડશે. *શું અન્ય પ્રાણીઓમાંથી અલગ કરેલ ઈન્સ્યુલિન એ માનવશરીરમાંથી આવતા ઈન્સ્યુલિન જેટલું જ અસરકારક છે ? અને માનવશરીરની પ્રતિરક્ષા પ્રતિચાર પર બહારના ઈન્સ્યુલિનની કોઈ અસર તો નથી પડતી ને ?* તમે કલ્પના કરો કે, જો કોઈ બૅક્ટેરિયા માનવ ઈન્સ્યુલિન બનાવી શકે તો ચોક્કસપણે પ્રક્રિયા સરળ થઈ જશે. તમે સરળતાથી આવા બૅક્ટેરિયાનો ઉછેર કરીને જેટલું ઇચ્છો એટલું તમારી આવશ્યકતા અનુસાર ઈન્સ્યુલિન બનાવી શકો છો.

વિચારો કે, શું ઈન્સ્યુલિન મધુપ્રમેહી વ્યક્તિને મુખ દ્વારા આપી શકાય કે નહિ, શા માટે ?

પહેલાંના સમયમાં મધુપ્રમેહ રોગીઓ માટે ઉપયોગમાં લેવાતું ઇન્સ્યુલિન પ્રાણીઓ અને ભુંડને મારીને તેના સ્વાદુપિંડમાંથી બહાર કાઢવામાં આવતું હતું. પ્રાણીઓમાંથી પ્રાપ્ત થતા ઇન્સ્યુલિન દ્વારા કેટલાક દર્દીઓને એલર્જી અથવા પરજાત પ્રોટીન પ્રત્યે બીજી પ્રતિક્રિયાઓ થવા લાગી હતી. ઇન્સ્યુલિન બે નાની પોલિપેપ્ટાઇડ શૃંખલાઓનું બનેલ હોય છે. શૃંખલા-A અને શૃંખલા-B, જે એકબીજા સાથે ડાયસલ્ફાઇડ બંધો દ્વારા જોડાયેલ હોય છે (આકૃતિ 12.3). મનુષ્ય સહિત સ્તનધારીઓમાં ઇન્સ્યુલિન પ્રો-અંતઃસ્રાવ (પ્રો-ઉત્સેચકની જેમ પ્રો-અંતઃસ્રાવને પૂર્ણ પરિપક્વ અને ક્રિયાશીલ અંતઃસ્રાવ બનતા પહેલાં તેને પ્રક્રિયાકૃત થવાની આવશ્યકતા હોય છે) તરીકે સંશ્લેષિત કરવામાં આવે છે કે જે વધારે ખેંચાયેલ હોય છે જેને **C-પેપ્ટાઇડ** કહે છે. આ C-પેપ્ટાઇડ પરિપક્વ ઇન્સ્યુલિનમાં હોતો નથી, જે પરિપક્વતા દરમિયાન ઇન્સ્યુલિનમાંથી દૂર થઈ જાય છે. r DNA ટેક્નોલૉજીનો ઉપયોગ કરીને મેળવાતા ઇન્સ્યુલિન ઉત્પાદનનો મુખ્ય પડકાર એ છે કે, ઇન્સ્યુલિનને એકત્રિત કરી પરિપક્વ સ્વરૂપમાં તૈયાર કરવું. 1983માં ઈલિ-લિલ્લી (Eli Lilly) નામની એક અમેરિકન કંપનીએ બે DNA શૃંખલાઓને તૈયાર કરી જે માનવ ઇન્સ્યુલિનની શૃંખલા-A અને શૃંખલા-Bને અનુરૂપ હોય. તેમને ઈ. કોલાઇના પ્લાસ્મિડમાં પ્રવેશ કરાવીને ઇન્સ્યુલિન શૃંખલાઓનું ઉત્પાદન કર્યું. આ અલગ રીતે ઉત્પાદન કરેલ શૃંખલા-A અને શૃંખલા-Bને અલગ તારવીને ડાયસલ્ફાઇડ બંધ દ્વારા એકબીજા સાથે જોડીને માનવ ઇન્સ્યુલિનનું ઉત્પાદન કર્યું.



આકૃતિ 12.3 : C-પેપ્ટાઇડ દૂર કર્યા બાદ ઇન્સ્યુલિનમાં પ્રો-ઇન્સ્યુલિનની પરિપક્વતા

12.2.2 જનીન થેરાપી (Gene Therapy)

જો કોઈ વ્યક્તિ આનુવંશિક રોગ સાથે જન્મે છે તો શું આ રોગ માટે કોઈ ઉપચાર-વ્યવસ્થા છે ? જનીન થેરાપી આવો જ એક પ્રયાસ છે. જનીન થેરાપીમાં એ પદ્ધતિઓ સમાવિષ્ટ છે જેનાથી કોઈ બાળક કે ભ્રૂણમાં નિદાન કરવામાં આવેલ જનીન-ક્ષતિઓનો સુધારો કરવામાં આવે છે. જેમાં રોગની સારવાર માટે જનીનોને વ્યક્તિના કોષોમાં અથવા પેશીઓમાં પ્રવેશ કરાવવામાં આવે છે. જનીનિક ખામીની સારવારમાં વ્યક્તિ અથવા ભ્રૂણમાં સામાન્ય જનીનોનો પ્રવેશ કરાવવામાં આવે છે. જે નિષ્ક્રિય જનીનની ક્ષતિપૂર્તિ કરીને તેનાં કાર્યોને સંપન્ન કરે છે.

જનીન થેરાપીનો સૌપ્રથમ પ્રયોગ 1990માં એક ચાર વર્ષની છોકરીમાં એડિનોસાઇન ડિએમિનેઝ (ADA)ની ઊણપ (ક્ષતિ)ને દૂર કરવા માટે કરવામાં આવ્યો હતો. આ ઉત્સેચક રોગપ્રતિકારકતામાં અતિઆવશ્યક હોય છે. આ સમસ્યા એડિનોસાઇન ડિએમિનેઝ માટે જવાબદાર જનીનના લોપ (deletion) થવાથી થાય છે. કેટલાંક બાળકોમાં ADAનો ઉપચાર અસ્થિમજ્જા પ્રત્યારોપણ દ્વારા થાય છે, જ્યારે કેટલાકમાં ઉત્સેચક રિપ્લેસમેન્ટ થેરાપી (enzyme replacement therapy) દ્વારા કરવામાં આવે છે કે જેમાં સીરિંજ દ્વારા રોગીને સક્રિય ADA આપવામાં આવે છે. ઉપર્યુક્ત બંને ક્રિયાઓમાં એ મર્યાદા છે કે તે બંને સંપૂર્ણપણે રોગનાશક નથી. જનીન થેરાપીમાં સર્વપ્રથમ રોગીના રુધિરમાંથી લસિકાકોષોને બહાર કાઢીને તેમનું સંવર્ધન કરવામાં આવે છે. સક્રિય ADA-cDNA (રિટ્રોવાઇરસ વાહક વાપરીને)નો લસિકાકોષોમાં પ્રવેશ કરાવવામાં આવે છે કે જેને અંતમાં દર્દીના શરીરમાં પુનઃ દાખલ કરવામાં આવે છે. આમ છતાં આ કોષો અમર હોતા નથી, આથી જિનેટિકલી એન્જિનિયર્ડ લસિકાકોષો(genetically engineered lymphocytes)ને સમયાંતરે દર્દીના શરીરમાં દાખલ કરવાની જરૂર પડે છે. આમ છતાં મજ્જાકીય કોષોમાંથી અલગ કરવામાં આવેલ ADA ઉત્પન્ન કરતા જનીનનો પ્રારંભિક ભ્રૂણીય અવસ્થાના કોષોમાં પ્રવેશ કરાવવામાં આવે, તો તેનો કાયમી ઉપચાર શક્ય બને છે.

12.2.3 આણ્વિક નિદાન (Molecular Diagnosis)

તમે જાણો છો કે રોગની અસરકારક સારવાર માટે તેનું પ્રારંભિક નિદાન અને તેની રોગદેહધર્મવિદ્યા (pathophysiology)ને સમજવી અતિઆવશ્યક છે. ઉપચાર-નિદાનની પરંપરાગત પદ્ધતિઓ (સીરમ અને મૂત્ર-વિશ્લેષણ વગેરે)નો ઉપયોગ કરીને પ્રારંભિક નિદાન મેળવવું શક્ય નથી. રિકોમ્બિનન્ટ DNA ટેક્નોલૉજી, પોલિમરેઝ ચેઇન રિએક્શન (PCR) અને એન્જાઇમ લિન્ક્ડ ઇમ્યુનો-સોરબન્ટ એસે (ELISA) જેવી કેટલીક પદ્ધતિઓ છે કે જેની મદદથી રોગનું પ્રારંભિક નિદાન થઈ શકે છે.

રોગકારકો (બૅક્ટેરિયા, વાઇરસ વગેરે)ની હાજરીની સામાન્ય રીતે ત્યારે જ જાણ થાય છે કે, જ્યારે તેના દ્વારા ઉત્પન્ન થતા રોગનાં લક્ષણો જોવા મળે. તે સમય સુધી રોગકારકની સંખ્યા શરીરમાં પહેલાંથી ઘણી વધી થઈ ચૂકી હોય છે. જ્યારે બહુ ઓછી સંખ્યામાં બૅક્ટેરિયા અથવા વાઇરસ (એ સમય કે જ્યારે રોગનાં ચિહ્નો સ્પષ્ટ દેખાતાં ન હોય) ત્યારે તેની ઓળખ PCRની મદદથી તેના ન્યુક્લિઇક ઍસિડના પ્રવર્ધન (amplification) દ્વારા કરી શકીએ છીએ. *શું તમે જણાવી શકો છો કે PCR કેવી રીતે અલ્પ માત્રાના DNAની ઓળખ કરે છે ?* સંભવિત AIDS દર્દીઓમાં HIVની ઓળખ માટે આજકાલ સામાન્ય રીતે PCR ઉપયોગમાં લેવાઈ રહ્યું છે તેનો ઉપયોગ કૅન્સર સંભવિત દર્દીઓના જનીનોમાં વિકૃતિની તપાસ કરવા માટે પણ કરવામાં આવી રહ્યો છે. આ એક ઉપયોગી તક્નિક છે જેના દ્વારા અન્ય ઘણાબધા આનુવંશિક રોગોની પણ તપાસ કરી શકાય છે.

એકલ શૃંખલામય DNA અથવા RNA સાથે એક રેડિયોઍક્ટિવ અણુ (પ્રોબ) જોડીને કોષોના ક્લૉનમાં તેના પૂરક DNA સાથે સંકરિત કરાય છે, જેને ઓટોરેડિયોગ્રાફી (autoradiography) દ્વારા ઓળખવામાં આવે છે. ક્લૉન કે જેમાં વિકૃત જનીન જોવા મળે છે તે ફોટોગ્રાફિક ફિલ્મ પર દેખાતા નથી; કેમકે પ્રોબ તથા ઉત્પરિવર્તિત (વિકૃત) જનીન એકબીજાના પૂરક હોતા નથી.

ELISA ઍન્ટિજન-ઍન્ટિબૉડી પારસ્પરિક ક્રિયાઓના સિદ્ધાંત પર કામ કરે છે. ઍન્ટિજન્સ (પ્રોટીન્સ, ગ્લાયકોપ્રોટીન્સ વગેરે)ની હાજરી દ્વારા અથવા રોગકારકોના વિરુદ્ધ સંશ્લેષિત ઍન્ટિબૉડી દ્વારા રોગકારકો દ્વારા ઉત્પન્ન થતા સંક્રમણની ચકાસણી કરવામાં આવે છે.

12.3 પારજનીનિક પ્રાણીઓ (Transgenic Animals)

એવાં પ્રાણીઓ કે જેમના DNAને તબદીલ કરવામાં આવેલ હોય અને તેમાં વિદેશી (બાહ્ય) જનીન વ્યક્ત થયેલ હોય તેમને **પારજનીનિક પ્રાણીઓ** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પારજનીનિક ઉંદરો, સસલાં, ભૂંડ, ઘેટાં, ગાય અને માછલીઓ ઉત્પન્ન થઈ ચૂક્યાં છે, જોકે બધાં પ્રવર્તમાન પારજનીનિક પ્રાણીઓના 95 ટકાથી વધારે ઉંદરો છે. *આવા પ્રકારનાં પ્રાણીઓનું ઉત્પાદન શા માટે કરવામાં આવે છે ?* આવાં રૂપાંતરો કરવાથી મનુષ્યને શું ફાયદો થાય છે ? ચાલો તેનાં કેટલાંક સામાન્ય કારણોની તપાસ કરીએ.

(i) ***સામાન્ય દેહધર્મવિદ્યા અને વિકાસ (Normal Physiology and Development) :*** વિશિષ્ટરૂપે પારજનીનિક પ્રાણીઓનું નિર્માણ જનીનના નિયંત્રણ અને શરીરના વિકાસ તેમજ સામાન્ય કાર્યો પર થતી અસરો (પ્રભાવો)ના અભ્યાસ માટે કરવામાં આવે છે. ઉદાહરણ : વૃદ્ધિ માટે જવાબદાર જટિલ કારકો જેવા કે ઇન્સ્યુલિન જેવા વૃદ્ધિ કારકનો અભ્યાસ કરવા. બીજી જાતિના જનીનનો પ્રવેશ કરાવ્યા સિવાય ઉપર્યુક્ત કારકોના નિર્માણમાં થતાં પરિવર્તનો દ્વારા પ્રેરાતી જૈવિક અસરોનો અભ્યાસ તથા કારકોની શરીરમાં જૈવિક ભૂમિકા વિશે માહિતી પ્રાપ્ત થાય છે.

(ii) ***રોગનો અભ્યાસ (Study of Disease) :*** રોગોના વિકાસમાં જનીનોની ભૂમિકા શું છે તે

માટેની આપણી સમજને વધારવા માટે મોટા ભાગનાં પારજનીનિક પ્રાણીઓ વિકસાવવામાં આવ્યાં છે. માનવરોગો માટે એક મૉડલ તરીકે તેનો પ્રયોગ કરી શકાય, તે માટે તેને વિશિષ્ટરૂપે બનાવેલ છે. જેથી રોગોની નવી સારવાર માટેનો અભ્યાસ થઈ શકે. વર્તમાન સમયમાં કૅન્સર, સિસ્ટિક ફાઇબ્રોસિસ, સંધિવા વા અને અલ્ઝાઇમર જેવા ઘણા માનવરોગો માટે પારજનીનિક મૉડલ ઉપલબ્ધ છે.

(iii) ***જૈવિક નીપજો (Biological Products) :*** કેટલાક માનવરોગોની સારવાર માટે દવાઓની આવશ્યકતા હોય છે કે જે જૈવિક નીપજોની બનેલી હોઈ શકે છે. આવી નીપજોને બનાવવી ખૂબ જ ખર્ચાળ છે. પારજનીનિક પ્રાણીઓ જે ઉપયોગી જૈવિક નીપજોનું નિર્માણ કરે છે તેમાં DNAના ભાગ (અથવા જનીનો)ને પ્રવેશ કરાવાય છે જે વિશિષ્ટ નીપજોના નિર્માણમાં ભાગ લે છે. ઉદાહરણ : માનવ પ્રોટીન (α-1-એન્ટિટ્રિપ્સિન)નો ઉપયોગ એમ્ફિસેમાની સારવાર માટે થાય છે. એવી જ રીતે ફિનાઇલકિટોન્યુરિયા (PKU) અને સિસ્ટિક ફાઇબ્રોસિસની સારવાર માટે પ્રયાસ કરવામાં આવેલ છે. 1977માં પ્રથમ પારજનીનિક ગાય 'Rosie' દ્વારા માનવ પ્રોટીનસભર દૂધ (એક લિટરમાં 2.4 gm) ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યું. આ દૂધ મનુષ્યનું આલ્ફાલેક્ટાલ્બ્યુમિન ધરાવે છે અને તે માનવ- શિશુ માટે ગાયના કુદરતી દૂધ કરતાં વધુ પોષણયુક્ત સમતોલ ઉત્પાદન ગણાય છે.

(iv) ***રસી-સુરક્ષા (Vaccine Safety) :*** મનુષ્ય પર ઉપયોગ કરતા પહેલાં રસીની સુરક્ષા માટેના પરીક્ષણ કરવા માટે પારજનીનિક ઉંદરોનું નિર્માણ કરવામાં આવ્યું છે. શરૂઆતમાં પારજનીનિક ઉંદરોનો ઉપયોગ પોલિયો રસીની સુરક્ષાના પરીક્ષણ માટે કરવામાં આવે છે. જો ઉપર્યુક્ત પ્રયોગ સફળ અને વિશ્વસનીય હશે તો રસી-સુરક્ષા તપાસ માટે વાનરના સ્થાને પારજનીનિક ઉંદરોનો ઉપયોગ થઈ શકશે.

(v) ***રાસાયણિક સુરક્ષા-પરીક્ષણ (Chemical Safety Testing) :*** આ વિષારિતા / સુરક્ષા- પરીક્ષણ તરીકે પણ ઓળખાય છે. આ એ જ પ્રક્રિયા છે કે જેમાં દવાઓની વિષારીતાનું પરીક્ષણ કરવામાં આવે છે. પારજનીનિક પ્રાણીઓમાં જોવા મળતા કેટલાક જનીનોને આવા વિષારી પદાર્થો પ્રત્યે અતિસંવેદનશીલ બનાવાય છે. જ્યારે બિનપારજનીનિક પ્રાણીઓમાં આવું હોતું નથી. પારજનીનિક પ્રાણીઓને વિષારી પદાર્થોના સંપર્કમાં લાવ્યા બાદ ઉત્પન્ન થતી અસરોનો અભ્યાસ કરવામાં આવે છે. આવાં પ્રાણીઓમાં વિષારિતાના પરીક્ષણ દ્વારા આપણને ટૂંકા સમયમાં જ પરિણામ પ્રાપ્ત થઈ જાય છે.

12.4 નૈતિક પ્રશ્નો (Ethical Issues)

હવે, માનવજાતિ દ્વારા અન્ય કોઈ પણ સજીવોમાં કોઈ પણ નિયમન વગર વધુ અખતરા કરી શકાશે નહિ. બધી માનવીય પ્રવૃત્તિઓ કે જે સજીવો માટે મદદરૂપ અથવા નુકસાનકારક હોય તેના નીતિનિયમોના મૂલ્યાંકન માટે કેટલાક નૈતિક માપદંડોની આવશ્યકતા છે.

આવા નૈતિક મુદ્દાઓનું જૈવિક મહત્ત્વ રહેલું હોય છે. જ્યારે જનીનિક રૂપાંતરિત સજીવો નિવસનતંત્રમાં પ્રવેશે ત્યારે આવા સજીવોનાં અણધાર્યાં પરિણામો મળી શકે છે.

એટલા માટે, ભારત સરકારે એવા સંગઠનની સ્થાપના કરી જેમકે **GEAC (Genetic Engineering Approval Committee),** જે પારજનીનિક સંશોધન સંબંધિત કાર્યોની માન્યતા (વૈધાનિકતા) તથા જનસેવાઓ માટે પારજનીનિક સજીવોના અમલીકરણની સુરક્ષા વગેરે વિશે નિર્ણય લેશે.

જનસેવાઓ (ઉદાહરણ : આહાર તેમજ ચિકિત્સા-સ્રોતો) માટે સજીવોના રૂપાંતરણ / ઉપયોગિતા જે આવા સજીવોના ઇજારા (પેટન્ટ) સંબંધિત સમસ્યાઓ પણ બનવા પામી છે.

લોકોમાં એ વાતને લઈને આક્રોશ છે કે, કેટલીક કંપનીઓ આનુવંશિક દ્રવ્યો, વનસ્પતિઓ અને અન્ય જૈવિક સ્રોતોનો ઉપયોગ કરી તેનાથી બનતી નીપજો તથા તક્નિકો વિશે પેટન્ટ પ્રાપ્ત કરી રહી છે, જે ઘણા સમય પહેલાંથી ઓળખાયેલ, વિકસિત અને ખેડૂતો દ્વારા તથા વિશેષ ક્ષેત્ર કે સ્થાનિક દેશના લોકો દ્વારા તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવી રહ્યો છે.

ચોખા એક મહત્ત્વનું ખાદ્ય અન્ન છે, જેના વિશે હજારો વર્ષો પહેલાંની એશિયાની ખેતીના ઇતિહાસમાં વર્ણન જોવા મળે છે. એક અનુમાનના આધારે માત્ર ભારતમાં ચોખાની લગભગ 2 લાખ જાતિઓ જોવા મળે છે. ભારતમાં ચોખાની જે વિવિધતા છે તે વિશ્વની સૌથી વધુ વિવિધતાઓમાંની એક છે. બાસમતી ચોખા તેની અનોખી સુગંધ તથા સ્વાદ માટે પ્રચલિત છે અને તેની 27 ઓળખાયેલ જાતો ભારતમાં ઉગાડવામાં આવે છે. પ્રાચીન પુસ્તકો, લોકસાહિત્ય તથા કવિતાઓમાં બાસમતીનું વર્ણન જોવા મળેલ છે, જેનાથી એ ખ્યાલ આવે છે કે, તેનું સૈકાઓ પહેલાંથી વાવેતર કરવામાં આવે છે. વર્ષ 1977માં અમેરિકાની એક કંપનીએ બાસમતી ચોખા પર US પૅટન્ટ અને ટ્રેડમાર્ક કાર્યાલય દ્વારા પૅટન્ટ (ઇજારો) પ્રાપ્ત કરી લીધો. જેનાથી તે કંપની બાસમતી ચોખાની નવી જાતો અમેરિકા તથા વિદેશોમાં વેચી શકે છે. બાસમતીની આ નવી જાત વાસ્તવમાં ભારતીય ખેડૂતોની પરંપરાગત જાતોમાંથી વિકસિત કરવામાં આવી હતી. ભારતીય બાસમતીને અર્ધ-વામન જાત સાથે સંકરણ કરાવીને નવી શોધ અથવા એક નવી ઉપલબ્ધિનો દાવો કર્યો હતો. પૅટન્ટ લાગુ પડવાથી એક આધિપત્ય દ્વારા અન્ય લોકો દ્વારા બાસમતીનું વેચાણ પ્રતિબંધિત થઈ શકતું હતું. નીપજો અને પ્રક્રિયાઓ આધારિત ભારતીય પરંપરાગત ઔષધો, ઉદાહરણ : હળદર અને લીમડાના પૅટન્ટ મેળવવાના ઘણાબધા પ્રયત્નો કરેલા છે. જો આપણે આના વિશે જાગ્રત થઈશું નહિ અને આવી પૅટન્ટના પ્રયોજન (અમલીકરણ)ને તરત જ અટકાવીશું નહિ તો અન્ય દેશો / વ્યક્તિઓ આપણો સમૃદ્ધ વારસો છીનવી લેશે અને આપણે તે માટે કશું જ નહિ કરી શકીએ.

જૈવતસ્કરી (Biopiracy) : બહુરાષ્ટ્રીય કંપનીઓ અને અન્ય સંગઠનો દ્વારા જૈવસંપત્તિઓની પૅટન્ટનું જે-તે દેશ તથા તેના સંબંધિત લોકોની સત્તાવાર મંજૂરી કે આર્થિક લાભ આપ્યા વગર તેના શોષણ કરે તેને જૈવતસ્કરી કહે છે.

મોટા ભાગનાં ઔદ્યોગિક રાષ્ટ્રો આર્થિક સમૃદ્ધિ ધરાવે છે. પરંતુ જૈવવિવિધતા અને પરંપરાગત જ્ઞાન અપૂરતું છે. એનાથી વિપરિત વિકાસશીલ અને અલ્પવિકસિત વિશ્વ જૈવસ્રોત માટે જૈવવિવિધતા અને પરંપરાગત જ્ઞાનથી સમૃદ્ધ હોય છે. આવા જૈવસ્રોતોના પરંપરાગત જ્ઞાનનો ઉપયોગ આધુનિક પ્રયોજનોમાં કરવામાં આવે છે. જેના ફળસ્વરૂપે તેના વ્યાપારીકરણ દરમિયાન સમય, શક્તિ તથા ખર્ચનો પણ બચાવ થાય છે.

વિકસિત અને વિકાસશીલ રાષ્ટ્રોની વચ્ચે અન્યાય, અપર્યાપ્ત ક્ષતિપૂર્તિ અને લાભોની ભાગીદારી પ્રત્યે સમજદારી પામી રહી છે. જેના કારણે કેટલાંક રાષ્ટ્રો પોતાના જૈવસ્રોતો અને પરંપરાગત જ્ઞાનના પૂર્વ અનુમતિ વગર થતા શોષણ પર પ્રતિબંધ માટેના નિયમો બનાવી રહ્યા છે.

ભારતીય સંસદમાં હમણાં જ ઇન્ડિયન પૅટન્ટ બિલમાં બીજો મુસદો લાગુ કરેલ છે જે એવા મુદ્દાઓને ધ્યાને લેશે જેના અંતર્ગત પૅટન્ટ નિયમ સંબંધિત, ઝડપી પ્રાવધાન, સંશોધન અને વિકાસિય પ્રયાસ સામેલ હોય.

સારાંશ

સૂક્ષ્મજીવો, વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને તેમની ચયાપચયિક કાર્યપ્રણાલીના ઉપયોગ કરતા બાયૉટેક્નોલૉજી દ્વારા મનુષ્ય માટે ઘણાબધા ઉપયોગી પદાર્થોનું નિર્માણ થઈ શક્યું છે. પુનઃ સંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીએ એવા સૂક્ષ્મજીવો, વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનું નિર્માણ સંભવ કરી દીધું છે જેમાં અભૂતપૂર્વ ક્ષમતા હોય. જનીનિક પરિવર્તિત સજીવોનું નિર્માણ એક કે એકથી વધુ જનીનોનું એક સજીવમાંથી બીજા સજીવમાં સ્થાનાંતરણની કુદરતી પદ્ધતિથી વિશેષ પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીનો ઉપયોગ કરીને કરવામાં આવેલ છે.

GM વનસ્પતિઓનો ઉપયોગ પાક-ઉત્પાદનને વધારવા, લણણી બાદ થતા નુકસાનમાં ઘટાડો અને વનસ્પતિઓને તાણ પ્રત્યે વધારે સહનશીલ બનાવવામાં વધારે થઈ રહ્યો છે. એવી કેટલીય GM વનસ્પતિઓ છે કે જેમાં પોષણમૂલ્ય ખૂબ જ ઉન્નત છે અને રાસાયણિક કીટનાશકો પર નિર્ભરતા ખૂબ જ ઓછી છે (કીટ-પ્રતિરોધક પાકો).

પુનઃસંયોજિત DNA ટેક્નોલૉજીનું સ્વાસ્થ્ય-સુરક્ષાના ક્ષેત્રમાં અત્યંત વધારે મહત્ત્વ છે. કેમકે તેના દ્વારા સુરક્ષિત અને અત્યંત પ્રભાવશાળી ઔષધોનું નિર્માણ સંભવ બન્યું. પુનઃસંયોજિત ઔષધો મનુષ્યના પ્રોટીનના સમતુલ્ય છે એના કારણે અનિચ્છનીય પ્રતિરક્ષા પ્રભાવ પડતો નથી અને તે ચેપના જોખમથી મુક્ત છે જેમકે, આપણે જોયું કે અમાનવીય સ્રોતોમાંથી એક જ પ્રકારની નીપજ અલગ કરવામાં આવેલ છે. માનવ ઇન્સ્યુલિન કે જે બૅક્ટેરિયામાં ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યું તેનું બંધારણ કુદરતી અણુ જેવું જ છે.

પારજનિક પ્રાણીઓ માનવરોગો જેવા કે કેન્સર, સિસ્ટિક ફાઇબ્રોસિસ, સંધિવા અને અલ્ઝાઇમર માટે મૉડલ તરીકે વપરાય છે, જેનાથી આપણને રોગના વિકાસમાં જનીનની ભૂમિકાનો ખ્યાલ મેળવવામાં સુવિધા રહે છે.

જનીન થેરાપીમાં મુખ્યત્વે આનુવંશિક રોગોને દૂર કરવા માટે વ્યક્તિના કોષો અને પેશીઓમાં જનીનનો પ્રવેશ કરાવાય છે. જેમાં ક્ષતિયુક્ત વિકૃતિ કારકના સ્થાને સક્રિય જનીન અથવા જનીન-નિર્ધારણ દ્વારા ઉપચાર થાય છે. જેમાં જનીન પ્રવર્ધનનો સમાવેશ થાય છે. વાઇરસ કે જે યજમાન પર આક્રમણ કરીને પોતાના વિભાજનચક્રો માટે પોતાના આનુવંશિક દ્રવ્યને યજમાનના કોષોમાં પ્રવેશ કરાવે છે તેને વાહકના સ્વરૂપે પ્રયોગ કરી સ્વસ્થ જનીન અથવા નવા જનીનના ભાગને સ્થાનાંતરિત કરી શકાય છે.

સૂક્ષ્મજીવો, વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના વ્યવહાર પ્રત્યે વર્તમાન દિલચસ્પીએ ગંભીર નૈતિક પ્રશ્નો ઊભા કરી દીધા છે.

સ્વાધ્યાય

1. કેટલાક બૅક્ટેરિયા Bt વિષના સ્ફટિકો પેદા કરે છે પરંતુ બૅક્ટેરિયા સ્વયંને મારતા નથી કારણ કે -
   (a) બૅક્ટેરિયા વિષ પ્રત્યે પ્રતિરોધી છે.
   (b) વિષ અપરિપક્વ હોય છે.
   (c) વિષ નિષ્ક્રિય હોય છે.
   (d) વિષ બૅક્ટેરિયામાં વિશિષ્ટ કોષ્ઠનમાં આવરિત હોય છે.

2. પારજનીનિક બૅક્ટેરિયા શું છે ? કોઈ એક ઉદાહરણ દ્વારા વર્ણન કરો.
3. જનીનિક રૂપાંતરિત પાકોના ઉત્પાદનના ફાયદા તથા ગેરફાયદાની તુલનાત્મક સરખામણી કરો.
4. *Cry* પ્રોટીન શું છે ? તે પેદા કરતાં સજીવનું નામ જણાવો. મનુષ્ય આ પ્રોટીનને પોતાના ફાયદા માટે કેવી રીતે ઉપયોગમાં લે છે ?
5. જનીન થેરાપી શું છે ? એડિનોસાઈન ડિએમિનેઝ (ADA)ની ઊણપ ઉદાહરણ આપી તેને વર્ણવો.
6. *E. coli* જેવા બૅક્ટેરિયામાં માનવજનીન (વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવ માટેનું જનીન)ની ક્લોનિંગ તેમજ અભિવ્યક્તિનાં પ્રાયોગિક ચરણોનું ચિત્રાત્મક નિરુપણ કરો.
7. r DNA તક્નિકી તથા તેલના રસાયણશાસ્ત્ર વિશે તમારી પાસે જેટલી સમજૂતી છે, તેના આધારે બીજમાંથી તેલ (હાઇડ્રોકાર્બન) દૂર કરવાની કોઈ એક પદ્ધતિ સમજાવો.
8. ઈન્ટરનેટ દ્વારા તપાસ કરો કે ગોલ્ડન રાઈસ શું છે ?
9. શું આપણા રુધિરમાં પ્રોટીએઝ અને ન્યુક્લિએઝ છે ?
10. ઈન્ટરનેટ દ્વારા તપાસ કરો કે મુખેથી લઈ શકાય તેવા ઔષધીય સક્રિય પ્રોટીન (orally active protein pharmaceutical) કેવી રીતે બનાવીશું ? આ કાર્યમાં આવનારી મુખ્ય સમસ્યાઓનું વર્ણન કરો.

એકમ 10
પરિસ્થિતિવિદ્યા
(Ecology)

પ્રકરણ 13
સજીવો અને વસ્તી
પ્રકરણ 14
નિવસનતંત્ર
પ્રકરણ 15
જૈવવિવિધતા અને સંરક્ષણ
પ્રકરણ 16
પર્યાવરણીય સમસ્યાઓ

વિવિધતા (diversity) એ ફક્ત સજીવ જીવનની જ વિશિષ્ટતા નથી પરંતુ તે જીવવિજ્ઞાન પાઠ્યપુસ્તકોમાં વિષયાર્થ પણ છે. જીવવિજ્ઞાન (Biology)નું પ્રસ્તુતીકરણ એ વનસ્પતિશાસ્ત્ર (Botany), પ્રાણીશાસ્ત્ર (Zoology) તથા સૂક્ષ્મજીવશાસ્ત્ર (Microbiology) સ્વરૂપે અથવા તો પ્રચલિત (classical) તથા આધુનિક (modern) સ્વરૂપે કરવામાં આવ્યું છે. ત્યાર બાદ તેનો પાછળનો ભાગ એ જીવવિજ્ઞાનના આણ્વિક ઉદ્દેશો (molecular aspects) માટે સૌમ્યોક્તિ (euphemism - સત્યથી થોડુંઘણું અસંગત શબ્દ-પ્રયોજન) છે. ભાગ્યવશ, આપણી પાસે ઘણાં વિચારસૂત્રો છે કે જેનો ઉપયોગ આપણે જૈવવૈજ્ઞાનિક જ્ઞાનની માહિતી કે જાણકારીનાં વિભિન્ન ક્ષેત્રોને એકસૂત્રી સિદ્ધાંતમાં વણી લેવા માટે કરીએ છીએ. પરિસ્થિતિવિદ્યા પણ એક એવું સૂત્ર છે કે જે આપણને જીવવિજ્ઞાનનો સકલવાદી દૃષ્ટિકોણ (holistic perspective) પ્રદાન કરે છે. જૈવવિજ્ઞાનિક સમજૂતીનો તત્ત્વાર્થ (સાર) એ સજીવો (an individual) સ્વતંત્ર રૂપથી કેવા પ્રકારે રહે છે, અન્ય સજીવો સાથે કેવા પ્રકારે પરસ્પર અસર કરે છે અને એક સમૂહ સ્વરૂપે (as a group) તેમનાં ભૌતિક નિવાસસ્થાનો (physical habitats) કેવા પ્રકારના છે તથા કેવા પ્રકારે તેઓ સંગઠિત થઈને વસ્તી (population), સમુદાય (community), નિવસનતંત્ર (ecosystem) કે સમગ્ર જીવાવરણ (biosphere)ની રચના કરે છે તે વગેરેની જાણકારી માટે છે. પરિસ્થિતિવિદ્યા આ બધું આપણને સમજાવે છે. માનવકેન્દ્રિત પર્યાવરણીય અવનતીકરણ (anthropogenic environmental degradation) તથા તેનાથી ઉદ્‌ભવતી સામાજિક-રાજકીય સમસ્યાઓ (socio-political issues)નો અભ્યાસ કરવો એ તેનો ચોક્કસ ઉદ્દેશ છે. આ એકમમાં ઉપર્યુક્ત ઉદ્દેશોનું આલોચનાત્મક દૃષ્ટિ (critical view)એ વિશેષ રીતે વર્ણન લેવામાં આવ્યું છે.

રામદેવ મિશ્રા
(Ramdeo Misra)
(1908 – 1998)

આદરણીય રામદેવ મિશ્રા (Ramdeo Misra)ને ભારતવર્ષમાં પરિસ્થિતિવિદ્યાના પિતા તરીકે માનવામાં આવે છે. તેમનો જન્મ 26 ઑગસ્ટ, 1908માં થયો હતો. તેમણે યુનાઇટેડ કિંગડમ (UK)માં લીડ્સ વિશ્વવિદ્યાલય (Leeds university)માં ડબલ્યુ.એચ.પીયરસાલ (W.H.Pearsall), એફ.આર.એસ. (FRS)ના માર્ગદર્શન હેઠળ 1937ના વર્ષમાં પરિસ્થિતિવિદ્યામાં ડૉક્ટર ઑફ ફિલૉસૉફી (Ph.D. વિદ્યાવાચસ્પતિ)ની ઉપાધિ મેળવી. તેમણે બનારસ હિંદુ વિશ્વવિદ્યાલય, વારાણસીના વનસ્પતિશાસ્ત્રના વિભાગમાં પરિસ્થિતિવિદ્યા વિષયમાં અધ્યાપન તેમજ સંશોધન શાખાઓની સ્થાપના કરી. તેમનાં સંશોધનોએ ઉષ્ણકટિબંધના (tropical) સમુદાયો તથા તેમના અનુક્રમણ (succession), વનસ્પતિ-વસ્તીઓની પર્યાવરણીય પ્રતિક્રિયાઓ (responsed) અને ઉષ્ણકટિબંધના જંગલ તથા તૃણભૂમિ નિવસનતંત્રોમાં ઉત્પાદકતા (productivity) અને પોષક ચક્રણ (nutrient cycling) વગેરેની સમજૂતી માટેનો પાયો નાખ્યો. રામદેવ મિશ્રાએ ભારતમાં પરિસ્થિતિવિદ્યા પર સૌપ્રથમ અનુસ્નાતક (postgraduate) પાઠ્યક્રમ શરૂ કર્યો. તેમની દેખરેખ નીચે 50થી પણ વધારે શિષ્યોએ ડૉક્ટર ઑફ ફિલૉસૉફીની ઉપાધિ મેળવી અને તેઓએ દેશની અન્ય વિશ્વવિદ્યાલયો તથા સંશોધન સંસ્થાઓમાં જઈ પરિસ્થિતિવિદ્યાકીય અધ્યાપન તેમજ સંશોધનો શરૂ કર્યાં.

તેમને ભારતીય રાષ્ટ્રીય વિજ્ઞાન અકાદમી (Indian National Science Academy) અને આર્ટ્સ તથા વિજ્ઞાનની વિશ્વ અકાદમી (World Academy of Arts and Science) ની શિષ્યવૃત્તિ (fellowships)થી સન્માનિત કરવામાં આવ્યા હતા તેમજ પર્યાવરણ અને પરિસ્થિતિવિદ્યા ક્ષેત્રે લબ્ધપ્રતિષ્ઠિત સંજય ગાંધી પુરસ્કારથી પુરસ્કૃત કરવામાં આવ્યા હતા. તેમના પ્રયત્નોથી જ, ભારત સરકારે પર્યાવરણીય આયોજન તેમજ સંકલન (1972) માટે રાષ્ટ્રીય સમિતિ સ્થાપી, કે જેણે પાછલાં વર્ષોમાં, પર્યાવરણ અને વન મંત્રાલયની સ્થાપના કરવા માટે (1984) માર્ગ પ્રશસ્ત કર્યો.

પ્રકરણ 13

સજીવો અને વસ્તી (Organisms and Populations)

13.1 સજીવો અને તેનું પર્યાવરણ

13.2 વસ્તી

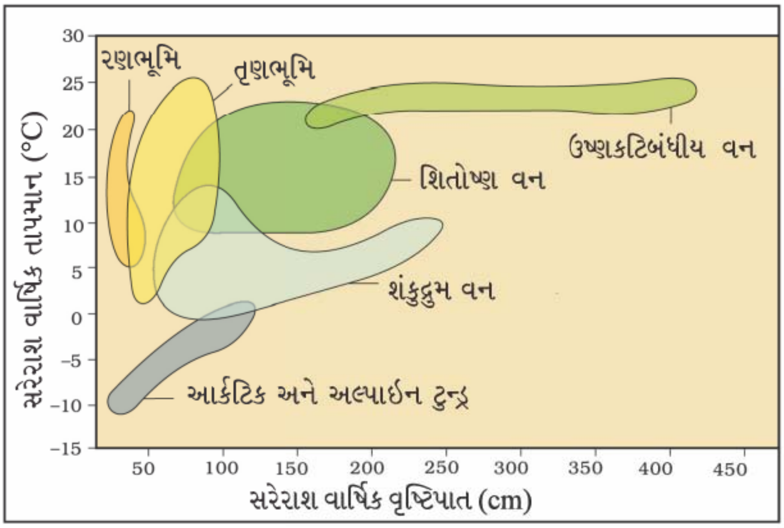
આપણું સજીવ વિશ્વ વિવિધ પ્રકારનું આકર્ષક (fascinatingly) અને નવાઈ પમાડે (amazingly) એવું જટિલ છે. આપણે મહાઅણુઓ, કોષો, પેશીઓ, અંગો, અંગતંત્રો, સ્વતંત્ર સજીવો, વસ્તી, સમુદાયો, નિવસનતંત્રો અને જૈવવિસ્તારો–જેવા જૈવવૈજ્ઞાનિક સંગઠનોના વિભિન્ન સ્તરોએ શોધખોળ પ્રક્રિયાઓ (investing processes) દ્વારા તેની જટિલતાને સમજવા માટે પ્રયાસ કરી શકીએ છીએ. જૈવવૈજ્ઞાનિક સંગઠન (આયોજન-organisation)ના કોઈ પણ સ્તરે આપણે બે પ્રકારના પ્રશ્નો પૂછી શકીએ છીએ – ઉદાહરણ તરીકે, જ્યારે આપણે બગીચામાં વહેલી સવારે બુલબુલ (bulbul)ને ગાતી સાંભળીએ છીએ ત્યારે પ્રશ્ન થાય કે, 'પક્ષી કેવી રીતે ગાય છે ?' કે 'પક્ષી શા માટે ગાય છે ?' 'કેવી રીતે' પ્રકારના પ્રશ્નોમાં પ્રક્રિયાની પાછળ તેની ક્રિયાવિધિ (mechanism) જાણવાની કુતૂહલતા હોય છે જ્યારે 'શા માટે' પ્રકારના પ્રશ્નોમાં પ્રક્રિયાની મહત્ત્વતા (significance) જાણવાની જિજ્ઞાસા હોય છે. આપણા ઉદાહરણમાં પહેલા પ્રશ્ન માટેનો જવાબ પક્ષીમાં સ્વરપેટી (voice box) અને કંપનઅસ્થિ (vibrating bone)ની સંચાલન વ્યવસ્થા હોઈ શકે છે જ્યારે બીજા પ્રશ્નના જવાબમાં કહી શકીએ છીએ કે પ્રજનનઋતુ દરમિયાન પક્ષીને તેના સાથી સાથે સંવાદ સાધવાની (communicate) આવશ્યકતા હોઈ શકે છે. જ્યારે તમે તમારી આસપાસ પ્રકૃતિનું વૈજ્ઞાનિક દૃષ્ટિકોણ (scientific frame)થી અવલોકન કરશો તો તમારા મનમાં નિશ્ચિતરૂપે બંને પ્રકારના અનેક દિલચસ્પ પ્રશ્નો ઊઠશે – *રાત્રે ખીલતાં પુષ્પો (night-blooming flowers) સામાન્ય રીતે સફેદ શા માટે હોય છે ? મધમાખીને કેવી રીતે જાણ થાય છે કે, કયા પુષ્પમાં મધુરસ (nectar) હોય છે ? થોર (cactus) શા માટે ઘણાબધા કંટકો (thorns) ધરાવે છે ? પક્ષીનાં બચ્ચાં (chick spurs) કેવી રીતે પોતાની માતાને ઓળખી લે છે ? વગેરે વગેરે.*

તમે અગાઉના વર્ગોમાં પહેલેથી જ શીખી ગયાં છો કે પરિસ્થિતિવિદ્યા એક એવો વિષય છે કે જે સજીવો-સજીવો વચ્ચેની તથા સજીવ અને તેના ભૌતિક (અજૈવિક) પર્યાવરણ વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓ (interactions)નો અભ્યાસ શીખવે છે.

મૂળભૂત રીતે પરિસ્થિતિવિદ્યા એ જૈવવૈજ્ઞાનિક સંગઠનના ચાર સ્તરો સાથે સંલગ્ન છે : સજીવો (organisms), વસ્તી (populations), સમુદાયો (communities) અને જૈવવિસ્તારો (biomes). આ પ્રકરણમાં આપણે સજૈવક અને વસ્તી સ્તરોએ પરિસ્થિતિવિદ્યાનો અભ્યાસ કરીશું.

13.1 સજીવો અને તેનું પર્યાવરણ (Organisms and Its Environment)

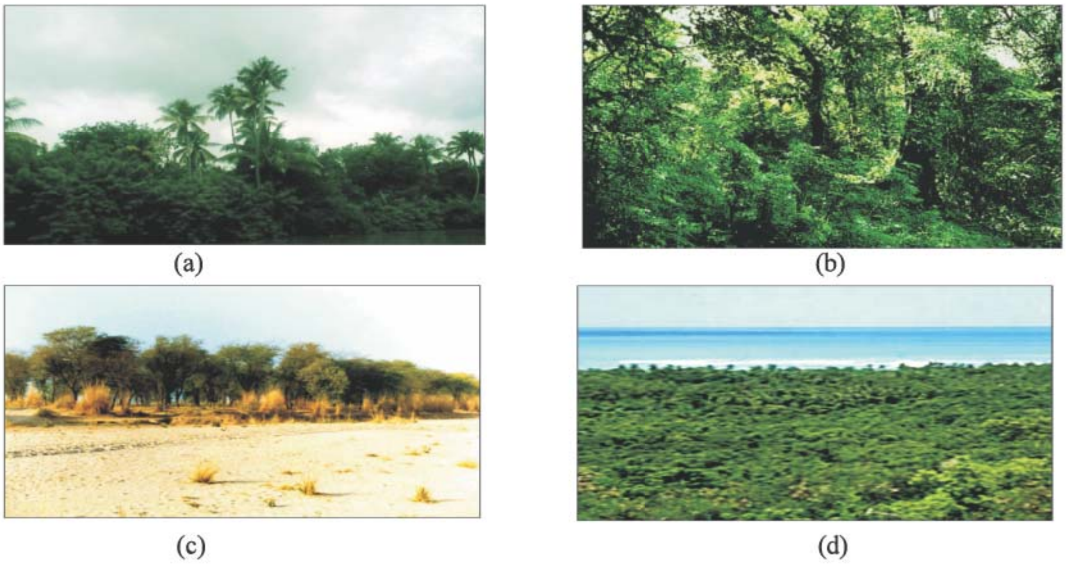
સજૈવિક સ્તરે પરિસ્થિતિવિદ્યા એ મૂળભૂત રીતે દેહધાર્મિક પરિસ્થિતિવિદ્યા (physiological ecology) છે કે જે વિવિધ સજીવો માત્ર જીવિત રહેવા (survival) માટે જ નહિ પરંતુ પ્રજનનના સંદર્ભે પણ તેમના પર્યાવરણ પ્રત્યે કેવી રીતે અનુકૂલિત થયેલા છે, તે સમજવા માટેના પ્રયત્નો છે. તમે અગાઉનાં ધોરણોમાં અભ્યાસ કર્યો હશે કે આપણો ગ્રહ પૃથ્વી સૂર્યની આસપાસ કેવી રીતે પરિક્રમણ (rotation) કરે છે અને તેની ધરીનું નમણ (ઝુકાવ-tilt) એ તાપમાનની તીવ્રતા (intensity) તથા અવધિ (સમયગાળો-duration)માં કેવી રીતે વાર્ષિક ફેરફારો (પરિવર્તનો) સર્જે છે તથા તે જુદી-જુદી ઋતુઓમાં પરિણમે છે. આ ફેરફારો વૃષ્ટિપાત-precipitation (યાદ રાખવું રહ્યું કે



આકૃતિ 13.1 : વાર્ષિક તાપમાન અને વૃષ્ટિપાતના સંદર્ભે જૈવવિસ્તાર વિતરણ

વૃષ્ટિપાતમાં વરસાદ અને બરફવર્ષા કે હિમપ્રપાત બંને સમાવેશિત છે)માં થતાં વાર્ષિક ફેરફારો સાથે મળીને મુખ્ય જૈવવિસ્તારોનું નિર્માણ કરે છે જેવા કે રણવિસ્તાર (મરુસ્થલ-desert), વર્ષાવન (rain forest) તથા ટુંડ્ર પ્રદેશ (tundra-ધ્રુવ, પરનો વૃક્ષહીન બરફ આચ્છાદિત વિશાળ સપાટ જમીન વિસ્તાર (આકૃતિ 13.1).

દરેક જૈવવિસ્તારોની અંદર જ સર્જાતી ક્ષેત્રિય (regional) તેમજ સ્થાનિક (local) વિભિન્નતાઓના કારણે નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનો (આવાસ-habitats)ની વ્યાપક વિવિધતાઓનું નિર્માણ થાય છે. ભારતના મુખ્ય જૈવવિસ્તારો આકૃતિ 13.2માં દર્શાવેલ છે. પૃથ્વી ગ્રહ પર સજીવ જીવન ફક્ત થોડાંક જ અનુકૂળ નિવાસસ્થાનો પૂરતું મર્યાદિત નથી પરંતુ અતિશય સખત (extreme) અને કઠોર (harsh) નિવાસસ્થાનોમાં પણ અસ્તિત્વ ધરાવે છે – જેવા કે શેકી નાખતું (દઝાડતું-scorching) રાજસ્થાનનું રણ, નિરંતર વર્ષાથી ભીંજાયેલાં (perpetually rain soaked) મેઘાલયનાં જંગલો, ગહન મહાસાગરિય ખાઈઓ (deep ocean trenches), વેગવંતા પ્રવાહો (torrential streams), બારેમાસ બરફથી ઠરી ગયેલા ધ્રુવીય વિસ્તારો (તુષાર ભૂમિ-permafrost (snow laden) polar regions), ઊંચાં પર્વતશિખરો (high mountain tops), ઉકળતા ગરમ (ઉષ્ણ) ઝરણાં (boiling thermal streams) અને દુર્ગંધ મારતી સેન્દ્રીય



આકૃતિ 13.2 : ભારતના મુખ્ય જૈવવિસ્તારો : (a) ઉષ્ણકટિબંધીય વર્ષાવન (b) પર્ણપ્રપાતી વન (c) રણ (d) સમુદ્રતટ

ખીણો (stinking compost pits) વગેરે થોડાં ઉદાહરણ છે. એટલે સુધી કે આપણા આંતરડા પણ સૂક્ષ્મજીવોની હજારો જાતિઓનું અજોડ (unique) નિવાસસ્થાન છે.

ચાવીરૂપ તત્ત્વો (પરિબળો-key elements) કયાં છે જે વિવિધ નિવાસસ્થાનોની ભૌતિક (physical) અને રાસાયણિક (chemical) સ્થિતિઓમાં ઘણીબધી વિવિધતાઓનું કારણ બને છે ? સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ પરિબળો તાપમાન, પાણી, પ્રકાશ અને ભૂમિ છે. આપણે એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે, ભૌતિક-રાસાયણિક (અજૈવિક) ઘટકો એકલા આપમેળે સંપૂર્ણ રીતે કોઈ પણ સજીવની લાક્ષણિકતા દર્શાવી શકતા નથી; નિવાસસ્થાનોમાં રોગકારકો (pathogens), પરોપજીવીઓ (parasites), ભક્ષકો (predators) તથા સજીવના એવા સ્પર્ધકો (હરિફો-competitors) કે જેમની સાથે તેઓ સતત આંતરક્રિયા કરે છે તેવાં ઘટકો પણ સમાવેશિત છે. આપણે એ માનીએ છીએ કે, એક લાંબા ગાળાની સમયઅવધિ દરમિયાન, સજીવે પ્રાકૃતિક પસંદગી (natural selection) દ્વારા તેના નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનમાં તેની સ્થાયી ટકાઉપણું કે ઉત્તરજીવિતા (survival) તથા પ્રજનન (reproduction)ને ઈષ્ટતમ બનાવી રાખવા માટે અનુકૂલનોનો વિકાસ સાધ્યો હશે.

દરેક સજીવને ફેરફાર ના કરી શકાય તેવો ચોક્કસ સ્થિતિનો તફાવત હોય છે જેમાં તે તેને સહન કરવા સક્ષમ હોય છે. તે માટે ઉપયોગમાં લેવાતા સ્રોતો (સંસાધનો કે પ્રાપ્તિસ્થાનો-resources)ની વિવિધતા અને પરિસ્થિતિકીય તંત્રમાં એક અલગ કાર્યકારી ભૂમિકા (functional role), આ બધું એકસાથે રાખીને તે તેની આગવી **જીવનપદ્ધતિ (niche)** રચે છે.

13.1.1 મુખ્ય અજૈવિક પરિબળો (Major Abiotic Factors)

તાપમાન (Temperature) : તાપમાન એ પરિસ્થિતિવિદ્યાનું સૌથી મહત્ત્વનું પર્યાવરણીય પરિબળ (કારક-factor) છે. તમે વાકેફ છો કે પૃથ્વી પર સરેરાશ તાપમાન ઋતુઓ પ્રમાણે બદલાતું રહે છે. વિષુવવૃત્ત (ભૂમધ્યરેખા-equator)થી ધ્રુવીય વિસ્તારો (polar region) તરફ તથા સપાટ મેદાનના વિસ્તારો (plains)થી પર્વતશિખરો (mountain tops) તરફ ઉત્તરોત્તર ઘટતું જાય છે. તાપમાનનો વ્યાપ ધ્રુવીય વિસ્તારો અને ઉત્તુંગ ઊંચાઈવાળા વિસ્તારો (high altitudes)માં શૂન્યથી નીચે(subzero)થી લઈ ઉનાળામાં ઉષ્ણકટિબંધીય રણવિસ્તારો (tropical desert)માં 50° સે.થી વધારે પણ પહોંચી જાય છે. તેમ છતાં કેટલાંક અદ્વિતીય નિવાસસ્થાનો પણ છે જેવા કે ગરમ ઝરણાં તથા ઊંડા સમુદ્રના જલઉષ્ણ નિકાલ માર્ગો (deep sea hydrothermal vents) કે જ્યાં સરેરાશ તાપમાન 100° સે.ને પણ વટાવી જાય છે. તેથી સામાન્ય જ્ઞાન છે કે આંબાનાં વૃક્ષો કૅનેડા અને જર્મની જેવા શિતોષ્ણ (temperate) દેશોમાં થતા નથી અને ઉછેરી પણ શકાતાં નથી. બર્ફીલો દીપડો કેરલનાં જંગલોમાં જોવા

મળતા નથી અને ટુના માછલી મહાસાગરમાં ઉષ્ણકટિબંધના અક્ષાંશો (latitudes)થી આગળ ભાગ્યે જ જોવા મળે છે કે પકડી શકાય છે. સજીવ જીવન માટે તાપમાનના મહત્ત્વનું તમે એ સમયે સહેલાઈથી યોગ્ય રીતે મૂલ્યાંકન કરી શકો છો કે જ્યારે તમને ખ્યાલ આવે કે તે (તાપમાન) ઉત્સેચકોના ગતિવિજ્ઞાન (kinetics of enzymes)ને પ્રભાવિત (અસર) કરે છે અને તેના દ્વારા સજીવની આધારભૂત ચયાપચય (metabolism) ક્રિયાવિધિ અને અન્ય દેહધાર્મિક કાર્યોને પણ પ્રભાવિત કરે છે. થોડાક જ સજીવો તાપમાનની વ્યાપક ક્ષેત્રમર્યાદા (wide range)ને સહન કરી શકે છે અને વૃદ્ધિ પામે છે (તેઓને યુરીથર્મલ-eurythermal કે પૃથુતાપી કહેવાય છે) પરંતુ તેમનામાંથી મોટા ભાગના (મહદંશે) તાપમાનની ઓછી ક્ષેત્રમર્યાદા પૂરતા સીમિત રહે છે (તેવા સજીવોને સ્ટીનોથર્મલ-stenothermal કે તનુતાપી કહેવાય છે). વિવિધ જાતિઓનું ભૌગોલિક વિતરણ ખૂબ જ વધુ હદ સુધી તેમના તાપીય સહનશક્તિ (thermal tolerance) સ્તર પર નિર્ભર કરે છે. *શું તમારા ધ્યાનમાં એવાં કેટલાંક યુરીથર્મલ તથા સ્ટીનોથર્મલ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ છે ?*

તાજેતરનાં વર્ષોમાં, ધીમે-ધીમે ક્રમશઃ વધતા જતા સરેરાશ વૈશ્વિક (global) તાપમાન વિશે ચિંતા વધવા પામી છે (પ્રકરણ 16). *જો આ સિલસિલો (trend) સતત ચાલુ રહ્યો તો તમે માનો છો કે કેટલીક જાતિઓના વિતરણની મર્યાદાને અસર થશે અને તેનાથી તે પ્રભાવિત થશે ?*

પાણી (Water) : પાણી સજીવોનાં જીવનને અસર કરતું ખૂબ મહત્ત્વનું પરિબળ છે. પૃથ્વી પર જીવન પાણીમાં જ ઉદ્ભવ્યું હતું અને તે પાણી વગર બિનટકાઉ (unsustainable) પણ છે. રણવિસ્તારોમાં તેની ઉપલબ્ધિ એટલી બધી સીમિત (મર્યાદિત) હોય છે કે ફક્ત વિશિષ્ટ અનુકૂલનોના કારણે જ ત્યાં રહેવું શક્ય બને છે. વનસ્પતિઓની ઉત્પાદકતા (productivity) અને વિતરણ (distribution) પાણી પર ખૂબ જ વધુ આધારિત હોય છે. તમે વિચારતા હશો કે મહાસાગરો, સરોવરો તથા નદીઓમાં રહેવાવાળા સજીવોને જળસંબંધિત કોઈ પણ સમસ્યાઓનો સામનો નહિ કરવો પડતો હોય, પરંતુ તે સાચું નથી, જલીય સજીવો માટે પાણીની ગુણવત્તા (રાસાયણિક સંગઠન, pH) મહત્ત્વની બને છે. ક્ષારોની સાંદ્રતા (પ્રતિ હજારમા ભાગમાં ક્ષારતા સ્વરૂપે માપન) અંતઃસ્થલીય જળ (inland water)માં 5 % કરતાં ઓછી, સમુદ્રમાં 30થી 35 % તથા અતિક્ષારીય (અતિ લવણીય-hyper saline) ખારા પાણીનાં સરોવરોમાં તે 100 %થી પણ વધારે હોય છે. કેટલાક સજીવો ક્ષારતાની ખૂબ જ વ્યાપક ક્ષેત્રમર્યાદા (વધુ સાંદ્રતા)ને સહન કરે છે(યુરીહેલાઈન)પરંતુ મોટા ભાગના અન્ય સજીવો સાંદ્રતાની ઓછી ક્ષેત્રમર્યાદા પૂરતા સીમિત છે(સ્ટીનોહેલાઈન). ઘણા મીઠા પાણીનાં પ્રાણીઓ સમુદ્રના પાણીમાં લાંબા સમય માટે જીવિત રહી શકતા નથી તથા સામુદ્રિક પ્રાણીઓ લાંબા સમય માટે મીઠા પાણીમાં જીવિત રહી શકતાં નથી, કારણ કે તેમને આસૃતિ સંબંધિત સમસ્યાઓ (osmotic problems)નો સામનો કરવો પડે છે.

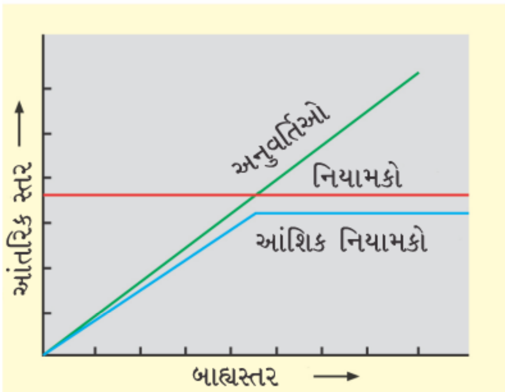
પ્રકાશ (Light) : વનસ્પતિઓ પ્રકાશસંશ્લેષણ (photosynthesis) દ્વારા ખોરાક ઉત્પન્ન કરે છે. આ એવી પ્રક્રિયા છે કે જે ઊર્જાના સ્રોત સ્વરૂપે પ્રકાશ ઉપલબ્ધ હોય ત્યારે જ શક્ય હોય છે. એટલા માટે જ આપણે સજીવ જીવન માટે વિશેષરૂપથી સ્વયંપોષી (autotrophs)ઓ માટે પ્રકાશની મહત્ત્વતાને ત્વરિત રીતે સમજી શકીએ છીએ. જંગલોમાં વિકાસ પામતી નાની વનસ્પતિઓની ઘણી જાતિઓ (છોડ અને ક્ષુપો) ખૂબ જ ઓછા પ્રકાશવાળી પરિસ્થિતિઓમાં ઈષ્ટતમ પ્રકાશસંશ્લેષણ કરવા માટે અનુકૂલિત થયેલા હોય છે કારણ કે તેઓ સતત ઊંચાં વૃક્ષોની છત્રછાયા (overshadowed)માં જ રહે છે. ઘણી વનસ્પતિઓ પણ પુષ્પોદ્ભવ માટે તેમની પ્રકાશઅવધિ (photoperiodic) આવશ્યકતાની પૂર્તતા માટે સૂર્યપ્રકાશ પર નિર્ભર રહેતી હોય છે. ઘણાં પ્રાણીઓ માટે પણ પ્રકાશ એ રીતે મહત્ત્વપૂર્ણ છે કે તેઓ પ્રકાશની તીવ્રતા અને સમયગાળા (પ્રકાશઅવધિ)માં દૈનિક તથા મોસમી વિવિધતાઓ (તફાવતો)ને તેમના ચારા (આહાર-foraging)ની શોધ, પ્રજનન અને સ્થળાંતરિત (પ્રવાસી-migratory) ક્રિયાવિધિઓનો સમય નક્કી કરવા માટે વિવિધ સંકેતો (cues) સ્વરૂપે ઉપયોગમાં લાવે છે. જ્યાં સુધી પ્રકાશ અને તાપમાન બંનેનો સ્રોત સૂર્ય છે ત્યાં સુધી જમીન પર પ્રકાશની ઉપલબ્ધિ તાપમાન સાથે ગાઢ રીતે સંકળાયેલી છે. પરંતુ મહાસાગરોમાં (500 મીટરથી વધારે) ઊંડાઈએ પર્યાવરણ નિરંતર અંધકારમય (perpetually dark) રહે છે અને ત્યાં વસવાટ કરતા સજીવોને એ પણ જાણ નથી કે સૂર્ય નામે ઓળખાતા ઊર્જાના કોઈ ખગોળીય સ્રોત (celestial source)નું અસ્તિત્વ પણ છે. *ત્યારે તેમની ઊર્જાનો સ્રોત શું છે ?* સૌર વિકિરણની વર્ણપટ ગુણવત્તા

(spectral quality) પણ જીવન માટે મહત્ત્વપૂર્ણ છે. સૌર વિકિરણ વર્ણપટના પારજાંબલી (UV-ultra violet) ઘટક ઘણા સજીવો માટે નુકસાનકારક છે. જ્યારે મહાસાગરની જુદી-જુદી ઊંડાઈએ રહેતી ખારા પાણીની વનસ્પતિઓ માટે દૃશ્ય વર્ણપટનાં બધાં જ રંગીન ઘટકો ઉપલબ્ધ પણ નથી. *સમુદ્રમાં રહેલી રાતી (લાલ-red), હરિત (લીલી-green) અને કથ્થાઈ (બદામી-brown) લીલ પૈકી કોની (કઈ લીલની) ઊંડામાં ઊંડા પાણી (ખારા કે મીઠા)માં મળવાની સંભાવના છે ? શા માટે ?*

જમીન (ભૂમિ-Soil) : વિવિધ સ્થાનોમાં જમીનની પ્રકૃતિ (nature) અને ગુણધર્મો (properties) જુદા-જુદા હોય છે; તે આબોહવા (climate), અપક્ષયન પ્રક્રિયા (weathering process) કે માટી (ભૂમિ) કેવી રીતે એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ વહન પામી (transported) અથવા તો અવસાદન (sedimentation) પામી છે તથા તેનો વિકાસ કેવી રીતે થયો છે તેના પર આધારિત છે. ભૂમિ (જમીન)ની વિવિધ લાક્ષણિકતાઓ જેવી કે ભૂમિરચના (સંગઠન-composition), કણોનું કદ (size) અને કણોનું સામૂહીકરણ (aggregation) એ ભૂમિની અંતઃસ્રવણ-ક્ષમતા તથા જલગ્રહણ-ક્ષમતા (percolation and water holding capacity) નક્કી કરે છે. આ લાક્ષણિકતાઓની સાથે-સાથે pH, ખનિજ સંગઠન અને ભૂતલ (સ્થળાકૃતિ-topography) જેવા માપદંડો ઘણી વિસ્તૃત હદ સુધી કોઈ પણ ક્ષેત્રનો વનસ્પતિ સમાજ નક્કી કરે છે. તેના પછી તે બધા મળીને નક્કી કરે છે કે તે વિસ્તારમાં કેવા પ્રકારનાં પ્રાણીઓનું પાલનપોષણ થઈ શકશે જે તેના પર આધાર પામી શકે. એ જ રીતે, જલીય પર્યાવરણમાં, અવસાદી-લાક્ષણિકતાઓ ઘણી વાર જલજ નિઃતલસ્થ (પાણીના તળિયે રહેલી જીવસૃષ્ટિ-benthic) પ્રાણીઓના પ્રકાર નક્કી કરે છે જે ત્યાં વિકાસ સાધી શકે.

13.1.2 અજૈવિક કારકો સામેની પ્રતિક્રિયાઓ (Responses to Abiotic Factors)

એ વાસ્તવિકતાઓનો અનુભવ કર્યા પછી અનેક નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનોની અજૈવિક પરિસ્થિતિઓ ક્યારેક ને ક્યારેક સશક્તરૂપથી ભારે (drastically) પરિવર્તન પામી શકે છે. હવે આપણે પૂછીએ કે – *આ પ્રકારનાં નિવાસસ્થાનોમાં રહેવાવાળા સજીવો કેવી રીતે તણાવપૂર્ણ પરિસ્થિતિઓ (stressful conditions)નો સામનો કરે છે તથા એ પરિસ્થિતિઓમાં રહેવાની વ્યવસ્થા કરે છે ?* પરંતુ આ પ્રશ્નનો જવાબ આપવાનો પ્રયત્ન કરતાં પહેલાં, આપણે કદાચ એ પૂછવું જોઈએ કે, આખરે અત્યંત પરિવર્તનશીલ બાહ્ય પર્યાવરણ સજીવોને શા માટે સંતાપ પમાડે છે કે માનસિક મૂંઝવણ (સંતાપ-bother)માં મૂકે છે. સજીવ (વ્યક્તિ) એ આશા (અપેક્ષા) રાખી શકે કે તેના અસ્તિત્વનાં લાખો વર્ષોના સમયગાળા દરમિયાન, ઘણી જાતિઓએ અપેક્ષિત સ્થાયી આંતરિક (શરીરની અંદર જ) પર્યાવરણ વિકસિત કર્યું હશે જે બધી જ જૈવરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ તથા દેહધાર્મિક કાર્યોને અધિકતમ કાર્યદક્ષતા (maximal efficiency)થી કરવા દે છે અને આ જ રીતે જાતિઓની બધી જ રીતની યોગ્યતા (તંદુરસ્તી-fitness)માં વધારો કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે આ સ્થિરતા (નિરંતરતા-constancy), દેહજળના ઈષ્ટત્તમ (અનૂકૂલતમ-optimal) તાપમાન અને આસૃતિ સાંદ્રતા (osmotic concentration)ના સ્વરૂપે હોઈ શકે છે. આદર્શ રીતે ત્યારે, સજીવ તેના આંતરિક પર્યાવરણની સ્થિરતા (સમસ્થિતિ કહેવાતી પ્રક્રિયા-homeostasis) જાળવવા પ્રયત્ન કરશે, પછી ભલે એ વિવિધ બાહ્ય પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિઓ તેના સમસ્થાપનને અસ્વસ્થ બનાવવાનું (બગાડવાનું) વલણ ધરાવે. આ મહત્ત્વપૂર્ણ સંકલ્પનાને સુસ્પષ્ટ કરવા માટે આપણે સાદૃશ્યતા (સાકારરૂપ-analogy)ની ચર્ચાને ધ્યાનમાં લઈએ છીએ. માની લો કે કોઈ વ્યક્તિ જ્યારે તેના પરિસરનું તાપમાન 25° સે હોય ત્યારે તે સર્વશ્રેષ્ઠ કાર્ય રજૂ કરવા સક્ષમ હોય છે અને જ્યારે બહાર દઝાડી નાખતી ગરમી (scorchingly hot) કે થીજાવી નાખતી ઠંડી (freezingly cold) હોય ત્યારે પણ તેની સમસ્થિતિને સર્વોત્તમ રીતે જાળવી કે ટકાવી રાખવાની ઇચ્છા રાખે છે. તે તેની સમસ્થિતિને



આકૃતિ 13.3 : સજૈવિક પ્રતિક્રિયાનું આલેખીય નિરૂપણ

ઘરમાં, મુસાફરી કરતી વખતે કારમાં અને તેના કાર્યસ્થળે ઉનાળામાં વાતાનુકૂલક (air conditioner) તથા શિયાળામાં તાપક-સગડી (heater) દ્વારા પ્રાપ્ત કરી શકે છે. ત્યારે ભલે તેની / તેણીની આસપાસ હવામાનની સ્થિતિ અસ્વીકાર્ય જેવી હોય તેમ છતાં તેની / તેણીની પોતાની કાર્યક્ષમતા હંમેશાં મહત્તમ હશે. અહીં વ્યક્તિની સમસ્થિતિને દેહધાર્મિક કે શારીરિક રીતે નહિ પરંતુ કૃત્રિમ સાધનો (artificial means) દ્વારા પરિપૂર્ણ કરવામાં આવે છે. *બીજા સજીવો આવી હાલત (situation) નો સામનો કરી કેવી રીતે રહી શકે છે ?* ચાલો, આપણે વિવિધ શક્યતાઓ તરફ નજર કરીએ (આકૃતિ 13.3).

(i) ***નિયમન કરવું (Regulate) :*** કેટલાક સજીવો દેહધાર્મિક-physiological (ક્યારેક આચરણ કે વર્તણૂકને લગતા વ્યાવહારિક પણ-behavioural) સાધનો દ્વારા સમસ્થિતિને જાળવી રાખવા સક્ષમ હોય છે કે જેઓ શરીરનું તાપમાન (દૈહિક તાપમાન) તથા આસૃતિક સાંદ્રતા વગેરે સામે સ્થિર હોવાની ખાતરી આપે છે. બધાં જ પક્ષીઓ અને સસ્તનો (સ્તનધારીઓ-mammals) તથા ખૂબ જ નિમ્ન કક્ષાના પૃષ્ઠવંશી અને અપૃષ્ઠવંશી (lower vertebrate and invertebrate) સજીવોની જાતિઓ વાસ્તવમાં આવું નિયમન (ઉષ્મીય નિયમન અને આસૃતિ નિયમન-thermoregulation and osmoregulation) કરવા કાર્યદક્ષ છે. ઉદ્‌વિકાસકીય જીવશાસ્ત્રીઓ માને છે કે સસ્તન પ્રાણીઓની સફળતા તેમના શરીરનું તાપમાન જાળવી રાખવાની ક્ષમતાને કારણે છે પછી ભલે તેઓ એન્ટાર્કટિકા (Antarctica)માં રહેતા હોય કે સહારાના રણ (Sahara desert)માં.

મોટા ભાગનાં સસ્તનો દ્વારા તેમનાં શરીરના તાપમાનનું નિયમન કરવા માટે જે ક્રિયાવિધિ અપનાવવામાં આવે છે તે એ પ્રકારની છે કે જેવી આપણે મનુષ્યો અપનાવીએ છીએ. આપણે શરીરનું તાપમાન 37° સે સ્થાયી રાખીએ છીએ. ઉનાળામાં, જ્યારે બહારનું તાપમાન આપણા શરીરના તાપમાન કરતાં વધારે હોય ત્યારે અતિશયપણે પરસેવો (profusely sweat) થાય છે. ગરમીના પરિણામ સ્વરૂપ બાષ્પીભવનથી થતી શીતળતા (evaporative cooling) એવી જ છે કે જેવી રણમાં શીતક (કૂલર-cooler)ની કામગીરી કરી શરીરનું તાપમાન નીચું લાવે છે. શિયાળામાં, જ્યારે પર્યાવરણનું તાપમાન 37° સે કરતાં ખૂબ વધારે નીચું હોય ત્યારે આપણે કાંપવા લાગીએ (shiver) છીએ કે ધ્રૂજારી પામીએ છીએ જે એક પ્રકારની કસરત છે જેનાથી ઉષ્મા પેદા થાય છે અને શરીરનું તાપમાન ઊંચું આવે છે. જ્યારે બીજી બાજુ વનસ્પતિઓ, તેમનું આંતરિક તાપમાન સ્થિર જાળવી રાખવા માટે આવી કોઈ પણ ક્રિયાવિધિ ધરાવતી નથી.

(ii) ***અનુકૂળ થવું (Conform) :*** પ્રાણીઓની ધાર્યા કરતા વધારે બહુમતી-overwhelming majority (લગભગ 99 %) અને લગભગ બધી જ વનસ્પતિઓ તેમનું આંતરિક પર્યાવરણ સ્થિર જાળવી શકતા નથી. તેમના શરીરનું તાપમાન આસપાસના પરિસરના તાપમાન અનુસાર બદલાયા કરે છે. જલીય પ્રાણીઓમાં, દેહજળની આસૃતિ સાંદ્રતા જે તેમની આસપાસની હવા તેમજ પાણીની સાંદ્રતા મુજબ બદલાયા કરે છે. આ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ સર્વથા અનુકૂલિત સજીવો (અનુવર્તીઓ-conformers) કહેવાય છે. સજીવોના સ્થાયી (અચળ) આંતરિક પર્યાવરણના લાભને ધ્યાનમાં લેતાં, આપણે એ અવશ્ય પૂછવું જોઈએ કે આ અનુકૂલિત સજીવો શા માટે વિકસિત થઈને નિયામકી સજીવો (નિયામકો-regulators) બન્યા નથી. આપણે ઉપર જે મનુષ્યનાં સાદૃશ ઉદાહરણનો ઉપયોગ કર્યો છે તેને યાદ કરો; કેટલા લોકોને નહિ ગમે કે તેમની પાસે પણ એક વાતાનુકૂલક હોય ? અને કેટલા લોકો છે કે જેઓને તે પરવડી શકે છે કે તેને ખરીદી શકે છે ? ઘણા લોકો સર્વથા એવા છે કે જેઓ ઉનાળાની ગરમીના મહિનાઓમાં પોતાનો પરસેવો નીકળી જવા દે છે અને ઉપઅનુકૂલતમ કામગીરી (suboptimal performance)થી સંતોષ માની લે છે. ઘણા સજીવો માટે ઉષ્મીયનિયમન એ ઊર્જાની રીતે ખર્ચાળ હોય છે. છછૂંદરો (shrews) અને રંગબેરંગી ગુંજન પક્ષીઓ (humming birds) જેવા નાનાં પ્રાણીઓ માટે તે સવિશેષ સાચું છે. ઉષ્મા (ગરમી) ગુમાવવી કે ઉષ્મા મેળવવી એ સપાટીય ક્ષેત્રફળની કાર્યકી છે. ત્યારે નાનાં પ્રાણીઓનું સપાટીય ક્ષેત્રફળ તેમના કદ-પરિમાણની સાપેક્ષે વધારે હોય છે, જેથી જ્યારે બહારની બાજુએ ઠંડી હોય છે ત્યારે તેઓ તેમના શરીરની ઉષ્મા ખૂબ જ ઝડપથી ગુમાવવાનું વલણ (tend) દાખવે છે; આવી પરિસ્થિતિમાં તેઓને ચયાપચય દ્વારા શરીરની ઉષ્મા પેદા કરવા માટે ખૂબ જ વધારે ઊર્જાનો ખર્ચ કરવો પડે છે. આ જ મુખ્ય કારણથી ખૂબ નાનાં પ્રાણીઓ ધ્રુવ પ્રદેશોમાં ભાગ્યે જ જોવા મળે છે. ઉદ્‌વિકાસના સમયગાળા દરમિયાન, સ્થાયી આંતરિક પર્યાવરણ જાળવી

રાખવાની કિંમત અને લાભ (cost and benefit)નો વિચાર ધ્યાને લેવામાં આવે છે. કેટલીક જાતિઓએ નિયમન કરવાની ક્ષમતા વિકસિત કરી લીધી છે, પરંતુ માત્ર પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિઓની સીમિત મર્યાદામાં જ (in limited range). જો તે મર્યાદા બહાર (મર્યાદાથી વધારે) હોય તો તેઓ સર્વથા અનુકૂળ થાય છે.

જો બાહ્ય પરિસ્થિતિ તણાવપૂર્ણ હોય ત્યારે સજીવો પાસે જીવિતતા માટે અન્ય બે વિકલ્પો હોય છે. ફક્ત થોડાક સમયગાળા માટે સ્થાયી થઈ જાય છે અથવા જે-તે સ્થિતિમાં એ જ જગ્યાએ રહી જાય છે.

(iii) ***સ્થળાંતર કરવું (Migrate) :*** સજીવ તણાવપૂર્ણ નિવાસસ્થાનમાંથી હંગામી ધોરણે (અસ્થાયીરૂપે-temporarily), સ્થળાંતરિત થઈ વધુ અનુકૂળ (આતિથ્યશીલ-hospitable) વિસ્તારમાં જતા રહે છે અને જ્યારે તણાવપૂર્ણ સમય સમાપ્ત થાય કે તણાવપૂર્ણ વખત વીતી જાય ત્યારે તેઓ જે-તે સ્થળે પાછા આવી જાય છે. સાદૃશ્ય રીતે મનુષ્યમાં, આ રણનીતિ (strategy) એવી છે કે, ઉનાળાના ગરમીના દિવસો દરમિયાન વ્યક્તિ દિલ્હી (Delhi)માંથી સિમલા (Shimla) ખસી જાય છે. ઘણાં પ્રાણીઓ, તેમાં પણ ખાસ કરીને પક્ષીઓ, શિયાળા દરમિયાન લાંબા અંતરનો પ્રવાસ કરીને વધુ અનુકૂળ વિસ્તારોમાં સ્થળાંતરિત થઈ જાય છે. દરેક શિયાળામાં રાજસ્થાન (Rajasthan)માં ખૂબ જ જાણીતો કેવલાદેવ રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાન-ભરતપુર-Keoladeo National Park-Bharatpur) એ સાઇબેરિયા (Siberia) અને અન્ય અતિશય ઠંડા ઉત્તરિય વિસ્તારોમાંથી આવતાં હજારો પ્રવાસી પક્ષીઓનું યજમાન (host) સ્થળ બની સ્વાગત કરે છે.

(iv) ***મુલતવી રાખવું (Suspend) :*** બૅક્ટેરિયા, ફૂગ તથા નિમ્ન કક્ષાની વનસ્પતિઓ એ વિવિધ પ્રકારના જાડી દીવાલવાળા બીજાણુઓ (thick walled spores)નું સર્જન કરે છે કે જેનાથી તેમને પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિઓમાં જીવિત રહેવા માટે મદદ મળે છે - યોગ્ય (ઉચિત) પર્યાવરણ પ્રાપ્ત થતાં તેઓ અંકુરિત થઈ જાય છે. ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં, બીજ અને કેટલીક બીજી વાનસ્પતિક પ્રાજનનિક સંરચનાઓ તેમના વિકિરણમાં મદદ કરવા ઉપરાંત તણાવના સમયગાળાને પાર પાડવાના સાધન સ્વરૂપે કામ આવે છે. અનુકૂળ તાપમાન અને ભેજની પરિસ્થિતિઓમાં તેઓ નવા છોડ સ્વરૂપે અંકુરિત થાય છે. સુષુપ્તાવસ્થા (dormancy)માં તેઓ તેમની ચયાપચયિક ક્રિયાઓ ઘટાડી દે છે.

પ્રાણીઓમાં, સજીવો જો સ્થળાંતરણ (પ્રવાસ) કરવા માટે અસમર્થ હોય, તો તેઓ તે સમયે ત્યાંથી પલાયન થઈ (ભાગી જઈ-escaping) તણાવને ટાળી દે છે. શિયાળા દરમિયાન રીંછ શીતનિંદ્રા (hibernation)માં જતા રહેવાનો જાણીતો કિસ્સો તથા એ સમયે ત્યાંથી ભાગી છૂટવાનું એક ઉત્તમ ઉદાહરણ છે. કેટલીક ગોકળગાય અને માછલીઓ ગરમી તથા જળશુષ્કન જેવી ઉનાળા સંબંધિત સમસ્યાઓને ટાળવા ગ્રીષ્મનિંદ્રા (aestivation)માં જતી રહે છે. પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિઓમાં સરોવરો તથા તળાવોમાં ઘણી પ્રાણીપ્લવકોની જાતિઓ સુષુપ્તાવસ્થા ધારણ કરવા માટે જાણીતી છે (dispause-વિપરિત પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિઓ સામે વિકાસમાં વિલંબ કરતી પ્રાણીઓની સુષુપ્તતાની શારીરિક અવસ્થા-પ્રાણી સુષુપ્ત અવસ્થા). સુષુપ્ત અવસ્થા (diapause) કે જે નિલંબિત વિકાસની એક અવસ્થા છે.

13.1.3 અનુકૂલનો (Adaptations)

સજીવોના પર્યાવરણમાં અત્યંત કઠિન પરિસ્થિતિઓ હોય ત્યારે તેનો સામનો કરવા માટે સજીવો ઉપલબ્ધ અનેકવિધ વિકલ્પોને અપનાવતા નજરે જોયા છે કે જ્યાં કેટલાક સજીવો ચોક્કસ દેહધાર્મિક વ્યવસ્થા (ગોઠવણ) દ્વારા પ્રતિક્રિયા આપવા સક્ષમ હોય છે જ્યારે બીજા કેટલાક પોતાની વર્તણૂક દ્વારા વ્યાવહારિક રીતે પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિઓ સામે પ્રતિક્રિયા કરે છે (અસ્થાયી રૂપે ઓછા તણાવયુક્ત નિવાસસ્થાન તરફ સ્થળાંતર કરીને). આ પ્રતિક્રિયાઓ વાસ્તવમાં તેમનાં અનુકૂલનો પણ છે. તેથી, આપણે કહી શકીએ કે **અનુકૂલન** એ સજીવનું કોઈ એક સવિશેષ લક્ષણ (બાહ્યાકારકીય-morphological, દેહધાર્મિક-physiological, વ્યાવહારિક-behavioural) છે જે સજીવને તેના નિવાસસ્થાન (આવાસ)માં જીવિત રહેવા માટે અને પ્રજનન કરવા માટે યોગ્ય બનાવે છે. ઘણાં અનુકૂલનો લાંબા ઉદ્‌વિકાસકીય (evolutionary) સમયની યાત્રા બાદ વિકસિત થયા છે અને જનીનિક રીતે સ્થાયી બન્યા છે. પાણીના બાહ્ય સ્રોતની ગેરહાજરીમાં, ઉત્તર અમેરિકાના રણમાં કાંગારુ ઉંદર (kangaroo rat) પાણીને લગતી તમામ જરૂરિયાતો તેની આંતરિક ચરબીના ઑક્સિડેશન (કે જેમાં પાણી ઉપપેદાશ છે) દ્વારા પૂર્ણ કરવામાં સક્ષમ છે. તે તેના

મૂત્ર (urine)ને સાંદ્ર બનાવવાની ક્ષમતા પણ ધરાવે છે તેથી તે ઉત્સર્ગ પેદાશો (excretory products)ના નિકાલ માટે પાણીનો ઓછા પ્રમાણમાં ઉપયોગ કરે છે.

ઘણી રણની વનસ્પતિઓ તેમનાં પર્ણોની સપાટી પર જાડું ક્યુટિકલ ધરાવે છે અને બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા થતો પાણીનો વ્યય ઘટાડવા તેમના પર્ણરંધ્રો ઊંડા ગર્તો (deep pits)માં ગોઠવાયેલા છે. તેઓ વિશિષ્ટ પ્રકાશસંશ્લેષી માર્ગ (CAM-Crassulacean Acid Metabolism) પણ ધરાવે છે જે દિવસના સમય દરમિયાન તેમના પર્ણરંધ્રો બંધ રાખવા યોગ્ય બનાવે છે. કેટલીક ફાફડાથોર (*Opuntia*) જેવી રણની વનસ્પતિઓ પર્ણો ધરાવતી નથી–તેઓ રૂપાંતરિત થઈ કંટકોમાં ફેરવાઈ જાય છે–પ્રકાશસંશ્લેષણનું કાર્ય ચપટા પ્રકાંડ દ્વારા પરિપૂર્ણ કરવામાં આવે છે.

ઠંડી આબોહવાયુક્ત વિસ્તારનાં સસ્તન પ્રાણીઓ સામાન્ય રીતે ઉષ્માનો વ્યય ઘટાડવા ટૂંકા કાન અને ટૂંકા ઉપાંગો ધરાવે છે (જેને એલનનો નિયમ-Allen's Rule કહેવાય છે). ધ્રૂવીય સમુદ્રોમાં સીલ (seal) જેવા જલિય સસ્તનો તેમની ત્વચાની નીચે ચરબીનું જાડું થર (blubber-દરિયાઈ પ્રાણીજ ચરબી) ધરાવે છે જે ઉષ્માઅવરોધક (insulator) તથા શરીરની ગરમી (દૈહિક ઉષ્મા)ને ઘટાડવા કામ આવે છે.

કેટલાક સજીવો દેહધાર્મિક અનુકૂલનો ધરાવે છે કે જે તેમને તણાવભરી પરિસ્થિતિ (હાલત) સામે ત્વરિત પ્રતિક્રિયા અપનાવવા દે છે. જો ક્યારેક તમને કોઈ વધુ ઊંચાઈવાળા ઉત્તુંગ વિસ્તારો > 3500 મીટરથી વધુ-મનાલી પાસે રોહતંગ ઘાટ (Rohtang Pass) અને લેહમાં જવાનું થાય તો તમે ઉત્તુંગતા બીમારી (altitude sickness-ઊંચાઈ સંબંધિત બીમારી)નો અવશ્ય અનુભવ કર્યો હશે. ઉબકા (nausea), થકાવટ (fatigue) તથા હૃદયના ધબકારા વધવા (heart paipitations) વગેરે સમાવિષ્ટ આ બીમારીનાં લક્ષણો છે. આનું કારણ એ જ છે કે વધુ ઊંચાઈ ધરાવતા વિસ્તારોમાં વાતાવરણીય દબાણ ઓછું હોય છે, જેના કારણે શરીરને પૂરતો ઑક્સિજન મળતો નથી. પરંતુ ધીમે-ધીમે તમે સ્થાનિક હવામાનને સાનુકૂળ (acclimatized-પર્યાનુકૂલિત) થઈ જશો અને તમને ઉત્તુંગતા બીમારી અનુભવવાનું અટકી જશે. તમારા શરીરે આ સમસ્યાનું સમાધાન કેવી રીતે કર્યું ? તમારું શરીર લાલ રુધિર કોષો (red blood cells-રક્તકણો)નું ઉત્પાદન વધારીને, હિમોગ્લોબીનની બંધન-ક્ષમતા (binding affinity) ઘટાડીને તથા શ્વસનદરમાં વધારો કરીને ઓછા ઑક્સિજનની ઉપલબ્ધિ ભરપાઈ (ક્ષતિપૂર્તિ) કરે છે. *હિમાલયની વધુ ઊંચાઈમાં અનેક જનજાતિઓ (tribes) રહે છે. તમે એ શોધી કાઢો કે, સપાટ મેદાની વિસ્તારોમાં રહેતા લોકો કરતાં એ જનજાતિઓમાં સામાન્યતઃ લાલ રુધિર કોષોની સંખ્યા (કે કુલ હિમોગ્લોબીન) વધારે હોય છે.*

મોટા ભાગનાં પ્રાણીઓમાં, ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓ અને તે સંલગ્ન બધાં જ દેહધાર્મિક કાર્યો ઓછી (સાંકડી-narrow) તાપમાન ક્ષેત્રમર્યાદામાં ઇષ્ટત્તમ રીતે આગળ વધે છે (મનુષ્યોમાં તે 37° છે). પરંતુ એવા સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ (આર્કીબૅક્ટેરિયા–archaebacteria) પણ છે જે ગરમ પાણીના ઝરાઓ તથા ગાઢ સામુદ્રિક ઉષ્ણતાપીય નિકાલ માર્ગો (vents) કે જ્યાં તાપમાન 100° થી પણ વધારે હોય છે ત્યાં ખૂબ ફૂલેફાલે (flourish) છે. આ કેવી રીતે શક્ય છે ?

ઘણી માછલીઓ એન્ટાર્કટિકા (દક્ષિણ ધ્રુવપ્રદેશ)ના અતિશીતળ પાણીમાં ખૂબ ઝડપથી વિકાસ સાધે છે કે જ્યાં તાપમાન હંમેશાં શૂન્ય કરતાં પણ નીચે રહે છે. *તેઓ તેમના દેહજળને ઠરી જતું (થીજી જતું-freezing) અટકાવી રાખવા કેવી રીતે વ્યવસ્થાપન કરે છે ?*

ખારા પાણીના અપૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓની અનેક જાતિઓ અને માછલીઓ મહાસાગરની ખૂબ જ ઊંડાઈએ રહે છે કે જ્યાંનું દબાણ એ સામાન્ય વાતાવરણીય દબાણ જે આપણે જમીન પર અનુભવીએ છીએ તેનાં કરતાં 100 ગણું વધારે હોય છે. *તેઓ આવા જબરદસ્ત કચડી નાખતા દબાણ (crushing pressure) માં કેવી રીતે રહે છે ? અને શું તેઓ કોઈ વિશિષ્ટ ઉત્સેચકો ધરાવે છે ?* આવી અત્યંત કઠિન પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિઓમાં રહેવાવાળા સજીવો જૈવરાસાયણિક અનુકૂલનોની આકર્ષક (મોહક-fascinating) ગોઠવણી (વ્યૂહરચના-array) દર્શાવે છે.

કેટલાક સજીવો તેમના પર્યાવરણમાં થતા પરિવર્તનનો સામનો કરવા માટે વ્યાવહારિક વર્તણૂકની પ્રતિક્રિયા દર્શાવે છે. તેમના નિવાસસ્થાનના ઊંચા તાપમાનને પહોંચી વળવા માટે સસ્તન પ્રાણીઓ દેહધાર્મિક ક્ષમતા ધરાવે છે. આ ક્ષમતાનો રણની ગરોળીઓ (desert lizards)માં અભાવ હોય છે, પરંતુ તે વ્યાવહારિક ઉપાયો (પ્રયુક્તિઓ) દ્વારા પોતાના શરીરનું તાપમાન એકદમ સ્થિર (અચળ) રાખવા વ્યવસ્થાપન કરે છે. જ્યારે તેમનું તાપમાન સુવિધાયુક્ત ક્ષેત્ર-વિસ્તાર (અનુકૂળ ક્ષેત્ર મર્યાદા)થી નીચે જતું રહે છે ત્યારે તેઓ સૂર્યપ્રકાશમાં તડકાનો

આનંદ માણી (bask) અને ઉષ્મા અવશોષિત કરે છે પરંતુ જ્યારે પરિસરનું (આસપાસનું-ambient) તાપમાન વધવા લાગે ત્યારે તે છાંયડામાં ચાલી જાય છે. ઘણી જાતિઓમાં જમીન ઉપરની ગરમી (ઉષ્મા)થી બચવા-છુપાવા (hide) કે છટકી જવા (escape) માટે માટીમાં દર ખોદવા (burrowing)ની ક્ષમતા હોય છે.

13.2 વસ્તી (Populations)

13.2.1 વસ્તીનાં સવિશેષ લક્ષણો (Population Attributes)

પ્રકૃતિમાં, આપણને કોઈ પણ જાતિના એક વ્યક્તિગત સજીવ (individuals)નાં દર્શન ભાગ્યે જ થાય છે; તેમાંના મોટા ભાગના સારી રીતે વિકાસ પામેલા ભૌગોલિક વિસ્તારમાં સમૂહોમાં રહે છે. એકસરખા સ્રોતો માટે, ભાગીદારી કે સ્પર્ધા (share or compete) કરે છે, આંતરપ્રજનન કરે છે, સંભવિત રીતે આંતરજાતીય (મિશ્રજાતીય-interbreed) હોય છે અને આ પ્રકારે તેઓ વસ્તીની રચના કરે છે. જોકે આંતરપ્રજનન શબ્દ લિંગીપ્રજનન માટે સૂચિત છે, અલિંગીપ્રજનનના પરિણામ સ્વરૂપ ઉદ્ભવતા સજીવોના સમૂહને પણ પરિસ્થિતિકીય અભ્યાસના હેતુ માટે સામાન્યતઃ વસ્તી તરીકે માનવામાં આવે છે. ભેજયુક્ત જમીનમાં બધા જ દરિયાઈ પક્ષીઓ (cormorants), ત્યજાયેલ વસવાટમાં રહેતા ઉંદરો (abandoned dwelling), વનક્ષેત્રનાં સાગના વૃક્ષો (teakwood trees), સંવર્ધન પાત્રમાંના બૅક્ટેરિયા તથા તળાવમાં કમળના છોડવાઓ વસ્તીનાં કેટલાક ઉદાહરણો છે. અગાઉનાં પ્રકરણોમાં તમે એ શીખ્યાં છો તેમ છતાં પણ વ્યક્તિગત સજીવ એ છે કે જે પરિવર્તિત પર્યાવરણનો સામનો (cope) કરે, વસ્તીના સ્તરે પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા ઇચ્છિત લક્ષણોને વિકસિત કરવાનું સંચાલન થાય છે. આથી, વસ્તી પરિસ્થિતિવિદ્યા એ પરિસ્થિતિવિદ્યાનું એક મહત્ત્વનું ક્ષેત્ર છે, કારણ કે તે પરિસ્થિતિવિદ્યાને વસ્તી જનીનવિદ્યા (population genetics) અને ઉદ્વિકાસ (evolution) સાથે જોડે છે.

વસ્તી ચોક્કસ લક્ષણો ધરાવે છે જે વ્યક્તિગત સજીવમાં હોતા નથી. વ્યક્તિગત સજીવ જન્મે છે અને મૃત્યુ પણ પામે છે પરંતુ વસ્તી જન્મદર (birth rate) અને મૃત્યુદર (death rate) ધરાવે છે. વસ્તીમાં આ દર ક્રમશઃ પ્રતિ વ્યક્તિ (માથા દીઠ-per capita) જન્મદર અને મૃત્યુદર ઉલ્લેખાય છે. તેથી આ દરને વસ્તીના સભ્યોની સાપેક્ષે સંખ્યામાં થતા ફેરફાર (વધવું કે ઘટવું) સ્વરૂપે પ્રદર્શિત કરાય છે. અહીં એક ઉદાહરણ આપેલ છે. જો કોઈ તળાવમાં પાછલાં વર્ષમાં કમળના 20 છોડ હતા અને પ્રજનન દ્વારા 8 નવા છોડ ઉમેરાયા, જેથી વર્તમાન વસ્તી 28 થઈ જાય છે, તો આપણે જન્મદરને $8/20 = 0.4$ સંતતિ પ્રતિ કમળ પ્રતિ વર્ષ હિસાબથી ગણતરી કરીએ છીએ. જો પ્રયોગશાળામાં કુલ 40 ફળમાખીઓ (fruit flies)ની વસ્તીમાંથી 4 વ્યક્તિગત ફળમાખીઓ દર્શાવેલ ચોક્કસ સમયાંતરે - માની લો કે એક અઠવાડિયા દરમિયાન મૃત્યુ પામે છે, તો એ સમય દરમિયાન વસ્તીમાં મૃત્યુદર $4/40 = 0.1$ વ્યક્તિગત પ્રતિ ફળમાખી પ્રતિ અઠવાડિયા પ્રમાણે કહેવાશે.

વસ્તીનું બીજું વિશિષ્ટ લક્ષણ લિંગપ્રમાણ (sex ratio) એટલે કે નર કે માદાનું પ્રમાણ છે. વ્યક્તિગત સજીવ નર અથવા માદા બંનેમાંથી એક (either a male or a female) છે, પરંતુ તે વસ્તીનું લિંગપ્રમાણ હોય છે (જેમ કે વસ્તીના 60 % માદા છે અને 40 % નર છે).

કોઈ આપેલ સમયે વસ્તી જુદી-જુદી વયના વ્યક્તિગત સજીવોના સંગઠનથી બનેલી હોય છે. જો વસ્તી માટે વય-વિતરણ (આપેલ વય અથવા વયજૂથના વ્યક્તિગત સજીવોની ટકાવારી)ની રૂપરેખા દોરવામાં આવે છે, તેના પરિણામ સ્વરૂપ બનતી સંરચના વય પિરામિડ (age pyramid) કહેવાય છે (આકૃતિ 13.4). માનવવસ્તી માટે, વય-પિરામિડો

આકૃતિ 13.4 : માનવવસ્તી માટે વય-પિરામિડોનું નિરૂપણ

સામાન્ય રીતે સંયુક્ત આલેખમાં નર અને માદાનું વય-વિતરણ દર્શાવે છે. પિરામિડોનો આકાર વસ્તીની વૃદ્ધિસ્થિતિ (દરજ્જો-status) પ્રતિબિંબિત કરે છે : (a) કે એ વધી રહી છે, (b) સ્થાયી છે કે (c) ઘટી રહી છે.

વસ્તીનું કદ નિવાસસ્થાનમાં તેની સ્થિતિ વિશે આપણને ઘણુંબધું કહી જાય છે. વસ્તીમાં આપણી ઇચ્છા મુજબ ગમે તે પરિસ્થિતિકીય પ્રક્રિયાઓની શોધખોળ કે તપાસ કરીએ, પછી ભલે તે બીજી જાતિઓ સાથેની સ્પર્ધાનું પરિણામ હોય, પરભક્ષીનો પ્રભાવ હોય કે જંતુનાશક વપરાશ (pesticide application)ની અસર હોય, આપણે તેનું મૂલ્યાંકન હંમેશાં વસ્તીના કદમાં થતા કોઈ પરિવર્તનના સંદર્ભ (terms)માં જ કરીએ છીએ. પ્રકૃતિમાં, વસ્તીના કદની કોઈ પણ વર્ષમાં આટલી ઓછી સંખ્યા 10 થી પણ ઓછી (કોઈ પણ વર્ષે ભરતપુરની ભેજયુક્ત ભૂમિમાં સાઇબેરિયન સારસ) કે ખૂબ જ વધારે-લાખોમાં (તળાવમાં ક્લેમિડોમોનાસ) જઈ શકે છે. વસ્તીનું કદ, વધુ તક્નિકી રીતે (technically) જોઈએ તો **વસ્તીગીચતા-population density** (Nના દરજ્જા તરીકે ઓળખાવાય છે) એ આવશ્યક નથી કે વસ્તીને માત્ર સંખ્યાની રીતમાં જ માપી શકાય. તેમ છતાં વસ્તીગીચતા (density)નું સૌથી વધુ યોગ્ય અને ઉચિત માપ સામાન્ય રીતે તેની કુલ સંખ્યા જ છે. કેટલાક કિસ્સાઓમાં તે અર્થહીન હોય છે અથવા તેનું નિર્ધારણ કરવું મુશ્કેલ હોય છે. કોઈ પણ વિસ્તારમાં જો 200 કૉંગ્રેસ ઘાસ (ગાજર ઘાસ-*Parthenium hysterophorus*)ના છોડ છે, પરંતુ એ જ વિસ્તારમાં મોટી છત્રછાયા ધરાવતું ફક્ત એકલું વિશાળ વટવૃક્ષ (banyan tree) પણ છે, તો એમ કહેવું પડે કે ગાજર ગ્રાસના પ્રમાણની સાપેક્ષે વટવૃક્ષની વસ્તીગીચતા ખૂબ જ ઓછી છે, એટલે કે એ સમાજમાં વટવૃક્ષની ગંજાવર ભૂમિકા (enormous role) અવગણવા બરાબર છે. આવા કિસ્સાઓમાં, ટકાવારી આવરણ (percent cover) કે જૈવભાર (biomass) એ વસ્તીના કદનું વધુ અર્થપૂર્ણ માપન છે. જો વસ્તી ખૂબ જ વિશાળ હોય અને ગણતરી અસંભવ છે કે ગણતરીમાં વધુ સમય લાગે એવો છે તો તેની કુલ સંખ્યા એ સરળતાથી અપનાવવા યોગ્ય માપન (adoptable measure) નથી. *જો તમારી પાસે પ્રયોગશાળામાં પેટ્રીડિશમાં બૅક્ટેરિયાનું ઘટ્ટ સંવર્ધન છે તો તેની ગીચતા જાણવાનું સર્વોત્તમ માપન કયું છે ?* ક્યારેક, ચોક્કસ પરિસ્થિતિકીય સંશોધનો (investigations) માટે નિરપેક્ષ (absolute) વસ્તીગીચતા જાણવાની આવશ્યકતા હોતી નથી; સાપેક્ષ ગીચતા (relative density)થી પણ આ ઉદ્દેશ (હેતુ-purpose)ની પૂર્તિ કરી યોગ્ય રીતે નિષ્પક્ષતાથી કામ ચલાવી લેવાય છે. દૃષ્ટાંત (instance) માટે, પ્રતિ પાશ (ગાળિયા-trap) દીઠ પકડવામાં આવેલી માછલીઓની સંખ્યા એ તળાવમાં તેની કુલ વસ્તીગીચતાનું સારુ પર્યાપ્ત માપન છે. આપણે વાસ્તવિક રીતે (actually) ગણતરી કર્યા વગર કે તેને જોયા વગર પરોક્ષ રીતે (indirectly) વસ્તીના કદનો અંદાજ લગાવવાની મોટે ભાગે ઉપકૃતતા (obliged) કરીએ છીએ. આપણાં રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો અને વાઘ આરક્ષણક્ષેત્રોમાં વાઘની વસ્તી-ગણતરી (census) ઘણી વાર તેનાં પગલાંની નિશાનીઓ તથા મળ ગુટિકાઓ (fecal pellets)ને આધારે થાય છે.

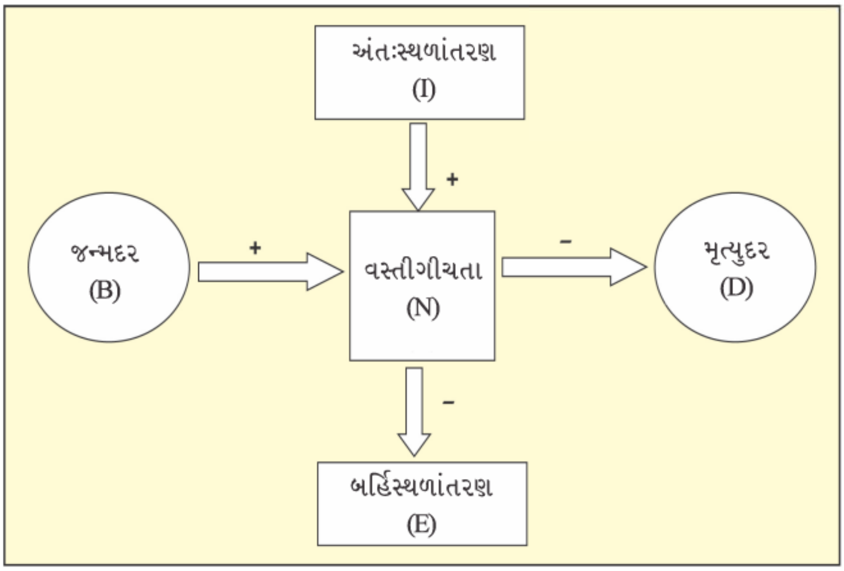
13.2.2 વસ્તીવૃદ્ધિ (Population Growth)

કોઈ પણ જાતિ માટે વસ્તીનું કદ એ સ્થિર માપદંડ (static parameter) નથી. તે સમયે-સમયે બદલાતું રહે છે, જે આહારની ઉપલબ્ધિ, પરભક્ષણ પ્રભાવ અને વિપરિત હવામાન સમાવેશિત વિવિધ પરિબળો પર આધાર રાખે છે. વાસ્તવમાં, વસ્તીગીચતામાં થતા આ ફેરફારો આપણને વસ્તીમાં શું થઈ રહ્યું છે તેનો ખ્યાલ (વિચાર-idea) આપે છે-કે શું તે (વસ્તીગીચતા) વધી રહી છે કે ઘટી રહી છે. અંતિમ કારણ કોઈ પણ રહ્યું હોય, પરંતુ આપેલ સમય દરમિયાન, આપેલ નિવાસસ્થાનોમાં, વસ્તીની ગીચતા એ ચાર મૂળભૂત પ્રક્રિયાઓમાં ફેરફાર થવાને કારણે વધતી-ઘટતી રહે છે. આ ચારમાંથી બે (જન્મદર અને અંતઃસ્થળાંતરણ) વસ્તીગીચતામાં વધારો કરવામાં તથા બે (મૃત્યુદર અને બર્હિસ્થળાંતરણ) તેમાં ઘટાડો કરવામાં ફાળો આપે છે.

(i) ***જન્મદર (Natality) :*** વસ્તીમાં આપેલ સમયગાળા દરમિયાન જન્મની (જન્મ પામતા સજીવોની) એ સંખ્યા તરીકે ઉલ્લેખાય છે, જે આરંભિક ગીચતામાં ઉમેરો કરે છે.

(ii) ***મૃત્યુદર (Mortality) :*** આપેલ સમયગાળા દરમિયાન વસ્તીમાં મૃત્યુની (મૃત્યુ પામતા સજીવોની) સંખ્યા છે.

(iii) ***અંતઃસ્થળાંતરણ (Immigration) :*** એ જ જાતિના વ્યક્તિગત સજીવોની સંખ્યા વિચારણામાં લેવાય છે, જે આપેલ સમયગાળા દરમિયાન અન્ય જગ્યાએથી નિવાસસ્થાન (વસવાટ)માં ચાલ્યા આવે છે.



આકૃતિ 13.5

(iv) ***બર્હિસ્થળાંતરણ (Emigration) :*** વસ્તીના સજીવોની એ સંખ્યા વિચારણામાં લેવાય છે જે આપેલ સમયગાળા દરમિયાન નિવાસસ્થાન છોડીને બીજે ક્યાંક ચાલ્યા ગયા છે.

તેથી, જો t સમયે વસ્તીગીચતા N છે ત્યારે t + 1 સમયે તેની ગીચતા $N_{t+1} = N_t + [(B + I) - (D + E)]$ છે.

તમે ઉપર આપેલ સમીકરણમાં જોઈ શકો છો કે, જો જન્મ લેતા સજીવોની સંખ્યા (+) અંતઃસ્થળાંતરિત સજીવોની સંખ્યા (B + I) એ મૃત્યુ પામતા સજીવોની સંખ્યા (+) બર્હિસ્થળાંતરિત સજીવોની સંખ્યા (D + E) કરતાં વધારે હોય તો વસ્તીગીચતા વધશે, નહિતર તે ઘટી જશે. સામાન્ય પરિસ્થિતિમાં, જન્મ અને મૃત્યુ એ વસ્તીગીચતાને અસર કરતા સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ પરિબળો છે, બીજાં બે પરિબળો ફક્ત વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિઓમાં જ મહત્ત્વપૂર્ણ છે તેમ ધારણા કરવામાં આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે જો નિવાસસ્થાનની વસ્તી-વસાહતો હમણાં નવી જ બની છે (just being colonized), તો વસ્તીવૃદ્ધિમાં જન્મદર કરતાં અંતઃસ્થળાંતરિત સજીવોનો ફાળો વધુ નોંધપાત્ર (more significantly) હોય છે.

વૃદ્ધિ-નમૂનાઓ (Growth Models) : શું વસ્તીની વૃદ્ધિ સમયની સાથે કોઈ વિશિષ્ટ અને ભવિષ્ય ભાખવા યોગ્ય ભાત કે પ્રણાલિકા (predictable pattern) દર્શાવે છે ? આપણે આપણા દેશમાં નિરંકુશ (unbridled) માનવવસ્તી વૃદ્ધિ તથા તેના દ્વારા ઉદ્‌ભવતી સમસ્યાઓ વિશે ચિંતિત છીએ અને તેથી જ જો કુદરતમાં જુદી-જુદી વસ્તીઓ આ જ પ્રકારે વર્તે કે વૃદ્ધિ પર થોડો અંકુશ (restraint) દર્શાવે તો તે માટે આપણી જિજ્ઞાસા સ્વાભાવિક છે. વસ્તીવૃદ્ધિને કેવી રીતે નિયંત્રણમાં રાખી શકાય તેના વિશે કદાચ પ્રકૃતિ પાસેથી એકબે બોધપાઠ શીખી શકીએ છીએ.

(i) ***ચરઘાતાંકીય વૃદ્ધિ (Exponential Growth) :*** કોઈ વસ્તીની અબાધિત વૃદ્ધિ (unimpeded growth) માટે સંસાધન કે સ્રોત (ખોરાક અને જગ્યા)ની ઉપલબ્ધિ દેખીતી રીતે આવશ્યક છે. આદર્શ રીતે, જ્યારે નિવાસસ્થાનમાં સંસાધનો કે સ્રોતો અમર્યાદિત હોય છે ત્યારે દરેક જાતિ તેની સંખ્યામાં વૃદ્ધિ કરવાની તેની જન્મજાત શક્તિનો સંપૂર્ણપણે અનુભવ કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે, જેવું કે ડાર્વિને (Darwin) જ્યારે પ્રાકૃતિક પસંદગીનો તેનો સિદ્ધાંત વિકસતો હતો ત્યારે અવલોકન કર્યું હતું, ત્યારે ચરઘાતાંકીય કે ભૌમિતિક શૈલી (geometric fashion)માં વસ્તીવૃદ્ધિ હતી. જો N કદની વસ્તીમાં, જન્મદર (કુલ સંખ્યા નહિ પરંતુ પ્રતિ વ્યક્તિ જન્મ) હોય તો b રૂપે તથા મૃત્યુદર (પ્રતિ વ્યક્તિ મૃત્યુ) d ના રૂપે પ્રસ્તુત કરવામાં આવે છે, ત્યારે એકમ સમયઅવધિ t (dN/dt) દરમિયાન વધારો કે ઘટાડો

નીચે પ્રમાણે થશે :

$$dN/dt = (b - d) \times N$$

અહીં માનો કે $(b-d) = r$ છે, ત્યારે

$$dN/dt = rN \text{ થશે.}$$

આ સમીકરણમાં 'r' પ્રાકૃતિક વૃદ્ધિનો આંતરિક દર (intrinsic rate of natural increase) કહેવાય છે તથા તેને વસ્તીવૃદ્ધિ પર કોઈ પણ જૈવિક કે અજૈવિક પરિબળની અસર (પ્રભાવ)ને નક્કી કરવા માટેના ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ માપદંડ માનવામાં આવે છે.

'r' મૂલ્યોના પરિમાણ (magnitude) વિશે તમને થોડોક ખ્યાલ આપવા ઉદાહરણ સ્વરૂપ નોર્વેના ઉંદરો (Norway rat) માટે 'r' = 0.015 છે તથા લોટમાં પડતી રાતી જીવાત (ધનેડા-flour beetle) માટે 'r' = 0.12 છે. 1981માં, ભારતમાં માનવવસ્તી માટે 'r'નું મૂલ્ય 0.0205 હતું. *વર્તમાન 'r' નું મૂલ્ય કેટલું છે તે શોધો. તેની ગણતરી માટે, તમને જન્મદર તથા મૃત્યુદરની જાણ હોવી જરૂરી છે.*

ઉપર આપવામાં આવેલ સમીકરણ વસ્તીની ચરઘાતાંકીય કે ભૌમિતિક વૃદ્ધિ ભાત વર્ણવે છે (આકૃતિ 13.6) તથા જ્યારે આપણે વસ્તીગીચતા (N)ને સમય (t)ની સાપેક્ષે આલેખિત કરીએ છીએ ત્યારે તેની ફલશ્રુતિએ J આકારનો વક્ર મળે છે, જો તમે મૂળભૂત કલન (ગણતરીની વિશિષ્ટ પદ્ધતિ)થી પરિચિત છો, તો તમે ચરઘાતાંકીય વૃદ્ધિના સંકલિત સ્વરૂપને નીચે પ્રમાણે અલગ તારવી શકો છો :

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

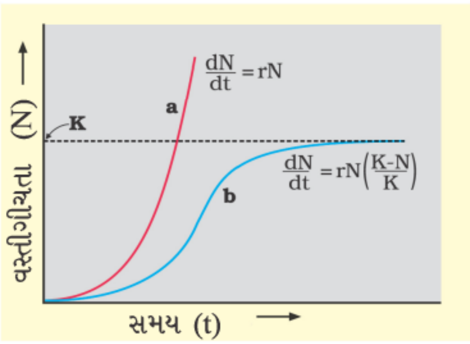
જ્યાં

N_t = t સમય પછી વસ્તીગીચતા

N_0 = શૂન્ય સમયે વસ્તીગીચતા

r = પ્રાકૃતિક વધારાનો આંતરિક દર

e = પ્રાકૃતિક લઘુગુણકનો આધાર (2.71828)



આકૃતિ 13.6 : વસ્તીવૃદ્ધિ વક્ર (a) જ્યારે પ્રતિક્રિયાઓ વૃદ્ધિને સીમિત કરતી નથી ત્યારે આલેખ ચરઘાતાંકીય છે. (b) જ્યારે પ્રતિક્રિયાઓ વૃદ્ધિને સીમિત કરે છે ત્યારે આલેખ સંભાવ્ય છે. (k) વહન-ક્ષમતા છે

અમર્યાદિત સ્રોતની પરિસ્થિતિઓમાં ચરઘાતાંકીય રીતે વૃદ્ધિ પામતી કોઈ પણ જાતિ ઓછા સમયમાં જ ખૂબ જ વિશાળ વસ્તીગીચતા સુધી પહોંચી જાય છે. ડાર્વિને દર્શાવ્યું કે હાથી જેવું ધીમે વૃદ્ધિ પામતું પ્રાણી પણ તેની વસ્તીગીચતામાં રોક ન હોવા પર કે અંકુશના અભાવ (absence of checks)માં વિશાળ સંખ્યા સુધી પહોંચી શકે છે. ચરઘાતાંકીય રીતે વૃદ્ધિ કરવા પર વિશાળ વસ્તી કેવી રીતે ઝડપથી નિર્માણ પામે છે તેના નાટકીય ઢબે નમૂના રૂપ નિરૂપણ (dramatically demonstrate) વિશે નીચે પ્રમાણેનું લોકપ્રિય રમૂજી ટુચકું (anecdote) સાંભળ્યું છે.

રાજા અને પ્રધાન શતરંજની રમત (chess game) રમવા બેઠા. રમતની જીતનો વિશ્વાસ ધરાવતો રાજા, પ્રધાન દ્વારા સૂચિત કોઈ પણ શરત (bet) સ્વીકારવા તૈયાર હતો. પ્રધાને નમ્રતાપૂર્વક કહ્યું કે જો તે જીતી જશે તો, તે માત્ર થોડાક ઘઉંના દાણા (wheat grains) લેવાનું ઇચ્છશે, કે જેની માત્રા શતરંજના પટ (chess board) પર રહેલ ચોરસ ખાનાની સંખ્યા પ્રમાણે પ્રથમ ખાનામાં એક દાણો, જ્યારે બીજા ખાનામાં બે, ત્રીજા ખાનામાં ચાર અને ચોથા ખાનામાં આઠ દાણા અને આ પ્રકારે દરેક સમયે ઘઉંના દાણાની પાછલી માત્રાથી બેગણા કરતા રહી તે પછીનાં ખાનાંઓમાં મૂકતા રહેવું કે જ્યાં સુધી બધાં જ 64 ખાનાં ભરાઈ ન જાય. રાજાએ મૂર્ખતાપૂર્ણ લાગતી શરત (seemingly silly bet) માની લીધી અને રમત શરૂ કરી, પરંતુ તેના (રાજાના) દુર્ભાગ્યવશ પ્રધાન જીતી ગયો. રાજાને લાગ્યું કે પ્રધાનની શરત પૂરી કરવી ખૂબ જ સરળ હતી. તેણે પહેલા ખાનામાં એક દાણો મૂકવાની શરૂઆત કરી અને પ્રધાનની સૂચન કરવામાં આવેલ પદ્ધતિ અનુસાર અન્ય ખાનાંઓ આગળ ભરતો ગયો, પરંતુ શતરંજના પટ પર રહેલા અડધા ખાના ભરાવા સુધીમાં તો રાજાને સમજાઈ ગયું અને તેને ધ્રાસકો (ફાળ-dismay) પડ્યો કે તેના સંપૂર્ણ રાજ્યમાં ઉત્પાદિત બધા જ ઘઉં

એકસાથે ખેંચી લાવીએ તોપણ બધાં 64 ખાનાંઓ ભરવા અપૂરતા હશે. હવે નાના પેરામેશિયમ (Paramoecium) વિશે વિચારીએ જે ફક્ત એક વ્યક્તિગત સંખ્યાથી શરૂ કરી અને દ્વિભાજન (binary fission) દ્વારા દરેક દિવસે તેની સંખ્યામાં બેગણો વધારો કરતું રહે છે તથા કલ્પના કરો કે 64 દિવસોમાં તેનું વસ્તીકદ મગજને ચકરાવામાં નાંખી દે તેવું (mind-boggling) થઈ જશે (શરત એ છે કે અમર્યાદિત આહાર અને જગ્યા પ્રદાન થતી રહે).

(ii) ***સંભાવ્ય વૃદ્ધિ (Logistic Growth) :*** પ્રકૃતિમાં કોઈ પણ વસ્તીની પાસે એટલા અમર્યાદિત સ્રોતો નથી હોતા કે ચરઘાતાંકીય વૃદ્ધિ થતી રહે. તેના કારણે મર્યાદિત સ્રોતો માટે વ્યક્તિગત સજીવો વચ્ચે હરીફાઈ થાય છે. આખરે, યોગ્યતમ વ્યક્તિગત સજીવ (fittest individual) જીવિત રહેશે તથા પ્રજનન કરશે. ઘણા દેશોની સરકારોને પણ આ હકીકત સમજાઈ છે અને માનવ વસ્તીવૃદ્ધિને મર્યાદિત કરવા માટે વિવિધિ પ્રતિબંધો (restraints) દાખલ કર્યા છે. પ્રકૃતિમાં, આપેલ નિવાસસ્થાન (આવાસ)ની પાસે મહત્તમ સંભાવ્ય સંખ્યાના પાલનપોષણ માટે પૂરતા સ્રોતો હોય છે, તેનાથી આગળ વધારે વૃદ્ધિ સંભવ નથી. એ નિવાસસ્થાનમાં એ જાતિ માટે આ મર્યાદાને પ્રકૃતિની વહનક્ષમતા-carrying capacity (K) તરીકે ચાલો આપણે માની લઈએ.

કોઈ પણ નિવાસસ્થાનમાં મર્યાદિત સ્રોતોની સાથે વૃદ્ધિ પામતી વસ્તી શરૂઆતમાં ધીમી વૃદ્ધિ-અવસ્થા (lag phase) દર્શાવે છે, ત્યાર બાદ તેને અનુસરી ઝડપી વૃદ્ધિ-અવસ્થા (acceleration phase) તથા મંદ વૃદ્ધિ-અવસ્થા (deceleration phase) અને છેવટે સ્થાયી (અનંતસ્પર્શી-asymptote) વૃદ્ધિ-અવસ્થાઓ આવે છે, જ્યારે વસ્તીગીચતા તેની વહન-ક્ષમતા સુધી પહોંચી જાય છે ત્યારે વસ્તીગીચતા (N)ને સમય (t)ની સાપેક્ષે આલેખિત કરતાં તેની ફલશ્રુતિએ સિગ્મોઇડ-S-આકારનો વક્ર મળે છે. આ પ્રકારની વસ્તીવૃદ્ધિને વિર્હુસ્ટ-પર્લ સંભાવ્ય વૃદ્ધિ-Verhulst-Pearl Logistic Growth (આકૃતિ 13.6) કહે છે અને તે નીચેના સમીકરણ દ્વારા વર્ણવિત છે :

$$dN/dt = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$$

જ્યાં N = t સમયે વસ્તીગીચતા
r = પ્રાકૃતિક વધારાનો આંતરિક દર
K = વહનક્ષમતા (carrying capacity)

મોટા ભાગની પ્રાણી-વસ્તીઓમાં વૃદ્ધિ માટે સ્રોતો (સંસાધનો) મર્યાદિત (finite) છે અને જલદીથી કે પછીથી મર્યાદિત (limiting sooner or later) થવા વાળા હોય છે. આથી સંભાવ્ય વૃદ્ધિ મૉડેલને વધુ વાસ્તવિક મૉડેલ (realistic model) માનવામાં આવે છે.

સરકારી વસ્તીગણતરી પ્રમાણે ભારત માટે પાછલાં 100 વર્ષોના વસ્તીઆંકડા એકત્રિત કરો, તેને આલેખિત કરો અને તપાસ કરો કે કઈ વૃદ્ધિ ભાત (pattern)નો નમૂનો સ્પષ્ટ થાય છે ?

13.2.3 જીવન-વૃત્તાંત વિવિધતાઓ (Life History Variation)

વસ્તી જે નિવાસસ્થાનમાં રહે છે તેમાં પોતાની મહત્તમ પ્રજનનયોગ્યતા, જેને ડાર્વિનિયન યોગ્યતા (ઊંચા r મૂલ્યની યોગ્યતા) પણ કહેવામાં આવે છે તે માટે વિકસિત હોય છે. ખાસ પ્રકારના પસંદગી દબાણને વશ, સજીવો ઉત્તમ કાર્યદક્ષ પ્રાજનનિક પ્રયુક્તિ તરફ વિકાસ કરે છે. કેટલાક સજીવો તેમના જીવનકાળમાં ફક્ત એક જ વાર પ્રજોત્પત્તિ કરે છે - પ્રશાંત મહાસાગરની સાલ્મન માછલી અને વાંસ

(Pacific salmon fish and bamboo), જ્યારે અન્ય સજીવો પોતાના જીવનકાળ દરમિયાન ઘણી વાર પ્રજનન કરે છે - મોટા ભાગનાં પક્ષીઓ અને સસ્તનો (most birds and mammals). કેટલાક ઘણી સંખ્યામાં નાના કદની સંતતિઓ ઉત્પન્ન કરે છે - છીપ અને ગહન સામુદ્રિક માછલીઓ (Oysters and pelagic fishes) જ્યારે અન્ય ઓછી સંખ્યામાં મોટા કદની સંતતિઓ ઉત્પન્ન કરે છે - પક્ષીઓ અને સસ્તનો (birds and mammals). તેથી, મહત્તમ યોગ્યતા માટે કોણ ઇચ્છનીય છે ? પરિસ્થિતિવિદો સૂચવે છે કે સજીવોનાં જીવન-વૃત્તાંત લક્ષણો એ તેઓ જે નિવાસસ્થાનમાં રહે છે તેના જૈવિક અને અજૈવિક ઘટકો દ્વારા લાદવામાં આવેલ પ્રતિબંધોની સાપેક્ષમાં વિકસિત થાય છે. વિવિધ જાતિઓમાં જીવન-વૃત્તાંત લક્ષણોનો ઉદ્‌વિકાસ વર્તમાન સમયમાં સંશોધનનું મહત્ત્વપૂર્ણ ક્ષેત્ર છે અને પરિસ્થિતિવિદો દ્વારા સંશોધનો હાથ ધરાયેલાં છે.

13.2.4 વસ્તી આંતરક્રિયાઓ (Population Interactions)

શું તમે પૃથ્વી પર કોઈ એવા પ્રાકૃતિક નિવાસસ્થાન વિશે વિચારી શકો છો કે જ્યાં ફક્ત એક જ જાતિનો વસવાટ હોય ? એવું કોઈ નિવાસસ્થાન છે જ નહિ અને તેથી આવી કોઈ પરિસ્થિતિ અકલ્પનીય છે. કોઈ પણ જાતિ માટે, ન્યૂનતમ આવશ્યકતા એક વધુ જાતિની છે કે જેને તે ખોરાક તરીકે લઈ શકે. વનસ્પતિજાતિઓ પણ પોતાનો ખોરાક જાતે બનાવે છે, પરંતુ તેઓ એકલી જીવી શકતી નથી; જમીનમાં કાર્બનિક દ્રવ્યોને તોડવા તથા અકાર્બનિક પોષકોને તેના શોષણ માટે પાછા આપવા ભૂમિના સૂક્ષ્મ જીવોની તેને જરૂર પડે છે અને ત્યાર પછી, પ્રાણી સભ્ય વગર વનસ્પતિ પરાગનયનની વ્યવસ્થા કેવી રીતે કરશે ? તે સ્પષ્ટ છે કે કુદરતમાં પ્રાણીઓ, વનસ્પતિઓ અને સૂક્ષ્મજીવો ન તો અલગ રહે છે ન તો રહી શકે છે, પરંતુ જૈવસમુદાય બનાવવા માટે વિવિધ રીતે આંતરક્રિયાઓ કરે છે. ન્યૂનતમ સમુદાયોમાં પણ, ઘણાં પરસ્પર અસરકર્તા જોડાણો (સહલગ્નતાઓ કે અનુબંધતાઓ) હોય છે, તેમ છતાં બધાં જોડાણો સહેલાઈથી જોઈ શકાતાં નથી.

આંતરજાતીય આંતરક્રિયાઓ (પારસ્પરિક ક્રિયાઓ) બે જુદી-જુદી જાતિઓની વસ્તીની આંતરક્રિયા (પારસ્પરિક ક્રિયા)થી ઉદ્‌ભવે છે. તે ક્રિયાઓ એક જાતિ કે બંને જાતિઓ માટે લાભકારી, હાનિકારક કે તટસ્થ (ન લાભકારી કે ન હાનિકારક) હોઈ શકે છે. લાભદાયક આંતરક્રિયાઓ માટે '+' ચિહ્ન, હાનિકારક માટે '–' ચિહ્ન તથા તટસ્થ માટે '0' ચિહ્નની નિશાની કરેલ છે. તો ચાલો, આંતરજાતીય આંતરક્રિયાઓનાં બધાં શક્ય પરિણામો પર નજર કરીએ (કોષ્ટક 13.1).

કોષ્ટક 13.1 : વસ્તી આંતરક્રિયાઓ

જાતિ A	જાતિ B	આંતરક્રિયાઓનું નામ
+	+	સહોપકારિતા (mutualism)
–	–	સ્પર્ધા (competition)
+	–	પરભક્ષણ (predation)
+	–	પરોપજીવન (parasitism)
+	0	સહભોજિતા (commensalism)
–	0	પ્રતિજીવન (amensalism)

એકબીજા સાથેની પારસ્પરિક ક્રિયાઓમાં-**સહોપકારિતા**માં બંને જાતિઓને લાભ થાય છે અને **સ્પર્ધા**માં બંનેને નુકસાન થાય છે. **પરોપજીવન** અને **પરભક્ષણ** બંનેમાં ફક્ત એક જ જાતિને લાભ થાય છે (અનુક્રમે પરોપજીવી અને પરભક્ષીને) તથા પારસ્પરિક ક્રિયા બીજી જાતિ (અનુક્રમે યજમાન અને શિકાર) માટે નુકસાનકારક હોય છે. એવી પારસ્પરિક ક્રિયા કે જ્યાં એક જાતિને લાભ થાય છે અને બીજીને ન તો લાભ થાય છે કે ન તો હાનિ, તેને **સહભોજિતા** કહે છે. જ્યારે બીજી બાજુ, **પ્રતિજીવન**માં એક જાતિને હાનિ થાય છે

જ્યારે બીજી જાતિ અપ્રભાવિત (અસર વગરની) રહે છે. પરભક્ષણ, પરોપજીવન અને સહભોજિતા આ ત્રણેયની એક સામાન્ય વિશેષતા એ છે કે, પારસ્પરિક ક્રિયા કરવાવાળી જાતિઓ નજીકથી એકસાથે જ રહે છે.

(i) ***પરભક્ષણ (Predation)** : જો કોઈ સમુદાયમાં વનસ્પતિઓને ખાવા માટે પ્રાણી જ ન હોય તો સ્વયંપોષી સજીવો દ્વારા સ્થાપન કરવામાં આવેલી એ બધી ઊર્જાનું શું થાય ?* પરભક્ષણને તમે પ્રકૃતિની એવી રીત વિચારી શકો છો કે જેમાં વનસ્પતિઓ દ્વારા સ્થાપિત કરવામાં આવેલી ઊર્જા ઉચ્ચ પોષક સ્તરોએ સ્થાનાંતરિત થાય છે. જ્યારે આપણે પરભક્ષી અને શિકાર (ભક્ષક અને ભક્ષ્ય-predator and prey) વિશે વિચારીએ છીએ ત્યારે કદાચ વાઘ (tiger) અને હરણ (deer)નું ઉદાહરણ સહેજે જ આપણા મગજમાં આવે છે, પરંતુ કોઈ પણ બીજને ખાનાર ચકલી (sparrow) પણ પરભક્ષીથી ઓછી નથી. તેમ છતાં વનસ્પતિઓને ખાવાવાળાં પ્રાણીઓને તૃણાહારીઓ (શાકાહારીઓ)ના રૂપે અલગ રીતે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે, પરંતુ તેઓ વ્યાપક પરિસ્થિતિકીય સંદર્ભમાં પરભક્ષીઓથી વધારે અલગ નથી.

પોષક સ્તરો સુધી ઊર્જા સ્થાનાંતરિત કરવા માટે સળંગ માર્ગ રચ્યા સિવાય, પરભક્ષીઓ એક બીજી મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકાઓ પણ ભજવે છે. તેઓ શિકાર વસ્તીને નિયંત્રણમાં રાખે છે. પરંતુ જો પરભક્ષીઓ ન હોય તો શિકારજાતિઓની વસ્તીગીચતા ખૂબ જ વધારે થઈ જાય અને નિવસનતંત્રમાં અસ્થિરતા (instability) આવી જાય. જ્યારે કોઈ ભૌગોલિક ક્ષેત્રમાં કેટલીક વિદેશી જાતિઓ (exotic species) લાવવામાં આવે છે તો તેઓ આક્રમક થઈ જાય છે અને ઝડપથી ફેલાઈ (પ્રસરાઈ) જાય છે; કારણ કે અતિક્રમણ પામેલ ભૂમિ (invaded land)માં તેના કુદરતી પરભક્ષીઓ નથી હોતા. 1920ની શરૂઆતમાં ઑસ્ટ્રેલિયા (Australia)માં લાવવામાં આવેલ ફાફડાથોરે (prickly pear cactus) ત્યાં લાખો હેક્ટર પ્રક્ષેત્ર (rangeland)માં ઝડપથી ફેલાઈને તબાહી (havoc) મચાવેલી. છેવટે, ફાફડાથોર ખાનાર પરભક્ષી (એક પ્રકારનું ફૂદું-moth)ને તેના પ્રાકૃતિક આવાસ ઑસ્ટ્રેલિયા લાવવામાં આવ્યા પછી જ આક્રમક (invasive) ફાફડાથોરને નિયંત્રિત કરી શકાયા. કૃષિજંતુ (agricultural pest)ના નિયંત્રણમાં અપનાવવામાં આવેલ જૈવિક નિયંત્રણ પદ્ધતિઓ (Biological control methods) શિકારની વસ્તીનું નિયમન કરવાની પરભક્ષીની ક્ષમતા પર આધારિત છે. પરભક્ષીઓ, સ્પર્ધા કરતી (સ્પર્ધક) શિકાર જાતિઓની વચ્ચે સ્પર્ધાની તીવ્રતા ઓછી કરીને કોઈ સમુદાયમાં જાતિઓની વિવિધતા જાળવી રાખવામાં પણ મદદરૂપ છે. અમેરિકાના પ્રશાંત મહાસાગરિય કિનારા (American Pacific Coast)ના પથરાળ (ખડકાળ-rocky) આંતરજુવાળિય (ભરતીયુક્ત-intertidal) વિસ્તારના સમુદાયોમાં તારામાછલીની એક જાતિ પાઈસેસ્ટર (starfish pisaster) એક મહત્ત્વપૂર્ણ પરભક્ષી છે. પ્રયોગશાળાની બહાર કરવામાં આવેલ એક ક્ષેત્ર પ્રયોગમાં જ્યારે એકબંધ આંતરજુવાળિય ક્ષેત્રમાંથી બધી તારામાછલીઓ દૂર કરવામાં આવી તો આંતરજાતીય સ્પર્ધાના કારણે એક વર્ષમાં જ અપૃષ્ઠવંશીઓની દસ કરતાં પણ વધારે જાતિઓ વિલુપ્ત (extinct) થઈ ગઈ.

જો પરભક્ષી ખૂબ જ વધારે કાર્યદક્ષ (too efficient) છે તથા તેના શિકારનું અતિશોષણ (overexploits) કરે છે ત્યારે બની શકે છે કે શિકાર વિલુપ્ત થઈ જાય અને ત્યાર બાદ તેને અનુસરતાં ખોરાકના અભાવથી પરભક્ષી પણ વિલુપ્ત થઈ જશે. આ જ કારણ છે કે કુદરતમાં પરભક્ષીઓ શા માટે સમજદાર (prudent) છે. પરભક્ષણના પ્રભાવને ઓછો કરવા માટે શિકારી જાતિઓએ વિવિધ સ્વરક્ષણ (defenses) કેળવી લીધું છે. કીટકો અને દેડકાઓ (insects and frogs)ની કેટલીક જાતિઓ પરભક્ષી દ્વારા સહેલાઈથી ઓળખાઈ જવાથી બચવા માટે રહસ્યમય રીતે રંગીન-cryptically coloured (રંગઅનુકૃત-camouflaged) હોય છે. કેટલીક શિકારજાતિઓ ઝેરી (poisonous) હોય છે અને તેથી પરભક્ષીઓ તેમને ટાળી દે છે કે ખાતા નથી. મોનાર્ક પતંગિયું (Monarch butterfly) તેના શરીરમાં વિશેષ રસાયણ હોવાના કારણે તે પોતાના પરભક્ષી (પક્ષી) માટે ખૂબ જ અરુચિકર (distasteful), એટલે

કે સ્વાદમાં ખરાબ છે. રસપ્રદ રીતે, પતંગિયું આ રસાયણને પોતાની ઈયળ-અવસ્થા (કેટરપિલર-caterpillar stage)માં ઝેરી નિંદણના આહાર દ્વારા મેળવે છે.

વનસ્પતિઓ માટે, તૃણાહારી પ્રાણીઓ પરભક્ષીઓ છે. કુલ કીટકોના લગભગ 25 % જેટલા કીટકો વનસ્પતિભક્ષી (phytophagous) છે (તેઓ વનસ્પતિ રસ અને વનસ્પતિઓના અન્ય ભાગો ખાય છે). વનસ્પતિઓ માટે આ સમસ્યા ખાસ કરીને ગંભીર (severe) છે, કારણ કે તેઓ તેમના પરભક્ષીઓથી દૂર ભાગી શકતા નથી જેમ કે પ્રાણીઓ આવું કરી શકે છે. આ માટે વનસ્પતિઓએ તૃણાહારીઓ સામે રક્ષણ માટે આશ્ચર્યજનક (astonishing) વિવિધ બાહ્યઆકારકીય અને રાસાયણિક સંરક્ષણ ક્રિયાવિધિ વિકસિત કરી લીધી છે. રક્ષણના સૌથી સામાન્ય બાહ્ય આકારકીય સાધન કાંટા (બાવળ-*Acacia*, થોર-*Cactus*) છે. ઘણી વનસ્પતિઓ આવાં રસાયણો ઉત્પન્ન કરે છે અને સંગ્રહ પણ કરે છે, જ્યારે તૃણાહારીઓ ખાય છે ત્યારે તેઓને બીમાર (sick) કરી દે છે. આહાર કે પાચનને અવરોધે (inhibit) છે, તેમના પ્રજનનને ભંગ (disrupt) કરે છે કે તેમને મારી (kill) પણ નાંખે છે. તમે ખેડાણલાયક ન હોય તેવાં ખેતરો (વેરાન ક્ષેત્રોમાં-abandoned fields)માં નિંદણ સ્વરૂપે ઊગેલ આકડો (*Calotropis*) જોયો હશે. આ છોડ અતિ ઝેરી હૃદયને ઉત્તેજિત કરતું ગ્લાયકોસાઇડ (highly poisonous cardiac glycosides) રસાયણ ઉત્પન્ન કરે છે અને આના કારણે જ તમે ક્યારેય પણ કોઈ ચરતા પશુ કે બકરી (browsing cattle or goats)ને આ વનસ્પતિને ચરતાં જોઈ નહિ હોય. રાસાયણિક પદાર્થોની વ્યાપક વિવિધતા જે આપણે વનસ્પતિઓમાંથી વ્યાપારિક ધોરણે (commercial) નિત્કર્ષિત કરીએ છીએ (નિકોટિન-nicotine, કેફિન-caffeine, ક્વિનાઇન-quinine, સ્ટ્રીકનાઇન-strychnine, ઓપિયમ-opium વગેરે). તેઓ વનસ્પતિઓ દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. વાસ્તવમાં આ રસાયણો ચરતાં પ્રાણીઓથી બચવા માટેનું સ્વરક્ષણ છે.

(ii) ***સ્પર્ધા (Competition) :*** જ્યારે ડાર્વિને પ્રકૃતિમાં અસ્તિત્વ માટે જીવનસંઘર્ષ (struggle for existence) અને યોગ્યતમની ચિરંજીવિતા (survival of fittest) વિશે કહ્યું ત્યારે તેમણે નક્કી કર્યું હતું કે કાર્બનિક ઉદ્‌વિકાસ (organic evolution)માં આંતરજાતીય હરીફાઈ એક શક્તિશાળી બળ (potent force) છે. સામાન્યતઃ એ માનવામાં આવે છે કે, સ્પર્ધા ત્યારે જ થાય છે જ્યારે નજીકની સંબંધિત જાતિઓ એક જ સરખા સ્રોતો માટે હરીફાઈ (સ્પર્ધા) કરે છે જે મર્યાદિત છે, પરંતુ તે સંપૂર્ણપણે સાચું નથી. પહેલી વાત તો એ છે કે સંબંધિત ન હોય તેવી જાતિઓ પણ એક જ સરખા સ્રોતો માટે સ્પર્ધા કરી શકે છે. દૃષ્ટાંત માટે, દક્ષિણ અમેરિકાનાં કેટલાંક છીછરાં તળાવો (shallow south american lakes)માં મુલાકાત લેતા આગંતુક સુરખાબ (ફ્લેમિંગો-flamingo) અને ત્યાંની સ્થાનિક આવાસી માછલીઓ (resident fishes) તેમના સામાન્ય ખોરાક પ્રાણીપ્લવકો (zooplanktons) માટે તળાવમાં સ્પર્ધા કરે છે. બીજી વાત એ છે કે સ્પર્ધાના સ્રોતોનું મર્યાદિત હોવું આવશ્યક નથી; દખલગીરીની સ્પર્ધા (interference competition)માં, એક જાતિની ખોરાક લેવાની કાર્યદક્ષતા (feeding efficiency) બીજી જાતિની દખલયુક્ત અને અવરોધક હાજરી (interfering and inhibitory presence)ને કારણે ઘટી શકે છે. ભલે એ સ્રોતો (ખોરાક અને જગ્યા-food and space) વિપુલ માત્રામાં ઉપલબ્ધ હોય. તેથી, સ્પર્ધાને એક એવી પ્રક્રિયારૂપે સારી રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે કે જેમાં એક જાતિની યોગ્યતા (વૃદ્ધિના આંતરિક દર r ના અર્થમાં તેનું માપન) બીજી જાતિની હાજરીમાં નોંધપાત્ર રીતે (significantly) ઘટી જાય છે. પ્રયોગશાળામાં કરવામાં આવેલ પ્રયોગોમાં તેની સરખામણીનું સરળતાથી નિદર્શન કરાય છે, જેવું કે ગોસે (Gause)એ અને બીજા પ્રયોગાત્મક પરિસ્થિતિવિદોએ કર્યું, જ્યારે સ્રોતો મર્યાદિત હોય, તો સ્પર્ધાત્મક રીતે ઉત્તમ જાતિઓ છેવટે બીજી જાતિઓને દૂર કરી દેશે (competitively superior species will eventurally eliminate the other species), પરંતુ કુદરતમાં આ પ્રકારના સ્પર્ધાત્મક બહિષ્કાર (exclusion) માટેના પુરાવા (evidence) હંમેશાં નિર્ણાયક નથી હોતા. કેટલાક કિસ્સાઓમાં ઠોસ અને સ્વીકાર્ય પરિસ્થિતિજન્ય સાંયોગિક પુરાવા (strong and persuasive circumstantial evidence) મળે તો છે. ગેલોપેગસ બરફના ટાપુમાં એબિંગ્ડન કાચબો (Abingdon tortoise in Galapagos Island) ત્યાં બકરીઓ લાવ્યા બાદ એક દાયકામાં જ વિલુપ્ત થઈ ગયો,

દેખીતી રીતે બકરીઓની મહત્તમ ચરણદક્ષતા (greater browsing efficiency)ને કારણે જ. પ્રકૃતિમાં સ્પર્ધા થવાનો બીજો પુરાવો સ્પર્ધાત્મક મુક્તિ (સ્પર્ધામોચન-competitive release) છે. હરીફરૂપે ઉત્તમ જાતિની હાજરીના કારણે જે જાતિનું વિતરણ નાના ભૌગોલિક વિસ્તારો પૂરતું પ્રતિબંધિત થઈ ગયું છે, તે સ્પર્ધાજાતિને પ્રયોગાત્મક રીતે દૂર કરી દેવાથી તેનો વિતરણ-વિસ્તાર નાટકીય રીતે (dramatically) ફેલાઈ જાય છે. કાનેલના લાવણ્યમયી ક્ષેત્રપ્રયોગો (Connell's elegant field experiments) એ દર્શાવ્યું કે સ્કોટલૅન્ડના પથરાળ સમુદ્રતટ (rocky sea coast of Scotland) પર મોટા અને સ્પર્ધી રૂપે ઉત્તમ બાર્નેકલ (બેલેનસ-Balanus)ની આંતરજુવાળિય ક્ષેત્રમાં પ્રભાવિતા છે તથા તેને નાના બાર્નેકલ (ચેથેમેલસ-Chathamalus)ને તે ક્ષેત્રમાંથી ખસેડી દીધા. સામાન્ય રીતે, માંસાહારીઓ કરતાં તૃણાહારીઓ અને વનસ્પતિઓ હરીફાઈ દ્વારા વધુ પ્રતિકૂળ રીતે અસરકારક (adversely affected) જણાય છે.

ગોસનો સ્પર્ધક નિષેધ નિયમ (Gause's Competitive Exclusion Principle) એ જણાવે છે કે, એક જ પ્રકારના સ્રોતો માટે સ્પર્ધા કરવાવાળી બે નજીકની સંબંધિત જાતિઓ અનંતકાળ (indefinitely) સુધી સાથે-સાથે રહી શકતી નથી કે સહઅસ્તિત્વ (co-exist) ધરાવતી નથી અને અંતે સ્પર્ધારૂપે નિમ્ન (ઊતરતી-inferior) જાતિને વિલુપ્ત કરી દેવામાં આવશે. એવું ત્યારે જ સાચું થશે કે જ્યારે સ્રોતો મર્યાદિત હશે અન્યથા નહિ. સ્પર્ધા વિશેનો વધુ વર્તમાન અભ્યાસ એ આવી કુલ સર્વમાન્યતા (generalization)ની સહાય કરતો નથી ત્યારે તેઓ પ્રકૃતિમાં આંતરજાતીય સ્પર્ધા થવાના નિયમને નકારતા નથી, પણ તેઓ એ તરફ ધ્યાન ખેંચે છે કે, સ્પર્ધાનો સામનો કરવાવાળી જાતિઓ આવી ક્રિયાવિધિ વિકસિત કરી શકે છે. જો નિષેધ (બહિષ્કાર) સિવાય તેના સહઅસ્તિત્વને પ્રોત્સાહન આપે તો. આવી એક ક્રિયાવિધિ 'સ્રોત વિભાજન' (resource partitioning) છે. ઉદાહરણ તરીકે, જો બે જાતિઓ એક જ સ્રોત માટે સ્પર્ધા કરે છે તો તેઓ ખોરાક માટે અલગ-અલગ સમય અથવા અલગ ચારણકૌશલ્યો (foraging patterns) પસંદ કરીને સ્પર્ધાથી બચી શકે છે. મૅક આર્થરે (Mac Arthur) દર્શાવ્યું કે એક જ ઝાડ પર રહેતી ફુદકીઓ (ગાનાર કે ટહુકનાર પક્ષીઓ-warblers)ની પાંચ નજીકની સંબંધિત જાતિઓ સ્પર્ધાથી બચવા માટે સફળ રહી અને વૃક્ષ પર કીટકોનો શિકાર શોધવાની તેમની ચારણ-પ્રવૃત્તિઓમાં વ્યાવહારિક ભિન્નતાઓ (behavioural differences in foraging activities)ના કારણે સાથે-સાથે રહી શકી.

(iii) ***પરોપજીવન (Parasitism) :*** એમ માનીએ છીએ કે, જીવનનો પરોપજીવી પ્રકાર (રીત) એ રહેવાની અને ખાવાની બિનખર્ચાળ વ્યવસ્થાની ખાતરી આપે છે, (ensures free lodging and meals) તો એ આશ્ચર્યની વાત નથી કે પરોપજીવન એ વનસ્પતિઓથી લઈ ઉચ્ચ કક્ષાના પૃષ્ઠવંશીઓ સુધી આટલા ઘણા વર્ગીકરણીય સમૂહમાં વિકસિત થયું છે. ઘણા પરોપજીવીઓ એ વિશિષ્ટ યજમાન (host-specific)ની જાતિઓ પ્રમાણે વિકસિત થયા છે (એ પરોપજીવી કે જેઓ યજમાનની ફક્ત એક જ જાતિ પર પરોપજીવી જીવન ગુજારે છે). આ પ્રકારે યજમાન અને પરોપજીવી બંને સાથે જ વિકસિત થાય છે; એટલે કે જો યજમાન એ પરોપજીવીનો અસ્વીકાર કરવા કે પ્રતિકાર કરવા (rejecting or resisting) માટેની ખાસ ક્રિયાવિધિ વિકસિત કરે છે તો એક જ યજમાન જાતિની સાથે સફળ થવા માટે, પરોપજીવીએ તેની (યજમાનની) ક્રિયાવિધિને નિષ્ફળ તથા બિનઅસરકારક (counteract and neutralize) કરવા માટેની ક્રિયાવિધિ વિકસિત કરવી પડશે. તેમની જીવનશૈલી (life style)ને અનુરૂપ પરોપજીવીઓએ વિશેષ અનુકૂલનો વિકસિત કર્યા છે જેવા કે જરૂર ન હોય તેવાં સંવેદી અંગો ગુમાવવા (loss of unnecessary sense organs), યજમાનથી ચોંટી રહેવા માટે ગુંદરિય અંગો કે ચૂષકોની હાજરી (presence of adhesive organs or suckers to cling on to the host), પાચનતંત્રનો લોપ તથા ઉચ્ચ પ્રજનન-ક્ષમતા (loss of digestive system and high reproductive capacity). પરોપજીવીનું જીવનચક્ર ઘણી વાર જટિલ હોય છે જેમાં એક કે બે મધ્યસ્થ યજમાનો કે વાહકો (intermediate host or vectors) સામેલ હોય છે જે તેના પ્રાથમિક યજમાનના પરોપજીપણા (parasitisation)ને સુલભ (સાનુકૂળ-facilitate) બનાવે છે. માનવયકૃત

કૃમિ (ટ્રીમેટોડ પરોપજીવી- a trematode parasite) તેના જીવનચક્રને પૂર્ણ કરવા માટે બે મધ્યસ્થ યજમાનો (ગોકળ ગાય અને માછલી-a snail and a fish) પર આધાર રાખે છે. મૅલેરિયા પરોપજીવીને બીજા યજમાનો પર ફેલાવા (પ્રસરાવા-spread) માટે રોગવાહક (મચ્છર-mosquito)ની આવશ્યકતા રહે છે. મોટા ભાગના પરોપજીવીઓ, યજમાનને નુકસાન પહોંચાડે છે; તેઓ યજમાન (પરપોષી)ની ઉત્તરજીવિતા (ચિરંજીવિતા-survival), વૃદ્ધિ (growth) અને પ્રજનન (reproduction)માં ઘટાડો કરી શકે છે તથા તેની વસ્તીગીચતાને પણ ઘટાડી શકે છે. તેઓ યજમાનને શારીરિક રીતે કમજોર (physically weak) બનાવીને, પરભક્ષણ માટે વધુ અસુરક્ષિત (more vulnerable) બનાવી શકે છે. *શું તમે એવું માનો છો કે, એક આદર્શ પરોપજીવી (ideal parasite)એ, યજમાનને હાનિ પહોંચાડ્યા સિવાય વૃદ્ધિ પામવા સક્ષમ થવું જોઈએ ? ત્યારે પ્રાકૃતિક પસંદગીએ આવા સંપૂર્ણ રીતે હાનિકારક (totally harmless) પરોપજીવીઓનો વિકાસ શા માટે નથી કર્યો ?*

યજમાન સજીવની બાહ્ય સપાટી પર આહારપૂર્તિ માટે આધાર રાખતા પરોપજીવીઓને બાહ્ય પરોપજીવીઓ (ectoparasites) કહેવાય છે. તેનું પ્રસિદ્ધ ઉદાહરણ મનુષ્યો પર જૂ (lice)નો સમૂહ અને કૂતરાઓ પર બગાઈઓ (ticks) છે. ઘણી સામુદ્રિક માછલીઓ બાહ્ય પરોપજીવી અરિત્રપાદ (કોપેપોડ્સ-copepods) દ્વારા અસરગ્રસ્ત થાય છે. અમરવેલ (Cuscuta) એક પરોપજીવી વનસ્પતિ છે જે સામાન્યતઃ વાડ (hedge)માં ઊગતી વનસ્પતિઓ પર વૃદ્ધિ કરે છે. ઉદ્‌વિકાસ દરમિયાન તેને હરિતદ્રવ્ય અને પર્ણો (chlorophyll and leaves) ગુમાવી દીધાં છે. તે યજમાન વનસ્પતિમાંથી તેનું પોષણ મેળવે છે કે જે તેનું પરોપજીવીપણું છે. માદા મચ્છરને પરોપજીવી માનવામાં આવતો નથી, તેમ છતાં પ્રજનન માટે તેને આપણા લોહીની જરૂર પડે છે. શું તમે સમજાવી શકો છો કે શા માટે ?

તેની વિરુદ્ધમાં, અંતઃપરોપજીવીઓ (endoparasites) એવા છે કે જેઓ યજમાન સજીવનાં શરીરમાં વિવિધ સ્થાનો (યકૃત-liver, મૂત્રપિંડ-kidney, ફેફસાં-lungs, લાલ રુધિર કોષો-red blood cells વગેરે)એ રહે છે. તેમનાં અત્યંત વિશિષ્ટીકરણ (extreme specialization)ને કારણે અંતઃપરોપજીવીઓનું જીવનચક્ર ખૂબ જ જટિલ (more complex) છે. તેમના બાહ્યઆકારકીય અને અંતઃસ્થરચનાકીય લક્ષણો અત્યાધિક સરળ (greatly simplified) છે, છતાં તેમની પ્રજનનશક્તિને બળ આપે છે.

પક્ષીઓમાં અંડ પરોપજીવન (brood parasitism) એ પરોપજીવનનું રસપ્રદ ઉદાહરણ (fascinating example) છે કે જેમાં પરોપજીવી પક્ષી પોતાનાં ઈંડાં તેના યજમાનના માળા (nest)માં મૂકે છે અને યજમાનને એ ઈંડાં સેવવા (incubate) દે છે. ઉદ્‌વિકાસ-પ્રક્રિયા દરમિયાન, પરોપજીવીનાં ઈંડાં કદ અને રંગમાં યજમાનનાં ઈંડાંની સાથે મળતા આવે છે તેથી યજમાનનાં ઈંડાંની સાથે જ વિકસિત થઈ જાય તો યજમાન પક્ષી દ્વારા વિજાતીય ઈંડાંને શોધી કાઢવાની તથા માળામાંથી તેમને નીકળી જવા માટેની તક ઓછી થઈ જશે. તમારી આસપાસના ઉદ્યાનમાં પ્રજનનઋતુ (વસંત ઋતુથી ગ્રીષ્મ ઋતુ-spring to summer) દરમિયાન કોયલ (cuckoo)ની ગતિવિધિઓને અનુસરો અને અંડ પરોપજીવનની ક્રિયા થતી જુઓ.

(iv) ***સહભોજિતા (Commensalism) :*** આ એવી આંતરક્રિયા છે કે જેમાં એક જાતિને લાભ થાય છે તથા બીજી જાતિને ન તો હાનિ કે ન તો લાભ થાય છે. આંબાની ડાળી પર પરરોહી (epiphyte) તરીકે ઊગતી ઑર્કિડ (orchid) અને વ્હેલ (whale)ની પીઠ પર વસવાટ કરતા બાર્નેકલ (barnacles)ને ફાયદો થાય છે જ્યારે આંબાના વૃક્ષને અને વ્હેલને તેનાથી કોઈ લાભ થતો નથી. બગલાં (egret) અને ચારણ કરતાં પશુઓ (grazing cattle) નજીકથી એકબીજાના ગાઢ સહવાસ (close association)માં રહે છે. જો તમે કૃષિક્ષેત્રવાળા ગ્રામીણ વિસ્તાર (farmed rural areas)માં રહો છો તો તમને એ દૃશ્ય જોવા મળશે. સહભોજિતાનું આ ઉત્તમ ઉદાહરણ છે. જ્યાં પશુઓ ચરે છે તેની પાસે જ બગલાં ખોરાકપ્રાપ્તિ માટે રહે છે કારણ કે જ્યારે પશુઓ ચાલે (move) છે ત્યારે ઝાડપાન હલાવે (stir-up the vegetation) છે અને તેમાંથી કીટકો બહાર નીકળે છે (flush out the insects) બગલાં

(a)

(b)

આકૃતિ 13.7 : અંજીર વૃક્ષ અને ભમરી વચ્ચેનો સહોપકારી સંબંધ : (a) ભમરી દ્વારા પરાગિત અંજીર-પુષ્પ; (b) અંજીર ફળમાં ભમરી દ્વારા મૂકવામાં આવેલાં ઈંડાં

એ કીટકોને ખાય છે, નહિતર વાનસ્પતિક કીટકોને શોધવા તથા પકડવા (to find and catch) બગલાં માટે મુશ્કેલ થશે. સહભોજિતાનું બીજું ઉદાહરણ સમુદ્રફૂલ (sea anemone) જે ડંખી સૂત્રાંગો (stinging tentacles) ધરાવે છે તથા તેની વચ્ચે રહેતી રંગ બદલતી ક્લોવન માછલી (clown fish)ની પારસ્પરિક ક્રિયાનું છે. માછલીને સમુદ્રફૂલ દ્વારા પરભક્ષીઓથી સુરક્ષા મળે છે કે જે પરભક્ષીઓને ડંખી સૂત્રાંગોથી દૂર રાખે છે. સમુદ્રફૂલને ક્લોવન માછલી યજમાન હોવા છતાં કોઈ લાભ થતો હોય એવું લાગતું નથી.

(v) ***સહોપકારિતા (Mutualism) :*** આ આંતરક્રિયાથી પરસ્પર ક્રિયા કરતી બંને જાતિઓને લાભ થાય છે. લાઈકેન (Lichens) એ ફૂગ (Fungus) અને પ્રકાશસંશ્લેષણ કરતી લીલ અને સાયનોબૅક્ટેરિયા (cyanobacteria)ની વચ્ચેના ગાઢ સહોપકારી સંબંધનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. આ જ રીતે ફૂગ અને ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓના મૂળ વચ્ચે કવકમૂળ (mycorrhizae) સહવાસી છે. ફૂગ એ જમીનમાંથી અતિઆવશ્યક પોષક તત્ત્વોના શોષણમાં વનસ્પતિઓની મદદ કરે છે જ્યારે બદલામાં વનસ્પતિ એ ફૂગને ઊર્જા-ઉત્પાદિત કાર્બોહાઇડ્રેટ્સ (energy-yielding carbohydrates) પૂરા પાડે છે.

સહોપકારિતાના સૌથી શાનદાર અને ઉદ્વિકાસની દૃષ્ટિએ મોહક (લોભામણા) ઉદાહરણો (most spectacular and evolutionary fascinating examples) વનસ્પતિ-પ્રાણી સંબંધોમાં જોઈ શકાય છે. વનસ્પતિઓને તેમના પુષ્પ પરાગનયન (pollination) માટે તથા બીજના વિકિરણ (dispersing) માટે પ્રાણીઓની જરૂર પડે છે. સ્પષ્ટ રીતે વનસ્પતિઓને જે સેવાઓ (services)ની અપેક્ષા પ્રાણીઓથી હોય છે તેના માટે કર (fees) તો ચૂકવવો જ પડશે. વનસ્પતિઓ પરાગવાહકો (pollinators)ને પરાગ અને મધુરસ (pollen and nectar) તથા બીજ વિકિરકો (dispersers)ને રસાળ અને પોષક ફળો (juicy and nutritional fruits)ના સ્વરૂપમાં પુરસ્કાર અથવા કર (rewards or fees) અર્પણ કરે છે. પરંતુ સહોપકારી એવા પરસ્પર લાભકારી તંત્રને છેતરનારા કે દગાખોરો સામે સુરક્ષા (safeguarded against cheaters) પણ થવી જોઈએ. ઉદાહરણ તરીકે, એવાં પ્રાણીઓ જે પરાગનયનમાં સહાયતા કર્યા વગર જ મધ ચોરી જાય છે. હવે તમે જોઈ શકો છો કે વનસ્પતિ-પ્રાણી પારસ્પરિક ક્રિયાઓમાં ઘણી વાર સહોપકારીઓનો સહઉદ્વિકાસ (co-evolution of the mutualists) શા માટે સમાવેશિત છે ? એટલે કે પુષ્પ અને તેની પરાગવાહક જાતિઓનો ઉદ્વિકાસ એકબીજા સાથે મજબૂતાઈથી જોડાયેલો (tightly linked) છે. અંજીર વૃક્ષ (fig tree)ની ઘણી જાતિઓમાં ભમરી (wasp)ની પરાગવાહક જાતિઓ સાથે એકબીજાનો મજબૂત સંબંધ છે (આકૃતિ 13.7). એનો અર્થ એ છે કે કોઈ આપવામાં આવેલ અંજીર જાતિ ફક્ત તેના સાથી ભમરીની જાતિ દ્વારા જ પરાગિત થઈ શકે છે, ભમરીની બીજી જાતિ દ્વારા નહિ. માદા ભમરી ફળનો ઉપયોગ માત્ર અંડનિક્ષેપણ-oviposition (ઈંડાં મૂકવા-egg laying) માટે જ કરતી નથી પરંતુ

આકૃતિ 13.8 : ઑર્કિડ પુષ્પ પર મધમાખી એક પરાગવાહક તરીકે

ફળની અંદર જ વિકાસ પામતા બીજનો ડિંભો (larvae)ના પોષણ માટે પણ ઉપયોગ કરે છે. ઈંડાં મૂકવા માટે ઉચિત સ્થાનની શોધ કરતાં ભમરી એ અંજીર પુષ્પવિન્યાસને પરાગિત કરે છે. તેના બદલામાં અંજીર એ તેના કેટલાક વિકસતા બીજને ભમરીના વિકાસ પામતા ડિંભો માટે ખોરાક અર્પે છે.

ઑર્કિડ વનસ્પતિ એ પુષ્પીય ભાતોની આશ્ચર્યચકિત કરતી વિવિધતા (bewildering diversity) દર્શાવે છે જેમાંથી ઘણી સાચા પરાગવાહક કીટકો (મધમાખીઓ અને ભમરા-bees and bumblebees)ને આકર્ષિત કરવા માટે વિકસિત થઈ છે કે જેના દ્વારા સુનિશ્ચિત ખાતરીપૂર્વકનું પરાગનયન (ensure guaranteed pollination) થઈ શકે (આકૃતિ 13.8). બધા ઑર્કિડ આ પુરસ્કાર પ્રદાન કરતા (offer reward) નથી. ભૂમધ્યસામુદ્રિક ઑર્કિડ (Mediterranean orchid) એ મધમાખીની જાતિઓ દ્વારા પરાગનયન કરાવવા માટે લિંગીકપટ (sexual deceit)નો સહારો લે છે. તેના પુષ્પના દલપત્રની એક પાંખડી (petal), કદ (size), રંગ (colour) તથા નિશાનીઓ (markings)માં માદા મધમાખી સાથે ખૂબ જ વિચિત્ર સામ્યતા (uncanny resemblance) ધરાવે છે. નર મધમાખી તેને માદા સમજી તેની તરફ આકર્ષિત થાય છે તથા પુષ્પની સાથે કૂટમૈથુન (pseudo-copulation) કરે છે અને આ પ્રક્રિયા દરમિયાન આ પુષ્પમાંથી તેના પર પરાગરજ ઝરે છે. જ્યારે આ જ મધમાખી બીજા પુષ્પ સાથે કૂટમૈથુન કરે છે ત્યારે તેના શરીર પર લાગેલી પરાગરજ તેની પર પરિવહન પામે છે અને આ પ્રકારે પુષ્પને પરાગિત કરે છે. અહીંયાં તમે જોઈ શકો છો કે સહઉદ્‌વિકાસ કેવી રીતે વિકસિત થયો. જો ઉદ્‌વિકાસ દરમિયાન કોઈ પણ કારણથી માદા મધમાખીના રંગની રૂઢિપ્રણાલી (colour patterns) જરાક પણ બદલાઈ જાય તો પરાગનયનની સફળતા ઘટી જશે. આમ, ઑર્કિડ પુષ્પ એ માદા મધમાખી સાથે તેની પાંખડીની સદૃશ્યતા જાળવવા (maintain the resemblance) સહવિકસિત થાય છે.

સારાંશ

જીવવિજ્ઞાનની શાખા તરીકે, પરિસ્થિતિવિદ્યા (ecology) એ સજીવોનો તેમના પર્યાવરણ અજૈવિક (ભૌતિક-રાસાયણિક પરિબળો) અને જૈવિક ઘટકો (અન્ય જાતિઓ) સાથેના સંબંધોનો અભ્યાસ છે. તે જૈવવૈજ્ઞાનિક સંગઠન (biological organization)ના ચાર સ્તરો સાથે સંલગ્ન છે : સજીવો, વસ્તી, સમુદાય અને જૈવવિસ્તારો (biomes).

તાપમાન, પ્રકાશ, પાણી અને ભૂમિ (જમીન) પર્યાવરણના સૌથી મહત્ત્વનાં ભૌતિક પરિબળો (physical factors) છે જેની પ્રત્યે સજીવો વિવિધ પ્રકારે અનુકૂલિત થયેલા છે. સજીવો દ્વારા સ્થાયી આંતરિક પર્યાવરણ (સમસ્થિતિ-homeostasis)ની જાળવણી થાય છે જે ઈષ્ટતમ કાર્યો કરવામાં ફાળો આપે છે, પરંતુ પરિવર્તનશીલ બાહ્ય પર્યાવરણના સંદર્ભમાં ફક્ત કેટલાક જ સજીવો (નિયામકો-regulators) સમસ્થિતિ જાળવવા માટે સક્ષમ છે જ્યારે બીજા સજીવો તેમના આંતરિક પર્યાવરણનું આંશિકરૂપે નિયમન કરી લે છે અથવા ફક્ત તેમને અનુકૂળ થઈ જાય છે. કેટલીક અન્ય જાતિઓએ જગ્યા (સ્થળાંતરણ-migration)માં અથવા સમય (ગ્રીષ્મનિંદ્રા-aestivation, શીતનિંદ્રા-hibernation તથા સુષુપ્તાવસ્થા-diapause)માં પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિઓથી બચવા માટે અનુકૂલનો વિકસિત કરી લીધા છે.

પ્રાકૃતિક પસંદગી (natural selection) દ્વારા ઉદ્‌વિકાસકીય પરિવર્તન વસ્તીસ્તર પર થાય છે અને તેથી વસ્તી પરિસ્થિતિવિદ્યા એ પરિસ્થિતિવિદ્યાનું એક મહત્ત્વનું ક્ષેત્ર છે. વસ્તી કોઈ પણ આપેલ જાતિના વ્યક્તિગત સજીવોનો સમૂહ (group of individual) છે જે મર્યાદિત ભૌગોલિક ક્ષેત્રમાં સમાન સ્રોતો (સંસાધનો-resources) માટે ભાગ પાડે છે અથવા સ્પર્ધા કરે

છે. વસ્તી જન્મદર (birth rate) તથા મૃત્યુદર (death rate), લિંગપ્રમાણ (sex ratio) અને વય-વિતરણ (age distribution) વગેરે લક્ષણો (attributes) ધરાવે છે જે વ્યક્તિગત સજીવોમાં નથી હોતાં. વસ્તીમાં નર અને માદાના વિવિધ વયસમૂહોનું પ્રમાણ ઘણી વાર વય પિરામિડ તરીકે ભૌગોલિક રીતે પ્રસ્તુત થાય છે. તેનો આકાર સૂચવે છે કે શું વસ્તી સ્થાયી (stationary) છે, વધી રહી (growing) છે કે ઘટી રહી (declining) છે.

વસ્તી પર કોઈ પણ પરિબળોની પરિસ્થિતિકીય અસર (પ્રભાવ) સામાન્યતઃ તેના કદ (વસ્તી-ગીચતા)માં પ્રતિબિંબિત થાય છે, જે જાતિ અનુસાર વિવિધ રીતે (સંખ્યા-numbers, જૈવભાર-biomass, ટકાવારી આવરણ (percent cover) વગેરે)થી વ્યક્ત કરી શકાય છે.

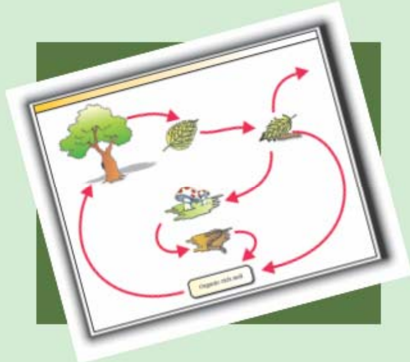
વસ્તી જન્મ અને અંતઃસ્થળાંતરણ (births and immigration)થી વધે છે તથા મૃત્યુ અને બહિર્સ્થળાંતરણ (deaths and emigration)થી ઘટે છે. જ્યારે સ્રોતો અમર્યાદિત હોય તો વૃદ્ધિ હંમેશાં ચરઘાતાંકીય (exponential) હોય છે પરંતુ જ્યારે સ્રોત ઉત્તરોત્તર (progressively) મર્યાદિત થતાં જાય છે ત્યારે વૃદ્ધિ ભાત સંભાવ્ય (logistic) થઈ જાય છે. બંને બાબતોમાં વૃદ્ધિ છેવટે (ultimately) પર્યાવરણની વહન-ક્ષમતાથી સીમિત કે મર્યાદિત હોય છે. પ્રાકૃતિક વધારાનો આંતરિક દર-intrinsic rate of natural increase (r) કોઈ વસ્તીની વૃદ્ધિ કરવાની જન્મજાત શક્તિનું માપન (measure of the inherent potential) છે.

કુદરતમાં જુદી-જુદી જાતિઓની વસ્તીઓ નિવાસસ્થાન (habitat)માં અલગ રહેતી નથી પરંતુ ઘણી રીતે પરસ્પર ક્રિયા (interact) કરે છે. બે જાતિઓની વચ્ચે થતી પારસ્પરિક ક્રિયાઓ (interactions)ના પરિણામ આધારે સ્પર્ધા-competition (બંને જાતિઓ સહન કરે છે), પરભક્ષણ-predation અને પરોપજીવન-parasitism (એક જાતિને લાભ અને બીજી સહન કરે છે), સહભોજિતા-commensalism (જેમાં એકને લાભ અને બીજી બિનઅસરકારક રહે છે), પ્રતિજીવન-amensalism (એકને હાનિ અને બીજી બિનઅસરકારક રહે છે) તથા સહોપકારિતા-mutualism (બંને જાતિઓને લાભ થાય છે). પરભક્ષણ એક ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ પ્રક્રિયા છે જેના દ્વારા પોષણઊર્જાનું સ્થાનાંતરણ (trophic energy transfer) કરવામાં સાનુકૂળ થાય છે અને કેટલાક પરભક્ષીઓ તેમની શિકારવસ્તીઓ (prey populations)ને નિયંત્રિત કરવામાં મદદ કરે છે. વનસ્પતિઓએ તૃણાહારીઓ (herbivorous)ની વિરુદ્ધ વિવિધ બાહ્ય આકારકીય અને રાસાયણિક રક્ષણ ક્રિયાવિધિઓ (defenses mechanisms) વિકસિત કરી લીધી છે. સ્પર્ધામાં એવું સમજી શકાય છે કે ઉત્તમ સ્પર્ધક (superior competitor) એ નિમ્ન સ્પર્ધક (inferior competitor)ને દૂર કરી નાંખે છે (સ્પર્ધી બહિષ્કાર સિદ્ધાંત – the competitive exclusion principle), પરંતુ ઘણી નજીકની સંબંધિત જાતિએ વિવિધ ક્રિયાવિધિઓ વિકસિત કરી લીધી હોય છે, જે તેમના સહઅસ્તિત્વ (co-existence)ને સાનુકૂળ બનાવે છે. પ્રકૃતિમાં સહોપકારિતાના કેટલાક સૌથી મોહક કિસ્સાઓ (fascinating cases) વનસ્પતિ-પરાગવાહક પારસ્પરિક ક્રિયાઓમાં જોઈ શકાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. શીતનિંદ્રાથી પ્રાણી સુષુપ્તાવસ્થા કેવી રીતે જુદી છે ?
2. જો સામુદ્રિક માછલીને મીઠા પાણીના માછલીઘરમાં રાખવામાં આવે છે, તો શું તે માછલી જીવિત રહેવા માટે સક્ષમ હશે ? શા માટે અને શા માટે નહિ ?
3. મોટા ભાગના સજીવો 45° સેથી વધુ તાપમાને જીવિત રહી શકતા નથી. કેટલાક સૂક્ષ્મજીવો 100° સે કરતાં પણ વધારે તાપમાન ધરાવતા નિવાસસ્થાનમાં કેવી રીતે જીવિત રહે છે ?
4. એવાં લક્ષણોની યાદી બનાવો જે વસ્તીમાં હોય પરંતુ વ્યક્તિગત સજીવોમાં હોતાં નથી.
5. જો ચરઘાતાંકીય રીતે વધતી વસ્તી 3 વર્ષમાં કદમાં બેગણી થઈ જાય છે, તો તેના વધારાનો આંતરિક દર (r) શું છે ?

6. વનસ્પતિઓમાં તૃણાહારીઓની સામે મહત્ત્વપૂર્ણ રક્ષણ ક્રિયાવિધિઓનાં નામ આપો.
7. ઑર્કિડ વનસ્પતિ આંબાના વૃક્ષની શાખા પર ઊગી રહી છે. ઑર્કિડ અને આંબાના વૃક્ષ વચ્ચેની આ પારસ્પરિક ક્રિયાનું વર્ણન તમે કેવી રીતે કરશો ?
8. જંતુ કીટકોના પ્રબંધની જૈવિક નિયંત્રણપદ્ધતિ પાછળ રહેલો પરિસ્થિતિકીય સિદ્ધાંત શું છે ?
9. નીચેના વચ્ચેનો તફાવત આપો :
    (a) શીતનિંદ્રા અને ગ્રીષ્મનિંદ્રા
    (b) બાહ્ય ઉષ્મી અને અંતઃઉષ્મી
10. ટૂંક નોંધ લખો :
    (a) મરુ (રણમાં ઊગતી) વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનાં અનુકૂલનો
    (b) જળ અછત (પાણીની અછત) સામે વનસ્પતિઓનાં અનુકૂલનો
    (c) પ્રાણીઓમાં વ્યાવહારિક અનુકૂલનો
    (d) વનસ્પતિઓ માટે પ્રકાશનું મહત્ત્વ
    (e) તાપમાન અને જળ-અછતની અસર તથા પ્રાણીઓનાં અનુકૂલનો
11. વિવિધ અજૈવિક પર્યાવરણીય પરિબળોની યાદી બનાવો.
12. નીચેના માટે ઉદાહરણ આપો :
    (a) અંતઃઉષ્મીય પ્રાણીઓ
    (b) બાહ્ય-ઉષ્મીય પ્રાણીઓ
    (c) પાણીના તળિયે જોવા મળતા સજીવો (નિઃતલસ્થ સજીવો)
13. વસ્તી અને સમુદાય વ્યાખ્યાયિત કરો.
14. નીચેના શબ્દો વ્યાખ્યાયિત કરો અને દરેકનું એક-એક ઉદાહરણ આપો :
    (a) સહભોજિતા
    (b) પરોપજીવન
    (c) રંગઅનુકૃતિ
    (d) સહોપકારિતા
    (e) આંતરજાતીય સ્પર્ધા
15. ઉચિત નામનિર્દેશિત આકૃતિની મદદથી સંભાવ્ય વૃદ્ધિવક્ર (curve)નું વર્ણન કરો.
16. વાક્ય પસંદ કરો કે જે પરોપજીવનને સારી રીતે સમજાવે છે.
    (a) એક સજીવને લાભ થાય છે.
    (b) બંને સજીવોને લાભ થાય છે.
    (c) એક સજીવને લાભ થાય છે, બીજું અસર પામતું નથી (અપ્રભાવિત-not affected).
    (d) એક સજીવને લાભ થાય છે, બીજું અસર પામે છે (પ્રભાવિત-affected).
17. વસ્તીની કોઈ પણ ત્રણ મહત્ત્વપૂર્ણ વિશેષતાઓની યાદી બનાવો અને સમજાવો.



પ્રકરણ 14

નિવસનતંત્ર (Ecosystem)

14.1 નિવસનતંત્ર–સંરચના અને કાર્યકી

14.2 ઉત્પાદકતા

14.3 વિઘટન

14.4 ઊર્જા-પ્રવાહ

14.5 પરિસ્થિતિકીય પિરામિડો

14.6 પરિસ્થિતિકીય અનુક્રમણ

14.7 પોષકચક્રણ

14.8 નિવસનતંત્રીય સેવાઓ

નિવનસતંત્રને પ્રકૃતિના એક ક્રિયાત્મક એકમના સ્વરૂપમાં જોઈ શકાય છે, કે જ્યાં સજીવો એકબીજા સાથે અને આસપાસના ભૌતિક પર્યાવરણ (physical environment) સાથે પણ પરસ્પર ક્રિયાઓ કરે છે. નિવસનતંત્રનો આકાર એક નાના તળાવથી લઈ વિશાળ જંગલ કે મહાસાગર સુધી હોઈ શકે છે. ઘણા પરિસ્થિતિવિદ્દો સમગ્ર જીવાવરણને એક વૈશ્વિક નિવસનતંત્ર (global ecosystem) તરીકે જુએ છે, જેમાં પૃથ્વીનાં બધાં જ સ્થાનિક નિવસનતંત્રો સમાવેશિત થાય છે. જેથી આ તંત્ર ખૂબ જ વિશાળ હોવાથી એક જ સમયે એકસાથે અભ્યાસ કરવો જટિલ છે. આથી અભ્યાસની અનુકૂળતા માટે તેને બે આધારભૂત કક્ષાઓમાં વિભાજિત કરી **સ્થળજ (terrestrial)** અને **જલજ (aquatic)**માં નામાંકિત કરવામાં આવે છે. જંગલ (forest), તૃણભૂમિ (grassland) અને રણ (desert) સ્થળજ નિવસનતંત્રનાં કેટલાંક ઉદાહરણો છે; તથા તળાવ, સરોવર, જલપ્લવિત ભૂમિ (wetland), નદી અને વેલાનદ્દમુખી (estuary) જલજ નિવસનતંત્રનાં કેટલાંક ઉદાહરણો છે. કૃષિક્ષેત્રો (crop fields) અને માછલીઘર (aquarium)ને માનવસર્જિત નિવસનતંત્રો તરીકે ઓળખી શકાય છે.

આપણે સૌથી પહેલાં નિવસનતંત્રની રચનાને જોઈશું, જેથી ઊર્જાપ્રવેશ (ઉત્પાદકતા), ઊર્જાનું સ્થાનાંતરણ (આહારશૃંખલા/જાળ, પોષક ચક્રીયકરણ) અને ઊર્જાનિકાલ (વિઘટન તથા ઊર્જાવ્યય)ને ક્રમબદ્ધ રીતે જાણી શકીએ. એની સાથે-સાથે આપણે ચક્રો (cycles), શૃંખલાઓ (chains), જાળ (webs)ના સંબંધોને પણ જોઈશું કે જે તંત્ર અને તેના આંતરસંબંધો (inter relationship) અંતર્ગત આ ઊર્જા-પ્રવાહોના પરિણામ સ્વરૂપે સર્જન પામ્યા છે.

14.1 નિવસનતંત્ર–સંરચના અને કાર્યકી (Ecosystem-Structure and Function)

પ્રકરણ 13માં, તમે પર્યાવરણનાં વિવિધ ઘટકો–જૈવિક (biotic) અને અજૈવિક (abiotic) વિશે જોયું. તમે અભ્યાસ કર્યો કે, કેવા પ્રકારનાં જૈવિક અને અજૈવિક પરિબળો સ્વતંત્ર રીતે એકબીજાંને તથા તેમનાં પરિસરને પ્રભાવિત કરે છે. ચાલો, હવે આપણે આ ઘટકોને વધુ સંકલિત સ્વરૂપમાં જોઈએ અને એ જાણીએ કે, નિવસનતંત્રનાં ઘટકોમાં ઊર્જાનો પ્રવાહ કેવી રીતે થાય છે.

જૈવિક અને અજૈવિક ઘટકોની આંતરક્રિયાઓના પરિણામ સ્વરૂપ એક ભૌતિકરચના વિકાસ પામે. જે દરેક પ્રકારના નિવસનતંત્રની લાક્ષણિકતા છે. એક નિવસનતંત્રની વનસ્પતિ અને પ્રાણીજાતિઓની ઓળખ તથા ગણના તેની જાતિઓના સંગઠનને પ્રસ્તુત કરે છે. વિવિધ સ્તરે રહેલા વિભિન્ન જાતિઓના ઊર્ધ્વસ્થ વિતરણ (vertical distribution)ને **સ્તરીકરણ (stratification)** કહે છે. ઉદાહરણ : વૃક્ષો એ જંગલના સર્વોચ્ચ ઊર્ધ્વસ્થ સ્તરે, ક્ષુપો દ્વિતીય સ્તરે અને છોડ તથા તૃણ નિમ્ન સ્તરે ગોઠવાયેલાં હોય છે.

જ્યારે તમે નીચેના મુદ્દાઓને ધ્યાનમાં લો ત્યારે નિવસનતંત્રનાં બધાં જ ઘટકો એક એકમ તરીકે કાર્યશીલ દેખાય છે :

(i) ઉત્પાદકતા (productivity)

(ii) વિઘટન (decomposition)

(iii) શક્તિપ્રવાહ (energy flow) અને

(iv) પોષક ચક્રણ (nutrient cycling)

એક જલજ નિવસનતંત્રની પ્રકૃતિને સમજવા, ચાલો આપણે એક નાના તળાવનું ઉદાહરણ લઈએ. આ એક સ્પષ્ટ સ્વયં સ્થાયી એકમ (self-sustainable unit) અને અપેક્ષિત રીતે સરળ ઉદાહરણ છે જે એક જલજ નિવસનતંત્રમાં થતી જટિલ આંતરક્રિયાઓની પણ સમજ આપે છે. તળાવ એ છીછરા પાણી (shallow water)નું સંગ્રહસ્થાન છે કે જેમાં ઉપર જણાવેલા નિવસનતંત્રનાં બધાં જ ચાર મૂળભૂત ઘટકો ખૂબ જ સારી રીતે પ્રદર્શિત થાય છે. પાણી એ એક અજૈવિક ઘટક છે કે જેમાં બધા જ અકાર્બનિક અને કાર્બનિક પદાર્થો દ્રાવ્ય થયેલા છે અને તળાવના તળિયે સેન્દ્રિય તત્ત્વોસભર માટીની જમાવટ થાય છે. સૂર્ય- ઊર્જાનો પ્રવેશ, તાપમાનનું ચક્ર, દિવસની અવધિ (સમયગાળો) અને અન્ય આબોહવાકીય પરિસ્થિતિઓ સમગ્ર તળાવની કાર્યકીના દરનું નિયમન કરે છે. વનસ્પતિપ્લવકો, કેટલીક લીલ અને તરતી કે નિમગ્ન (ડૂબેલી) તથા કિનારે જોવા મળતી વનસ્પતિઓ વગેરે સ્વયંપોષી ઘટકો જોવા મળે છે. મુક્ત રીતે તરતા અને તળિયે વસવાટ કરતાં પ્રાણીપ્લવકો ઉપભોક્તાનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. ફૂગ, બૅક્ટેરિયા અને કશાધારીઓ વિઘટકો છે જે ખાસ કરીને તળાવના તળિયે વિપુલ પ્રમાણમાં હોય છે. આ તંત્ર કોઈ પણ નિવસનતંત્રના કે સમગ્ર જીવાવરણનાં બધાં જ કાર્યો રજૂ કરે છે, એટલે કે સ્વયંપોષીઓ દ્વારા સૂર્યની વિકિરણ ઊર્જા (radiant energy)ની મદદથી અકાર્બનિક તત્ત્વોનું કાર્બનિક તત્ત્વોમાં રૂપાંતર; વિષમપોષીઓ દ્વારા સ્વયંપોષીઓનો ઉપભોગ (ભક્ષણ); મૃત કાર્બનિક પદાર્થોનું વિઘટન (decomposition) અને ખનીજીકરણ (mineralization) કરી સ્વયંપોષીઓ દ્વારા પુનઃ ઉપયોગ માટે તેઓને પાછા મુક્ત કરવા, આ ઘટનાઓનું વારંવાર પુનરાવર્તન થતું રહે છે. ઉચ્ચ પોષક સ્તરો તરફની ઊર્જાનું એકમાર્ગી વહન (unidirectional movement) તથા પર્યાવરણમાં ઉષ્મા સ્વરૂપે તેનો અપવ્યય (dissipation) અને ઘટાડો (વ્યય-loss) થાય છે.

14.2 ઉત્પાદકતા (Productivity)

કોઈ પણ નિવસનતંત્રની ક્રિયાશીલતા અને સ્થાયીપણા માટે સૂર્યઊર્જાનો સતત પ્રવેશ આધારભૂત જરૂરિયાત છે. પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન વનસ્પતિઓ દ્વારા ચોક્કસ સમયે પ્રતિ એકમ વિસ્તારમાં ઉત્પન્ન થતા જૈવભાર કે કાર્બનિક પદાર્થોની માત્રાને **પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા (primary productivity)** તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરાય છે. તે વજન (gm^{-2}) કે ઊર્જા ($Kcal\ m^{-2}$)ના સ્વરૂપે વ્યક્ત કરાય છે. જૈવભારના ઉત્પાદનની માત્રાને

ઉત્પાદકતા (productivity) કહે છે. તેને વિવિધ નિવસનતંત્રોની ઉત્પાદકતાની તુલના (સરખામણી) કરવા $gm^{-2}\ yr^{-1}$ કે $(Kcal\ m^{-2})\ yr^{-1}$ના સ્વરૂપે વ્યક્ત કરી શકાય છે. તેને **કુલ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા (gross primary production-GPP)** અને **વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા (net primary production-NPP)**માં વિભાજિત કરી શકાય છે. પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન કાર્બનિક પદાર્થોનાં ઉત્પાદનનો દર એ એક નિવસનતંત્રની **કુલ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા** છે. વનસ્પતિઓ દ્વારા કુલ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતાનો મોટા ભાગનો જથ્થો શ્વસનમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે. કુલ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતામાંથી શ્વસન દરમિયાન થતા ઘટાડા (R)ને બાદ કરીએ, તો એ **વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા (NPP)** છે.

$$GPP - R = NPP$$

વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા એ વિષમપોષીઓ (તૃણાહારીઓ અને વિઘટકો)ના વપરાશ (ઉપભોગ-consumption) માટે ઉપલબ્ધ જૈવભાર છે. **દ્વિતીયક ઉત્પાદકતા (secondary productivity)**ને ઉપભોક્તાઓ દ્વારા નવા કાર્બનિક પદાર્થોના નિર્માણના દર તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરાય છે.

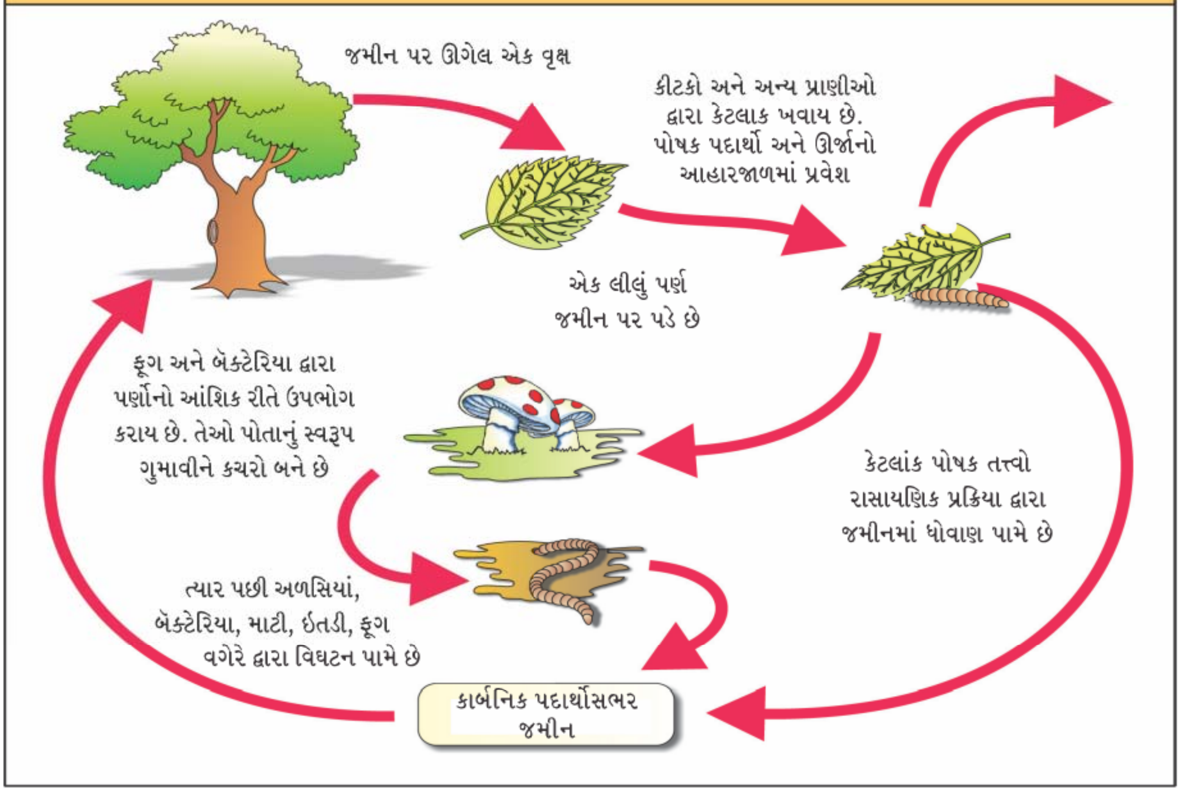
પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા એ ચોક્કસ વિસ્તારમાં રહેલી વનસ્પતિજાતિઓ પર આધારિત છે. વિવિધ પ્રકારના પર્યાવરણીય કારકો, પોષકોની ઉપલબ્ધિ અને વનસ્પતિઓની પ્રકાશસંશ્લેષણ-ક્ષમતા પર પણ આધાર રાખે છે. આથી, તે વિવિધ પ્રકારનાં નિવસનતંત્રોમાં જુદી-જુદી હોય છે. સમગ્ર જીવાવરણની વાર્ષિક વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા એ કાર્બનિક પદાર્થોના અંદાજિત 170 બિલિયન ટન (શુષ્ક વજન) આંકવામાં આવે છે. જે પૈકી, પૃથ્વીની સપાટીનો લગભગ 70 % ભાગ મહાસાગરો દ્વારા રોકાયેલો (ઢંકાયેલો) છે, તેમ છતાં પણ તેમ (મહાસાગરો)ની ઉત્પાદકતા ફક્ત 55 બિલિયન ટન છે. અલબત્ત, બાકી રહેલી માત્રા ભૂમિ પરની જ છે. *તમારા શિક્ષક સાથે મહાસાગરોની ઓછી ઉત્પાદકતા માટેનાં મુખ્ય કારણોની ચર્ચા કરો.*

14.3 વિઘટન (Decomposition)

તમે કદાચ સાંભળ્યું હશે કે અળસિયાઓને ખેડૂતોના મિત્રો તરીકે ઉલ્લેખ કરવામાં આવે છે. કારણ કે તેઓ જટિલ કાર્બનિક દ્રવ્યો (complex organic matter)ને તોડવામાં તેમજ તેની સાથે-સાથે જમીનને પોચી (ફળદ્રુપ) બનાવવામાં મદદરૂપ છે. આ જ પ્રકારે, વિઘટકો જટિલ કાર્બનિક દ્રવ્યોને કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ, પાણી અને પોષકો જેવા અકાર્બનિક પદાર્થોને વિઘટિત કરવામાં મદદરૂપ બને છે. આ પ્રક્રિયાને **વિઘટન (decomposition)** કહે છે. વનસ્પતિઓના મૃત અવશેષ જેવા કે પર્ણો, છાલ, પુષ્પો તથા પ્રાણીઓના મૃત અવશેષ, મળમૂત્ર (fecal matter) સહિતનાં દ્રવ્યો એ **મૃત અવશેષીય ઘટકો (detritus)** બનાવે છે, કે જેઓ વિઘટન માટેના કાચા પદાર્થો છે. અવખંડન, ધોવાણ, અપચય, સેન્દ્રીયકરણ (ખાતરનિર્માણ) અને ખનીજીકરણ વગેરે વિઘટનની પ્રક્રિયાનાં મહત્ત્વપૂર્ણ ચરણો (steps) છે.

મૃતભક્ષીઓ-detritivores (જેવા કે અળસિયા) મૃત અવશેષીય પદાર્થોને નાના-નાના કણોમાં તોડી (ખંડિત કરી) નાખે છે. આ પ્રક્રિયા **અવખંડન (fragmentation)** કહેવાય છે. **ધોવાણ (leaching)**ની પ્રક્રિયા દ્વારા જલદ્રાવ્ય અકાર્બનિક પોષકો ભૂમિના સ્તરોમાં પ્રવેશ પામે છે અને અનુપલબ્ધ ક્ષારો તરીકે અવક્ષેપિત થઈ જાય છે. બૅક્ટેરિયા અને ફૂગના ઉત્સેચકો મૃત અવશેષીય ઘટકોને (detritus) સરળ અકાર્બનિક પદાર્થોમાં વિઘટન (degradation) કરે છે. આ પ્રક્રિયા **અપચય (catabolism)** કહેવાય છે.

એ નોંધવું મહત્ત્વનું છે કે વિઘટનમાં ઉપર્યુક્ત બધા જ તબક્કાઓ મૃત અવશેષીય ઘટકો પર સમાંતરે એકસાથે સતત ચાલ્યા કરે છે (આકૃતિ 14.1). સેન્દ્રીયકરણ અને ખનીજીકરણ પ્રક્રિયાઓ જમીનમાં વિઘટન દરમિયાન થતી રહે છે. **સેન્દ્રીયકરણ (humification)** દ્વારા એક ગાઢ રંગના અસ્ફટિકમય પદાર્થ (dark coloured amorphous substance)નું નિર્માણ થાય છે. તેને **સેન્દ્ર (ખાતર-humus)**



આકૃતિ 14.1 : સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં વિઘટન ચક્રનું રેખાંકિત નિરૂપણ

કહેવાય છે જે સૂક્ષ્મ જીવાણુકીય (microbial) ક્રિયાઓ માટે ખૂબ જ પ્રતિરોધક હોય છે તથા તેનું વિઘટન અતિશય ધીમા દરે ચાલ્યા કરે છે. કલિલ (colloidal) પ્રકૃતિ હોવાને કારણે તે પોષકોના સંચયસ્થાન (reservoir) તરીકે કાર્ય કરે છે. સેન્દ્ર (humus) ફરીથી કેટલાક સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા વિઘટન પામે છે અને અકાર્બનિક પોષકો મુક્ત કરે છે જે **ખનીજીકરણ (mineralization)** તરીકે ઓળખાતી પ્રક્રિયા દ્વારા થાય છે.

વિઘટન એ ખૂબ જ ઑક્સિજન આવશ્યક હોય એવી એક પ્રક્રિયા છે. વિઘટનનો દર મૃત અવશેષીય ઘટકો અને પર્યાવરણીય કારકોનાં રાસાયણિક સંઘટનો દ્વારા નિયંત્રિત હોય છે. એક ચોક્કસ પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિમાં જ્યારે મૃત અવશેષીય ઘટકો લિગ્નીન અને કાઇટિનસભર હોય ત્યારે વિઘટનનો દર ખૂબ જ ધીમો હોય છે અને જો મૃત અવશેષીય ઘટકો નાઇટ્રોજન તથા શર્કરા જેવા જલદ્રાવ્ય પદાર્થોસભર હોય ત્યારે તે ખૂબ જ ઝડપી હોય છે. તાપમાન અને ભૂમિનો ભેજ ખૂબ જ મહત્ત્વના પર્યાવરણીય કારકો છે જે ભૂમિના સૂક્ષ્મજીવોની ક્રિયાઓ પર તેમની અસર દ્વારા વિઘટનનું નિયમન કરે છે. હૂંફાળું (warm) અને ભેજયુક્ત (આર્દ્રતાયુક્ત-moist) પર્યાવરણ વિઘટન માટે અનુકૂળ છે. જ્યારે ઓછું તાપમાન અને અજારક જીવન (anaerobiosis) વિઘટનને અવરોધે છે તેના પરિણામ સ્વરૂપ કાર્બનિક દ્રવ્યોના ભંડાર રચાય છે.

14.4 ઊર્જા-પ્રવાહ (શક્તિપ્રવાહ-Energy Flow)

ઊંડા સમુદ્રના જલતાપીય નિવસનતંત્ર (hydro-thermal ecosystem) સિવાય પૃથ્વી પરનાં બધાં જ નિવસનતંત્રો માટે શક્તિના પ્રવાહનો એકમાત્ર સ્રોત સૂર્ય જ છે. આપાત સૌર વિકિરણના 50 % કરતાં પણ ઓછા ભાગનો પ્રકાશ **પ્રકાશસંશ્લેષીય સક્રિય વિકિરણ (photosynthetically active**

radiation-PAR)માં પરિણમે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, વનસ્પતિઓ અને પ્રકાશસંશ્લેષી બૅક્ટેરિયા (સ્વયંપોષીઓ) સરળ અકાર્બનિક પદાર્થોમાંથી ખોરાક બનાવવામાં સૂર્યની વિકિરણ ઊર્જાનું સ્થાપન કરે છે. વનસ્પતિઓ માત્ર 2-10 % પ્રકાશસંશ્લેષીય સક્રિય વિકિરણ (PAR) ગ્રહણ કરે છે અને આ ઊર્જાની ઓછી માત્રા જ સમગ્ર સજીવ વિશ્વને ટકાવી રાખે છે. આથી, તે જાણવું ખૂબ જ મહત્ત્વનું છે કે વનસ્પતિઓ દ્વારા ગ્રહણ કરાયેલ સૌરઊર્જા એક નિવસનતંત્રના વિવિધ સજીવો મારફતે કેવી રીતે પ્રવાહિત થાય છે. બધા જ સજીવો તેમના આહાર માટે પ્રત્યક્ષ કે પરોક્ષ રીતે ઉત્પાદકો પર આધાર રાખે છે. જેથી, તમે જુઓ છો કે ઊર્જાનો પ્રવાહ સૂર્યમાંથી ઉત્પાદકો તરફ અને પછી ઉપભોક્તાઓ તરફ એકદિશીય હોય છે. *શું આમાં ઉષ્માગતિકી (Thermodynamics)નો પ્રથમ નિયમ સિદ્ધ થાય છે ?*

ઉપરાંત નિવસનતંત્ર એ ઉષ્માગતિકીના બીજા નિયમથી મુક્ત નથી. જરૂરી અણુઓના સંશ્લેષણ માટે તેઓને સતત ઊર્જા મળવી આવશ્યક હોય છે જેને લીધે વધતા-જતા અવ્યવસ્થાપન સામે સંકલિત કાર્યપદ્ધતિ દ્વારા સંઘર્ષ (counteract the universal tendency toward increasing disorderliness) કરી શકે.

નિવસનતંત્રમાં લીલી વનસ્પતિઓને **ઉત્પાદકો (producers)** કહેવામાં આવે છે. સ્થલજ નિવસનતંત્રમાં, શાકીય (herbaceous) તેમજ કાષ્ઠીય (woody) વનસ્પતિઓ મુખ્ય ઉત્પાદકો છે. એ જ પ્રકારે, જલજ નિવસનતંત્રમાં વનસ્પતિપ્લવકો, લીલ અને જલીય વનસ્પતિઓની વિવિધ જાતિઓ ઉત્પાદકો છે.

તમે આહારશૃંખલાઓ (food chains) તથા આહારજાળ (food webs) વિશે વાંચ્યું છે કે જેઓ પ્રકૃતિમાં અસ્તિત્વ ધરાવે છે. વનસ્પતિઓ (ઉત્પાદકો)થી પ્રારંભ થતી આહારશૃંખલાઓ તથા આહારજાળ એવી રીતે બનેલી હોય છે કે પ્રત્યેક પ્રાણીઆહાર (ખોરાક) માટે કોઈ વનસ્પતિ પર કે અન્ય પ્રાણી પર આધાર રાખે છે અને બદલામાં તે કોઈ બીજા માટેનો આહાર બને છે. આ પરસ્પર આંતરનિર્ભરતા (interdependency)ના કારણે શૃંખલા કે જાળની રચના થાય છે. કોઈ પણ સજીવ દ્વારા ગ્રહણ કરવામાં આવેલી ઊર્જા તેનામાં હંમેશાં માટે સંચિત રહેતી નથી. ઉત્પાદકો દ્વારા ગ્રહણ કરવામાં આવેલી ઊર્જા ઉપભોક્તાઓમાંથી પસાર થાય છે અથવા તો તે સજીવો મૃત્યુ પામે છે. એક સજીવના મૃત્યુથી મૃત અવશેષીય ઘટકોની આહારશૃંખલા તથા આહારજાળની શરૂઆત થાય છે.

બધાં પ્રાણીઓ તેમના આહારની જરૂરિયાત માટે (પ્રત્યક્ષ કે પરોક્ષ રીતે) વનસ્પતિઓ પર આધાર રાખે છે. આથી તેઓને **ઉપભોક્તાઓ (consumers)** કહેવાય છે કે વિષમપોષીઓ (પરપોષીઓ) પણ કહેવાય છે. જો તેઓ આહાર માટે ઉત્પાદકો કે વનસ્પતિઓ પર નિર્ભર હોય ત્યારે તેઓને પ્રાથમિક ઉપભોક્તાઓ (primary consumers) કહેવાય છે અને જો પ્રાણીઓ (પ્રાથમિક ઉપભોક્તાઓ) કે જેઓ વનસ્પતિઓ (કે તેમના ઉત્પાદન)ને ખાય છે તેઓને બીજાં પ્રાણીઓ ખાય છે તેમને દ્વિતીયક ઉપભોક્તાઓ (secondary consumers) કહેવાય છે. આ પ્રકારે તૃતીયક ઉપભોક્તાઓ પણ હોઈ શકે છે. નિઃસંદેહ પ્રાથમિક ઉપભોક્તાઓ **તૃણાહારી (શાકાહારી-herbivores)** હોઈ શકે. સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં કીટકો, પક્ષીઓ તથા સસ્તનો અને જલજ નિવસનતંત્રમાં મૃદુકાય પ્રાણીઓ (molluscs) કેટલાક સામાન્ય તૃણાહારીઓ હોય છે.

ઉપભોક્તાઓ કે જેઓ, આ તૃણાહારીઓનો આહાર કરે છે તેઓ માંસાહારીઓ (carnivores) હોય છે તેમને **પ્રાથમિક માંસાહારીઓ** (દ્વિતીયક ઉપભોક્તાઓ) કહેવું ખૂબ જ યોગ્ય છે. એ પ્રાણીઓ જે આહાર માટે પ્રાથમિક માંસાહારીઓ પર આધાર રાખે છે તેમને **દ્વિતીયક માંસાહારીઓ (secondary carnivores)** સ્વરૂપે નિર્દેશિત કરાય છે. એક સરળ ચરીય આહારશૃંખલા (grazing food chain-GFC) અહીં નીચે બતાવવામાં આવી છે :

તૃણ - - - - -➜ બકરી - - - - -➜ મનુષ્ય - - - - -➜
(ઉત્પાદક) (પ્રાથમિક ઉપભોક્તા) (દ્વિતીયક ઉપભોક્તા)

મૃત અવશેષીય (દ્રવ્ય) આહારશૃંખલા (Detritus Food Chain-DFC) મૃત કાર્બનિક દ્રવ્યોથી શરૂ થાય છે. તે **વિઘટકો**ની બનેલી હોય છે કે જેઓ વિષમપોષી સજીવો છે, તેઓ મુખ્યત્વે ફૂગ અને બૅક્ટેરિયા છે. તેઓ મૃત કાર્બનિક દ્રવ્યો કે મૃત અવશેષીય ઘટકોના વિઘટન (તોડવા-degrading) દ્વારા જરૂરી ઊર્જા કે પોષણ મેળવે છે. તેઓને **મૃતપોષીઓ (saprotrophs)** તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે (sapro = મૃત : to decompose = વિઘટન કરવું). વિઘટકો પાચક ઉત્સેચકો સ્રાવિત કરે છે જે મૃત કે નકામા પદાર્થોને સરળ અકાર્બનિક પદાર્થોમાં ફેરવે છે, ત્યાર બાદ તેઓને તેમના જ દ્વારા શોષી લેવામાં આવે છે.

જલજ નિવસનતંત્રમાં ચરીય આહારશૃંખલા, ઊર્જાપ્રવાહ માટે મહત્ત્વનું પાસું (સાધન) છે. તેની વિરુદ્ધ, સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં ચરીય આહારશૃંખલા કરતાં મૃત આહારશૃંખલા દ્વારા ઘણી વધારે ઊર્જા પ્રવાહિત થાય છે. મૃત આહારશૃંખલાને કેટલાક સ્તરે ચરીય આહારશૃંખલા સાથે જોડી શકાય છે; મૃત આહારશૃંખલાના કેટલાક સજીવો ચરીય આહારશૃંખલાનાં પ્રાણીઓનો શિકાર (ભક્ષ્ય-prey) બની જાય છે તથા એક નૈસર્ગિક નિવસનતંત્ર (natural ecosystem)માં વંદા, કાગડા વગેરે જેવાં કેટલાંક પ્રાણીઓ સર્વભક્ષી (omnivores) હોય છે. આ આહારશૃંખલાઓની પ્રાકૃતિક આંતરસંધિ એક **આહારજાળ**નું નિર્માણ કરે છે. *તમે માનવજાતને કેવી રીતે વર્ગીકૃત કરશો ?*

સજીવોના અન્ય સજીવો સાથેના આહારસંબંધોના આધારે તે નૈસર્ગિક પરિસર કે સમાજમાં ચોક્કસ સ્થાન પામે છે. તેમના પોષણ કે ખોરાકના સ્રોત પર આધારિત, બધા સજીવો આહાર-શૃંખલામાં ચોક્કસ સ્થાન લે છે જેને તેમના **પોષકસ્તર (trophic level)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. ઉત્પાદકો એ પ્રથમ પોષકસ્તરે, તૃણાહારીઓ (પ્રાથમિક ઉપભોક્તાઓ) દ્વિતીયક પોષકસ્તરે અને માંસાહારીઓ (દ્વિતીયક ઉપભોક્તાઓ) તૃતીયક પોષકસ્તરે સમાવેશિત છે (આકૃતિ 14.2).

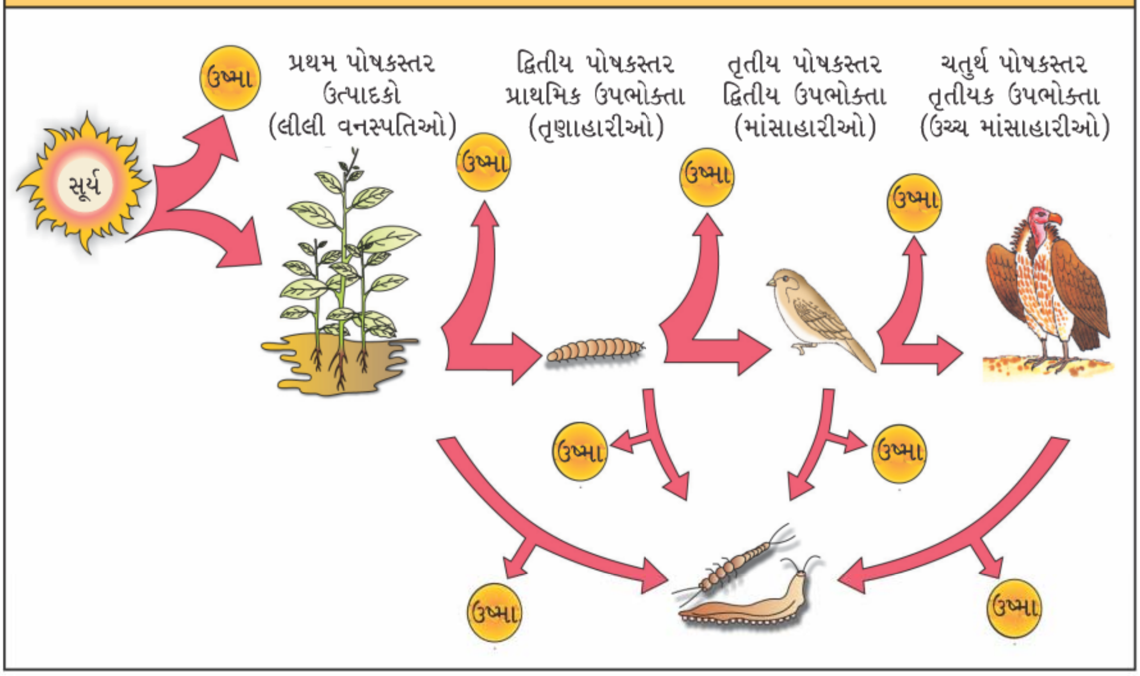
		ઉદાહરણો
તૃતીયક ઉપભોક્તા	ચતુર્થ પોષકસ્તર (ઉચ્ચ માંસાહારીઓ)	મનુષ્ય, સિંહ
↑		
દ્વિતીયક ઉપભોક્તા	તૃતીય પોષકસ્તર (માંસાહારીઓ)	પક્ષીઓ, માછલીઓ અને વરુ
↑		
પ્રાથમિક ઉપભોક્તા	દ્વિતીય પોષકસ્તર (તૃણાહારીઓ)	પ્રાણીપ્લવક, તીતીઘોડો અને ગાય
↑		
પ્રાથમિક ઉત્પાદક	પ્રથમ પોષકસ્તર (વનસ્પતિઓ)	વનસ્પતિપ્લવક, તૃણ અને વૃક્ષો

આકૃતિ 14.2 : નિવસનતંત્રમાં પોષકસ્તરોનું રેખાંકિત નિરૂપણ

અહીં અગત્યના મુદ્દાની નોંધ કરવા જેવી છે કે અનુક્રમિત પોષકસ્તરે ઊર્જાની માત્રા (પ્રમાણ) ઘટતી જાય છે. જ્યારે કોઈ સજીવો મૃત્યુ પામે છે ત્યારે તેઓ મૃત અવશેષીય ઘટકો કે મૃત જૈવભારમાં ફેરવાઈ જાય છે જે વિઘટકો માટે ઊર્જાના એક સ્રોતનું કામ કરે છે. દરેક પોષકસ્તરે સજીવો તેમની ઊર્જાની આવશ્યક્તા માટે તેમનાથી નિમ્ન પોષકસ્તર પર આધાર રાખે છે.

દરેક પોષકસ્તર એક ચોક્કસ સમયે જીવંત પદાર્થોનો કેટલોક જથ્થો ધરાવે છે તેને **પ્રાપ્ય પાક (standing crop)** કહેવાય છે. પ્રાપ્ય પાકને સજીવોનો જથ્થો (**જૈવભાર**) કે એકમ વિસ્તારમાં તેમની સંખ્યા દ્વારા માપી શકાય છે. એક જાતિના જૈવભારને તેના તાજા કે શુષ્ક વજન (fresh or dry weight)ના શબ્દોમાં અભિવ્યક્ત કરવામાં આવે છે. જૈવભારનું માપન તેના શુષ્ક વજનમાં થાય તે ખૂબ જ ઉચિત છે. શા માટે ?

ચરીય આહારશૃંખલામાં પોષકસ્તરોની સંખ્યા મર્યાદિત હોય છે એ પ્રકારે ઊર્જા-પ્રવાહનું સ્થાનાંતરણ 10 % ઓછું હોય છે - એટલે કે દરેક નિમ્ન પોષકસ્તરમાંથી તેનાથી ઉચ્ચ પોષકસ્તર પર માત્ર 10 % જ ઊર્જા પ્રવાહિત થાય છે. પ્રકૃતિમાં, આવા ઘણાબધા સ્તરોની સંભાવના રહેલી છે - જેમકે ચરીય આહારશૃંખલામાં ઉત્પાદકો, તૃણાહારીઓ, પ્રાથમિક માંસાહારીઓ, દ્વિતીયક માંસાહારીઓ વગેરે (આકૃતિ 14.3). *શું તમે વિચારી શકો છો કે, મૃત આહારશૃંખલામાં આવી કોઈ સીમામર્યાદા હોય ?*



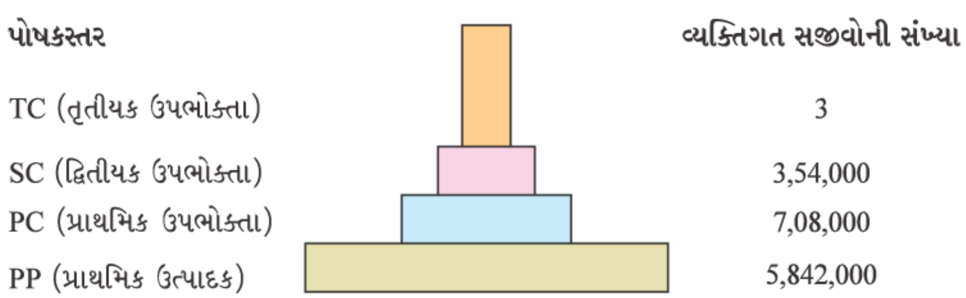
આકૃતિ 14.3 : વિવિધ પોષકસ્તરોમાં ઊર્જાપ્રવાહ

14.5 પરિસ્થિતિકીય પિરામિડો (Ecological Pyramids)

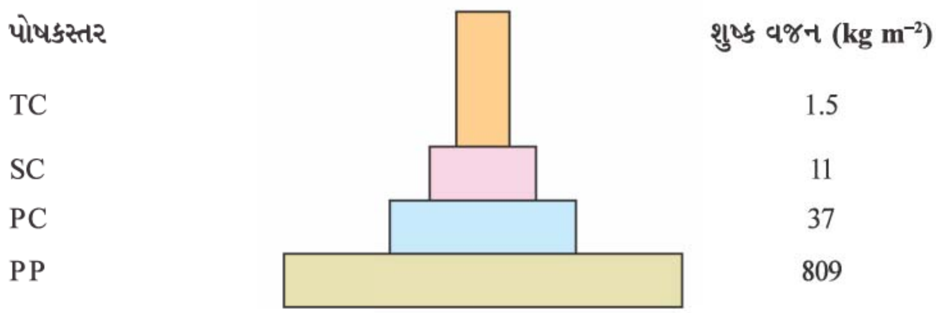
તમે પિરામિડના આકારથી ચોક્કસ પરિચિત હશો. પિરામિડનો પાયો (આધાર) પહોળો હોય છે અને તે ટોચ (શિખર) તરફ સાંકડો થતો જાય છે. વિભિન્ન પોષકસ્તરોએ ભલે તમે સજીવોનો આહાર કે ઊર્જા સાથે સંબંધ વ્યક્ત કરો તોપણ તમને પિરામિડનો આકાર સરખો જ મળશે. આથી, આ સંબંધને સંખ્યા, જૈવભાર કે ઊર્જા (શક્તિ)ના શબ્દોમાં વ્યક્ત કરી

શકાય છે. ઉત્પાદકો કે પ્રથમ પોષકસ્તર દરેક પિરામિડના પાયાનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. જ્યારે તૃતીયક કે ઉચ્ચ સ્તરના ઉપભોગીઓ તેની ટોચનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે.

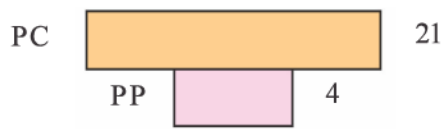
ત્રણ પ્રકારના પરિસ્થિતિકીય પિરામિડો કે જેમનો સામાન્ય રીતે અભ્યાસ કરવામાં આવે છે : (a) સંખ્યાના પિરામિડ (pyramid of number) (b) જૈવભારના પિરામિડ (pyramid of biomass) અને (c) ઊર્જાના પિરામિડ (pyramid of energy). વિસ્તૃત જાણકારી માટે આકૃતિ 14.4 (a), (b), (c) અને (d) જુઓ.



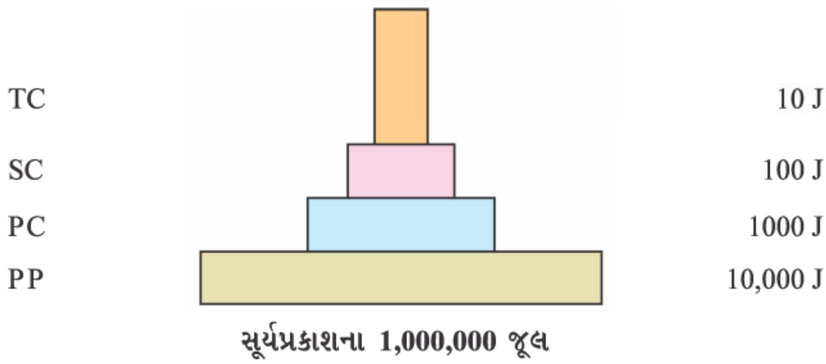
આકૃતિ 14.4 (a) : તૃણભૂમિ નિવસનતંત્રમાં સંખ્યાનો પિરામિડ. લગભગ 60 લાખ (6 millions) જેટલી વનસ્પતિઓનાં ઉત્પાદન પર આધારિત નિવસનતંત્રમાંનું સમર્થન કરતા માત્ર 3 ઉચ્ચ કક્ષાના માંસાહારીઓ છે



આકૃતિ 14.4 (b) : ઉચ્ચ પોષક સ્તરે જૈવભારમાં તીવ્ર ઘટાડો દર્શાવતો જૈવભારનો પિરામિડ



આકૃતિ 14.4 (c) : પ્રાણીપ્લવકના વ્યાપક સ્થિત (સ્થાયી) પાકનું સમર્થન કરતા વનસ્પતિપ્લવકના નાના સ્થિત પાકનો જૈવભારનો અધોવર્તી (ઊલટો) પિરામિડ



આકૃતિ 14.4 (d) : ઊર્જાનો એક આદર્શ પિરામિડ. જે અવલોકિત કરે છે કે પ્રાથમિક ઉત્પાદકો સૂર્ય પ્રકાશમાં તેમના માટે ઉપલબ્ધ ઊર્જાના ફક્ત 1 % જ ઊર્જાને વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદન (NPP)માં પરિવર્તિત કરે છે

ઊર્જાપ્રમાણ, જૈવભાર કે સંખ્યાઓની કોઈ પણ ગણતરીમાં પોષકસ્તરે રહેલા બધા સજીવોનો સમાવેશ કરવો જોઈએ. જો આપણે કોઈ પણ પોષકસ્તરે રહેલા ફક્ત થોડાક જ વ્યક્તિગત સજીવોને ગણતરીમાં લઈએ તો આપણા દ્વારા કરવામાં આવેલ કોઈ પણ સામાન્યીકરણ (generalization) સાચું નહિ થાય. ક્યારેક એક વ્યક્તિગત સજીવ એક જ સમયે એકસાથે એક કરતાં વધારે પોષકસ્તરોમાં જોવા મળે છે. આપણે એ અવશ્ય ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ કે પોષકસ્તર એ એક ક્રિયાત્મક સ્તર (functional level)નું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે, નહિ કે આવી કોઈ જાતિનું. આપેલ જાતિ, એક જ સમયે એ જ નિવસનતંત્રમાં એક કરતાં વધારે પોષકસ્તરે ઉપસ્થિત થઈ શકે છે; ઉદાહરણ તરીકે, એક ચકલી (sparrow) જ્યારે બીજ, ફળ તથા વટાણા ખાય છે ત્યારે તે પ્રાથમિક ઉપભોક્તા છે પરંતુ જ્યારે તે કીટકો (insects) અને કૃમિઓ (worms) ખાય છે ત્યારે તે દ્વિતીયક ઉપભોક્તા હોય છે. *શું તમે એ વિવરણ આપી શકો છો કે એક આહારશૃંખલામાં મનુષ્ય કેટલા પોષકસ્તરોએ ક્રિયાશીલ હોઈ શકે ?*

મોટા ભાગનાં નિવસનતંત્રોમાં, સંખ્યાના, જૈવભારના અને ઊર્જાનાં બધાં પિરામિડો સીધાં હોય છે, એટલે કે ઉત્પાદકો સંખ્યામાં અને જૈવભારમાં તૃણાહારીઓ કરતાં વધારે હોય છે અને આ જ રીતે તૃણાહારીઓ સંખ્યામાં અને જૈવભારમાં માંસાહારીઓ કરતાં વધારે હોય છે. આ પ્રકારે નિમ્ન પોષકસ્તરે ઊર્જાની માત્રા હંમેશાં ઉચ્ચ પોષકસ્તરો કરતાં વધુ હોય છે.

આ સામાન્યીકરણમાં કેટલાક અપવાદો (exceptions) છે; જો તમે એક મોટા વૃક્ષ પર આહાર માટે આધાર રાખતા કીટકોની સંખ્યાની ગણતરી કરો તો તમને કેવા પ્રકારનો પિરામિડ મળશે ? હવે એમાં એ નાના કીટકો પર નિર્ભર રહેતાં નાનાં પક્ષીઓની સંખ્યા ઉમેરો અને તેની ગણતરી કરો. એની સાથે કીટભક્ષી નાનાં પક્ષીઓ પર નિર્ભર રહેતાં મોટાં પક્ષીઓની ગણતરી કરો. હવે તમને પ્રાપ્ત થતી સંખ્યા (આંકડા)નો આકાર દોરો.

સમુદ્રમાં જૈવભારના પિરામિડ પણ સામાન્યપણે અધોવર્તી (ઉલટા-inverted) હોય છે, કારણ કે માછલીઓનો જૈવભાર વનસ્પતિપ્લવકો (phytoplanktons)ના કરતાં ખૂબ જ વધારે હોય છે. *શું આ એક વિરોધાભાસ નથી ? તમે તેને કેવી રીતે સમજાવશો ?*

ઊર્જાના પિરામિડ હંમેશાં ઊર્ધ્વવર્તી (સીધા-upright) જ હોય છે, ક્યારેય ઊલટા શક્ય નથી કારણ કે જ્યારે એક ચોક્કસ પોષકસ્તરેથી બીજા પોષકસ્તરે ઊર્જા પ્રવાહિત થાય છે ત્યારે દરેક તબક્કે કેટલીક ઊર્જા ઉષ્માસ્વરૂપે હંમેશાં ગુમાવાય છે. ઊર્જા પિરામિડમાં દરેક સ્તંભ (bar) આપેલ સમયમાં કે વાર્ષિક પ્રતિ એકમ વિસ્તારમાં દરેક પોષકસ્તરે હાજર રહેલ ઊર્જાની માત્રાનું સૂચન છે.

આથી, પરિસ્થિતિકીય પિરામિડોની કેટલીક સીમા મર્યાદાઓ (limitations) છે, જેમકે પિરામિડમાં એવી પણ જાતિઓનો સમાવેશ થાય છે કે જેઓ બે કે બે કરતાં વધારે પોષકસ્તરો સાથે સંબંધિત હોય તેને ગણતરીમાં લેવાતી નથી. તેનાથી એક સરળ આહારશૃંખલા રચાય છે જેનું પ્રકૃતિમાં કદી પણ અસ્તિત્વ નથી હોતું; તેમાં આહારજાળનો સમાવેશ થતો નથી. એથી પણ વધારે, મૃતોપજીવી (saprophytes)ઓ નિવસનતંત્રમાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે, છતાં પણ પરિસ્થિતિકીય પિરામિડોમાં તેમને કોઈ સ્થાન આપવામાં આવેલ નથી.

14.6 પરિસ્થિતિકીય અનુક્રમણ (Ecological Succession)

તમે પ્રકરણ 13માં વસ્તી તથા સમાજની લાક્ષણિકતાઓ અને પર્યાવરણ પ્રત્યેની તેમની પ્રતિક્રિયા (response) તેમજ આવી પ્રતિક્રિયાઓ કેવા પ્રકારે એક વ્યક્તિગત પ્રતિક્રિયાથી જુદી પડે છે તેનો અભ્યાસ કર્યો હશે. ચાલો, આપણે સમયની સાથે પર્યાવરણ પ્રત્યેની જૈવસમાજની પ્રતિક્રિયાનાં અન્ય પાસાંઓ (aspects) તપાસીએ.

બધા સમાજની મહત્ત્વપૂર્ણ લાક્ષણિકતા એ છે કે, પર્યાવરણની બદલાતી પરિસ્થિતિઓની સાથે તેમના બંધારણ (composition) અને રચના (structure)માં સતત પરિવર્તન થતું રહે છે. આ પરિવર્તન શ્રેણીબદ્ધ અને ક્રમબદ્ધ (orderly and sequential) તથા ભૌતિક પર્યાવરણમાં થતાં ફેરફારને સમાંતર છે. આથી, આ પ્રકારનો ફેરફાર, છેવટે એક એવા સમાજનું નિર્માણ કરે છે, જે પર્યાવરણ સાથેના સંતુલન (equilibrium)ની નજીક હોય છે તેને **ચરમ સમાજ (climax community)** કહેવામાં આવે છે. આપેલ ક્ષેત્રમાં જાતિના બંધારણમાં થતા ક્રમશઃ અને ધારી શકાય તેવા ફેરફારોને **પરિસ્થિતિકીય અનુક્રમણ (ecological succession)** કહે છે. અનુક્રમણ દરમિયાન કેટલીક જાતિઓ જે-તે વિસ્તારમાં વસાહતો સર્જે છે અને તેમની વસ્તી ઘણી સંખ્યામાં વધવા પામે છે જ્યારે ત્યાં બીજી જાતિઓની વસ્તી ઘટતી જાય છે અને અદૃશ્ય થઈ જાય છે.

સમાજનો સમગ્ર ક્રમ જે આપેલ વિસ્તારમાં સફળતાપૂર્વક અનુક્રમિત રીતે પરિવર્તિત થાય છે તેને **ક્રમક (sere)** કહે છે. વ્યક્તિગત પરિવર્તનશીલ સમુદાયોને ક્રમકી અવસ્થાઓ (seral stages) કે ક્રમકી સમાજ (seral communities) કહેવામાં આવે છે. અનુક્રમિત ક્રમકી અવસ્થાઓમાં, સજીવોની જાતિઓની ભિન્નતામાં, જાતિ અને સજીવોની સંખ્યામાં વધારો અને તેની સાથે કુલ જૈવભારમાં વધારો થવા જેવાં પરિવર્તનો થાય છે.

વિશ્વમાં પ્રવર્તમાન સમાજો, ધરતી પર જીવનની શરૂઆત થઈ ત્યારથી, લાખો વર્ષોના અનુક્રમણના પરિણામ સ્વરૂપે રચાયા છે. વાસ્તવિક રીતે અનુક્રમણ અને ઉત્ક્રાંતિ એ જે-તે સમયે સમાંતર પ્રક્રિયાઓ હતી.

આથી, અનુક્રમણ એક એવી પ્રક્રિયા છે કે જે જગ્યાએ તે શરૂ થાય છે ત્યાં કોઈ સજીવો હોતા નથી અથવા કોઈ એવો વિસ્તાર કે જ્યાં ક્યારેય પણ કોઈ સજીવોનું અસ્તિત્વ ન રહ્યું હોય. ઉદાહરણ તરીકે ખુલ્લા ખડક (bare rock) કે કોઈ એવા વિસ્તારો કે જ્યાં પહેલાં ક્યારેક સજીવો અસ્તિત્વમાં હતા પણ કોઈ પ્રકારે તેઓ બધા જ નાશ પામ્યા હોય. પહેલાને પ્રાથમિક અનુક્રમણ (primary succession) કહે છે જ્યારે બીજાને દ્વિતીયક અનુક્રમણ (secondary succession) કહેવામાં આવે છે.

પ્રાથમિક અનુક્રમણ જ્યાં થાય છે તેવા વિસ્તારોનાં ઉદાહરણો : નવો ઠંડો પડેલો લાવા (cooled lava), ખુલ્લા ખડક, નવસર્જિત તળાવ કે જળાશય વગેરે છે. નવા જૈવિક સમાજના સ્થાપનની પ્રક્રિયા ઘણી ધીમી હોય છે. વિવિધ સજીવોના જૈવિક સમાજની સંસ્થાપના થાય તે પહેલાં, ત્યાં ભૂમિ હોવી આવશ્યક છે. મહદંશે આબોહવા પર આધારિત, ખુલ્લા ખડક પર ફળદ્રુપ જમીનના નિર્માણની પ્રાકૃતિક પ્રક્રિયાઓમાં સદીઓથી હજારો વર્ષો લાગે છે.

દ્વિતીયક અનુક્રમણ એવા વિસ્તારોમાં શરૂ થાય છે કે, જ્યાં પ્રાકૃતિક જૈવિક સમાજો નાશ પામ્યા હોય - જેમકે પૂર્ણપણે ત્યજાયેલી ખેતીલાયક જમીન (abandoned farm land), સળગી ગયેલા કે કાપી નાંખેલાં જંગલો (burned or cut forest), પૂરથી પ્રભાવિત જમીન વગેરે છે. જેથી કરીને, કેટલીક માટી કે અવસાદન (sediment) તેમાં હાજર હોય છે. દ્વિતીયક અનુક્રમણની ક્રિયા પ્રાથમિક અનુક્રમણ કરતાં ઝડપી હોય છે.

પરિસ્થિતિકીય અનુક્રમણનું વર્ણન સામાન્યતઃ વાનસ્પતિક સમૂહોના પરિવર્તન પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરે છે. જેથી, વાનસ્પતિક સમૂહનું પરિવર્તન વિવિધ પ્રકારનાં પ્રાણીઓ માટે ખોરાક તથા આશ્રયસ્થાનને પ્રભાવિત કરે છે. આથી, જેમ-જેમ અનુક્રમણ ક્રિયા આગળ વધે છે તેમ-તેમ પ્રાણીઓની સંખ્યા અને પ્રકારો તેમજ વિઘટકો પણ બદલાય છે.

કોઈ પણ સમય દરમિયાન પ્રાથમિક અને દ્વિતીયક અનુક્રમણને કુદરતી કે માનવપ્રેરિત ખલેલ (આગ, વનનાશ, વગેરે) દ્વારા અનુક્રમણની ચોક્કસ ક્રમક અવસ્થાને તે પહેલાંની અવસ્થામાં તબદીલ કરી શકાય છે. આવા પ્રકારની ખલેલોથી એવી નવી સ્થિતિઓ નિર્માણ પામે છે કે જેમાં કેટલીક નવી જાતિઓને વિકાસ પામવા પ્રોત્સાહન મળે છે અને અન્ય જાતિઓ હતોત્સાહિત કે ખસી (discourage or eliminate) જાય છે.

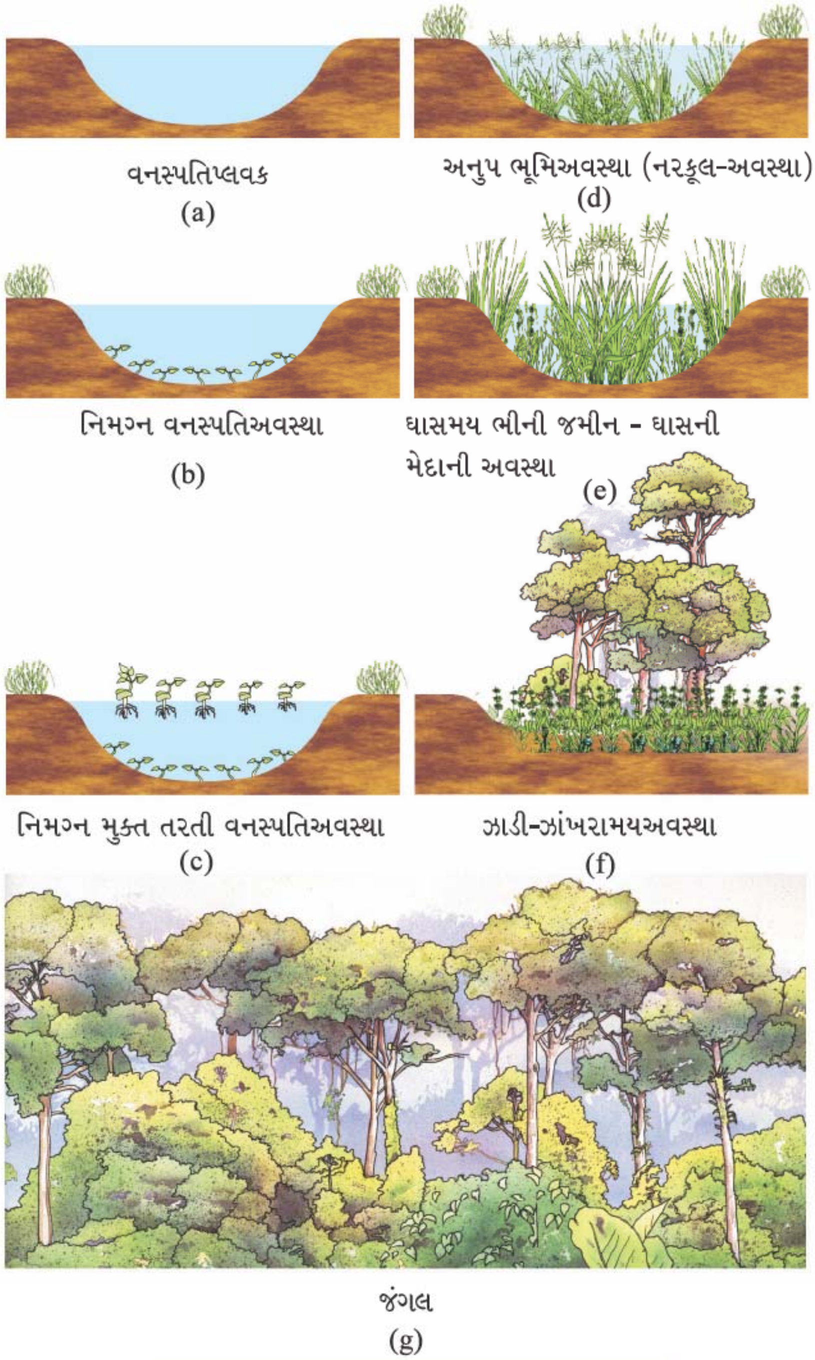
14.6.1 વનસ્પતિઓનું અનુક્રમણ (Succession of Plants)

નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનો (આવાસ)ની પ્રકૃતિ પર આધારિત - ભલે તે પાણી હોય (કે ખૂબ જ ભીના વિસ્તારો) કે ખૂબ જ શુષ્ક વિસ્તારો હોય - વનસ્પતિઓના અનુક્રમણને અનુક્રમે જલ-આરંભી (hydrarch) કે શુષ્ક-આરંભી (xerarch) કહેવાય છે. **જલ-આરંભી અનુક્રમણ (hydrarch succession)** ખૂબ જ જલમગ્ન વિસ્તારોમાં થાય છે તથા અનુક્રમિત શ્રેણી જલીય (hydric)માંથી સંક્રમિત મધ્યમ જલ પરિસ્થિતિઓ (mesic) તરફ આગળ વધે છે. એનાથી વિરુદ્ધ, **શુષ્ક-આરંભી અનુક્રમણ (xerarch succession)** શુષ્ક વિસ્તારોમાં હોય છે તથા તે અનુક્રમિત શ્રેણી જીર્ણતા (xeric)માંથી સંક્રમિત મધ્યમ જલ પરિસ્થિતિઓ (mesic) તરફ વિકાસ પામે છે. આમ, જલ-આરંભી અને શુષ્ક-આરંભી બંને અનુક્રમણો એ મધ્યમ જલ પરિસ્થિતિઓ (mesic) તરફ દોરાય છે - નહિ કે અતિશય શુષ્ક (જીર્ણ) તથા ન તો ખૂબ જ ભેજમય (જલમગ્ન) પરિસ્થિતિઓ તરફ.

જાતિ, જે ખુલ્લા વિસ્તાર પર અનુક્રમિત થાય છે તેને **સ્થાપક જાતિ (પાયાની જાતિ-pioneer species)** કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે લાઇકેન ખડકો પર સૌપ્રથમ પ્રાથમિક અનુક્રમણ કરે છે, કે જે ખડકને પિગળાવા (ઓગળાવા) માટે ઍસિડનો સ્રાવ કરવા સક્ષમ હોય છે અને અપક્ષયન (weathering) તથા ભૂમિનિર્માણ (soil formation)માં સહાયક બને છે. ત્યાર પછી, તે દ્વિઅંગીઓ જેવી ખૂબ જ નાની વનસ્પતિઓ માટેના વિકાસનો માર્ગ બનાવે છે, કે જેઓ ભૂમિની ઓછી માત્રામાં પણ પોતાની પક્કડ જકડી રાખવા સક્ષમ છે. સમયની સાથે મોટી વનસ્પતિઓ દ્વારા સફળતાપૂર્વક તેમનું સ્થાન લેવાય છે અને પછી કેટલીક વધુ અવસ્થાઓ બાદ અંતે એક સ્થાયી ચરમાવસ્થા (stable climax) વનસમાજ (forest community) નિર્માણ પામે છે. જ્યાં સુધી પર્યાવરણ બદલાતું નથી ત્યાં સુધી તે ચરમાવસ્થા સમાજ લાંબા સમય માટે સ્થાયી રહે છે. સયમની સાથે શુષ્કોદ્ભિદ (xerophytic) વસવાટ મધ્યોદભિદ (mesophytic) વસવાટમાં ફેરવાઈ જાય છે.

પાણીમાં પ્રાથમિક અનુક્રમણમાં, નાના વનસ્પતિપ્લવકો પાયાની જાતિઓ હોય છે, કે જેઓ સમય જતાં મૂળધારી નિમજ્જિત વનસ્પતિઓ (rooted-submerged plants) દ્વારા પ્રતિસ્થાપિત થાય છે તથા મુક્ત રીતે તરતી વનસ્પતિઓ (free-floating plants) દ્વારા તેને અનુસરીને મૂળધારી તરતી આવૃત્ત બીજધારીઓ (rooted-floating angiosperms) પ્રતિસ્થાપિત થાય છે. ત્યાર બાદ નરકૂલ અવસ્થા (reed-swamp), ઘાસમય ભીની જમીન (marsh-meadow), ઝાડી-ઝાંખરામય અવસ્થા (scrub) અને અંતે વૃક્ષો પ્રતિસ્થાપિત થાય છે. જંગલ જ ત્યાર પછીનો ચરમાવસ્થા સમુદાય હોઈ શકે છે. સમયની સાથે જળસંગ્રહસ્થાન (water body) એ સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં પરિવર્તિત થઈ જાય છે (આકૃતિ 14.5).

દ્વિતીયક અનુક્રમણમાં જાતિનું આક્રમણ, ભૂમિની સ્થિતિ, પાણીની ઉપલબ્ધિ, પર્યાવરણ તથા બીજ કે તેમાં



આકૃતિ 14.5 : પ્રાથમિક અનુક્રમણનું રેખાંકિત નિરૂપણ

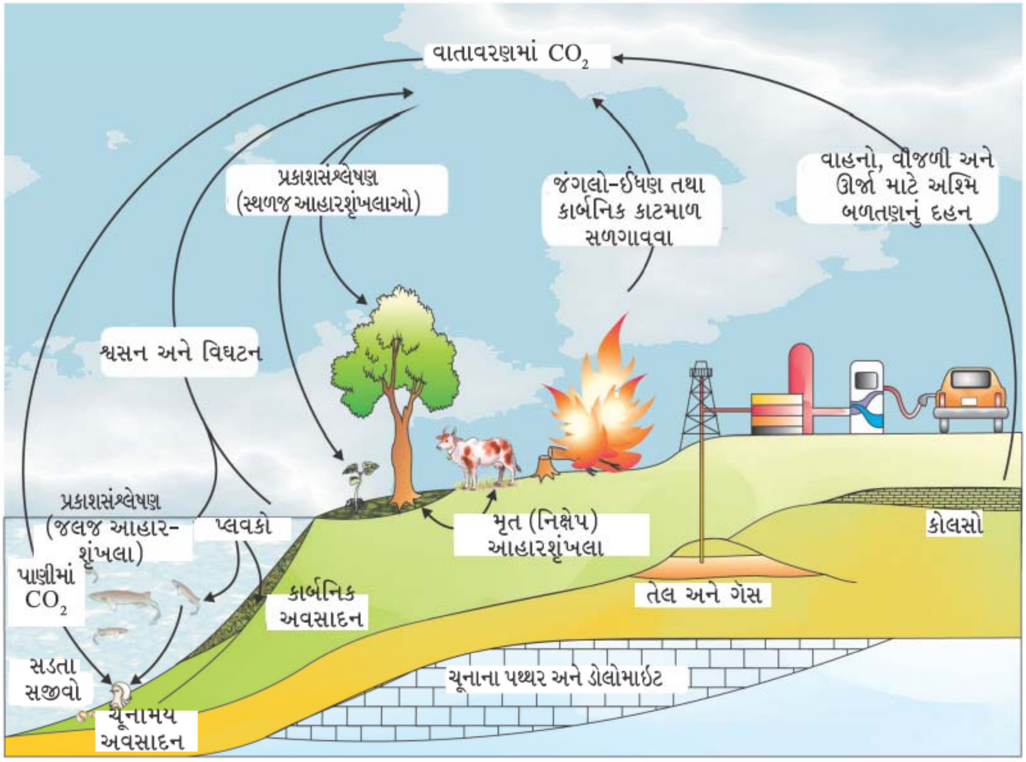
રહેલા અન્ય પ્રાંકુરો (propagules) પર આધારિત હોય છે. જોકે પહેલેથી ભૂમિ ત્યાં ખરેખર હાજર હોય છે. અહીં અનુક્રમણનો દર ખૂબ જ ઝડપી હોય છે, આથી ચરમાવસ્થા પણ ખૂબ જ ત્વરિત રીતે પ્રાપ્ત થઈ જાય છે.

સમજવા માટે એ મહત્ત્વનું છે કે અનુક્રમણ, ખાસ કરીને પ્રાથમિક અનુક્રમણ, એક ખૂબ ધીમી પ્રક્રિયા છે, જેને ચરમાવસ્થા સુધી પહોંચવા માટે કદાચ હજારો વર્ષો લાગે છે. બીજું મહત્ત્વનું સત્ય (તથ્ય) એ છે કે બધા અનુક્રમણ, ભલે એ પાણીમાં હોય કે ભૂમિ પર, એક જ સરખા પ્રકારે ચરમાવસ્થા સમાજ એ મધ્યમ જલ-પરિસ્થિતિ (mesic) તરફ આગળ વધે છે.

14.7 પોષકચક્રણ (Nutrient Cycling)

તમે ધોરણ XIમાં અભ્યાસ કર્યો કે સજીવોને વૃદ્ધિ, પ્રજનન તથા વિવિધ દૈહિકક્રિયાઓનું નિયમન કરવા માટે સતત પોષકોના પુરવઠાની આવશ્યકતા હોય છે. કોઈ આપેલ સમયે, ભૂમિમાં હાજર તત્કાલીન કાર્બન, નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, કૅલ્શિયમ વગેરે જેવા પોષકોની માત્રાને **ઉપલબ્ધ સ્થિતિ-અવસ્થા (standing state)** તરીકે ઉલ્લેખવામાં આવે છે. તે જુદા-જુદા પ્રકારનાં નિવસનતંત્રોમાં જુદી-જુદી હોય છે અને ઋતુ પર પણ આધારિત હોય છે.

એ સમજવું અગત્યનું છે કે પોષકો કે જેઓ નિવસનતંત્રોમાંથી ક્યારેય સંપૂર્ણપણે દૂર થતા નથી, પરંતુ તેઓ વારંવાર પુનઃચક્રણ પામે છે તથા આ પુનઃચક્રણ અનંતકાળ સુધી ચાલ્યા કરે છે. નિવસનતંત્રનાં વિવિધ ઘટકો દ્વારા પોષકતત્ત્વોની ગતિશીલતાને **પોષકચક્રણ (nutrient cycling)** કહેવાય છે. પોષકચક્રણનું બીજું એક નામ **જૈવ-ભૂ-રાસાયણિક ચક્રો-biogeochemical cycles** (જૈવ = bio : સજીવ જીવન = living organism અને ભૂ = geo : પર્વતો, હવા, પાણી = rocks, air, water) પણ છે. પોષકચક્રો બે પ્રકારના હોય છે : (a) **વાયુરૂપ (gaseous)** અને (b) **અવસાદી (sedimentary)**. વાયુરૂપ પ્રકારના પોષકચક્ર (એટલે કે નાઇટ્રોજન, કાર્બનચક્ર) માટેના ભંડાર



આકૃતિ 14.6 : જીવાવરણમાં કાર્બનચક્રની સરળીકૃત પ્રતિકૃતિ (નમૂનો)

સંચયસ્થાન (reservoir) વાતાવરણમાં હોય છે તથા અવસાદીચક્ર (એટલે કે સલ્ફર, ફૉસ્ફરસચક્ર) માટેના ભંડાર પૃથ્વીના પોપડા કે સ્તર (Earth's crust)માં આવેલો હોય છે. પર્યાવરણીય ઘટકો જેવા કે ભૂમિ (જમીન), ભેજ (આર્દ્રતા), pH, તાપમાન વગેરે વાતાવરણમાં પોષકોને મુક્ત કરવાના દરનું નિયંત્રણ કરે છે. સંચયસ્થાનોની ક્રિયાશીલતા, ઊણપ (કમી-deficit) પૂરી કરવા માટે હોય છે કે જે પોષકોના અંદર પ્રવેશ (influx) અને બહાર નિકાલ (efflux)ના દરની અસંતુલિતતાને કારણે થતી હોય છે.

તમે ધોરણ XIમાં નાઇટ્રોજનચક્રનો વિસ્તૃત અભ્યાસ કર્યો છે. અહીં આપણે કાર્બન અને ફૉસ્ફરસ જેવા ચક્રોની ચર્ચા કરીએ.

14.7.1 નિવસનતંત્ર - કાર્બનચક્ર (Ecosystem-Carbon Cycle)

જ્યારે તમે સજીવોની સંરચનાનો અભ્યાસ કરશો તો જાણવા મળશે કે સજીવોના શુષ્ક વજનનો 49 % ભાગ કાર્બનથી બનેલો હોય છે અને પાણી પછી તે બીજા ક્રમે આવે છે. જો આપણે વૈશ્વિક કાર્બનની કુલ માત્રા તરફ ધ્યાન આપીએ ત્યારે આપણે જાણીએ કે 71 % કાર્બન તો મહાસાગરોમાં દ્રાવ્ય સ્વરૂપમાં આવેલો છે. આ મહાસાગરનો કાર્બનભંડાર, વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની માત્રાનું નિયમન કરે છે (આકૃતિ 14.6). શું તમે જાણો છો કે કુલ વૈશ્વિક કાર્બનનો આશરે માત્ર 1 % ભાગ જ વાતાવરણમાં સમાવેશિત છે ?

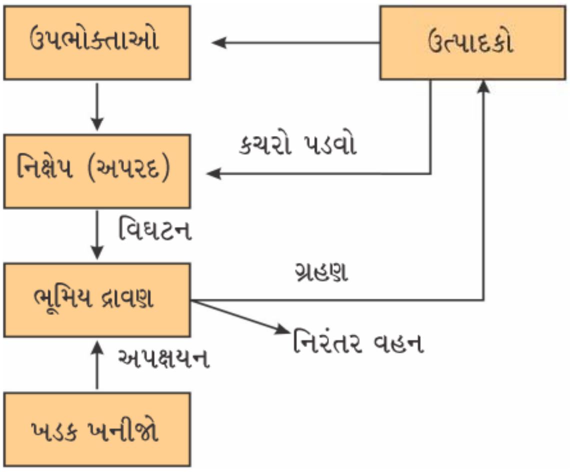
અશ્મિ-બળતણ (fossil fuel) પણ કાર્બનના એક સંચયસ્થાનનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. વાતાવરણ અને મહાસાગર દ્વારા તથા જીવંત અને મૃતજીવો દ્વારા કાર્બનનું ચક્રીયકરણ થાય છે. એક અંદાજ પ્રમાણે પ્રકાશસંશ્લેષણ દ્વારા 4×10^{13} kg જેટલા કાર્બનનું જીવાવરણમાં વાર્ષિક સ્થાપન થાય છે. ઉત્પાદકો અને ઉપભોગીઓની શ્વસન ક્રિયાવિધિ દ્વારા વાતાવરણમાં કાર્બનની મહત્ત્વપૂર્ણ માત્રા CO_2 સ્વરૂપે પાછી ફરે છે. જમીન કે મહાસાગરના નકામા પદાર્થો અને મૃત કાર્બનિક દ્રવ્યોની તેમની વિઘટન-પ્રક્રિયા દ્વારા CO_2નો સેતુ જાળવી રાખવા વિઘટકો પણ વાસ્તવિક રીતે (sunstantially) સહભાગી બને છે. સ્થાપન થયેલા કાર્બનની કેટલીક માત્રા અવસાદનમાં વ્યય પામે છે અને પરિવહન (ચક્રીયકરણ)માંથી બહાર નિકાલ પામે છે. લાકડાં સળગાવવા (કાષ્ઠ-બળતણ-burning of wood), જંગલની આગ (દવ-forest fire) તથા કાર્બનિક દ્રવ્યોનું દહન (combustion), અશ્મિ-બળતણ, જ્વાળામુખી ક્રિયાવિધિ (volcanic activity) વગેરે વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2)ની મુક્તિ માટેના વધારાના સ્રોતો છે.

કાર્બનચક્રમાં મનુષ્યની પ્રવૃત્તિઓનો ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ પ્રભાવ છે. ઝડપી વનવિનાશ (deforestation) તથા ઊર્જા તેમજ પરિવહન માટે અશ્મિ-બળતણનું સતત દહન (ઉપયોગ) વગેરેથી વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ મુક્ત કરવાના દરમાં નોંધપાત્ર વધારો થયો છે (પ્રકરણ 16માં ગ્રીનહાઉસ અસર-greenhouse effect જુઓ).

14.7.2 નિવસનતંત્ર - ફૉસ્ફરસચક્ર (Ecosystem-Phosphorus Cycle)

જૈવિકપટલો, ન્યુક્લિક ઍસિડ અને કોષીય ઊર્જા સ્થાનાંતરણ તંત્રનો એક મુખ્ય ઘટક ફૉસ્ફરસ છે. ઘણાં પ્રાણીઓને તેમના કવચ (shells), હાડકાં (bones) અને દાંત (teeth) બનાવવા માટે પણ આ તત્ત્વની મોટી માત્રામાં આવશ્યકતા હોય છે. ફૉસ્ફરસનાં કુદરતી સંચયસ્થાનો એ પર્વતો છે કે જે ફૉસ્ફેટના સ્વરૂપમાં ફૉસ્ફરસને સંચિત કરે છે. જ્યારે પર્વતો અપક્ષયન (weathered) પામે ત્યારે, આ ફૉસ્ફેટની નહિવત્ માત્રા ભૂમિય દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થાય છે અને વનસ્પતિઓના મૂળ વડે શોષી લેવામાં આવે છે (આકૃતિ 14.7). તૃણાહારી અને અન્ય પ્રાણીઓ આ તત્ત્વ વનસ્પતિઓમાંથી મેળવે છે. નકામી નીપજો (waste products) અને મૃત જીવોનું ફૉસ્ફેટ દ્રાવ્યીકરણ બૅક્ટેરિયા (phosphate solubilising bacteria) દ્વારા વિઘટન થતાં ફૉસ્ફરસ મુક્ત કરવામાં આવે છે. કાર્બનચક્રની જેમ, શ્વસન દ્વારા વાતાવરણમાં ફૉસ્ફરસ મુક્ત કરી શકાતો નથી. *શું તમે કાર્બનચક્ર અને ફૉસ્ફરસચક્ર વચ્ચેનો તફાવત કરી શકો છો ?*

અહીં કાર્બનચક્ર અને ફૉસ્ફરસચક્ર વચ્ચેના મુખ્ય મહત્ત્વના બે તફાવતો છે : પહેલો એ છે કે વરસાદ દ્વારા ફૉસ્ફરસનો વાતાવરણમાં અંતઃપ્રવેશ (atmospheric inputs) કાર્બનના અંતઃપ્રવેશ કરતાં ખૂબ જ



આકૃતિ 14.7 : સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં ફૉસ્ફરસ ચક્રીયકરણનો સરળ નમૂનો

ઓછો હોય છે અને બીજો, સજીવો અને પર્યાવરણ વચ્ચે ફૉસ્ફરસનો વાયુ-વિનિમય (gaseous exchanges) એકદમ નહિવત્ હોય છે.

14.8 નિવસનતંત્રીય સેવાઓ (Ecological Services)

તંદુરસ્ત નિવસનતંત્ર એ આર્થિક (economic), પર્યાવરણીય (environmental) અને સૌંદર્યલક્ષી (aesthetic) સામાન અને સેવાઓની વ્યાપક વિસ્તૃતિ માટેનો આધાર છે. નિવસનતંત્રીય પ્રક્રિયાઓની નીપજો (ઉત્પાદનો)ને **નિવસનતંત્ર-સેવાઓ (ecosystem services)**ના નામથી જાણી શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે - તંદુરસ્ત જંગલ નિવસનતંત્રોની ભૂમિકા હવા અને પાણીને શુદ્ધ કરવા, દુષ્કાળ (અનાવૃષ્ટિ-droughts) અને પૂર (અતિવૃષ્ટિ-floods) ઘટાડવા પોષકોનું ચક્રીયકરણ (cycle nutrients) જમીનને ફળદ્રુપ બનાવવી, વન્ય-જીવન વસવાટ પૂરા પાડવાં, જૈવવિવિધતાને જાળવી રાખવી, વિવિધ પાકોના પરાગનયનમાં સહાયકતા કરવી, કાર્બન માટે સંચયસ્થાન પૂરું પાડવું અને સૌંદર્યલક્ષી (aesthetic), સાંસ્કૃતિક (cultural) તથા અધ્યાત્મિક (spiritual) મૂલ્યો પણ પૂરાં પાડવાં વગેરે છે. તેમ છતાં, જૈવવિવિધતાની આ સેવાઓનું મૂલ્યાંકન કરવું મુશ્કેલ છે, પરંતુ તે માનવું ઉચિત (કારણભૂત) છે કે જૈવવિવિધતાની ઊંચી કિંમત અંકાવી જોઈએ.

રૉબર્ટ કોન્સ્ટાન્ઝા (Robert Constanza) અને તેના સાથીદારોએ હાલમાં, પ્રાકૃતિક (નૈસર્ગિક) જીવનસમર્થક સેવાઓ (nature's life-support services)ની ઊંચી કિંમત આંકવા પ્રયત્ન કર્યો છે. સંશોધકોએ આ આધારભૂત નિવસનતંત્રકીય સેવાઓની એક વર્ષની અંદાજિત કિંમત લગભગ 33 ટ્રિલિયન અમેરિકી ડૉલર મૂકી છે કે જેને વ્યાપક રીતે અનુદાનિત ભાવથી લેવામાં (taken for granted) આવે છે કારણ કે તે મફતમાં મળે છે. આ મૂલ્ય એ વૈશ્વિક કુલ રાષ્ટ્રીય ઉત્પાદન (Gross National Product-GNP)ની કિંમત (18 ટ્રિલિયન અમેરિકી ડૉલર) કરતાં લગભગ બેગણું વધારે છે.

વિવિધ નિવસનતંત્રકીય સેવાઓની કુલ કિંમતમાંથી 50 % તો ફક્ત ભૂમિ સંરચના (મૃદા સંગઠન) માટે છે અને બીજી સેવાઓ જેવી કે મનોરંજન (recreation) તથા પોષકચક્રણ વગેરે દરેકની 10 % કરતાં પણ ઓછી ભાગીદારી છે. વન્યજીવન માટે આબોહવા નિયમન તથા વસવાટનું મૂલ્ય લગભગ પ્રત્યેક માટે 6 % જેટલું છે.

સારાંશ

નિવસનતંત્ર એ પ્રકૃતિનો રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ (functional unit) છે અને તેમાં અજૈવિક (નિર્જીવ) તથા જૈવિક (સજીવ) ઘટકો સમાવેશિત છે. હવા, પાણી અને જમીન અકાર્બનિક અજૈવિક ઘટકો જ્યારે ઉત્પાદકો (producers), ઉપભોગીઓ (consumers) અને વિઘટકો (decomposers) એ જૈવિક ઘટકો છે. અજૈવિક અને જૈવિક ઘટકો વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓના પરિણામ સ્વરૂપ દરેક નિવસનતંત્ર વિશિષ્ટ ભૌતિક સંરચના ધરાવે છે. નિવસનતંત્રની બે મુખ્ય રચનાકીય વિશિષ્ટતાઓ - જાતિ-સંગઠન (species composition) અને સ્તરીકરણ (stratification) છે. પોષણના સ્રોતને આધારે દરેક સજીવનું નિવસનતંત્રમાં એક ચોક્કસ સ્થાન હોય છે.

ઉત્પાદકતા, વિઘટન, ઊર્જાપ્રવાહ અને પોષકચક્રણ નિવસનતંત્રના ચાર અગત્યનાં ઘટકો છે. સૌરઊર્જાના ગ્રહણનો દર કે ઉત્પાદકોનું જૈવભાર ઉત્પાદન એ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા છે. તે બે પ્રકારોમાં વિભાજિત છે : કુલ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા (GPP) અને વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા (NPP). સૌરઊર્જાના ગ્રહણનો દર કે અકાર્બનિક દ્રવ્યોના કુલ ઉત્પાદનને કુલ પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા કહેવાય છે. ઉત્પાદકોના ઉપયોગ પછી બાકી રહેલ જૈવભાર કે ઊર્જા વાસ્તવિક પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા છે. દ્વિતીયક ઉત્પાદકતા એ વિઘટકો દ્વારા આહારઊર્જાનો સ્વાંગીકરણ (પરિપાચન-assimilation) દર હોય છે. વિઘટનમાં, વિઘટકો દ્વારા મૃત દ્રવ્યોનાં જટિલ કાર્બનિક સંયોજનો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, પાણી અને અકાર્બનિક પોષકોમાં ફેરવાય છે. વિઘટનમાં ત્રણ પ્રક્રિયાઓ સંકળાયેલી છે જે મૃત દ્રવ્યોનું અવખંડન (fragmentation), ધોવાણ (leaching) અને અપચય (catabolism) તરીકે નામાંકિત છે.

ઊર્જાપ્રવાહ (energy flow) એકમાર્ગીય છે. પહેલા, વનસ્પતિઓ સૌરઊર્જા ગ્રહણ કરે છે અને પછી, ખોરાક ઉત્પાદકોમાંથી વિઘટકોમાં સ્થાનાંતરિત થાય છે. પ્રકૃતિમાં, વિવિધ પોષકસ્તરોના સજીવો તેમના આહાર કે ઊર્જાસંબંધે એકબીજા સાથે સંકળાઈને આહારશૃંખલાની રચના કરે છે. નિવસનતંત્રનાં વિવિધ ઘટકો દ્વારા પોષકતત્ત્વોનો સંચય અને ગતિશીલતા પોષકચક્રણ (nutrient cycling) કહેવાય છે. આ પ્રક્રિયા દ્વારા પોષકોનો વારંવાર ઉપયોગ થાય છે. પોષકચક્રોના બે પ્રકારો છે : વાયુરૂપ અને અવસાદી. વાતાવરણ કે જલાવરણ એ વાયુરૂપ પ્રકારના ચક્ર (કાર્બન) માટેનું સંચયસ્થાન (reservoir) છે, જ્યારે પૃથ્વીનું પડ (પોપડો) એ અવસાદી પ્રકાર (ફૉસ્ફરસ) માટેનું સંચયસ્થાન છે. નિવસનતંત્રની પ્રક્રિયાઓની નીપજોને નિવસનતંત્રકીય સેવાઓનું નામ આપવામાં આવે છે. દા.ત., જંગલો દ્વારા હવા અને પાણીનું શુદ્ધીકરણ.

જૈવિક સમુદાય ગતિશીલ (dynamic) હોય છે તથા સમયની સાથે પરિવર્તન પામે છે. આ પરિવર્તનો ક્રમશઃ અનુક્રમિત છે અને પરિસ્થિતિકીય અનુક્રમણની રચના કરે છે. અનુક્રમણનો પ્રારંભ સ્થાપક (પાયાની) જાતિ દ્વારા ખાલી જીવનવિહીન (lifeless) વિસ્તારો પર પ્રવેશની સાથે થાય છે કે જેઓ પાછળથી તેમના અનુગામીઓ (successors) માટે માર્ગ મોકળો કરે છે અને અંતે એક સ્થાયી ચરમસમાજનું નિર્માણ થાય છે. ચરમાવસ્થા સમાજ પર્યાવરણ અપરિવર્તનશીલ રહે ત્યાં સુધી લાંબા સમય માટે સ્થાયી રહે છે.

સ્વાધ્યાય

1. ખાલી જગ્યા ભરો :

(a) વનસ્પતિઓ ____________ કહેવાય છે; કારણ કે તેઓ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું સ્થાયીકરણ કરે છે.

(b) વૃક્ષો દ્વારા પ્રભાવિત નિવસનતંત્રમાં સંખ્યાનો પિરામિડ ____________ પ્રકારનો હોય છે.

(c) જલીય નિવસનતંત્રમાં, ઉત્પાદકતા માટે સિમાંતક કારક ____________ છે.

(d) આપણા નિવસનતંત્રમાં સામાન્ય મૃતભક્ષીઓ ____________ છે.
(e) પૃથ્વી પર કાર્બનનું મુખ્ય સંચયસ્થાન (ભંડાર) ____________ છે.

2. એક આહારશૃંખલામાં નીચેના પૈકી કયું એક સૌથી મોટી વસ્તી ધરાવે છે ?
   (a) ઉત્પાદકો
   (b) પ્રાથમિક ઉપભોક્તાઓ
   (c) દ્વિતીયક ઉપભોક્તાઓ
   (d) વિઘટકો
3. તળાવમાં દ્વિતીય પોષકસ્તર એ....
   (a) વનસ્પતિપ્લવકો
   (b) પ્રાણીપ્લવકો
   (c) સમુદ્રના તળિયાની જીવસૃષ્ટિ
   (d) માછલીઓ
4. તે દ્વિતીયક ઉત્પાદકો છે :
   (a) તૃણાહારીઓ
   (b) ઉત્પાદકો
   (c) માંસાહારીઓ
   (d) ઉપરનું એક પણ નહિ
5. પ્રાસંગિક સૌર વિકિરણમાં પ્રકાશસંશ્લેષણીય સક્રિય વિકિરણ (PAR)ના કેટલા % હોય છે ?
   (a) 100 %
   (b) 50 %
   (c) 1-5 %
   (d) 2-10 %
6. નીચેના વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (a) ચરીય આહારશૃંખલા અને મૃત આહારશૃંખલા
   (b) ઉત્પાદન અને વિઘટન
   (c) ઊર્ધ્વવર્તી (સીધો) અને અધોવર્તી (ઊલટો) પિરામિડ
   (d) આહારશૃંખલા અને આહારજાળ
   (e) કચરો અને મૃતદ્રવ્યો
   (f) પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા અને દ્વિતીયક ઉત્પાદકતા
7. નિવસનતંત્રનાં ઘટકોનું વર્ણન કરો.
8. પરિસ્થિતિકીય પિરામિડ વ્યાખ્યાયિત કરો અને સંખ્યા તથા જૈવભારના પિરામિડો ઉદાહરણ સહિત વર્ણવો.
9. પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા શું છે ? એવાં પરિબળો (કારકો)નું સંક્ષિપ્ત વર્ણન આપો જે પ્રાથમિક ઉત્પાદકતા પર અસર કરે છે.
10. વિઘટનને વ્યાખ્યાયિત કરો અને વિઘટનની પ્રક્રિયાઓ તથા નીપજો વર્ણવો.
11. નિવસનતંત્રમાં ઊર્જાપ્રવાહનો અહેવાલ આપો.
12. નિવનસતંત્રમાં અવસાદીચક્રની અગત્યની વિશિષ્ટતાઓ લખો.
13. નિવસનતંત્રમાં કાર્બનચક્રની મુખ્ય વિશિષ્ટતાઓની રૂપરેખા આપો.

પ્રકરણ 15

જૈવ-વિવિધતા અને સંરક્ષણ (Biodiversity and Conservation)

15.1 જૈવ-વિવિધતા

15.2 જૈવ-વિવિધતાનું સંરક્ષણ

જો દૂર રહેલી આકાશગંગા (galaxy)માંથી કોઈ એલિયન આપણા પૃથ્વી ગ્રહની મુલાકાતે આવે, તો સૌથી પહેલી વાત તેને અભિભૂત અને અચંબિત (amaze and baffle) કરશે, જે કદાચ આપણા (પૃથ્વી પરના) જીવનની અતિવિશાળ વિવિધતા હશે કે જેનો તે સામનો કરશે. માનવીઓ માટે પણ, સજીવ જીવનની વિવિધતાસભર સમૃદ્ધ જાતિઓ કે જેની સાથે આ ગ્રહ પર આપણે રહીએ છીએ તે આપણને આશ્ચર્યચકિત તેમજ મંત્રમુગ્ધ (astonish and fascinate) કર્યા વગર રહેતી નથી. સામાન્ય માણસ પણ ખૂબ જ મુશ્કેલીથી વિશ્વાસ કરશે કે અહીં આપણી પૃથ્વી પર 20,000 કીડીની જાતિઓ, 3,00,000 ભૃંગકીટક (beetles) જાતિઓ, 28,000 માછલીની જાતિઓ તથા લગભગ 20,000 જેટલી ઑર્કિડની જાતિઓ છે. પરિસ્થિતિવિદો અને ઉદ્‌વિકાસકીય જીવશાસ્ત્રીઓ કેટલાક આવશ્યક પ્રશ્નો પૂછીને આ વિવિધતાની મહત્ત્વતાને સમજવાનો પ્રયત્ન કરી રહ્યા છે - જેમકે; અહીં આટલી બધી વિભિન્ન જાતિઓ કેમ છે ? શું આ મહાન વિવિધતા પૃથ્વીના ઇતિહાસની સાથે જ અસ્તિત્વ પામેલ છે ? *આ વૈવિધ્ય કેવી રીતે અને ક્યાંથી આવ્યું ? જીવાવરણ માટે આ વિવિધતા કેવી રીતે અને શા માટે મહત્ત્વપૂર્ણ છે ? જો આ વિવિધતા ખૂબ જ ઓછી હોત તો શું તેની કાર્યકી પણ કોઈક રીતે અલગ હોત ? જીવનની આ વિવિધતાથી મનુષ્યો કેવી રીતે લાભ મેળવી શકે છે ?*

15.1 જૈવ-વિવિધતા (Biodiversity)

આપણા જીવાવરણમાં માત્ર જાતીય સ્તરે જ નહિ પરંતુ જીવશાસ્ત્રીય સંગઠન (આયોજન-organization)ના દરેક સ્તરે કોષોની અંદર મોટા અણુઓ (બૃહત્ અણુઓ)થી લઈ જૈવવિસ્તારો સુધીની ખૂબ જ વિવિધતા (વિષમ વૈવિધ્ય-heterogeneity)નું અસ્તિત્વ છે. જૈવ-વિવિધતા શબ્દ સામાજિક જીવવૈજ્ઞાનિક

(socio-biologist) ઍડવર્ડ વિલ્સન (Edware Wilson) દ્વારા જૈવિક સંગઠનના દરેક સ્તરે સંકળાયેલી વિવિધતાના વર્ણન માટે પ્રચલિત કરવામાં આવ્યો છે. તેમાંથી ખૂબ જ અગત્યના શબ્દો નીચે પ્રમાણે છે :

(i) ***જનીનિક વિવિધતા (Genetic diversity) :*** એક જાતિ જનીનિક સ્તરે તેના વિતરણક્ષેત્રમાં ખૂબ જ વિવિધતા દર્શાવી શકે છે. હિમાલયના વિવિધ વિસ્તારોમાં ઊગતી ઔષધીય વનસ્પતિ સર્પગંધા (*Rauwolfia vomitoria*) દ્વારા દર્શાવાતી જનીનિક વિવિધતા એ તેના દ્વારા ઉત્પાદિત સક્રિય રસાયણ (રીસર્પિન-reserprine)ની ક્ષમતા તથા સાંદ્રતાના અર્થમાં (સંબંધમાં) હોઈ શકે છે. ભારત 50,000થી પણ વધારે જનીનિક રીતે ભિન્ન ચોખા (rice)ની ધાન્યજાતિઓ તથા 1000થી પણ વધારે કેરી (mango)ની જાતિઓ ધરાવે છે.

(ii) ***જાતિ-વિવિધતા (Species diversity) :*** આ વિવિધતા જાતિસ્તરે છે. ઉદાહરણ તરીકે, પશ્ચિમ ઘાટ (Western Ghats)ની ઉભયજીવી (amphibian) જાતિઓની વિવિધતા પૂર્વીય ઘાટ (Eastern Ghats) કરતાં વધારે છે.

(iii) ***પરિસ્થિતિકીય વિવિધતા (Ecological diversity) :*** આ વિવિધતા નિવસનતંત્ર સ્તરે છે. ઉદાહરણ તરીકે ભારત પાસે રણપ્રદેશો (deserts), વર્ષાવનો (rain forests), દરિયાકિનારાના ક્ષારયુક્ત વિસ્તારો (mangroves), પરવાળા ટાપુઓ (coral reefs), ભેજયુક્ત ભૂમિ (wetlands), વેલાનદ્મુખી પ્રદેશો (estuaries) અને પહાડો પરની વનસ્પતિઓ કે પહાડો પરનાં ઘાસનાં મેદાનો (alpine meadows) જેવી પરિસ્થિતિકીય વિવિધતા - એ નોર્વે (Norway) જેવા સ્કૅંડિનેવિયન (Scandinavian) દેશ કરતાં વધારે છે.

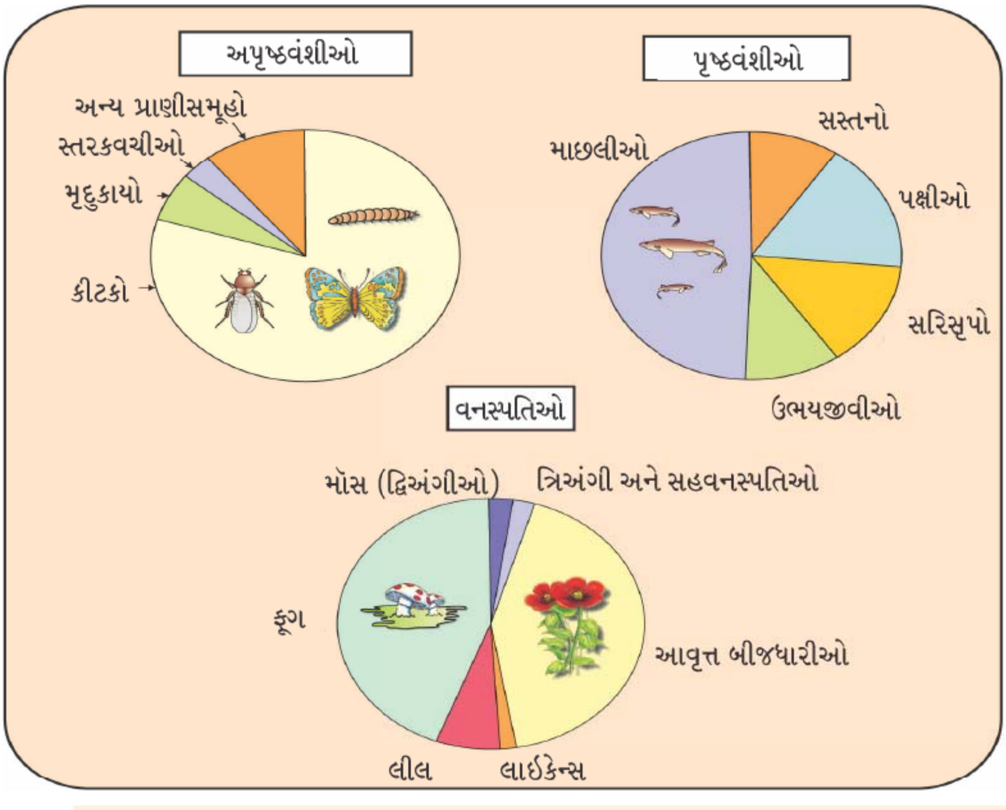
પ્રકૃતિમાં આ સમૃદ્ધ વિવિધતાને એકત્ર થવા માટે ઉદ્વિકાસનાં લાખો વર્ષો લાગે છે, પરંતુ જો જાતિ ગુમાવવાનો (species losses) આ વર્તમાન દર સતત ચાલુ રહેશે તો આપણે આ બધી જ સંપત્તિને બે સદી કરતાં પણ ઓછા સમયમાં ગુમાવી શકીએ છીએ. જૈવ-વિવિધતા અને તેનું સંરક્ષણ (conservation) આજકાલ દરેકના હિતસંબંધી આંતરરાષ્ટ્રીય અતિઆવશ્યક પર્યાવરણીય મુદ્દાઓ છે. કારણ કે આ ગ્રહ પર આપણી ચિરંજીવિતા અને સુખાકારી (survival and well-being) માટે સમગ્ર વિશ્વમાં વધુમાં વધુ લોકોને જૈવ-વિવિધતાની ચિંતાજનક મહત્ત્વતા (critical importance)નું ભાન થયું છે કે તેનો વાસ્તવિક ખ્યાલ આવ્યો છે.

15.1.1 પૃથ્વી પર તથા ભારતમાં કેટલી જાતિઓ છે ? (How many Species are there on Earth and How Many in India ?)

હમણાં સુધી શોધાયેલી અને નામાંકિત (discovered and named) બધી જ જાતિઓની નોંધણી પ્રકાશિત કરવામાં આવેલી છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, આજ સુધી આ બધામાંથી કેટલી બધી જાતિઓ નોંધાયેલી છે. પરંતુ પૃથ્વી પર કેટલી જાતિઓ છે ? આ પ્રશ્નનો જવાબ આપવો સહેલો નથી. IUCN (International Union for Conservation Of Nature And Natural Resources)-2004 પ્રમાણે આજ સુધીની વર્ણન કરાયેલી વનસ્પતિ અને પ્રાણી-જાતિઓની કુલ સંખ્યા 1.5 મિલિયન કરતાં સહેજે વધારે છે, પરંતુ આપણને સ્પષ્ટ ખ્યાલ નથી કે હજુ કેટલી જાતિઓની શોધ તથા વર્ણન કરવાનું બાકી છે. અંદાજ લગાવવામાં ખૂબ જ વ્યાપકતા છે તથા તેમનામાંથી ઘણી તો માત્ર પ્રશિક્ષિત રીતે ધારણા (guesses) જ છે. ઘણા વર્ગીકરણીય સમૂહો (જૂથો-groups) માટે, જાતિઓની શોધ ઉષ્ણકટિબંધીય (tropical) દેશો કરતાં સમશિતોષ્ણ (temperate) દેશોમાં વધુ પરિપૂર્ણ છે. એ ધ્યાનમાં લેવાયું કે ઉષ્ણકટિબંધમાં નોંધપાત્ર રીતે (overwhelmingly) મોટા પ્રમાણમાં જાતિઓની શોધ બાકી છે. જીવશાસ્ત્રીઓએ ઉષ્ણકટિબંધીય તેમજ સમશીતોષ્ણ પ્રદેશોમાં કીટકો (insects)ના સમૂહોની જાતિસમૃદ્ધિનો કંટાળાજનક (exhaustively) અભ્યાસ કરી તેમની આંકડાકીય તુલના કરી અને આ પ્રમાણ (ગુણોત્તર-ratio)માં તે વિસ્તારોનાં પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિઓનાં અન્ય જૂથોને આવરી લઈ (ઉમેરો કરી) પૃથ્વી પરની જાતિઓની કુલ સંખ્યાનો એકંદર અંદાજ (gross estimate) લગાવ્યો. કેટલાક અંતિમ અંદાજ

(extreme estimate)નો વિસ્તાર 20થી 50 મિલિયન (2થી 5 કરોડ) સુધીનો છે, પરંતુ રૉબર્ટ મે (Robert May) દ્વારા કરવામાં આવેલ વધુ સંતુલિત અને વૈજ્ઞાનિક રીતે સચોટ અંદાજ (sound estimate) પ્રમાણે વૈશ્વિક જાતિ-વિવિધતા લગભગ 7 મિલિયન (70 લાખ) જેટલી છે.

ચાલો, આપણે વર્તમાન ઉપલબ્ધ જાતિ-સંશોધનોને આધારે પૃથ્વીની જૈવ-વિવિધતા વિશેના કેટલાક રસપ્રદ ઉદ્દેશો (interesting aspects)ને જોઈએ. બધી અંદાજિત જાતિઓના 70 % કરતાં પણ વધારે પ્રાણીઓ છે જ્યારે બધી વનસ્પતિઓ (લીલ, ફૂગ, દ્વિઅંગી, અનાવૃત્ત બીજધારીઓ તથા આવૃત્ત બીજધારીઓ સમાવેશિત) ભેગી કરીએ તોપણ તે કુલ ટકાવારીના 22 % કરતાં વધારે નથી. પ્રાણીઓમાં, કીટકો એ સૌથી વધારે જાતિસમૃદ્ધિ ધરાવતો વર્ગીકરણીય સમૂહ છે, તે પ્રાણીઓની કુલ ટકાવારીના 70 %થી પણ વધારે છે, એનો અર્થ એ છે કે, આ ગ્રહ પર દરેક 10 પ્રાણીઓએ 7 કીટકો છે. ફરીથી, કીટકોના આ વિપુલ વૈવિધ્યને આપણે કેવી રીતે સમજાવીએ ? વિશ્વમાં ફૂગની જાતિઓની સંખ્યા એ મત્સ્ય (fishes), ઉભયજીવી (amphibians), સરિસૃપ (reptiles) તથા સસ્તનો (mammals)ની જાતિઓની એકત્રિત કુલ સંખ્યા કરતાં પણ વધારે છે. આકૃતિ 15.1માં કેટલાક મુખ્ય વર્ગકો (taxa)ની જાતિસંખ્યા દર્શાવતું જૈવ-વિવિધતાનું ચિત્રણ કરવામાં આવ્યું છે.



આકૃતિ 15.1 : વૈશ્વિક જૈવ-વિવિધતાનું પ્રતિનિધિત્વ-અપૃષ્ઠવંશી, પૃષ્ઠવંશી તથા વનસ્પતિ-જાતિઓના વર્ગકોની પ્રમાણસર સંખ્યા

તે વાત નોંધવી જોઈએ કે, આ અંદાજ આદિકોષકેન્દ્રીય સજીવો (prokaryotic organisms) માટેની કોઈ સંખ્યા આપતો નથી. જીવશાસ્ત્રીઓને એ ચોક્કસ ખાતરી નથી કે આદિકોષકેન્દ્રીય જાતિઓની સંખ્યા કેટલી હોઈ શકે છે. સમસ્યા એ છે કે પરંપરાગત (conventional) વર્ગીકરણની રીતો સૂક્ષ્મજીવોને ઓળખવા માટે યોગ્ય કે ઉચિત નથી તથા ઘણી જાતિઓનું પ્રયોગશાળામાં સંવર્ધન યોગ્ય નથી. જો આ સમૂહની જાતિઓના વર્ણન માટે જૈવરાસાયણિક (biochemical) અથવા આણ્વિક (molecular) માપદંડો અપનાવવામાં આવે ત્યારે તેમની વિવિધતા લાખોમાં પહોંચી શકે છે.

તેમ છતાં ભારત એ વિશ્વના કુલ જમીનવિસ્તારના માત્ર 2.4 % જ જમીનવિસ્તાર ધરાવે છે, પરંતુ તેની વૈશ્વિક જાતિવિવિધતા પ્રભાવશાળી (an impressive) રીતે 8.1 % છે. આ જ કારણ છે કે ભારત પણ વિશ્વના 12 મોટી વિવિધતા ધરાવતા દેશો પૈકી એક છે. ભારતમાં લગભગ 45 હજાર જેટલી વનસ્પતિજાતિઓ તથા તેના કરતાં બેગણાથી પણ વધારે પ્રાણીઓની જાતિઓની નોંધણી કરી શકાઈ છે. વાસ્તવિક રીતે આજ સુધી કેટલી જીવંત જાતિઓની શોધ તથા તેમનાં નામ આપવાના બાકી છે ? જો આપણે રૉબર્ટ મેના વૈશ્વિક અંદાજ (global estimate)નો સ્વીકાર કરીએ ત્યારે હજુ સુધી માત્ર કુલ જાતિઓના 22 % જાતિઓની જ શોધ થઈ છે. ભારતમાં વિવિધતાની સંખ્યા માટે આ ટકાવારીના અમલનો આપણે અંદાજ લગાવીએ તો 1,00,000 (1 લાખ)થી વધારે વનસ્પતિઓની જાતિઓ તથા 3,00,000 (3 લાખ)થી વધારે પ્રાણીજાતિઓની શોધ તથા વર્ણન કરવાનું બાકી છે. શું આપણે ક્યારેય આપણા દેશની જૈવિક સંપદા (biological wealth)ની સંપૂર્ણ શોધ કરવા સક્ષમ બની શકીશું ? વિચાર કરો કે આ કાર્યને પૂર્ણ કરવા માટે કેટલી પ્રશિક્ષિત માનવશક્તિ-trained manpower (વર્ગીકરણવિદ્-taxonomists) તથા કેટલા સમયની આવશ્યકતા પડશે. આ પરિસ્થિતિ હજુ પણ વધારે નિરાશાજનક (hopeless) દેખાય છે, જ્યારે આપણે સ્પષ્ટ રીતે જાણીએ છીએ કે, મોટા ભાગની આ જાતિઓ આપણે તેમની શોધ કરતાં પહેલાં જ વિલુપ્ત (extinct) થવાના ભયનો સામનો કરી રહી છે. પ્રકૃતિના જૈવિક પુસ્તકાલયમાં સગૃહિત બધાં જ પુસ્તકોના શીર્ષકોને આપણા દ્વારા સૂચિબદ્ધ (catalogue) કરતાં પહેલાં જ તેમનો અગ્નિદાહ (burning) થઈ રહ્યો છે.

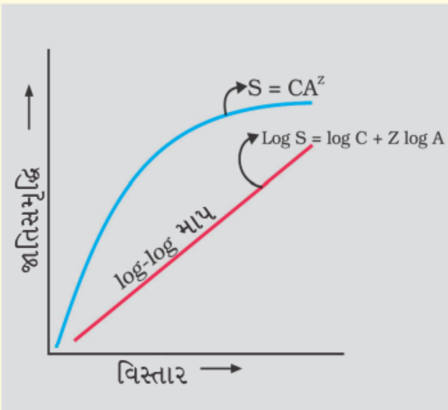
15.1.2 જૈવ-વિવિધતાનાં પ્રતિરૂપો/ભાતો (Patterns of Biodiversity)

(i) ***અક્ષાંશીય ઢોળાંશ (Latitudinal Gradients) :*** પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓની વિવિધતા સમગ્ર વિશ્વમાં સમાન નહિ પરંતુ અસમાન વિતરણ દર્શાવે છે. પ્રાણીઓ તેમજ વનસ્પતિઓના ઘણા સમૂહો માટે, વિવિધતામાં રસપ્રદ ભાતો મળે છે, જેમાં ખૂબ જ જાણીતી વિવિધતામાં અક્ષાંશીય ક્રમબદ્ધ ઢોળાંશ (ઉતાર-ચઢાવ) છે. સામાન્યતઃ વિષુવવૃત્ત (ભૂમધ્ય રેખા-equator)થી ધ્રુવો (poles) તરફ જઈએ તેમ જાતિવિવિધતા ઘટતી જાય છે. ફક્ત કેટલાક જ અપવાદો સાથે, વિષુવવૃત્તીય (ઉષ્ણકટિબંધિય) વિસ્તાર (અક્ષાંશીય સીમા 23.5° ઉત્તરથી 23.5° દક્ષિણ સુધી)માં સમશીતોષ્ણ કે ધ્રુવપ્રદેશો કરતાં વધારે જાતિઓ મળે છે. વિષુવવૃત્તથી નજીક રહેલ કોલંબિયા (colombia)માં 1400 જેટલી પક્ષીઓની જાતિઓ જ્યારે 41° ઉત્તરમાં રહેલા ન્યૂયૉર્ક (New York)માં 105 જેટલી પક્ષીઓની જાતિઓ તથા 71° ઉત્તરમાં સ્થિત ગ્રીનલૅન્ડ (Greenland) ફક્ત 56 પક્ષીઓની જાતિઓ ધરાવે છે. ભારત, કે જેનો અધિકતમ જમીનવિસ્તાર ઉષ્ણકટિબંધિય અક્ષાંશમાં છે તે 1200થી વધારે પક્ષીઓની જાતિઓ ધરાવે છે. ઇક્વાડોર જેવા ઉષ્ણ-કટિબંધિય વનવિસ્તારમાં વાહકપેશીધારી (vascular) વનસ્પતિઓની જાતિઓ યુ.એસ.એ. (USA)ના મધ્ય-પશ્ચિમ જેવા સમશીતોષ્ણ ક્ષેત્રના વનવિસ્તારો કરતાં 10 ગણી વધારે છે. દક્ષિણ અમેરિકામાં એમેઝોન (Amazon)ના મોટા ભાગના ઉષ્ણકટિબંધિય વર્ષાવનો પૃથ્વી પર સૌથી વધારે જૈવ-વિવિધતા ધરાવે છે. તે 40,000 હજાર વનસ્પતિઓની જાતિઓ, 3000 મત્સ્યની, 1300 પક્ષીઓની, 427 સસ્તનોની, 427 ઉભયજીવીઓની, 378 સરિસૃપોની તથા 1,25,000થી વધારે અપૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓની જાતિઓનું નિવાસસ્થાન છે. વૈજ્ઞાનિકોનું અનુમાન છે કે આ વર્ષાવનોમાં અત્યારે પણ ઓછામાં ઓછી 20,00,000 (2 મિલિયન) જેટલી કીટક જાતિઓની શોધ તથા નામકરણ કે ઓળખ બાકી છે.

વિષુવવૃત્તિય વિસ્તારમાં એવું શું વિશેષ છે, જે તેમની સૌથી વધારે વિવિધતા માટે કારણભૂત છે ? પરિસ્થિતિવિદો તથા ઉદ્‌વિકાસકીય જીવશાસ્ત્રીઓએ ઘણી પરિકલ્પનાઓ (hypothesis) પ્રસ્થાપિત કરી છે : જેમાંથી કેટલીક મહત્ત્વની છે જે (a) જાતિઉદ્‌ભવ (speciation) સામાન્ય રીતે સમયનું કાર્ય છે. સમશિતોષ્ણ કટિબંધ આધીન વિસ્તારોમાં ભૂતકાળમાં વારંવાર હિમપ્રપાત (glaciation) થતો રહ્યો જ્યારે તેનાથી વિપરિત, ઉષ્ણકટિબંધિય અક્ષાંશો લાખો વર્ષોથી તેની સાપેક્ષે ખલેલ વગરના રહ્યા છે અને આ જ કારણે, જાતિવૈવિધ્યીકરણ માટે લાંબો ઉદ્‌વિકાસકીય સમય મળ્યો. (b) ઉષ્ણકટિબંધ પર્યાવરણ એ સમશિતોષ્ણ પર્યાવરણથી વિપરિત રીતે ઓછા મૌસમીય (ઋતુકીય) પરિવર્તનયુક્ત, પ્રમાણમાં વધુ સ્થિર અને ભવિષ્ય ભાખવાયોગ્ય (constant and predictable) અથવા તો અનુમાનિત રહ્યું. આવું સ્થિર પર્યાવરણ અનોખા વિશિષ્ટીકરણ (niche specialization)ને પ્રોત્સાહિત કરતું રહ્યું તથા સૌથી વધુ જાતિ-વિવિધતા તરફ દોરાયું. (c) વિષુવવૃત્તિય

પ્રદેશમાં વધુ સૌરઊર્જા (solar energy) ઉપલબ્ધ છે કે જે તેના ઉચ્ચ ઉત્પાદન (higher production)માં સહભાગી બને છે. આ ઉચ્ચ ઉત્પાદકતા સૌથી વધુ વિવિધતા માટે પરોક્ષ રીતે ફાળો આપી શકે છે.

(ii) ***જાતિ-વિસ્તારના સંબંધો (Species-Area relationships) :*** જર્મનીના મહાન પ્રકૃતિવિદ્ અને ભૂગોળશાસ્ત્રી એલેક્ઝાંડર વોન હમ્બોલ્ટે (naturalist and geographer Alexander Von Humboldt) દક્ષિણ અમેરિકાનાં જંગલોના વેરાન પ્રદેશોમાં તેમના પ્રારંભિક અને વ્યાપક સંશોધન દરમિયાન અવલોકન કર્યું હતું કે, શોધખોળ (સંશોધન) વિસ્તારમાં વધારો કરવા સાથે કોઈ પ્રદેશની જાતિસમૃદ્ધિમાં વધારો થાય છે, પરંતુ માત્ર અમુક મર્યાદા સુધી જ. હકીકતમાં, વર્ગકો (આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ, પક્ષીઓ, ચામાચીડિયા, મીઠાજળની માછલીઓ)ની વ્યાપક વિવિધિતા માટે જાતિસમૃદ્ધિ અને વિસ્તાર વચ્ચેનો સંબંધ એક લંબચોરસ અતિવલય (rectangular hyperbola) વળાંકમાં જોવા મળે છે (આકૃતિ 15.2). લઘુગુણક માપ પર, આ સંબંધ એ નીચેનાં સમીકરણ દ્વારા વર્ણવવામાં આવેલી એક સીધી રેખા છે.



આકૃતિ 15.2 : જાતિ-વિસ્તારના સંબંધનું પ્રદર્શન : માપન પર સંબંધ રેખિય બની જાય છે

$$\log S = \log C + Z \log A$$

જ્યાં S = જાતિસમૃદ્ધિ (Species richness)

A = વિસ્તાર (પ્રદેશ-Area)

Z = રેખાનો ઢાળ (સમાશ્રયણ ગુણાંક-Regression coefficient)

C = Y-આંતર્છેદ (Intercept)

પરિસ્થિતિવિદોએ શોધ્યું કે Z રેખાનું મૂલ્ય 0.1થી 0.2 વચ્ચેની ક્ષેત્રમર્યાદામાં હોય છે. પછી ભલે વર્ગીકરણીય સમૂહ કે પ્રદેશ (જેમકે બ્રિટન-Britainમાં વનસ્પતિઓ, કેલિફોર્નિયા-Californiaમાં પક્ષીઓ કે ન્યૂયૉર્ક-New York રાજ્યમાં મૃદુકાયો-moluscs) કોઈ પણ હોય તેને અનુલક્ષીને સમાશ્રયણ રેખાનો ઢાળ આશ્ચર્યજનકરૂપે એકસમાન જ હોય છે. પરંતુ, જો તમે સમસ્ત ખંડો જેવા કોઈ ખૂબ જ વિશાળ પ્રદેશો વચ્ચેના જાતિ-વિસ્તાર સંબંધોનું પૃથક્કરણ (વિશ્લેષણ-analysis) કરશો તો તમને જોવા મળશે કે સમાશ્રયણ રેખાનો ઢાળ ખૂબ જ વધારે તીવ્ર (ત્રાંસો ઊભો ઢાળ-steeper) છે (Z રેખાનું મૂલ્ય 0.6થી 1.2 જેટલી ક્ષેત્રમર્યાદામાં હોય છે). ઉદાહરણ માટે, વિવિધ ખંડોના ઉષ્ણકટિબંધિય જંગલોમાં ફળાહારી (ફળ ખાનારા-fruit eating) પક્ષીઓ અને સસ્તનોની Z રેખાનો ઢોળાવ 1.15 જેટલો જોવા મળશે. *આ સંદર્ભમાં તીવ્ર ઢોળાવ (ત્રાંસા ઊભા ઢાળ)નો અર્થ શું છે ?*

15.1.3 નિવસનતંત્ર માટે જૈવ-વિવિધતાનું મહત્ત્વ (The importance of Species Diversity to the Ecosystem)

શું કોઈ સમુદાય (community)માં જાતિની સંખ્યા ખરેખર નિવસનતંત્રની કામગીરી માટે મહત્ત્વપૂર્ણ બાબત છે ? આ એક સવાલ છે કે, જેના માટે પરિસ્થિતિવિદો એક ચોક્કસ જવાબ આપી શક્યા નથી. ઘણા દાયકાઓ (decades) સુધી, પરિસ્થિતિવિદો માનતા હતા કે, વધુ જાતિઓ ધરાવતા સમુદાયો, સામાન્ય રીતે ઓછી જાતિઓ ધરાવતા સમુદાયો કરતાં વધારે સ્થિર વલણ (tend) ધરાવે છે. એક જૈવિક સમુદાય માટે સચોટ સ્થિરતા શું છે ? એક સ્થિર સમુદાયે તેની ઉત્પાદકતામાં વર્ષે-વર્ષે ઘણો ફેરફાર (વધુ વિવિધતા) થવો જોઈએ નહિ; તે સમયે-સમયે આવનાર અવરોધો માટે પ્રતિરોધક કે પ્રસંગોપાત્ વિક્ષેપો-resistant or occasional disturbances (કુદરતી કે માનવસર્જિત) સામે પ્રતિકારક અથવા સ્થિતિસ્થાપક (resilient) હોવું જોઈએ અને તે વિદેશી જાતિઓ દ્વારા થતા આક્રમણ માટે પ્રતિરોધક (resistant to invasions) પણ હોવું જ જોઈએ. આપણે જાણતા નથી કે આ લક્ષણો સમુદાયમાં જાતિસમૃદ્ધિ સાથે કેવી રીતે જોડાયેલાં છે, પરંતુ ડેવિડ ટિલમેન (David Tilman)ના પ્રયોગશાળાની બહાર ભૂખંડો પર કરવામાં આવેલ લાંબા સમયના નિવસનતંત્રના પ્રયોગો

આ વિષયે કેટલાક કામચલાઉ જવાબો પૂરા પાડે છે. ટિલમેનને જોવા મળ્યું કે, વધુ જાતિઓ ધરાવતા ભૂખંડો એ કુલ જૈવભારમાં વર્ષે-વર્ષે ઓછો ફેરફાર (ઓછી વિવિધતા) દર્શાવતા હતા. તેઓએ તેમના પ્રયોગોમાં એ પણ દર્શાવ્યું કે વધતી જતી વિવિધતાએ તેની ઉચ્ચ ઉત્પાદકતામાં ફાળો આપ્યો હતો.

તેમ છતાં આપણે સંપૂર્ણપણે જાણતા નથી કે, જાતિસમૃદ્ધિ કેવી રીતે નિવસનતંત્રને સારું કે તંદુરસ્ત બનાવી રાખવામાં સહયોગ આપે છે. આપણે ખ્યાલ કે સમજણ પૂરતું જાણીએ છીએ કે, સમૃદ્ધ જૈવ-વિવિધતા એ ફક્ત નિવસનતંત્રની તંદુરસ્તી માટે જ આવશ્યક નથી પરંતુ આ ગ્રહ પર માનવજાતિના લાંબા અસ્તિત્વ કે જીવન ટકાવી રાખવા માટે પણ અનિવાર્ય છે. આ સમયે જ્યારે આપણે એકદમ ઘટતા જતા દરની ગતિએ (ભયંકર ચેતવણી આપતી ગતિએ-alarming pace) જાતિઓ ગુમાવી રહ્યા છીએ, ત્યારે કોઈ કદાચ પૂછે કે જો કેટલીક જાતિઓ લુપ્ત થઈ જાય તો શું આ બાબત આપણા માટે ખરેખર મહત્ત્વની છે ? જો પશ્ચિમ ઘાટનાં વૃક્ષો પર જોવા મળતી દેડકાની એક જાતિ (tree frog species) હંમેશાં માટે વિલુપ્ત થઈ જાય તો શું પશ્ચિમ ઘાટનાં નિવસનતંત્રો ઓછાં ક્રિયાશીલ બની જશે ? જો પૃથ્વી પર કીડીઓની 20,000 જાતિઓને બદલે આપણી પાસે માત્ર 15,000 જાતિઓ જ રહે ત્યારે કહો કે તે આપણા જીવનની ગુણવત્તા પર કેવી રીતે અસર કરે છે ?

આવા સરળ પ્રશ્નોના કોઈ સીધા જવાબો નથી, પરંતુ સ્ટેન્ડફૉર્ડના પરિસ્થિતિવિદ્ પૉલ એહરલિક (Stanford ecologist Paul Ehrlich) દ્વારા ઉપયોગ કરવામાં આવેલી સાદૃશ્યતા (ધી રીવેટ પોપર પૂર્વધારણા-the 'rivet popper hypothesis') દ્વારા આપણે યોગ્ય વિચાર કે પરિપ્રેક્ષ્ય (perspective) વિકસિત કરી શકીએ છીએ. એક વિમાન જેવા નિવસનતંત્ર (નિવસનતંત્ર એક વાયુયાન જેવું છે કે જેમાં આપણે મુસાફરો જેવા છીએ)ના બધા જ ભાગોને હજારો ખીલીઓ (રીવેટ્સ) (જાતિઓ)ના ઉપયોગ દ્વારા એકસાથે જોડવામાં આવે છે. જો વિમાનના દરેક મુસાફરો તેમાં જડેલી એક-એક ખીલી (રીવેટ) ખોલીને તેમના ઘરે લઈ જવાનું શરૂ કરે (આવી રીતે જાતિઓ લુપ્ત થઈ જાય છે), ત્યારે શરૂઆતમાં તો વિમાનની સુરક્ષાને અસર થશે નહિ (નિવસનતંત્રની ક્રિયાશીલતા યોગ્ય રહેશે), પરંતુ જો વધુ ને વધુ ખીલીઓ ખોલી લેવામાં કે દૂર કરવામાં આવે, ત્યારે કેટલાક સમય પછી વિમાન જોખમી રીતે પડી ભાંગશે (dangerously weak). સાથે-સાથે એ પણ મહત્ત્વનું છે કે કયો રીવેટ કાઢી નાંખવામાં આવ્યો છે તે પણ નિર્ણાયક કે અંતિમ જોખમી હોઈ શકે છે. વિમાનની અંદરની બાજુએ બેઠકો કે બારીઓ પરના થોડા રીવેટ્સની નુકસાની કરતાં તેની પાંખો પર રહેલા રીવેટ્સની ખોટ કે નુકસાની (એટલે કે ચાવીરૂપ જાતિઓ કે જે નિવસનતંત્રની મુખ્ય ક્રિયાવિધિને સંચાલિત કરે છે)થી દેખીતી રીતે વિમાનને સલામતી માટે ગંભીર જોખમ (serious threat) છે. (વિમાનની પાંખોના રીવેટ્સની અહીં નિવસનતંત્રની મુખ્ય જાતિઓ સાથે તુલના કરવામાં આવે છે.)

15.1.4 જૈવ-વિવિધતાની ક્ષતિ કે નુકસાની (Loss of Biodiversity)

જ્યારે કોઈ નવી જાતિઓનો પૃથ્વીના ખજાના (તિજોરી-treasury)માં ઉમેરો (જાતિઉદ્‌ભવ દ્વારા) કરવામાં આવે ત્યારે તે શંકાસ્પદ લાગે છે, પરંતુ તેમના સતત-નિરંતર નુકસાન વિશે કોઈ શંકા નથી. આપણા ગ્રહ (પૃથ્વી)ની જૈવિક સંપદા ખૂબ જ ઝડપથી ઘટી રહી છે અને આક્ષેપિત (આરોપી-accusing) આંગળી સ્પષ્ટપણે માનવપ્રવૃત્તિઓ તરફ ચિંધાઈ રહી છે. માનવીઓ દ્વારા ઉષ્ણકટિબંધિય પ્રશાંત વિસ્તારના બરફ આચ્છાદિત ટાપુઓ (tropical pacific islands)ના વસાહતીકરણ (colonization)ને કારણે ત્યાંનાં સ્થાનિક પક્ષીઓની 200થી પણ વધારે જાતિઓ લુપ્ત થઈ ગઈ છે. IUCN રેડ લિસ્ટ (Red List) 2004ના દસ્તાવેજી પુરાવાઓ પ્રમાણે પાછલાં 500 વર્ષોમાં 784 જાતિઓ (338 પૃષ્ઠવંશીઓ, 359 અપૃષ્ઠવંશીઓ-invertebrates, 87 વનસ્પતિઓની જાતિઓ સમાવેશિત) લુપ્ત થઈ ગઈ છે. તાજેતરની લુપ્ત જાતિઓ (extinction species)નાં કેટલાંક ઉદાહરણોમાં ડોડો-dodo (મોરેશિયસ-Mauritius), ક્વેગા-quagga (આફ્રિકા-Africa), થાયલેસિન-thylacine (ઑસ્ટ્રેલિયા-Australia), સ્ટીલર સી કાઉ-Steller Sea Cow (રશિયા-Russia) અને વાઘની ત્રણ ઉપજાતિઓ બાલી (Bali), જાવાન (Javan) તથા કાસ્પિયન (Caspian) છે. છેલ્લાં 20 (વીસ) વર્ષો જ 27 (સત્તાવીસ) જાતિઓના અદૃશ્ય થવાના સાક્ષી (witness) રહ્યા છે. અહેવાલોનું કાળજીપૂર્વકનું આંકડાકીય પૃથક્કરણ (વિશ્લેષણ) દર્શાવે

છે કે સમગ્ર વર્ગકોનું વિલોપન એ યાદૃચ્છિક (random) નથી; જેમકે ઉભયજીવીઓ જેવાં કેટલાંક જૂથો લુપ્ત થવા માટે વધુ સંવેદનશીલ (more vulnerable to extinction) લાગે છે. લુપ્તતાના ભયાનક દૃશ્ય (grim scenario of extinction)માં ઉમેરો કરતાં એ પણ હકીકત (fact) છે કે વિશ્વવ્યાપી 15,500 કરતાં પણ વધારે જાતિઓ લુપ્ત થવાના ભયનો સામનો (facing the threat of extinction) કરી રહી છે. વર્તમાન વિશ્વમાં, બધી જ પક્ષી જાતિઓના 12 %, બધી જ સસ્તન જાતિઓના 23 %, બધી જ ઉભયજીવી જાતિઓના 32 % અને બધી જ અનાવૃત્ત બીજધારીઓના 31 % જાતિઓ લુપ્ત થવાના ભયનો સામનો કરે છે કે વિનાશના આરે આવીને ઊભી છે.

અશ્મિ અહેવાલોના માધ્યમ દ્વારા પૃથ્વી પરના જીવનના ઇતિહાસના અભ્યાસ પરથી આપણે જાણ્યું છે કે, જાતિઓનું મોટા પાયે થતું નુકસાન જે હાલમાં આપણે જોઈ રહ્યા છીએ તેવું અગાઉ મનુષ્યજાતિના અવતરણ (આગમન) પહેલાં પણ થયું છે. લાંબા સમય દરમિયાન લગભગ 3 બિલિયન વર્ષ પહેલાં જ્યારથી પૃથ્વી પર જીવનનો ઉદ્ભવ તથા વૈવિધ્યીકરણ થયું છે ત્યારથી આજ સુધીમાં પાંચ વખત જાતિઓના સામૂહિક વિલોપન (વિનાશ)નો ઘટનાક્રમ થયો છે. વર્તમાન સમયમાં છઠ્ઠી (6) વારનું વિલોપન કે વિનાશ પ્રગતિ પર છે તે પહેલાંના પાંચ ઘટનાક્રમથી કેવા પ્રકારે અલગ હશે ? તફાવત ફક્ત તેના દરમાં છે. વર્તમાન સમયમાં જાતિઓના વિલોપનનો દર એ માનવ-અસ્તિત્વના સમય પૂર્વે થવાવાળા વિલોપન કરતાં 100થી 1000 ગણો ઝડપી આંકવામાં આવ્યો છે અને આ ઝડપી દર માટે આપણી ક્રિયાવિધિઓ જ જવાબદાર છે. પરિસ્થિતિવિદોને ચિંતાજનક ચેતવણી (warn) છે કે જો જાતિ ઘટાડાનો આ વર્તમાન સિલસિલો સતત ચાલુ રહ્યો, તો આવતાં સો (100) વર્ષોની અંદર જ પૃથ્વી પરની તમામ જાતિઓની લગભગ અડધા ભાગની જાતિઓ વિલુપ્ત થઈ જશે.

સામાન્ય રીતે, કોઈ પ્રદેશમાં જૈવ-વિવિધતાને નુકસાન થવાથી (a) વનસ્પતિ-ઉત્પાદનમાં ઘટાડો થાય છે. (b) દુષ્કાળ (drought) જેવા પર્યાવરણીય ઉપદ્રવો (perturbations) તરફનું નિમ્ન પ્રતિરોધન (c) વનસ્પતિ-ઉત્પાદકતા, પાણીનો ઉપયોગ અને જંતુ તથા રોગચક્રો (pest and disease cycles) જેવી કેટલીક નિવસનતંત્રકીય પ્રક્રિયાઓમાં પરિવર્તનશીલતા વધવા પામવી.

જૈવ-વિવિધતાની નુકસાનીનાં કારણો (Causes of Biodiversity losses) : જાતિ-વિલોપન (વિલુપ્તતા)નો વધતો જતો દર કે જેનો વિશ્વ આજે સામનો કરી રહ્યું છે તે મુખ્યત્વે માનવ-પ્રવૃત્તિઓને કારણે છે. તેનાં મુખ્ય ચાર કારણો છે (ધી એવિલ ક્વાર્ટેટ-The 'Evil Quartet' એ ઉપશીર્ષક છે કે જેનો તેમના વર્ણન માટે નીચે પ્રમાણે ઉપયોગ થાય છે.)

(i) ***વસવાટી નુકસાન અને અવખંડન (Habitat Loss and Fragmentation) :*** પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિઓના વિલોપન માટેનું આ સૌથી મુખ્ય કારણ છે. ઉષ્ણકટિબંધના વર્ષાવનોમાં થતી વસવાટ નુકસાની (વસવાટ નાબૂદી-habitat loss) એ તેનાં નાટ્યાત્મક ઉદાહરણો (dramatic examples) છે. એક સમયે વર્ષાવનો એ પૃથ્વીની જમીનસપાટીના 14 % કરતાં પણ વધારે વિસ્તારને આવરી લેતા હતા, પરંતુ હાલમાં આ વર્ષાવનો 6 % કરતાં વધારે વિસ્તાર આવરતા નથી. તેઓ ખૂબ જ ઝડપથી નાશ થતાં રહે છે કે જ્યારે તમે આ પ્રકરણ વાંચવાનું પૂરું કરો ત્યાં સુધીમાં (તેટલા સમયમાં) તો વર્ષાવનોના 1000થી વધુ હેક્ટર્સ (hectares) નાશ પામ્યાં હશે. એમેઝોન વર્ષાવન (તે ખૂબ જ વિશાળ છે જેથી તેને પૃથ્વી ગ્રહનું ફેફસું-lungs of the planet) કહેવાય છે તે કદાચ લાખો જાતિઓનો આશ્રય છે તેને સોયાબીન (soya beans)ની ખેતી માટે કાપીને સાફ કરી દેવામાં આવ્યું છે કે ગૌમાંસ આપતા ઢોર (beef cattle)ના ચારા માટે તૃણ કે ઘાસભૂમિ (grass lands)માં ફેરવી દેવામાં આવ્યું છે. સંપૂર્ણ વસવાટ-નાબૂદી ઉપરાંત પ્રદૂષણ (pollution)ના કારણે પણ ઘણા વસવાટો અવનતીકરણ (degradation) થયા છે તથા ઘણી જાતિઓના અસ્તિત્વ માટે ખતરો (જોખમ-threatens) પણ ઊભો થયો છે. જ્યારે વિવિધ માનવ-પ્રવૃત્તિઓને કારણે વિશાળ વસવાટો (નિવાસસ્થાનો)ને નાના-નાના ખંડોમાં વિભાજિત કરી દેવામાં આવે છે ત્યારે જે સસ્તનો અને પક્ષીઓને મોટા પ્રદેશોની જરૂરિયાત છે તે અને પ્રવાસી પ્રકૃતિવાળાં કેટલાંક પ્રાણીઓ તેનાથી ખરાબ રીતે અસર પામે છે જેથી તેઓ વસ્તી ઘટાડા તરફ દોરાય છે.

(ii) ***અતિશોષણ (Over-exploitation) :*** મનુષ્યો હંમેશાં ખોરાક અને આશ્રયસ્થાન માટે પ્રકૃતિ (કુદરત-nature) પર આધાર રાખે છે પરંતુ જ્યારે તેમની આવશ્યકતા લાલચ (લોભ-greed)માં બદલાઈ જાય છે ('needs' turns to 'greed') ત્યારે નૈસર્ગિક સ્રોતોનું અતિશોષણ શરૂ થાય છે. મનુષ્યો દ્વારા થતા અતિશોષણને કારણે પાછલાં પાંચસો (500) વર્ષોમાં સ્ટીલર સી કાઉ (Steller's Sea Cow), પેસેન્જર પીજીઅન (passenger pigean) જેવી ઘણી જાતિઓ લુપ્ત થઈ ગઈ છે. આજે ઘણી દરિયાઈ માછલીઓની વસ્તી વધુપડતા શિકારને કારણે સમગ્ર વિશ્વમાં ઓછી થઈ રહી છે તેથી કેટલીક વ્યાવસાયિક રીતે મહત્ત્વની (commerciall important) જાતિઓનું લાંબું અસ્તિત્વ ખતરામાં મુકાયું છે.

(iii) ***વિદેશી જાતિઓનું અતિક્રમણ (Alien species invasions) :*** જ્યારે વિદેશી જાતિઓ અજાણતાં કે જાણી જોઈને ઇરાદાપૂર્વક (unintentionally or deliberately) કોઈ પણ આશયથી કોઈ પ્રદેશમાં દાખલ થાય છે ત્યારે તેમનામાંથી કેટલીક જાતિઓ આક્રમક થઈને સ્થાનિક જાતિઓમાં ઘટાડો કે તેમના વિલોપનનું કારણ બની જાય છે. જ્યારે નાઇલ પર્શને(Nile perch-એક જાતની મીઠા જળની માછલી)ને પૂર્વ આફ્રિકાના વિક્ટોરિયા સરોવર (Victoria lake)માં દાખલ કરવામાં આવી ત્યારે તેના પરિણામ સ્વરૂપ સરોવરમાં રહેલી પરિસ્થિતિકીય રીતે અજોડ સ્થાનિક સિચલિડ માછલીઓ (cichlid fishes)ની 200થી પણ વધારે જાતિઓના સમૂહ એકસાથે વિલુપ્ત થઈ ગયો. તમે ગાજર ઘાસ (carrot grass-*Parthenium*), ગંધારી (*Lantana*) અને જળકુંભિ (water hyacinth-*Eichornia*) જેવી આક્રમક નીંદણ જાતિઓ દ્વારા થતા પર્યાવરણીય નુકસાન અને આપણી સ્થાનિક જાતિઓ માટે ઉદ્ભવેલા ખતરાથી પરિચિત હોવા જ જોઈએ. તાજેતરમાં જળચર સજીવ ઉછેરના હેતુ (ઉદ્દેશ) માટે ક્લેરિયસ ગેરિપિનસ (*Clarian gariepinus*) નામની આફ્રિકન કેટફિશ (African catfish)ને ગેરકાયદેસર રીતે આપણી નદીઓમાં લાવવામાં આવી, તો હાલમાં આપણી સ્થાનિક કેટફિશ માછલીઓ માટે જોખમ ઊભું થયું છે.

(iv) ***સહવિલોપન કે સહલુપ્તતા (Co-extinctions) :*** જ્યારે એક જાતિ લુપ્ત થઈ જાય છે ત્યારે તેની સાથે સંકળાયેલી વનસ્પતિ અને પ્રાણીજાતિઓ પણ ફરજિયાત રીતે લુપ્ત થઈ જાય છે. જ્યારે યજમાન માછલીની જાતિ (host fish species) લુપ્ત થાય છે ત્યારે તેના પરોપજીવીઓનું વિશિષ્ટ જૂથ (unique assemblage of parasites) પણ એ જ નિયતિ (fate)ને પૂર્ણ કરે છે. વનસ્પતિ-પરાગવાહકની સહોપકારિતા (plant-pollinator mutualism)ના સહવિકાસ (coevolved)નો કિસ્સો એ તેનું બીજું ઉદાહરણ છે કે જ્યાં એક (જાતિ)નું વિલોપન એ નિશ્ચિતપણે બીજી (જાતિ)ના વિલોપન તરફ દોરાય છે.

15.2 જૈવ-વિવિધતાનું સંરક્ષણ (Biodiversity Conservation)

15.2.1 આપણે જૈવ-વિવિધતા સંરક્ષણ શા માટે કરવું જોઈએ ? (Why Should We Conserve Biodiversity ?)

તેનાં ઘણાં કારણો છે, કેટલાંક સ્પષ્ટ અને બીજાં કેટલાંક અસ્પષ્ટ છે, પરંતુ બધાં સમાન રીતે મહત્ત્વપૂર્ણ છે. તેમને ત્રણ વર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે; સંક્ષિપ્ત રીતે ઉપયોગિતાવાદી (narrowly utilitarian), વ્યાપક રીતે ઉપયોગિતાવાદી (broadly utilitarian) અને નૈતિક (ethical).

જૈવ-વિવિધતાના સંરક્ષણ માટે **સંક્ષિપ્ત રીતે ઉપયોગી** દલીલો સ્પષ્ટ છે; જેમકે મનુષ્યો પ્રકૃતિમાંથી અગણિત સીધા આર્થિક લાભો મેળવે છે - ખોરાક (ધાન્ય-cereals, કઠોળ-pulses, ફળ-fruits), બળતણ (firewood), રેસા (fibers), બાંધકામ-સામગ્રી (construction materials), ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનો (ટેનિન્સ-tannins, ઊંજણ-lubricants, રંગકો-dyes, રાળ-resins, અત્તર-perfumes) તથા ઔષધકીય મહત્ત્વનાં ઉત્પાદનો. વર્તમાન વૈશ્વિક બજારમાં વેચાતી 25 % કરતાં વધારે દવાઓ વનસ્પતિઓમાંથી મેળવવામાં આવે છે અને સમગ્ર વિશ્વના મૂળ સ્થાનિક લોકો દ્વારા ઉપયોગમાં લેવામાં આવતી લગભગ 25,000 જેટલી વનસ્પતિઓની જાતિઓ પરંપરાગત દવાઓ (ઔષધો)માં ફાળો આપે છે. એ કોઈ જાણતું નથી કે ઘણી બધી ઔષધીય રીતે ઉપયોગી વનસ્પતિઓની ઉષ્ણકટિબંધિય વર્ષાવનોમાં શોધ બાકી છે. જો સ્રોતો (સંસાધનો-

resources)ના વધારા સાથે 'જૈવ-શોધખોળ-bioprospecting' (આર્થિક રીતે મહત્ત્વનાં ઉત્પાદનો માટે આણ્વિય, જનીનિક અને જાતીય સ્તરે વિવિધતાની શોધ) કરવામાં આવે તો સમૃદ્ધ જૈવ-વિવિધતા ધરાવતાં રાષ્ટ્રો તેના વધુ લાભો (ફાયદા) લેવાની અપેક્ષા રાખી શકે છે.

વ્યાપક ઉપયોગિતાવાદી દલીલો કહે છે કે, પ્રકૃતિ દ્વારા પ્રદાન કરવામાં આવતી ઘણી નિવસનતંત્રકીય સેવાઓમાં જૈવ-વિવિધતા મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. ખૂબ જ ઝડપથી નાશ પામતા કે ઘટતા જતાં એમેઝોન જંગલો પ્રકાશસંશ્લેષણ (photosynthesis) દ્વારા પૃથ્વીના વાતાવરણમાં કુલ ઑક્સિજનના લગભગ 20 % જેટલો ઑક્સિજન ઉત્પન્ન કરતા હોવાનો અંદાજ છે. શું આપણે પ્રકૃતિ દ્વારા પ્રદાન કરવામાં આવતી આ સેવાનું આર્થિક મૂલ્ય આંકી શકીએ છીએ ? તમારી નજીકની હૉસ્પિટલમાં એક ઑક્સિજન સિલિન્ડર પર કેટલો ખર્ચ થાય છે તેનાથી તમે તેનું કેટલુંક અનુમાન લગાવી શકો છો. પરાગનયન (જેના વગર વનસ્પતિઓ આપણને ફળ તથા બીજ આપી શકતી નથી) નિવસનતંત્રની બીજી સેવા છે જે પરાગવાહકો જેવા કે મધમાખી (bees), ભમરા (bumblebees), પક્ષીઓ (birds) તથા ચામાચીડિયા (bats) દ્વારા નિવસનતંત્રો આપણને પ્રદાન કરે છે. *પ્રાકૃતિક પરાગવાહકોની મદદ વગર પરાગનયન પૂર્ણ કરવાનો ખર્ચો શું હશે ?* બીજા અપ્રત્યક્ષ (અમૂર્ત-intangible) લાભો પણ છે જે આપણે પ્રકૃતિમાંથી મેળવીએ છીએ. જેમકે લાકડાના જાડા ગોળવા ફેરવીને (walking through thick wood) ચાલવાનો વનભ્રમણ દરમિયાન વસંતઋતુમાં સંપૂર્ણ ખીલેલાં પુષ્પો નિહાળવાનો (watching spring flowers in full bloom) કે સવારમાં બુલબુલનાં ગીત સાંભળતાં-સાંભળતાં જાગવાનો સૌંદર્યલક્ષી આનંદ (waing up to bulbul's song in the morning). શું આપણે આવી વસ્તુઓ પર કોઈ ભાવસૂચક (price tag-કિંમત દર્શાવતી કાપલી) કિંમત મૂકી શકીએ ?

જૈવ-વિવિધતાના સંરક્ષણ માટે **નૈતિક** દલીલનો સંબંધ આ પૃથ્વીગ્રહ પર રહેલી એવી વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ તથા સૂક્ષ્મજીવોની લાખો જાતિઓ સાથે છે જેના આપણે ઋણી છીએ કે જેમની સાથે આપણે રહીએ છીએ. દાર્શનિક કે અધ્યાત્મિક રીતે (philosophically or spiritually) આપણે એ સમજવાની જરૂર છે કે દરેક જાતિઓ તેનું આંતરિક (intrinsic) મૂલ્ય ધરાવે છે, ભલે પછી આપણા માટે તેનું વર્તમાનમાં કોઈ પણ આર્થિક મૂલ્ય ન હોય. ભવિષ્યની આવનારી પેઢીઓને સારી રીતે સુનિશ્ચિત કરવા તેમજ તેમની સુખાકારી માટે આપણા જૈવિક વારસા (ધરોહર-legacy)નું જતન કરવાની આપણી નૈતિક ફરજ બને છે.

15.2.2 આપણે જૈવ-વિવિધતાનું સંરક્ષણ કેવી રીતે કરવું જોઈએ ? (How do we conserve Biodiversity ?)

જ્યારે આપણે સમગ્ર નિવસનતંત્રને સંરક્ષિત અને સુરક્ષિત (conserve and protect) કરીએ છીએ ત્યારે તે જૈવ-વિવિધતાના બધા જ સ્તરો પણ સુરક્ષિત થઈ જાય છે. આપણે વાઘને બચાવવા માટે સમગ્ર જંગલને બચાવવું પડે છે. આ અભિગમને સ્વસ્થાન-in situ (એ જ જગ્યાએ-on site) સંરક્ષણ કહે છે. જોકે, જ્યારે એવી કોઈ પરિસ્થિતિઓ હોય કે જ્યાં પ્રાણી અથવા વનસ્પતિનું અસ્તિત્વ જોખમ કે સંકટ (endangered or threatened)માં મુકાયું હોય (સજીવો જંગલમાં કે જ્યાં છે ત્યાં નજીકના ભવિષ્યમાં લુપ્ત થવાના અત્યંત વધુ જોખમનો સામનો કરતાં હોય) અને તેને વિલોપનના સંકટમાંથી બચાવવા ત્વરિત પગલાં લેવાની આવશ્યકતા હોય, ત્યારે બાહ્ય સ્થાન-ex situ (અન્ય જગ્યાએ-off site) સંરક્ષણ એ ઈચ્છનિય અભિગમ (desirable approach) છે.

***સ્વસ્થાન* સંરક્ષણ (*In situ* conservation) :** વિકાસ તથા સંરક્ષણની વચ્ચેના સંઘર્ષ (conflict)નો સામનો કરવા છતાં પણ ઘણાં રાષ્ટ્રોને અવાસ્તવિક (unrealistic) લાગે છે અને તેમની તમામ જૈવિક સંપદાનું સંરક્ષણ કરવાનું આર્થિક રીતે વ્યાવહારિક પણ લાગતું નથી. નિશ્ચિતપણે, જેટલા સંરક્ષણના સ્રોતો (સંસાધનો) ઉપલબ્ધ છે તેનાથી વિલોપનમાંથી બચવાની રાહ જોતી જાતિઓની સંખ્યાને બચાવવી દૂરની વાત છે. વૈશ્વિક આધાર પર, આ સમસ્યા શ્રેષ્ઠ સંરક્ષણવાદીઓ (eminent conservationists) દ્વારા સંબોધવામાં આવેલ છે. તેઓએ મહત્તમ સુરક્ષા માટે ખૂબ જ ઉચ્ચ સ્તરોની જાતિસમૃદ્ધિ ધરાવતા અને ઉચ્ચપ્રમાણની **સ્થાનિકતા-endemism** (એટલે કે જાતિઓ જે-તે પ્રદેશ પૂરતી મર્યાદિત હોય અને અન્યત્ર બીજે ક્યાંય જોવા મળતી ન હોય) ધરાવતા કેટલાક જૈવ-વિવિધતાના ધ્યાન ખેંચતા પ્રદેશો (હૉટસ્પૉટ્સ-hotspots) ઓળખ્યા છે. શરૂઆતમાં પચીસ (25) જૈવ-વિવિધતાના

હૉટસ્પૉટ્સની ઓળખ કરવામાં આવી હતી પરંતુ ત્યાર બાદ આ યાદીમાં 9 હૉટસ્પૉટ વધારે ઉમેરવામાં આવ્યા હતા. આમ, વિશ્વભરમાં જૈવ-વિવિધતાના હૉટસ્પૉટની કુલ સંખ્યા 34 સુધી લઈ જવાઈ છે. આ હૉટસ્પૉટ્સ એ ત્વરિત રીતે ક્ષતિ પામતા આવાસીય ક્ષેત્રો પણ છે. આમાંથી 3 હૉટસ્પૉટ્સ-પશ્ચિમ ઘાટ અને શ્રીલંકા (Western Ghats and Sri Lanka), ઇન્ડો-બર્મા (Indo-Burma) તથા હિમાલય (Himalaya) છે જે અપવાદરૂપે આપણા દેશની ઉચ્ચ જૈવ-વિવિધતાનાં ક્ષેત્રોને આવરી લે છે. તેમ છતાં બધા જ જૈવ-વિવિધતાવાળા હૉટસ્પૉટ્સને એકસાથે ભેગા કરીએ તોપણ તે પૃથ્વીના જમીનવિસ્તારના 2 % કરતાં ઓછા થાય છે, પરંતુ આ ક્ષેત્રોમાં સામૂહિક રીતે આવાસિત જાતિઓની સંખ્યા અત્યંત વધારે છે તથા આ હૉટસ્પૉટ્સની કડક સુરક્ષા દ્વારા ચાલુ રહેલા સમૂહ વિલોપનના દરને લગભગ 30 % સુધી ઘટાડી શકાય છે.

ભારતમાં, પરિસ્થિતિકીય રીતે અદ્વિતીય અને જૈવ-વિવિધતા-સમૃદ્ધ પ્રદેશોને જૈવાવરણ આરક્ષિત વિસ્તારો (biosphere reserve areas), રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો (national parks) અને અભયારણ્યો (sanctuaries) તરીકે કાયદાકીય (legally) સુરક્ષા આપવામાં આવી છે. અત્યારે ભારતમાં 14-જૈવાવરણ આરક્ષિત વિસ્તારો, 90-રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો અને 448-વન્યજીવ અભયારણ્યો છે. ભારતમાં ધાર્મિક અને સાંસ્કૃતિક પરંપરાઓ (religious and cultural traditions)નો ઇતિહાસ પણ છે જે પ્રકૃતિની સુરક્ષા પર ભાર મૂકે છે. ઘણી સંસ્કૃતિઓમાં, જંગલો માટે અલગ હિસ્સો છોડી દેવામાં આવતો હતો અને તેમાં રહેલાં બધાં જ વૃક્ષો તથા વન્યજીવનની પૂજા કરવામાં આવતી અને સમગ્ર રીતે રક્ષણ આપવામાં આવતું. આ પ્રકારનાં **પવિત્ર ઉપવનો (sacred grooves**-ધાર્મિક માન્યતાને આધારે વનસ્પતિ-પ્રાણી સુરક્ષિત વિસ્તારો) મેઘાલયની ખાસી અને જયંતિયા ટેકરીઓ (Khasi and Jaintia Hills in Meghalaya), રાજસ્થાનની અરવલ્લી ટેકરીઓ (Aravalli Hills of Rajasthan), કર્ણાટક અને મહારાષ્ટ્રના પશ્ચિમ ઘાટના વિસ્તારો (Western Ghat regions of Karnataka and Maharashtra) તથા મધ્યપ્રદેશના સરગુજા, ચંદા અને બસ્તર વિસ્તારો (Sarguja, Chanda and Bastar area of Madhya Pradesh)માં જોવા મળે છે. મેઘાલયમાં પવિત્ર ઉપવનો (sacred groves) એ દુર્લભ (rare) અને સંકટમાં રહેલ (threatened) વનસ્પતિઓની ઘણી સંખ્યા માટેના અંતિમ શરણાર્થીઓ (refuges) છે.

***નવસ્થાન* સંરક્ષણ (*Ex-situ* Conservation) :** આ અભિગમમાં, સંકટમાં રહેલ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓને તેમના કુદરતી નિવાસસ્થાનમાંથી બહાર કાઢી લેવામાં આવે છે અને એક વિશેષ જગ્યામાં લઈ જઈ સમૂહમાં રાખવામાં આવે છે કે જ્યાં તેમની સારી સુરક્ષા કરી શકાય અને ખાસ કાળજી આપી શકાય. પ્રાણીઉદ્યાનો (zoological parks), વનસ્પતિઉદ્યાનો (botanical gardens) અને વન્યજીવ સફારીઉદ્યાનો (wildlife safari parks) આ હેતુ માટે સેવાઓ આપે છે. એવાં ઘણાં પ્રાણીઓ જે જંગલોમાં વિલુપ્ત થઈ ગયાં છે પરંતુ પ્રાણીઉદ્યાનોમાં જાળવી રાખવાનું ચાલુ છે. તાજેતરનાં વર્ષોમાં સંકટમાં રહેલી ઘણી જાતિઓને તેમના ભયજનક દાયરામાં રાખ્યા સિવાય (સંકટમાં મુકાય તે પહેલાં) અગાઉથી જ બાહ્યસ્થાન સંરક્ષણ (ex-situ conservation) આપી દેવામાં આવે છે. હાલમાં સંકટમાં રહેલી જાતિઓના જન્યુઓની ક્રાયોપ્રિઝર્વેશન-cryopreservation તક્નિકીઓ (–196° સે તાપમાને અનિશ્ચિત સમય માટે સંગ્રહ કરવાની પદ્ધતિ)ના ઉપયોગથી જીવિત (viable) અને જનનક્ષમ અથવા ફળદ્રુપ (fertile) સ્થિતિમાં લાંબા સમયગાળા માટે સાચવણી કરી શકાય છે. ઈંડાને કૃત્રિમ રીતે (in vitro) ફલિત કરી શકાય છે અને વનસ્પતિઓને પેશી-સંવર્ધન (tissue culture) પદ્ધતિઓના ઉપયોગથી પ્રસર્જિત (propagated) કરી શકાય છે. વ્યાપારિક ધોરણે મહત્ત્વની વનસ્પતિઓના વિભિન્ન જનીનિક (genetic) જાતોના બીજને બીજબૅન્કો (seed banks)માં લાંબા સમયગાળા માટે રાખી શકાય છે.

જૈવ-વિવિધતા માટે કોઈ રાજકીય સીમાઓ નથી અને તેથી તેનું સંરક્ષણ બધાં રાષ્ટ્રોની સામૂહિક જવાબદારી છે. જૈવિક વિવિધતા પરનું ઐતિહાસિક સંમેલન-The Historic Convention on Biological Diversity (પૃથ્વી પરિષદ-'The Earth Summit') વર્ષ 1992માં રિયો ડી જાનેરો Rio de Janeiro ખાતે યોજવામાં આવેલ હતું. જેમાં તમામ રાષ્ટ્રોને સંબોધીને કહેવામાં આવ્યું હતું કે, જૈવ-વિવિધતાના સંરક્ષણ માટે યોગ્ય પગલાં લેવા તેમજ તેના લાભોનો એ રીતે ઉપયોગ કરવામાં આવે કે જેથી તે લાંબા સમય સુધી મળતા

રહે. તેને અનુસરીને વર્ષ 2002માં દક્ષિણ આફ્રિકાના જોહાનિસબર્ગ (Johannesburg)માં ટકાઉ વિકાસ પર વિશ્વ પરિષદ (World Summit) યોજવામાં આવી, જેમાં વિશ્વના 190 દેશો પ્રતિજ્ઞા લઈ વચનબદ્ધ (commitment) થયા કે તેઓ 2010 સુધીમાં વૈશ્વિક, પ્રાદેશિક તેમજ સ્થાનિક સ્તરે ઘટતા જતા જૈવ-વિવિધતાના વર્તમાન દરમાં નોંધપાત્ર ઘટાડો કરશે.

સારાંશ

લગભગ 3.8 બિલિયન વર્ષો પહેલાં પૃથ્વી પર જીવનની ઉત્પત્તિના સમયથી પૃથ્વી પર જૈવસ્વરૂપોનું પ્રચંડ વૈવિધ્યીકરણ (enormous diversification) થયું છે. જૈવ-વિવિધતા એ જૈવિક સંગઠનના બધા જ સ્તરોએ હાજર રહેલી કુલ વિવિધતા દર્શાવે છે. તેની વિશિષ્ટ મહત્ત્વતા એ છે કે, આનુવંશિક (જનીનિક-genetic), જાતીય (species) તથા નિવસનતંત્રકીય (ecosystem) સ્તરોએ વિવિધતા અને સંરક્ષણના પ્રયત્નો આ તમામ સ્તરોએ વિવિધતાનું રક્ષણ કરવાના ઉદ્દેશથી કરવામાં આવ્યા છે.

વિશ્વભરમાં 1.5 મિલિયન (15 લાખ)થી વધારે જાતિઓની નોંધણી કરવામાં આવી છે, પરંતુ હજુ પણ પૃથ્વી પર લગભગ 6 મિલિયન (60 લાખ) જાતિઓ શોધ તથા નામકરણની રાહ જોઈ રહી છે. નામકરણ કરવામાં આવેલ જાતિઓ પૈકી 70 %થી વધારે પ્રાણીઓ છે અને તેમાંથી પણ લગભગ 70 % તો કીટકો (insects) છે. તેમાં ફૂગનું જૂથ એ સંયુક્ત રીતે બધી જ સંયુક્ત પૃષ્ઠવંશી (vertebrate) જાતિઓ કરતાં પણ વધારે જાતિઓ ધરાવે છે. ભારત લગભગ 45,000 વનસ્પતિઓની જાતિઓ તથા તેનાથી બેગણી પ્રાણીઓની જાતિઓ સાથે વિશ્વના 12 મહાવિવિધતા (mega-diversity) ધરાવતા દેશો પૈકી એક છે.

પૃથ્વી પર જાતીય વિવિધતા એકસમાન રીતે વિતરિત નથી પરંતુ તે એક રસપ્રદ ભાતો (interesting patters) દર્શાવે છે. તે સામાન્યતઃ ઉષ્ણકટિબંધિય ક્ષેત્રમાં સૌથી વધારે તથા ધ્રુવો તરફ ઘટતી જાય છે. ઉષ્ણકટિબંધિય ક્ષેત્રમાં જાતીય સમૃદ્ધિની મહત્ત્વપૂર્ણ સ્પષ્ટતાઓ (explanations) આ પ્રકારે છે : ઉષ્ણકટિબંધિય ક્ષેત્રોને ઉદ્‌વિકાસકીય સમય (evolutionary time) વધારે મળ્યો; તેમને પર્યાવરણસંબંધી સ્થિરતા પ્રદાન થઈ તથા આ ક્ષેત્રએ વધારે સૂર્યઊર્જા મેળવી કે જે વધુ ઉત્પાદકતા (productivity) માટે સહભાગી બની. જાતીય સમૃદ્ધિ એ કોઈ પ્રદેશના ક્ષેત્રનું કાર્ય પણ છે; જાતિક્ષેત્ર સંબંધ એ સામાન્યતઃ એક લંબચોરસ અતિ વલયિક (rectangular hyperbola) કાર્ય છે.

એવું માનવામાં આવે છે કે, ઉચ્ચ વિવિધતા ધરાવતા સમુદાયો ઓછા પરિવર્તનશીલ, વધુ ઉત્પાદક તથા જૈવિક આક્રમણો (biological invasions) સામે વધારે પ્રતિરોધક હોય છે. પૃથ્વીના અશ્મિભૂત ઇતિહાસ (fossil history)માં ભૂતકાળમાં સામૂહિક વિનાશની ઘટનાઓ થવા પામી છે પરંતુ વર્તમાન વિલોપનનો દર મોટે ભાગે માનવ ક્રિયાવિધિઓ (human activities)ને આભારી છે જે પ્રાચીન દર કરતાં 100થી 1000 ગણો વધારે છે. વર્તમાન સમય (તાજેતર)માં લગભગ 700 જાતિઓ વિલુપ્ત થઈ ગઈ છે અને 15,500થી વધારે જાતિઓ (જેમાંથી 650થી વધારે ભારતમાંથી છે) વર્તમાન સમયમાં વિલોપનના સંકટનો સામનો કરી રહી છે. હાલમાં વધારે વિલોપનનાં કારણોમાં-વસવાટ ક્ષતિ-habitat loss (ખાસ કરીને જંગલો) અને અવખંડન (fragmentation), અતિશોષણ (over-exploitation), જૈવિક અતિક્રમણ (biological invasions) તથા સહવિલોપન (co-extinction) સામેલ છે.

પૃથ્વીની સમૃદ્ધ જૈવ-વિવિધતા માનવજાતની વધુ ચિરંજીવિતા (survival) માટે પ્રાણ સમાન છે. જૈવ-વિવિધતાને સંરક્ષિત કરવાનાં મુખ્ય કારણો સંકિર્ણ ઉપયોગિતાવાદી (narrowly utilitarian), વ્યાપક ઉપયોગિતાવાદી (broadly utilitarian) તથા નૈતિક (ethical) છે. નિવસનતંત્રથી આપણને પ્રત્યક્ષ લાભો (ખોરાક-food, રેસા-fiber, બળતણ-firewood તથા

ઔષધકીય-pharmaceutical વગેરે) ઉપરાંત તેના દ્વારા પરાગનયન-pollination, જંતુ-નિયંત્રણ-pest control, આબોહવા સંયમન-climate moderation તથા પૂર-નિયંત્રણ-flood control વગેરે જેવા ઘણા પરોક્ષ લાભો પણ મળે છે. પૃથ્વીની જૈવ-વિવિધતાની સારી રીતે સંભાળ લેવાની તથા તેને આપણી આગામી પેઢીને સારી રીતે પ્રદાન કરવાની આપણી નૈતિક જવાબદારી (moral responsibility) પણ છે.

જૈવ-વિવિધતા સંરક્ષણ સ્વસ્થાને તેમજ બાહ્યસ્થાને (ex situ) હોઈ શકે છે. સ્વસ્થાન (in situ) સંરક્ષણમાં સંકટમાં રહેલી નાશપ્રાય (endangered) જાતિઓને તેમના કુદરતી આવાસમાં જ સુરક્ષિત રાખવામાં આવે છે જેથી સમગ્ર નિવસનતંત્રને સુરક્ષિત રાખી શકાય છે. તાજેતરમાં વિશ્વના 34 જૈવ-વિવિધતા ધરાવતા હૉટસ્પૉટ (ધ્યાન ખેંચતા પ્રદેશો-hotspot)ના સઘન સંરક્ષણ માટેના પ્રયત્નો સૂચવવામાં આવ્યા છે. આ પૈકી ત્રણ (પશ્ચિમ ઘાટ-શ્રીલંકા, હિમાલય અને ઇન્ડો-બર્મા) ભારતના સમૃદ્ધ જૈવ-વિવિધતાવાળા પ્રદેશોને આવરી લે છે. આપણા દેશમાં સ્વસ્થાન સંરક્ષણના પ્રયાસો તેના 14 આરક્ષિત જૈવાવરણ વિસ્તારો (biosphere reserve areas), 90 રાષ્ટ્રીય ઉદ્યાનો (national parks), 450થી વધારે વન્યજીવ અભયારણ્યો (wildlife sanctuaries) તથા ઘણાં ખૂબ જ પવિત્ર ઉપવનો (sacred groves)માં પ્રતિબિંબિત થાય છે. બાહ્યસ્થાન સંરક્ષણ અંતર્ગત સંકટમાં રહેલી જાતિઓની રક્ષણાત્મક જાળવણીમાં પ્રાણીઉદ્યાનો (zoological parks) તથા વનસ્પતિ ઉદ્યાનો (botanical gardens), કૃત્રિમ રીતે ફલન (in vitro fertilization), પેશીસંવર્ધન પ્રસર્જન (tissue propagation) તથા જન્યુઓના ક્રાયોપ્રિઝર્વેશન (cryopreservation of gametes) જેવી પદ્ધતિઓ સમાવેશિત છે.

સ્વાધ્યાય

1. જૈવ-વિવિધતાનાં ત્રણ મહત્ત્વનાં ઘટકોનાં નામ જણાવો.
2. પરિસ્થિતિવિદો કેવી રીતે વિશ્વમાં રહેલી જાતિઓની કુલ સંખ્યાનો અંદાજ લગાવે છે ?
3. શા માટે ઉષ્ણકટિબંધિય ક્ષેત્રો સૌથી વધારે સ્તરોની જાતિસમૃદ્ધિ દર્શાવે છે તે માટેની ત્રણ પરિકલ્પનાઓ આપો.
4. જાતિ-ક્ષેત્ર સંબંધમાં સમાશ્રયણના ઢોળાવની શું મહત્ત્વતા છે ?
5. કોઈ એક જૈવભૌગોલિક ક્ષેત્રમાં જાતિક્ષતિનાં મુખ્ય કારણો શું છે ?
6. નિવસનતંત્ર ક્રિયાવિધિ માટે જૈવ-વિવિધતા કેવી રીતે મહત્ત્વની છે ?
7. પવિત્ર ઉપવનો શું છે ? તેમની સંરક્ષણમાં શું ભૂમિકા છે ?
8. નિવસનતંત્રીય સેવાઓ અંતર્ગત પૂર અને જમીન-ધોવાણ કે ઘસારાનું નિયંત્રણ છે. આ સેવાઓ નિવસનતંત્રનાં જૈવિક ઘટકો દ્વારા કેવી રીતે પ્રાપ્ત થાય છે ?
9. વનસ્પતિઓની જાતિ-વિવિધતા (22 %) એ પ્રાણીઓની (72 %) જાતિ-વિવિધતા કરતાં ખૂબ જ ઓછી છે; પ્રાણીઓને સૌથી વધારે વૈવિધ્યીકરણ પ્રાપ્ત થવાની સ્પષ્ટતા શું હોઈ શકે છે ?
10. તમે એવી સ્થિતિ વિશે વિચારી શકો છો કે, જ્યાં આપણે જાણી જોઈને કોઈ જાતિને વિલુપ્ત કરવાનું ઇચ્છીએ છીએ ? તમે તેને કેવી રીતે ઉચિત સમજશો ?

પ્રકરણ 16

પર્યાવરણીય સમસ્યાઓ (Environmental Issues)

16.1 હવા-પ્રદૂષણ અને તેનું નિયંત્રણ

16.2 જળ-પ્રદૂષણ અને તેનું નિયંત્રણ

16.3 ઘન કચરો

16.4 કૃષિ-રસાયણો અને તેમની અસરો

16.5 કિરણોત્સર્ગી કચરો

16.6 ગ્રીનહાઉસ–અસર અને વૈશ્વિક ઉષ્ણતા

16.7 સમતાપ મંડળમ (ઊર્ધ્વમંડળ)માં ઓઝોન અવક્ષયન

16.8 સંસાધનનો અનુચિત ઉપયોગ અને અનુચિત જાળવણી દ્વારા અવનતીકરણ

16.9 વનવિનાશ

છેલ્લાં સો વર્ષોમાં માનવવસ્તીમાં અતિશય વધારો થયો છે. આ કારણોથી ખોરાક, પાણી, ઘર, વીજળી, રસ્તા, વાહનો (મોટરગાડીઓ) તથા અસંખ્ય બીજી ચીજવસ્તુઓની માંગ (commodities) વધવા પામી છે. આ માંગણીઓ આપણા કુદરતી સંસાધનો (સ્રોતો) પર જબરદસ્ત દબાણ ઊભું કરે છે અને હવા, પાણી તથા જમીનના પ્રદૂષણમાં પણ સહભાગી બને છે. આપણા કિમતી પ્રાકૃતિક સંસાધનોનું અવનતીકરણ (અધઃપતન-degradation) તથા ભંગાણ (અવક્ષય-depletion) અને પ્રદૂષણને વિકાસની પ્રક્રિયાને અટકાવ્યા (halting) વગર ચકાસવાની આજે જરૂરિયાત છે.

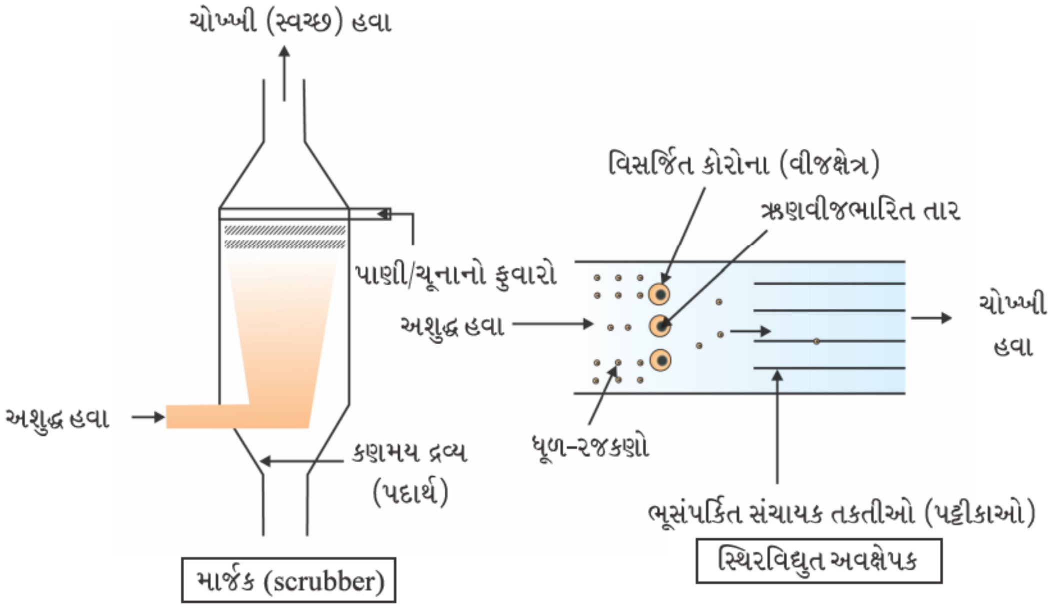
પ્રદૂષણ એ હવા, ભૂમિ, પાણી કે જમીનની ભૌતિક, રાસાયણિક કે જૈવિક લાક્ષણિકતાઓમાં થતો કોઈ પણ અનિચ્છનીય (undesirable) ફેરફાર છે. આવા અનિચ્છનીય ફેરફાર લાવતાં ઘટકોને **પ્રદૂષકો** કહેવામાં આવે છે. પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને નિયંત્રણમાં રાખવા તથા તેની સુરક્ષા કરવા તેમજ આપણા પર્યાવરણની ગુણવત્તા સુધારવા માટે ભારત સરકારે **પર્યાવરણ (સંરક્ષણ) અધિનિયમ-Environment (Protection) Act, 1986** પસાર કર્યો (હવા, પાણી અને જમીન).

16.1 હવા-પ્રદૂષણ અને તેનું નિયંત્રણ (Air Pollution and Its Control)

આપણે શ્વસનસંબંધી જરૂરિયાતો માટે હવા પર આધારિત છીએ. વાયુ-પ્રદૂષકો તમામ સજીવ જીવનને નુકસાન પહોંચાડે છે. તેઓ પાકની વૃદ્ધિ તથા ઉપજ ઘટાડે છે અને વનસ્પતિઓના અકાળ (અપરિપક્વ અવસ્થાએ) મૃત્યુનું કારણ બને છે. વાયુ-પ્રદૂષકો મનુષ્યોના અને પ્રાણીઓના શ્વસનતંત્ર પર પણ નુકસાનકારક રીતે અસર પહોંચાડે છે. આ હાનિકારક અસરો એ પ્રદૂષકોની સાંદ્રતા, નિરાચ્છાદન (exposure) સમયગાળો તથા સજીવ પર આધાર રાખે છે.

થર્મલ પાવર પ્લાન્ટ્સ (તાપ વિદ્યુતકીય એકમો-thermal power plants)ના

ધુમ્રસ્તંભો (ધુમાડાની ચિમનીઓ-smokestacks), ધાતુઓ ગાળવાનાં કારખાનાંઓ (પિગલકો-smelters) અને અન્ય ઉદ્યોગો દ્વારા નુકસાનકારક કણસ્વરૂપ અને વાયુસ્વરૂપ પ્રદૂષકો નીકળે છે. આ પ્રદૂષકો નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન વગેરે જેવા બિનહાનિકારક વાયુઓ સાથે ભળીને વાયુરૂપ હવા-પ્રદૂષકો મુક્ત થાય છે. વાયુમંડળમાં મુક્ત થાય તે પહેલાં આવા પ્રદૂષકોને અલગ કરીને કે ગાળણ કરીને અવશ્ય બહાર કાઢી લેવા જોઈએ.



આકૃતિ 16.1 : સ્થિરવિદ્યુત અવક્ષેપક

કણસ્વરૂપી દ્રવ્યોને બહાર કાઢી લેવાની ઘણી રીતો છે; તે પૈકી **સ્થિરવિદ્યુત અવક્ષેપક** (ઇલેક્ટ્રૉસ્ટેટિક પ્રેસિપિટેટર-electrostatic precipitator) રીત સૌથી વ્યાપકરૂપે ઉપયોગમાં લેવાય છે (આકૃતિ 16.1) કે જે થર્મલ પાવર પ્લાન્ટમાંથી બહાર નિકાલ પામતા વાયુરૂપ પદાર્થોમાં રહેલાં 99 % કણસ્વરૂપી દ્રવ્યોને દૂર કરી દે છે. તેમાં એક ઇલેક્ટ્રૉડ તાર હોય છે જે હજારો વૉલ્ટેજે જળવાયેલો હોય છે જેનાથી વીજક્ષેત્ર (corona) ઉત્પન્ન થાય છે અને તે ઇલેક્ટ્રૉન્સ ઉત્પન્ન કરે છે. આ ઇલેક્ટ્રૉન્સ ધૂળના રજકણો સાથે ચોંટી જાય છે અને તેમને વાસ્તવિક ઋણવીજભાર આપે છે. સંચાયક પટ્ટીકાઓ તળિયાના (નીચેના) ભાગે આવી જાય છે અને વીજભારિત ધૂળના રજકણોને આકર્ષે છે. સંચાયક પટ્ટીકાઓ (collecting plates)ની વચ્ચે હવાનો વેગ એકદમ ઓછો જ હોવો જોઈએ જે ધૂળના કણોને નીચે પાડી દેવા માટે પૂરતો છે. **માર્જક (scrubber)** સંરચના (આકૃતિ 16.1) સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ જેવા વાયુઓને દૂર કરી શકે છે. માર્જકમાં નિકાલ પામતાં દ્રવ્યો પાણી કે ચૂનાના ફુવારામાંથી પસાર થાય છે. હાલમાં જ આપણે અતિસૂક્ષ્મ કણસ્વરૂપી પદાર્થોના ખતરાને સમજ્યા છીએ જે આવા અવક્ષેપકો દ્વારા પણ દૂર કરી શકાતા નથી. કેન્દ્રીય પ્રદૂષણ નિયંત્રણ બોર્ડ (CPCB-Central Pollution Control Board) પ્રમાણે 2.5 માઇક્રોમિટર કે તેનાથી ઓછા વ્યાસ (PM 2.5)નું કદ ધરાવતા કણસ્વરૂપી પદાર્થો માનવ-સ્વાસ્થ્યને સૌથી વધુ નુકસાન પહોંચાડવા માટે જવાબદાર છે. આ અતિશય ઝીણા કણો શ્વાસ લેતી વખતે ફેફસાંઓમાં ઊંડે જઈ શકે છે અને તેનાથી શ્વાસ (breathing) તથા શ્વસનસંબંધી લક્ષણો, ઉત્તેજના (irritation), બળતરા (inflammations) અને ફેફસાંને નુકસાન તથા અકાળે મૃત્યુ થઈ શકે છે.

ખાસ કરીને મહાનગરોમાં મોટરગાડીઓ (વાહનો-automobiles) એ વાતાવરણીય પ્રદૂષણ માટેનું મુખ્ય કારણ છે. જેમ-જેમ શહેરોમાં વાહનોની સંખ્યા વધતી જાય છે તેમ-તેમ વાતાવરણીય પ્રદૂષણની સમસ્યા પણ વધતી જાય છે. સીસામુક્ત (lead free) પેટ્રોલ કે ડીઝલનો ઉપયોગ કરવા સાથે વાહનોની યોગ્ય

જાણવણીથી ઉત્સર્જિત પ્રદૂષકોની માત્રા ઘટાડી શકાય છે. ઝેરી વાયુઓના ઉત્સર્જનને ઘટાડવા માટે ઉદ્દીપકો (ઉત્પ્રેરકો-catalysts) તરીકે પ્લેટિનમ (platinum), પેલેડિયમ (palladium) અને રોડિયમ (rhodium) નામની કિમતી ધાતુઓ ધરાવતા ઉદ્દીપકીય પરિવર્તકો વાહનોમાં લગાવેલા હોય છે. નિકાલ પામતાં દ્રવ્યો જેવા ઉદ્દીપકીય પરિવર્તકમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે દહન થયા વગરના હાઇડ્રોકાર્બન્સ એ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીમાં રૂપાંતરિત થઈ જાય છે તથા કાર્બન મોનોક્સાઇડ અને નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ ક્રમશઃ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને નાઇટ્રોજન વાયુમાં રૂપાંતરિત થઈ જાય છે. ઉદ્દીપકીય પરિવર્તકોથી સજ્જ કરેલાં મોટર-વાહનોમાં સીસારહિત પેટ્રોલનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ કારણ કે પેટ્રોલમાં રહેલ સીસુ ઉદ્દીપકોને નિષ્ક્રિય કરે છે.

ભારતમાં, **ધ ઍર (પ્રિવેન્શન ઍન્ડ કન્ટ્રોલ ઑફ પોલ્યુશન) ઍક્ટ-The Air (prevention and control of pollution) Act (હવા-પ્રદૂષણનું નિવારણ અને નિયંત્રણ અધિનિયમ)-1981**માં અમલમાં આવ્યો, પરંતુ 1987માં તેમાં સુધારો કરીને હવાના પ્રદૂષક તરીકે ઘોંઘાટ (noise)નો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો. **ઘોંઘાટ** એ અનિચ્છનીય કે અણગમતો ઊંચી તીવ્રતાનો અવાજ છે. આનંદ અને મનોરંજન (pleasure and entertainment) સાથે સંકળાયેલ મોટા અવાજોનો આપણે ઉપયોગ કરીએ છીએ, પરંતુ એ સમજતા નથી કે ઘોંઘાટ માનવમાં મનોવૈજ્ઞાનિક અને શારીરિક વિકારો (psychological and physiological disorders)નું કારણ બને છે. જેટલું મોટું શહેર - એટલી જ મોટી કાર્યપ્રવૃત્તિઓ તથા એટલો જ વધુ ઘોંઘાટ - કોઈ જેટવિમાન કે રૉકેટના ઉડાણ વખતે સર્જાતા અત્યંત ઊંચા ધ્વનિસ્તર 150 ડેસિબલ (dB) કે તેનાથી વધુ સ્તરના ધ્વનિ-સંસર્ગમાં થોડાક સમય માટે રહીએ તોપણ તેને સાંભળવાથી કાનના પડદા (કર્ણપટલો-ear drums)ને નુકસાન થઈ શકે છે જેથી કાયમી ધોરણે સાંભળવાની ક્ષમતામાં નબળાઈ આવે છે. શહેરોમાંના અપેક્ષાકૃત નિમ્ન ધ્વનિસ્તરને પણ લાંબા સમય સુધી સાંભળવાથી મનુષ્યની શ્રવણશક્તિને કાયમી ધોરણે નુકસાન થઈ શકે છે. ઘોંઘાટને કારણે નિરાશા, અનિંદ્રા, હૃદયના ધબકારા (સ્પંદન-beat) વધી જવા, શ્વાસોચ્છ્વાસની રીતો બદલાવાથી મનુષ્ય ખૂબ જ તણાવની સ્થિતિમાં રહે છે.

ધ્વનિ-પ્રદૂષણની ખતરનાક અસરોને ધ્યાનમાં લઈને શું તમે તમારી આસપાસ અવાજના પ્રદૂષણના બિનજરૂરી સ્રોતોને ઓળખી શકો છો જેથી કોઈ પણ પ્રકારના આર્થિક નુકસાન વગર કોઈ પણ માટે તેમાં તરત જ ઘટાડો કરી શકાય છે ? આપણા ઉદ્યોગોમાં ધ્વનિશોષક સામગ્રી (sound-absorbent materials)ના ઉપયોગ દ્વારા કે ઘોંઘાટને રોકી રાખવાનાં સાધનો (muffling noise) દ્વારા ઘોંઘાટમાં અસરકારક રીતે ઘટાડો કરી શકાય છે. દવાખાના કે શાળાઓની આસપાસ હૉર્નમુક્ત વિસ્તારોની સીમિતતા, ફટાકડા અને મોટા અવાજવાળા સ્પીકર્સ માટે અનુકૂળ પરવાનગીમય ધ્વનિસ્તર તથા યોગ્ય સમય પછી જે ધ્વનિવિસ્તારક યંત્રો (લાઉડસ્પીકર્સ-loudspeakers) વગાડી શકાતાં નથી તથા તેનું પાલન કરી અવાજના પ્રદૂષણથી આપણી જાતને બચાવવી જરૂરી છે.

16.1.1 વાહનવ્યવહાર વાયુ-પ્રદૂષણનું નિયંત્રણ : દિલ્લીના એક કિસ્સાનું અધ્યયન (Controlling Vehicular Air Pollution : A Case Study of Delhi)

દિલ્લીમાં સંખ્યાબંધ વાહનોની અવરજવરના કારણે હવાના પ્રદૂષણનું સ્તર આપણા દેશમાં સૌથી વધારે છે. તે ગુજરાત અને પશ્ચિમ બંગાળ જેવાં રાજ્યોમાં કુલ જેટલાં વાહનો છે તેના કરતાં પણ વધારે કાર ધરાવે છે. 1990ના દાયકાના એક આંકડા અનુસાર વિશ્વના 41 સૌથી વધુ પ્રદૂષિત શહેરો પૈકી દિલ્લી ચોથા ક્રમે રહ્યું છે. દિલ્લીમાં હવાના પ્રદૂષણની સમસ્યા એટલી ગંભીર બની ગઈ છે કે ભારતની સર્વોચ્ચ ન્યાયાલય (Supreme Court)માં એક જાહેર હિતની અરજી (PIL-Public Interest Litigation) દાખલ કરવામાં આવી. સર્વોચ્ચ ન્યાયાલય દ્વારા તેની ખૂબ જ સખત નિંદા કરવામાં આવ્યા પછી તેના નિર્દેશો હેઠળ ભારત સરકારને એક ચોક્કસ સમયગાળામાં, સાર્વજનિક પરિવહનના સમગ્ર કાફલામાં ફેરબદલી સહિત યોગ્ય પગલાં (ઉચિત ઉપાય) લેવાનો આદેશ કરવામાં આવ્યો. દા.ત., બસોમાં ડીઝલના સ્થાને **કોમ્પ્રેસ્ડ નેચરલ ગૅસ (CNG-Compressed Natural Gas)**નું પ્રયોજન કરવું.

2002ના અંત સુધીમાં દિલ્લીની બધી જ બસોને CNGમાં પરિવર્તિત કરી દેવામાં આવી. તમે પ્રશ્ન પૂછી શકો છો કે CNG એ ડીઝલ કરતાં શ્રેષ્ઠ શા માટે છે ? જવાબ એ છે કે CNG સૌથી વધુ સારી રીતે દહનક્ષમ છે અને વાહનોમાં ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં દહન પામ્યા વગરનો છૂટી જાય છે. જ્યારે પેટ્રોલ-ડીઝલની બાબતમાં આવું થતું નથી. વધુમાં તે પેટ્રોલ કે ડીઝલ કરતાં સસ્તો છે. ચોરો દ્વારા ચોરાઈ શકતો નથી તથા પેટ્રોલ કે ડીઝલની જેમ તેને ભેળસેળ કરી બગાડી શકાતો નથી. CNG ફેરબદલી કરવામાં મુખ્ય સમસ્યા તેને વિતરણ કેન્દ્રો/પંપો સુધી પહોંચાડવા અને અવિરત પુરવઠો પૂરો પાડવા માટે નીચે પાઈપલાઈન્સ પાથરવાની મુશ્કેલી છે. સાથે-સાથે વાહનોના પ્રદૂષણમાં ઘટાડો કરવા માટે દિલ્લીમાં લેવામાં આવેલ સમાંતર પગલાંઓમાં ધીરે-ધીરે જૂનાં વાહનોનો નિકાલ કરવો, સીસારહિત પેટ્રોલનો ઉપયોગ, ઓછા સલ્ફર (ગંધક)યુક્ત પેટ્રોલ કે ડીઝલનો ઉપયોગ, વાહનોમાં ઉદ્દીપક પરિવર્તકોનો ઉપયોગ, વાહનો માટે સખત પ્રદૂષણ-સ્તરના નિયમો (norms)નું પ્રયોજન વગેરે છે.

એક નવી વાહન ઇંધણનીતિ દ્વારા ભારત સરકારે ભારતીય શહેરોમાં વાહનોના પ્રદૂષણને ઓછું કરવા એક માર્ગદર્શિકા (દિશાનિર્દેશન) નિર્ધારિત કરી છે. બળતણ માટે વધુ કડક નિયમો બનાવવામાં આવ્યા છે જેનો હેતુ પેટ્રોલ અને ડીઝલ ઇંધણમાં સતત સલ્ફર તથા સુગંધિત પદાર્થોને ઘટાડવાનો છે. યુરો-III (Euro-III) નિયમો-ઉદાહરણ તરીકે, તે અનુસાર સલ્ફરને ડીઝલમાં 350 ppm (parts-per-million) પર તથા પેટ્રોલમાં 150 ppm પર નિયંત્રિત કરવો જોઈએ. સુગંધિત હાઈડ્રોકાર્બન્સને સંબંધિત ઇંધણના 42 % જેટલો સમાવવો જોઈએ. માર્ગદર્શી નકશા પ્રમાણે તેનો હેતુ પેટ્રોલ અને ડીઝલમાં સલ્ફરને 50 ppm ઘટાડવાનો તથા તેને 35 %થી નીચે લાવવાનો છે. બળતણને અનુરૂપ વાહનના એન્જિનમાં પણ સુધારો કરવાની જરૂર પડશે.

ભારતના કોઈ પણ શહેરમાં વાહન-નોંધણી માટેના માપદંડો(Mass Emission Standards)- ભારત સ્ટેજ II કે જે યુરો IIને સમકક્ષ છે તે વપરાશે નહિ. અત્યાધુનિક વાહન-નોંધણી માટેના માપદંડો નીચે પ્રમાણે આપેલ છે (કોષ્ટક 16.1).

કોષ્ટક 16.1 : ભારતમાં વાહન-નોંધણી માટેના માપદંડો (Mass Emission Standards) કોષ્ટકમાં દર્શાવેલ છે.

વાહનના પ્રકારો	માપદંડો	શહેરોમાં અમલીકરણ
ચતુઃચક્રીય વાહનો	*ભારત સ્ટેજ IV*	*એપ્રિલ, 2017 થી સમગ્ર દેશમાં*
ત્રિચક્રીય વાહનો	*ભારત સ્ટેજ IV*	*1^{st} એપ્રિલ, 2017 થી સમગ્ર દેશમાં*
દ્વિચક્રીય વાહનો	*ભારત સ્ટેજ IV*	*એપ્રિલ, 2017 થી સમગ્ર દેશમાં*

હવાની ગુણવત્તામાં નોંધપાત્ર રીતે સુધારો કરવાના પ્રયત્નો માટે દિલ્લી ધન્યવાદને પાત્ર છે. એક અંદાજ પ્રમાણે 1997થી 2005 વચ્ચે દિલ્લીમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) તથા સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ (SO_2)નું સ્તર નોંધપાત્ર રીતે નીચે આવ્યું હતું.

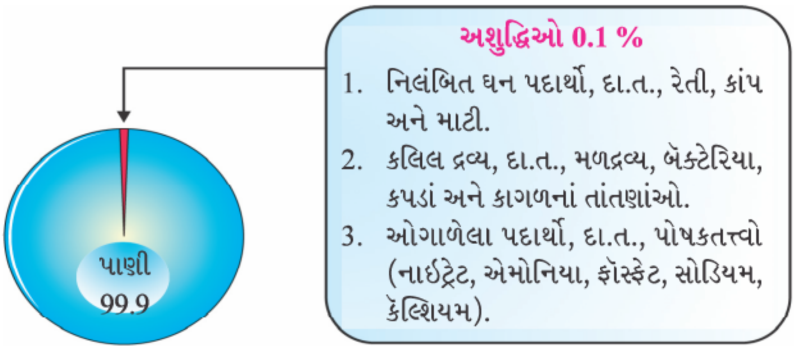
16.2 જળ-પ્રદૂષણ અને તેનું નિયંત્રણ (Water Pollution and Its Control)

સમગ્ર વિશ્વમાં માનવજાતિ જળાશયો (water bodies)માં તમામ પ્રકારના કચરાના નિકાલ દ્વારા તેમનો દુરુપયોગ કરી રહી છે. આપણે એવું માનીએ છીએ કે, પાણી બધું જ વહાવીને દૂર લઈ જઈ શકે છે પરંતુ એવું કરતી વખતે આપણે એ વિચારતા નથી કે જળાશયો આપણી જીવનરેખાની સાથે-સાથે બીજા બધા સજીવોના જીવનનો આધાર પણ છે. *શું તમે યાદી બનાવી શકો છો કે આપણે બધા નદીઓ અને ગટરો દ્વારા શું-શું વહાવી દેવાનો પ્રયાસ કરીએ છીએ ?* માનવજાતની આવી પ્રવૃત્તિઓને કારણે વિશ્વના અનેક ભાગોમાં તળાવો, સરોવરો, ઝરણાં, નદીઓ,

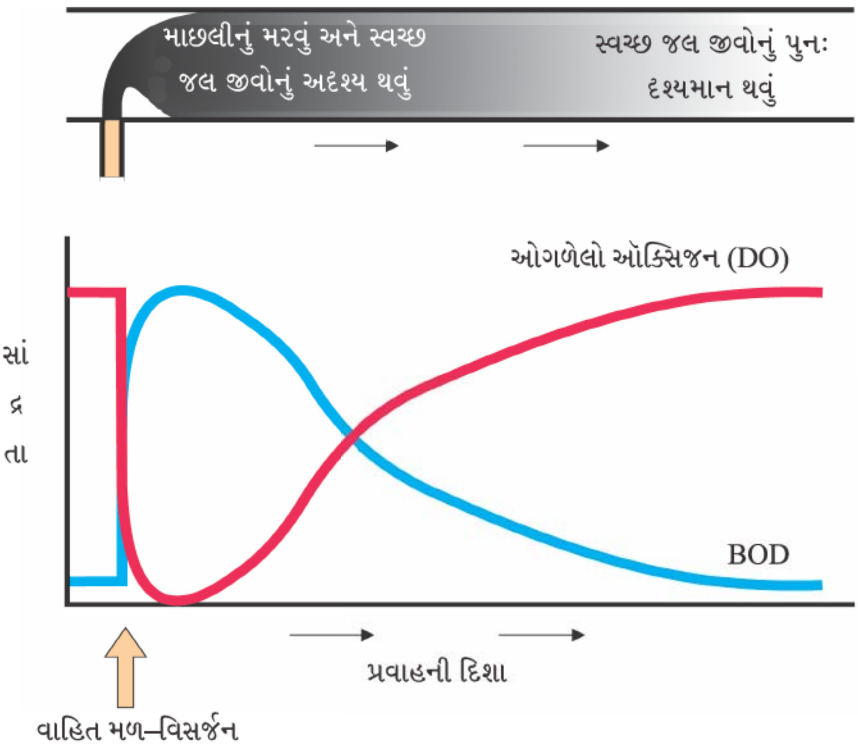
વેલાનદ્મુખી (નદીમુખ-estuaries) દેશો અને મહાસાગરોનાં પાણી પ્રદૂષિત બની રહ્યા છે. જળાશયોની સ્વચ્છતા જાળવવાનું મહત્ત્વ સમજાતા આપણા જળસ્રોતોને બચાવી રાખવા માટે ભારત સરકારે **ધ વૉટર (પ્રિવેન્શન ઍન્ડ કંટ્રોલ ઑફ પોલ્યુશન)ઍક્ટ-The Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974 (જળ-પ્રદૂષણનું નિવારણ અને નિયંત્રણ અધિનિયમ)** પસાર કર્યો છે.

16.2.1 ઘર-વપરાશનું વાહિત મળ (રોજિંદી ક્રિયાઓ સહિતનું ગંદું પાણી) અને ઔદ્યોગિક ઈફ્લ્યુઅન્ટસ (Domestic Sewage and Industrial Effluents)

શહેરો અને નગરોમાં જ્યારે આપણે પોતાનાં ઘરોમાં કામ કરતા હોઈએ છીએ ત્યારે બધી ચીજવસ્તુઓને પાણીમાં ધોઈ ગંદા પાણીને ગટરો (drains)માં વહાવી દઈએ છીએ. શું તમને ક્યારેય આશ્ચર્ય થયું છે કે, આપણાં મકાનોમાંથી બહાર નીકળતું વાહિત મળનું ગંદું પાણી ક્યાં જાય છે ? ગામડાંઓમાં શું થાય છે ? શું નજીકની નદી સુધી પહોંચાડતાં પહેલાં તેનો ઉપચાર થાય છે કે નદીમાં ભેળવી દેવામાં આવે છે ? એકમાત્ર 0.1 % અશુદ્ધિઓને કારણે જ તે મનુષ્યના ઉપયોગ માટે અયોગ્ય બને છે (આકૃતિ 16.2). તમે ગટર-વ્યવસ્થાપન પ્લાન્ટ (ઘર-વપરાશના ગંદા પાણીના ઉપચારનો એકમ-sewage treatment plant) વિશે પ્રકરણ 10માં



આકૃતિ 16.2 : ગંદા પાણીનું બંધારણ



આકૃતિ 16.3 : નદીની કેટલીક મહત્ત્વપૂર્ણ લાક્ષણિકતાઓ પર વાહિત મળ–વિસર્જનની અસર

અભ્યાસ કર્યો છે. ઘન પદાર્થોને દૂર કરવા પ્રમાણમાં સરળ છે પરંતુ ઓગળેલા ક્ષારો જેવા કે નાઈટ્રેટ્સ, ફૉસ્ફેટ્સ તથા અન્ય પોષક પદાર્થો, ઝેરી ધાતુ આયનો અને કાર્બનિક સંયોજનો દૂર કરવા મુશ્કેલ છે. ઘરેલું વાહિત મળમાં મુખ્યત્વે જૈવિક રીતે વિઘટનક્ષમ કાર્બનિક પદાર્થોનો સમાવેશ થાય છે કે જેનું વિઘટન સરળતાથી થાય છે જે બૅક્ટેરિયા અને અન્ય સૂક્ષ્મ જીવાણુઓને આભારી છે કે જેઓ આ કાર્બનિક પદાર્થોનો આધાર તરીકે ઉપયોગ કરી બહુગુણિત થઈ શકે છે અને તેથી આ વાહિત મળનાં કેટલાંક ઘટકોનો ઉપયોગ કરે છે.

બાયૉકેમિકલ ઑક્સિજન ડિમાન્ડ (BOD-Biochemical Oxygen Demand-જૈવ રાસાયણિક ઑક્સિજન આવશ્યકતા)ના માપન દ્વારા વાહિત મળના ગંદા પાણીમાં જૈવવિઘટનીય કાર્બનિક દ્રવ્યની માત્રાનો અંદાજ લગાવવાનું શક્ય છે. *તમે કેવી રીતે સમજાવી શકો છો ?* આ સૂક્ષ્મજીવો સંબંધિત પ્રકરણમાં તમે BOD, સૂક્ષ્મજીવો અને જૈવવિઘટનીય દ્રવ્ય વચ્ચેના સંબંધ વિશે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો.

આકૃતિ 16.3 કેટલાક ફેરફારો દર્શાવે છે કે, એક નદીમાં વાહિત મળના નિકાલ પછી નોંધી શકાય છે. સંકલિત (પાણી ભેગું કરતા) જળાશયોમાં કાર્બનિક દ્રવ્યના જૈવિક વિઘટનમાં સંકળાયેલા સૂક્ષ્મજીવો ઘણી માત્રામાં ઑક્સિજનનો ઉપભોગ કરે છે અને તેના પરિણામ સ્વરૂપ વાહિત મળના વિસર્જન સ્થળે પણ અનુપ્રવાહિત (નીચે તરફના પ્રવાહિત-downstream) પાણીમાં ઓગળેલા ઑક્સિજનની માત્રામાં તીવ્ર ઘટાડો જોવા મળે છે. તેના કારણે માછલી તથા અન્ય જલીય જીવોનો મૃત્યુ-દર વધી જાય છે.

જળાશયોમાં વધુ માત્રામાં પોષક પદાર્થોની હાજરીને કારણે **પ્લવકીય (મુક્ત રીતે તરતી-free floating)** લીલની અતિશય વૃદ્ધિ થાય છે જેને **લીલ પ્રસ્ફુટન (આલ્ગલ બ્લૂમ-algal bloom)** કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ 16.4) કે જે જળાશયોને અલગ રંગ આપે છે. આલ્ગલ બ્લૂમને કારણે પાણીની ગુણવત્તા બગડે છે અને માછલીઓ મૃત્યુ પામે છે. કેટલીક પ્રસ્ફુટનકારી લીલ મનુષ્યો અને પ્રાણીઓ માટે અતિશય ઝેરી હોય છે.

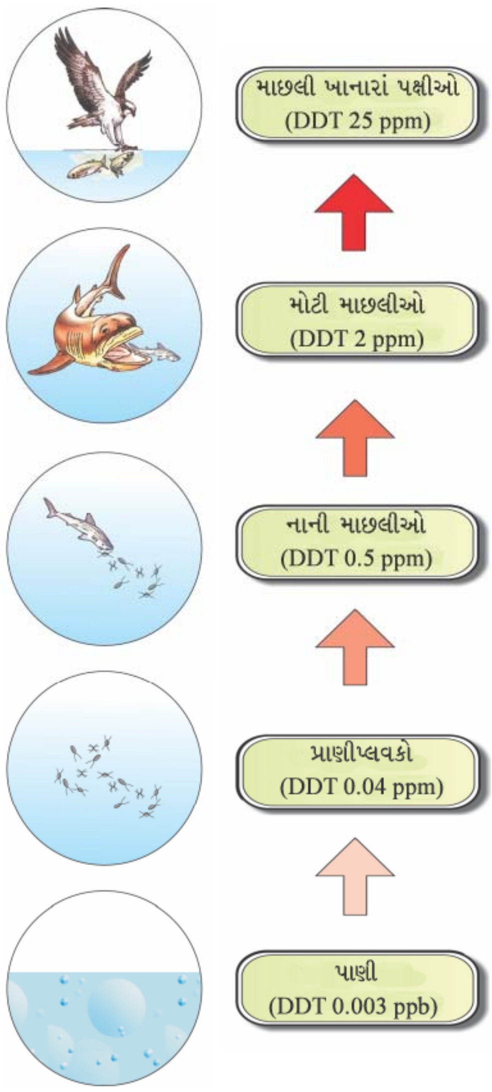
તમે જળાશયોમાં ખૂબ જ આકર્ષક આકારની તરતી વનસ્પતિઓ પર મળી આવતા આછા જાંબુડિયા રંગ (mauve colored)નાં સુંદર પુષ્પો જોયાં હશે. આ વનસ્પતિઓ કે જે તેમનાં સુંદર પુષ્પો માટે ભારતમાં લાવવામાં આવી હતી, તેમની અતિશય વૃદ્ધિના કારણે આપણા જળમાર્ગોમાં અવરોધ ઊભો થવાથી પાયમાલી થઈ છે. તેઓ તેમને દૂર કરવાની આપણી ક્ષમતા કરતાં ખૂબ જ વધારે ઝડપથી વૃદ્ધિ પામે છે. તે વનસ્પતિ જળકૂંભિ (વૉટર હાયેસિંથ-*Eichhornia crassipes*) છે જે વિશ્વની સૌથી વધારે સમસ્યારૂપ જલીય નીંદણ છે, તેને 'ટેરર ઑફ

આકૃતિ 16.4 : લીલ પ્રસ્ફુટનનું ચિત્રમય દશ્ય

બેંગાલ (Terror of Bengal)'પણ કહેવાય છે. તેઓ સુપોષી જળાશયોમાં વિપુલ પ્રમાણમાં વૃદ્ધિ કરે છે અને તે જળાશયોના નિવસનતંત્રની ગતિશીલતામાં અસંતુલન ઊભું કરે છે.

આપણાં ઘરોની સાથે દવાખાનાઓમાંના વાહિત મળમાં ઘણા અનિચ્છનીય રોગકારક સૂક્ષ્મજીવોનો સમાવેશ થવાની શક્યતા છે અને ઉચિત સારવાર વગર તેનો પાણીમાં નિકાલ કરીને ગંભીર રોગો જેવા કે મરડો કે અતિસાર (dysentery), ટાઇફૉઇડ (typhoid), કમળો (jaundice), કૉલેરા (cholera) વગેરે થઈ શકે છે.

ઘરેલુ વાહિત મળની જેમ પેટ્રોલિયમ, કાગળ-ઉત્પાદન, ધાતુ-નિષ્કર્ષણ અને પ્રક્રિયાઓ, રાસાયણિક બનાવટો વગેરે જેવા ઉદ્યોગોમાંના નકામા પાણીમાં ઘણી વાર ઝેરી પદાર્થો, ખાસ કરીને ભારે ધાતુઓ (5 ગ્રામ/સેમી^{3}થી વધારે ઘનતા ધરાવતાં તત્ત્વો જેવા કે પારો-mercury, કેડમિયમ-cadmium, તાંબું-copper, સીસુ-lead વગેરે તરીકે વ્યાખ્યાયિત) તથા વિવિધ કાર્બનિક સંયોજનો હોય છે.



આકૃતિ 16.5 : જલીય આહાર-શ્રૃંખલામાં DDTનું જૈવિક વિવર્ધન

ઉદ્યોગોના નકામા પાણીમાં રહેલા કેટલાક ઝેરી પદાર્થો જલીય આહાર-શૃંખલામાં **જૈવિકવિશાલન (Biomagnification)** કરી શકે છે. જૈવિકવિશાલનનો અર્થ એ છે કે, અનુક્રમિત પોષકસ્તરોએ ઝેરીલા પદાર્થોની સાંદ્રતામાં વધારો થવો. આ ઘટનાને કારણે સજીવોમાં ઝેરી પદાર્થો એકત્રિત થવાથી તેમનું ચપાપચય કે નિકાલ (ઉત્સર્જન) થઈ શકતો નથી અને આથી તેનું વહન અન્ય ઉચ્ચ પોષક સ્તરે થાય છે. આ ઘટના મરક્યુરી અને ડીડીટી (DDT = ડાયક્લોરો ડાયફિનાઇલ ટ્રાયક્લોરોઇથેન) માટે ખૂબ જ જાણીતી છે. આકૃતિ 16.5 જલીય આહાર-શ્રૃંખલામાં ડીડીટીનું જૈવિકવિશાલન દર્શાવે છે. આ પ્રકારે અનુક્રમિત પોષક સ્તરોએ ડીડીટીનું સંકેન્દ્રણ વધી જાય છે; કહી શકીએ કે જો પાણીમાં આ સંકેન્દ્રણ 0.003 ppb (parts per billion)થી શરૂ થાય છે, તો જૈવિકવિશાલન દ્વારા માછલી ખાનારાં પક્ષીઓમાં વધીને તે 25 ppm (parts per million) સુધી પહોંચી શકે છે. ડીડીટીની ઊંચી સાંદ્રતા પક્ષીઓમાં કૅલ્શિયમના ચયાપચયને ખલેલ પહોંચાડે છે, જેના કારણે અંડકવચ પાતળું થઈ જાય છે અને તેમની પરિપક્વતા પહેલાં તૂટી જાય છે જેથી પક્ષીઓની વસ્તીઓમાં ઘટાડો થાય છે.

સુપોષકતાકરણ (Eutrophication) એ તળાવના પાણીમાં પોષક તત્ત્વોના વધારા દ્વારા થતી તેની પ્રાકૃતિક જીર્ણતા (aging) છે. એક નવનિર્મિત તળાવનું પાણી ઠંડું અને સ્વચ્છ હોય છે, થોડાક જીવનનું સમર્થન કરે છે. સમયની સાથે-સાથે તળાવમાં ઉમેરાતા પ્રવાહો નાઇટ્રોજન અને ફૉસ્ફરસ જેવાં પોષક તત્ત્વો ઉમેરે છે કે, જે જલીય સજીવોની વૃદ્ધિને પ્રોત્સાહન આપે છે. જેમ-જેમ તળાવની ફળદ્રુપતા વધે છે તેમ-તેમ વનસ્પતિ તથા પ્રાણીજીવન પાંગરતા રહે છે અને કાર્બનિક અવશેષો તળાવના તળિયે જમા થતા જાય છે. સદીઓથી તેમાં જેમ-જેમ કાંપ (silt) અને કાર્બનિક અવશેષી પદાર્થોના ઢગલા (pile) થતા જાય છે તેમ-તેમ તળાવ છીછરાં અને ગરમ થતા જાય છે. તળાવના ઠંડા વાતાવરણમાં જીવન જીવતા સજીવોના સ્થાને ગરમ હૂંફાળા-પાણીના સજીવો જીવન જીવે છે. ઘાસમય નીચાણવાળા કળણ ભૂમિવિસ્તાર (marsh)ની વનસ્પતિઓ છીછરી જગ્યાએ મૂળ જમાવી લે છે અને તળાવના મૂળભૂત તટપ્રદેશને ભરી દે છે. આખરે તરતી વનસ્પતિઓની મોટી સંખ્યાથી તળાવ ભરાઈ જાય છે. ભેજવાળી પોચી જમીન (પંકભૂમિ-bog)

છેવટે ભૂમિમાં પરિવર્તિત થઈ જાય છે. આબોહવા, તળાવનું કદ અને અન્ય પરિબળોને આધારે તળાવના આ કુદરતી જીર્ણતામાં હજારો વર્ષો લાગી શકે છે. છતાં પણ ઉદ્યોગોના અને ઘરોના ઇફ્લ્યુઅન્ટ જેવી મનુષ્યની ક્રિયાવિધિઓથી જીર્ણતા (વયવૃદ્ધિ)ની પ્રક્રિયામાં ધરમૂળથી ગતિ વધવા પામી છે. આ ઘટનાને **સંવર્ધિત (Cultural) કે પ્રવેગિત સુપોષકતાકરણ (Accelerated Eutrophication)** કહીએ છીએ. ગત શતાબ્દિ દરમિયાન, પૃથ્વી પરના ઘણા ભાગોમાં તળાવો વાહિત મળ અને કૃષિવિષયક કે ઔદ્યોગિક નકામા કચરાથી સુપોષિત થયા છે. તેની મુખ્ય અશુદ્ધિઓ નાઇટ્રેટ્સ અને ફૉસ્ફેટ્સ છે કે જે વનસ્પતિઓ માટે પોષક તત્ત્વોનું કામ કરે છે. તેઓ લીલની વૃદ્ધિને અતિઉત્પ્રેરિત કરે છે, જેના કારણે તે જગ્યાએ જોવું ન ગમે તેવું લીલું આચ્છાદન (unsightly scum) બને છે તેમજ દુર્ગંધ (unpleasant odors) આવે છે અને પાણીમાં ઓગળેલો ઑક્સિજન જે અન્ય જલીય જીવન માટે અતિઆવશ્યક છે તે ઘટી જાય છે. એ જ સમયે તળાવમાં વહીને આવેલા અન્ય પ્રદૂષકો માછલીઓની સંપૂર્ણ વસ્તીને ઝેરી બનાવી શકે છે, જેના વિઘટનના અવશેષોથી પાણીમાં ઓગળેલા ઑક્સિજનની માત્રા વધુ ઘટી જાય છે. આ પ્રકારે એક તળાવની જૈવિકતા વાસ્તવિક રીતે ઘૂંટાઈને મૃત્યુ (choke to death) પામી શકે છે.

વીજ-ઉત્પાદિત એકમો એટલે કે ઉષ્ણવિદ્યુત એકમોનું બહાર વહી જતું ગરમ (ઉષ્ણ) નકામું પાણી બીજા મહત્ત્વપૂર્ણ કક્ષાના પ્રદૂષકોની રચના કરે છે. ઉષ્ણ નકામા પાણીમાં ઊંચા તાપમાન સામે સંવેદનશીલ સજીવો જીવિત રહી શકતા નથી અથવા તેમાં તેમની સંખ્યા ઘટી જાય છે અને અત્યંત ઠંડા વિસ્તારોમાં વનસ્પતિઓ અને માછલીઓ તેમની વૃદ્ધિમાં વધારો કરી શકે છે. પરંતુ માત્ર સ્થાનિક (સ્વદેશી) વનસ્પતિસમૂહો (flora) અને પ્રાણીસમૂહો (fauna)ને નુકસાન પહોંચાડ્યા પછી જ.

16.2.2 સંકલિત નકામા પાણીના ઉપચારના એક કિસ્સાનું અધ્યયન (A Case Study of Integrated Waste Water Treatment)

વાહિત મળ સહિત નકામા પાણીનો ઉપચાર સંકલિત ઢબથી કૃત્રિમ અને કુદરતી બંને પ્રક્રિયાઓને ભેગી કરીને તેનો ઉપયોગ કરવાથી કરી શકાય છે. આવા પ્રકારના ઉદાહરણનો પ્રયાસ કેલિફોર્નિયા (California)ના ઉત્તરિય તટ પર સ્થિત અર્કાટા (Arcata) શહેરમાં કરવામાં આવ્યો. હમ્બોલ્ટ સ્ટેટ યુનિવર્સિટી (Humboldt State University)ના જૈવવૈજ્ઞાનિકોના સહયોગથી શહેરના લોકોએ પ્રાકૃતિક તંત્ર અંતર્ગત સંકલિત નકામા પાણીની ઉપચાર-પ્રક્રિયા તૈયાર કરી. જળ-ઉપચારનું કાર્ય બે ચરણમાં કરવામાં આવે છે. (a) પરંપરાગત અવસાદન (the conventional sedimentation) – જેમાં નિસ્યંદન અને ક્લોરિન દ્વારા ઉપચાર આપવામાં આવે છે. આ ચરણ પછી પણ ઘણાબધા ખતરનાક પ્રદૂષકો જેવા કે ઓગળેલી ભારે ધાતુઓ વધુ માત્રામાં રહી જાય છે. તેને દૂર કરવા માટે એક નવીન અભિગમ અપનાવવામાં આવ્યો હતો અને (b) જૈવવૈજ્ઞાનિકોએ લગભગ 60 હેક્ટર્સ જેટલી કળણભૂમિ (કાદવયુક્ત નીચાણવાળી ભેજવાળી જમીન - marsh)માં એકબીજાથી જોડાઈ રહેલા 6 જેટલા કળણ ભૂમિવિસ્તારોની એક શૃંખલા વિકસિત કરી. આ વિસ્તારમાં ઉચિત વનસ્પતિઓ, લીલ, ફૂગ અને બૅક્ટેરિયા ઉછેરવામાં આવ્યા જે પ્રદૂષકોને નિષ્પ્રભાવિત (neutralise), અવશોષિત (absord) અને પરિપાચિત (assimilate) કરે છે. તેથી કળણ ભૂમિમાંથી પસાર થતું પાણી કુદરતી રીતે જ શુદ્ધ થઈ જાય છે.

આ કળણભૂમિ એક અભયારણ્યની રચના પણ કરે છે જ્યાં જૈવવિવિધતાના ઉચ્ચ સ્તરો માછલીઓ, પ્રાણીઓ અને પક્ષીઓના સ્વરૂપમાં હાલમાં નિવાસ કરે છે. આ આશ્ચર્યજનક પરિયોજનાની દેખભાળ તથા સુરક્ષા માટે નાગરિકોનો એક સમૂહ-ફ્રેન્ડ્સ ઑફ ધી અર્કટા માર્શ (FOAN-friends of the Arcata Marsh) જવાબદાર છે.

આજ સુધી આપણી એ ધારણા રહી છે કે, નકામા પદાર્થોને દૂર કરવા માટે પાણીની જરૂરિયાત રહે છે (એટલે કે વાહિત મળના નિર્માણ માટે). પરંતુ જો માનવીના નકામા પદાર્થો (ઉત્સર્ગ પદાર્થો) એટલે કે

મળ-મૂત્રના નિકાલ માટે જો પાણી જરૂરી ન હોય તો શું થાય ? શું તમે અનુમાન લગાવી શકો છો કે જો શૌચાલય (toilet)ને એક વ્યક્તિ ફ્લશ ન કરે તો તેના દ્વારા પાણીની કેટલી બચત થાય ? ખરેખરમાં આ એક વાસ્તવિકતા છે. નિવસનતંત્રની સ્વચ્છતા એ શુષ્ક ખાતરના શૌચાલયનો ઉપયોગ કરીને માનવઉત્સર્ગ (મળ-મૂત્ર)ના નિકાલ માટે એક ટકાઉ તંત્ર છે. ઘન કચરાના નિકાલ માટે આ વ્યાવહારિક (practical), સ્વાસ્થ્યકર (hygienic), કાર્યક્ષમ (efficient) તથા ઓછા ખર્ચાના (cost-effective) ઉકેલની રીતો છે. અહીંયા નોંધ કરવા યોગ્ય મુખ્ય વાત એ છે કે, ખાતરનિર્માણ (composting)ની આ પદ્ધતિમાં માનવ મળ-મૂત્રનું પુનઃચક્રણ કરીને તેને એક સંસાધન (કુદરતી ખાતર તરીકે)ના રૂપમાં પરિવર્તિત કરી શકાય છે, કે જેથી રાસાયણિક ખાતર માટેની આવશ્યકતા ઓછી રહે છે. કેરલ અને શ્રીલંકાના ઘણા ભાગોમાં 'ઇકોસન' શૌચાલયો (EcoSan toilet)નો પ્રયોગ કરવામાં આવે છે.

16.3 ઘન કચરો (Solid Waste)

ઘન કચરા (નકામા પદાર્થો)માં તે બધી ચીજવસ્તુઓ સંદર્ભિત છે જે કૂડાકચરા (trash)માં બહાર ફેંકી દેવામાં આવે છે. **નગરપાલિકા (municipality)ના ઘન કચરામાં** ઘરો, કાર્યાલયો, ભંડારો, શાળાઓ, દવાખાના વગેરેમાંથી રદ્દીમાં ફેંકવામાં આવતી નકામી બધી ચીજવસ્તુઓ આવે છે, જે નગરપાલિકા દ્વારા એકત્રિત કરવામાં આવે છે અને તેનો નિકાલ કરવામાં આવે છે. નગરપાલિકાના ઘન કચરામાં સામાન્ય રીતે કાગળ, ખાદ્ય એંઠવાડ, પ્લાસ્ટિક, કાચ, ધાતુઓ, રબર, ચામડું, વસ્ત્ર વગેરે હોય છે. તેને સળગાવવાથી કચરાના કદમાં ઘટાડો આવી જાય છે છતાં તે સામાન્યતઃ સંપૂર્ણ રીતે સળગી જતો નથી અને ખુલ્લાં સ્થાનો (dump side)માં તેને ફેંકવાથી ઉંદરો અને માખીઓ માટે પ્રજનન-સ્થળનું કાર્ય કરે છે. **સેનિટરી લૅન્ડફિલ્સ (sanitary landfills)** એ ખુલ્લા સ્થાનોમાં સળગાવીને ઢગલો કરવા માટેની અવેજીમાં અપનાવવામાં આવ્યું હતું. સેનિટરી લૅન્ડફિલ્સમાં ઘન કચરાને ઘનીકરણ (સંઘનિત-compaction) કર્યા પછી ખાડા કે ખાઈમાં દબાવી દેવામાં આવે છે અને દરરોજ ધૂળ કે માટીથી ઢાંકી દેવામાં આવે છે. *જો તમે કોઈ શહેર કે નગરમાં રહો છો તો શું તમે જાણો છો કે, સૌથી નજીકનું લૅન્ડફિલ્સ સ્થળ ક્યાં છે ?* વાસ્તવમાં લૅન્ડફિલ્સ પણ કોઈ વધારે સારો ઉકેલ નથી કારણ કે ખાસ કરીને મહાનગરોમાં ગંદા કચરા (garbage)નું સર્જન એટલું બધું વધારે છે કે તે સ્થળો પણ ભરાઈ જાય છે. આ લૅન્ડફિલ્સમાંથી પણ નાનાં-નાનાં છિદ્રોમાંથી ઝમતાં-નિતરતાં (seepage) રસાયણોનો ખતરો છે, જેનાથી ભૂમિગત જળ-સંસાધનો પ્રદૂષિત થઈ જાય છે.

આ બધાનો એકમાત્ર ઉકેલ છે કે પર્યાવરણીય મુદ્દાઓ માટે મનુષ્યો વધુ સંવેદનશીલ બની શકે છે. આપણા દ્વારા ઉત્પન્ન થતા નકામા પદાર્થોને ત્રણ પ્રકારોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે : (a) જૈવવિઘટન યોગ્ય (bio-degradable) (b) પુનઃચક્રણ યોગ્ય (recyclable) અને (c) જૈવવિઘટન અયોગ્ય (non-biodegradable). એ મહત્ત્વપૂર્ણ છે કે ઉત્પાદિત બધા કચરાની છણાવટ થાય. જે કચરાનો પુનઃ ઉપયોગ કે પુનઃચક્રણ કરી શકાય તેને અલગ કરવો જોઈએ; કબાડીવાળા અને ચિથરાં ભેગા કરવાવાળા (rag-pickers) પુનઃચક્રણ કરવા યોગ્ય સામગ્રીને અલગ કરીને એક મોટું કામ કરે છે. જૈવવિઘટનીય પદાર્થોને જમીનમાં ઊંડા ખાડામાં મૂકી શકાય છે તથા કુદરતી સ્વરૂપમાં વિઘટન માટે છોડી શકાય છે. ત્યાર પછી માત્ર અજૈવવિઘટનીય કચરાનો નિકાલ કરવાનો બાકી રહે છે. આપણા કચરાને ઘટાડવા માટેની જરૂરિયાત એ આપણું મુખ્ય લક્ષ હોવું જોઈએ પરંતુ તેના બદલે આપણે લોકો અજૈવવિઘટનીય ઉત્પાદનોનો ઉપયોગ વધારે કરી રહ્યા છીએ. કોઈ પણ સારી ગુણવત્તાની ખાવાલાયક સામગ્રીનું તૈયાર પૅકેટ પસંદ કરો, જેમકે બિસ્કિટનું પૅકેટ ઉઠાવીને તેના પૅકેજિંગ (packaging)નો અભ્યાસ કરો – શું તમે પૅકેજિંગના ઉપયોગમાં લેવાતા રક્ષણાત્મક સ્તરોને જુઓ છો ? નોંધ લો કે ઓછામાં ઓછું એક સ્તર પ્લાસ્ટિકનું હોય છે. આપણે પોલીથીન બૅગમાં દૂધ તથા પાણી જેવા પોતાના દૈનિક ઉપયોગનાં ઉત્પાદનોનું પણ પૅકેજિંગ શરૂ કર્યું છે. શહેરોમાં ફળો અને શાકભાજીને પણ સુંદર પોલીસ્ટેરિન (polystyrene) અને પ્લાસ્ટિક (plastic) પૅકિંગમાં ખરીદીએ છીએ – આપણે તેની ઘણી વધારે કિંમત ચૂકવીએ છીએ અને આપણે શું કરીએ છીએ ? પર્યાવરણીય પ્રદૂષણમાં ભારે યોગદાન આપી રહ્યા છીએ. સમગ્ર દેશમાં રાજ્ય સરકારો પ્લાસ્ટિકના ઉપયોગમાં ઘટાડો

કરવા અને પર્યાવરણની રીતે ઉપયોગી (ecofriendly) એવા પૅકેજિંગનો ઉપયોગ કરવા પ્રયત્ન કરી રહી છે. જ્યારે આપણે સામાન ખરીદીએ છીએ ત્યારે પોલીથીન (polythene)ની થેલીઓના અસ્વિકાર દ્વારા તથા કાપડ કે અન્ય કુદરતી રેસાની વહન થેલીઓ લઈને આપણે થોડું તો કરી શકીએ છીએ.

દવાખાનાઓ જોખમી કચરો પેદા કરે છે જેમાં જંતુનાશક પદાર્થો અને અન્ય નુકસાનકારક રસાયણોનો સમાવેશ થાય છે તથા રોગજન્ય સૂક્ષ્મજીવો પણ હોય છે. આ પ્રકારના કચરાનો સાવધાનીપૂર્વક ઉપચાર અને નિકાલની આવશ્યકતા છે. દવાખાનાના કચરાના નિકાલ માટે ભઠ્ઠીઓ (incinerators)નો ઉપયોગ કરવો નિર્ણાયક છે.

મરામત ન થઈ શકે તેવા કમ્પ્યૂટર અને ઇલેક્ટ્રૉનિક માલસામાનને **ઇલેક્ટ્રૉનિક કચરો (e-wastes)** કે **ઈ-કચરો** કહેવાય છે. ઈ-કચરોને લૅન્ડફિલ્સ સાઇટમાં દફનાવવામાં આવે છે કે સળગાવીને ભસ્મિભૂત કરી દેવામાં આવે છે. વિકસિત દેશોમાં ઉત્પન્ન થયેલા ઈ-કચરાની અડધાથી વધારે વિકાસશીલ દેશો, મુખ્યત્વે ચીન, ભારત તથા પાકિસ્તાનમાં નિકાસ થાય છે જ્યાં પુનઃચક્રણની ક્રિયા દરમિયાન તાંબું, લોખંડ, સિલિકોન, નિકલ અને સોના જેવી ધાતુઓ પુનઃ પ્રાપ્ત થાય છે. વિકસિત દેશોની જેમ ઈ-કચરાના પુનઃચક્રણ માટે વિશેષરૂપે સુવિધાઓ ઉપલબ્ધ હોય છે પરંતુ વિકાસશીલ દેશોમાં પુનઃચક્રણના કાર્યમાં ઘણી વાર શારીરિક (હાથેથી બનાવવાની-manual) ભાગીદારીનો સમાવેશ થાય છે. આથી આ કાર્ય સાથે જોડાયેલા કર્મચારીઓ પર ઈ-કચરામાં રહેલા ઝેરી પદાર્થોની અસર પડે છે. પુનઃચક્રણ એ ઈ-કચરાના ઉપચાર માટેનો એકમાત્ર ઉકેલ છે, તે ઉપચાર પર્યાવરણને અનુકૂળ (મૈત્રીપૂર્ણ) રીતે હાથ ધરવામાં આવે છે.

16.3.1 પ્લાસ્ટિકના કચરા માટે ઉપચારના કિસ્સાનું અધ્યયન (Case Study of Remedy for Plastic Waste)

બેંગ્લોરમાં પ્લાસ્ટિકની કોથળીઓના ઉત્પાદનકર્તાએ પ્લાસ્ટિક-કચરાની સતત વધતી જતી સમસ્યાનો એક આદર્શ ઉકેલ શોધી લીધો છે. અહમદખાનની ઉંમર 57 વર્ષની છે, તેઓ પાછલાં 20 વર્ષોથી પ્લાસ્ટિકની કોથળીઓ બનાવી રહ્યા છે. લગભગ 8 વર્ષ પહેલાં એમણે અનુભવ્યું કે, પ્લાસ્ટિક-કચરો એક વાસ્તવિક સમસ્યા છે. તેમની કંપનીએ પોલીબ્લેન્ડ (polyblend) નામનો પુનઃચક્રિત પરિવર્તિત પ્લાસ્ટિક નામનો ઝીણો પાઉડર તૈયાર કર્યો. આ મિશ્રણને બિટુમેન (bitumen)ની સાથે ભેળવવામાં આવ્યું જેનો ઉપયોગ રસ્તા બનાવવા માટે કરવામાં આવે છે. અહમદખાનને આર.વી.ઇજનેરી કૉલેજ તથા બેંગ્લોર શહેર કૉર્પોરેશનના સહયોગથી બિટુમેન અને પોલીબ્લેન્ડ સંમિશ્રણ (blend)નો ઉપયોગ કર્યો અને માર્ગ બનાવતી વખતે જણાયું કે બિટુમેનનો જલવિકર્ષક (water repellant) ગુણધર્મ વધી ગયો તથા તેના કારણે રસ્તાની વય ત્રણગણી વધારે થઈ ગઈ. પોલીબ્લેન્ડ બનાવવા માટે કાચા માલના રૂપમાં કોઈ પ્લાસ્ટિક રૅપર્સના કચરાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. પ્લાસ્ટિક-કચરા માટે કચરો વીણવાવાળાને 0.40 રૂપિયા પ્રતિ કિલોગ્રામ મળતા હતા. હવે અહમદખાનથી તેમને 6 રૂપિયા પ્રતિ કિલોગ્રામ મળવા લાગ્યા છે. બેંગ્લોરમાં ખાનની પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરીને વર્ષ 2002 સુધી લગભગ 40 કિલોમીટર રસ્તાનું નિર્માણ થઈ ચૂક્યું છે. ત્યાં હવે અહમદખાનને પોલીબ્લેન્ડ તૈયાર કરવા માટે જલદીથી પ્લાસ્ટિક-કચરાની અછત પડવા લાગશે. પોલીબ્લેન્ડની શોધ કરવા માટે ખાનનો આભાર માનવો પડે કે હવે આપણે પ્લાસ્ટિક-કચરાના દમ ઘૂંટી નાખતા દુષ્પ્રભાવ (smothered)થી પોતાને બચાવી શકીએ છીએ.

16.4 કૃષિ-રસાયણો અને તેમની અસરો (Agro-Chemicals and Their Effects)

હરિયાળી ક્રાંતિ (green revolution)ના સમયમાં પાકોનું ઉત્પાદન વધારવા માટે અકાર્બનિક ખાતરો તેમજ જંતુનાશકોનો ઉપયોગ અનેકગણો વધી ગયો છે તથા અત્યારે જંતુનાશક (pesticides), તૃણનાશક (herbicides), ફૂગનાશક (fungicides) વગેરેનો ઉપયોગ વધુ ને વધુ થવા લાગ્યો છે. આ આકસ્મિક ઘટના ક્રમને જોતાં આ રસાયણો એ બધા ધ્યાનમાં ન લેવાયેલા (non target) સજીવો માટે પણ ઝેરી છે કે જેઓ ભૂમિ-નિવસનતંત્રનાં મહત્ત્વપૂર્ણ ઘટકો છે. શું તમે વિચારી શકો છો કે સ્થળજ નિવસનતંત્રમાં તેમનું

જૈવિકવિવર્ધન (જૈવિકવિશાલન-biomagnified) કરી શકાય છે ? આપણે જાણીએ છીએ કે, રાસાયણિક ખાતરોની વધતી જતી માત્રાનો ઉમેરો જલજ નિવસનતંત્ર અને સુપોષકતાકરણને સામસામે કરી શકે છે. એના પરિણામ સ્વરૂપે કૃષિમાં પ્રવર્તમાન સમસ્યાઓ અતિશય ગંભીર છે.

16.4.1 કાર્બનિક ખેતીના કિસ્સાનું અધ્યયન (Case Study for Organic Farming)

સંકલિત કાર્બનિક ખેતી (integrated organic farming) એક ચક્રીય, કદી કચરો પેદા ન થાય તેવી (zero waste) પ્રક્રિયા છે, જ્યાં એક પ્રક્રિયાથી ઉત્પાદિત કચરો બીજી પ્રક્રિયા માટે પોષક દ્રવ્યો તરીકે કામ કરે છે. આ પ્રકારે સંસાધન (સ્રોત)ની મહત્તમ ઉપયોગિતા સંભવ છે તથા ઉત્પાદનની ક્ષમતા પણ વધે છે. રમેશચંદ્ર ડાગર નામના સોનીપત, હરિયાણાના એક ખેડૂત પણ આ જ કામ કરી રહ્યા છે. તે મધમાખી-પાલન, ડેરી-વ્યવસ્થાપન, જળ-સંગ્રહણ, સેન્દ્રીય બનાવટ તથા કૃષિવિષયક કાર્ય વગેરેનો સમાવેશ એક શ્રૃંખલામય પ્રક્રિયામાં કરી રહ્યા છે, જે એકબીજાને આધારિત છે અને આ પ્રકારે તે એક એકદમ આર્થિક રીતે પરવડે એવી (કિફાયતી) અને લાંબો સમય ટકી શકે તેવી (ટકાઉ) પ્રવૃત્તિ પણ બની જાય છે. આ ઊપજો (પાકો) માટે રાસાયણિક ખાતરોના ઉપયોગની પણ કોઈ જરૂર નથી રહેતી, કારણ કે પશુધનના ઉત્સર્ગ પદાર્થો (છાણ-ગોબર-dung)નો ખાતર તરીકે ઉપયોગ કરી શકાય છે. ઊપજના કચરાનો ઉપયોગ મિશ્ર ખાતર બનાવવા માટે કરાય છે કે જેનો કુદરતી ખાતર તરીકે ઉપયોગ કરી શકાય છે અથવા ખેતરની ઊર્જાની આવશ્યકતાની પૂર્તિ માટે કુદરતી ગૅસ ઉત્પન્ન કરવા ઉપયોગ કરી શકાય છે. આ માહિતી (જાણકારી)ના ફેલાવા વિશે ઉત્સાહ દાખવવા તથા સંકલિત કાર્બનિક ખેતીના મહાવરા (વ્યવસાય કુશળતા પ્રણાલી)માં મદદ કરવા માટે ડાગરે એક 'હરિયાણા કિસાન કલ્યાણ ક્લબ' - (Haryana Kisan Welfare Club) બનાવી છે, જેની વર્તમાન સભ્ય-સંખ્યા 5000 કિસાનો છે.

16.5 કિરણોત્સર્ગી કચરો (Radioactive Waste)

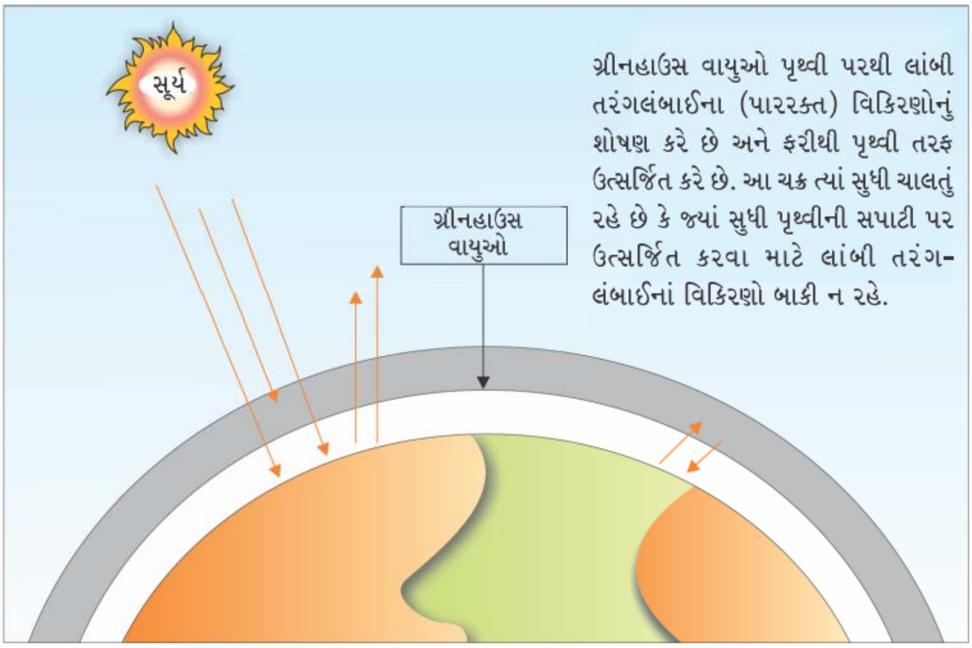
શરૂઆતમાં કેન્દ્રીય ઊર્જા (nuclear energy)ને વીજળી ઉત્પન્ન કરવા માટે એક અપ્રદૂષિત રીત માનવામાં આવતી હતી. પછી એ વાસ્તવિકતાનો ખ્યાલ આવ્યો કે કેન્દ્રીય ઊર્જાના ઉપયોગમાં બે સૌથી ખતરનાક અને સહજ રીતે જન્મજાત સમસ્યાઓ રહેલી છે. પહેલી સમસ્યા આકસ્મિક ઝરણ (leakage)ની છે જેમ કે થ્રી માઇલ આઇલૅન્ડ (Three Mile Island) તથા ચર્નોબીલ (Chernobyl) ઘટનાઓ અને બીજી સમસ્યા કિરણોત્સર્ગી (radio active) કચરાના સુરક્ષિત નિકાલની છે.

કિરણોત્સર્ગી કચરાથી નીકળતાં વિકિરણો સજીવો માટે ખૂબ જ નુકસાનકારક હોય છે કારણ કે તેના કારણે અતિશય ઊંચા દરે વિકૃતિઓ થાય છે. કિરણોત્સર્ગીની ખૂબ જ વધારે માત્રા જીવલેણ (ઘાતક-lethal) હોય છે પરંતુ તેની ઓછી માત્રાને કારણે પણ વિવિધ વિકારો થાય છે. તેનો સૌથી વધુ વારંવાર થતો વિકાર કૅન્સર છે. તેથી કેન્દ્રીય વિકિરણોનો કચરો અત્યંત શક્તિશાળી પ્રદૂષક છે અને તેની કાર્યવાહીમાં અત્યંત સાવચેતી રાખવાની જરૂર પડે છે.

એ ભલામણ કરવામાં આવી છે કે ન્યુક્લિયર કચરાને પૂર્વ-ઉપચાર (પૂર્વ-સારવાર) આપ્યા પછી, તેને યોગ્ય રીતે કવચ ધરાવતા સંગ્રાહકોમાં સંગ્રહ કરી, પૃથ્વીની સપાટી નીચે લગભગ 500 મીટર ઊંડાઈએ ખાડો ખોદીને પથ્થરોથી દબાવી દેવા જોઈએ. તેમ છતાં નિકાલની આ પદ્ધતિ માટે પણ લોકો તરફથી સખત વિરોધ થાય છે. *તમે શા માટે વિચારો છો કે નિકાલની આ પદ્ધતિથી ઘણા લોકો સહમત નથી ?*

16.6 ગ્રીનહાઉસ-અસર અને વૈશ્વિક ઉષ્ણતા (Greenhouse Effect and Global Warming)

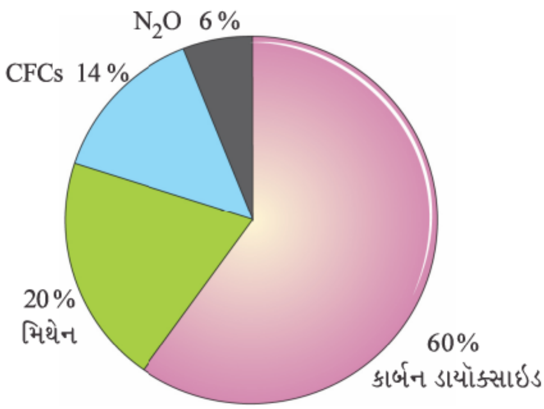
'ગ્રીનહાઉસ અસર' શબ્દની ઉત્પત્તિ એક એવી ઘટનાથી થઈ શકે છે જે ગ્રીનહાઉસમાં થાય છે. શું તમે ક્યારેય ગ્રીનહાઉસ જોયું છે ? આ એક નાના કાચના ઘર (glass house) જેવું દેખાય છે જેનો ઉપયોગ ખાસ કરીને ઠંડી ઋતુમાં વનસ્પતિના છોડના રોપાઓને ઉગાડવા માટે કરવામાં આવે છે. કાચનું ફલક (panel) પ્રકાશને અંદર તો આવવા દે છે પરંતુ ઉષ્ણતા (ગરમી)ને બહાર નીકળવા દેતું નથી. તેથી ગ્રીનહાઉસ ઠીક એવી રીતે



આકૃતિ 16.6 : સૌથી બહારના વાતાવરણ પર સૂર્યપ્રકાશ-ઊર્જા

ગરમ થઈ જાય છે કે થોડા કલાકો માટે બહાર સૂર્યના તડકામાં પાર્ક કરવામાં આવેલી કાર (ગાડી)નો અંદર ભાગ ગરમ થઈ જાય છે.

ગ્રીનહાઉસ અસર કુદરતી રીતે થતી ઘટના છે કે, તે પૃથ્વીની સપાટી તથા વાતાવરણ ગરમ થવા માટે જવાબદાર છે. તમને એ જાણીને આશ્ચર્ય થશે કે જો ગ્રીનહાઉસ અસર ન હોત તો આજે પૃથ્વીની સપાટીનું સરેરાશ તાપમાન 15° C રહેવાને બદલે ઠંડું રહીને –18° C રહે. ગ્રીનહાઉસ અસરને સમજવા માટે એ જાણવું જરૂરી છે કે સૌથી બહારના વાતાવરણમાં પહોંચતી સૂર્યપ્રકાશની ઊર્જાના ભાવિનું શું થાય છે (આકૃતિ 16.6). પૃથ્વી તરફ આવતા સૌરવિકિરણો (solar radiations)ના લગભગ ચોથા (1/4) ભાગ જેટલાં વિકિરણોના વાદળો (clouds) તથા વાયુઓ (gases)થી પરાવર્તન થઈ જાય છે અને બીજો ચોથો ભાગ તેમના દ્વારા શોષાઈ જાય છે પરંતુ લગભગ અડધા ભાગ જેટલા વાતાવરણમાં પ્રવેશ પામતા સૌરવિકિરણો પૃથ્વીની સપાટી પર પડે છે અને તેને ગરમ કરે છે જ્યારે થોડાક જ પ્રમાણમાં તે પરાવર્તન પામીને પાછા જાય છે. પૃથ્વીની સપાટી પારરક્ત વિકિરણો (infrared)ના સ્વરૂપમાં ગરમીને ફરીથી ઉત્સર્જિત (પુનઃઉત્સર્જિત-re-emit) કરે છે પરંતુ આ ભાગ અવકાશમાં છટકી જતો નથી પણ મોટા ભાગનાં પારરક્ત વિકિરણો વાતાવરણમાં રહેલા વાયુઓ દા.ત., કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, મિથેન વગેરે દ્વારા શોષાઈ જાય છે. આ વાયુઓના અણુઓ ઉષ્માઊર્જાનો ફેલાવો કરે છે અને તેનો મોટો ભાગ ફરીથી પાછો પૃથ્વીની સપાટી પર આવી જાય છે તથા તેને ફરી એકવાર ગરમ કરે છે. આ ચક્રનું પુનરાવર્તન ઘણી વખત થતું રહે છે. આ પ્રકારે પૃથ્વીની સપાટી અને નીચે રહેલું વાતાવરણ ગરમ થતું રહે છે. ઉપર જણાવેલા વાયુઓ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, મિથેન - વગેરે સામાન્ય રીતે ગ્રીનહાઉસ વાયુઓ તરીકે ઓળખાય છે (આકૃતિ 16.7). કારણ કે, તેઓ ગ્રીનહાઉસ અસર માટે જવાબદાર છે.

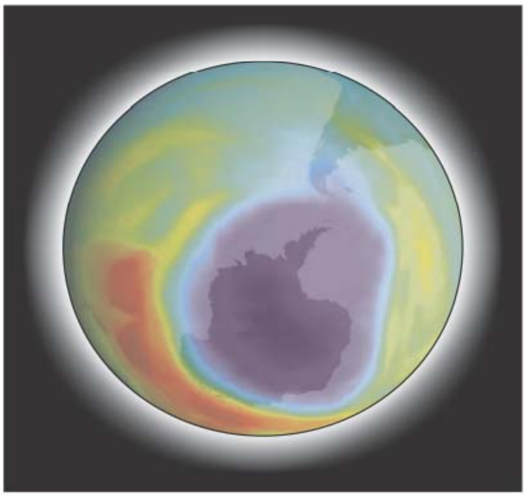


આકૃતિ 16.7 : કુલ વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાન માટે વિવિધ ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનું સાપેક્ષ યોગદાન

ગ્રીનહાઉસ વાયુઓના સ્તરમાં થતી વૃદ્ધિને કારણે પૃથ્વીની સપાટીની ઉષ્ણતા (ગરમી)માં નોંધપાત્ર વધારો થાય છે જેના કારણે વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાન પણ વધવા પામે છે. ગત શતાબ્દિ દરમિયાન, પૃથ્વીનું તાપમાન 0.6° C જેટલું વધવા પામ્યું હતું, તે પૈકી છેલ્લા ત્રણ દાયકાઓ દરમિયાન સૌથી વધારે વૃદ્ધિ થઈ છે. વૈજ્ઞાનિકોનું માનવું છે કે તાપમાનમાં થતાં આ વધારાને કારણે પર્યાવરણમાં હાનિકારક ફેરફારો થાય છે અને તેના પરિણામ સ્વરૂપે આબોહવામાં અસાધારણ ફેરફારો થાય છે (દા.ત., અલનીનો અસર). આ રીતે ધ્રુવીય ઘન બરફનાં શિખરો અને તેવી જ રીતે હિમાલયનાં બરફ આચ્છાદિત શિખરો જેવાં અન્ય સ્થળોનું ઓગળવાનું વધી જાય છે. જેના પરિણામે ઘણાં વર્ષો પછી સમુદ્રની સપાટીના સ્તરમાં વધારો થશે જે દરિયાકિનારાના ઘણા તટ-વિસ્તારો (costal)ને ડુબાડી શકે છે. વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાનમાં થતાં પરિવર્તનોની કુલ સાદશ્યતા એ વિષય છે કે જે હજુ પણ સક્રિય સંશોધન હેઠળ છે.

આપણે વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાનને કેવી રીતે નિયંત્રિત કરી શકીએ ? તેને લગતાં પગલાં(ઉપાયો)માં અશ્મિભૂત ઈંધણનો ઉપયોગ ઘટાડવો, ઊર્જાના ઉપયોગની કાર્યદક્ષતામાં સુધારો કરવો, જંગલોની નાબૂદી (વનકટાઈ) ઘટાડવી, વૃક્ષારોપણ કરવું તથા માનવવસ્તીની વૃદ્ધિમાં ઘટાડો કરવો વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. વાતાવરણમાં ગ્રીનહાઉસ વાયુઓના ઉત્સર્જનને ઘટાડવા માટે આંતરરાષ્ટ્રીય પહેલ પણ કરવામાં આવી રહી છે.

16.7 સમતાપમંડળ (ઊર્ધ્વમંડળ)માં ઓઝોન અવક્ષયન (Ozone Depletion in the Stratosphere)



આકૃતિ 16.8 : ઓઝોન છિદ્ર ઍન્ટાર્કટિકા ખંડની ઉપર એ ક્ષેત્ર છે જે જાંબલી રંગથી દર્શાવવામાં આવ્યું છે. જ્યાં ઓઝોન સ્તર સૌથી પાતળું છે. ઓઝોનની જાડાઈ ડૉબસન એકમ (ધ્યાનથી માપને જુઓ જે આછા જાંબલી કે જાંબલીથી લાલ રંગ)માં દર્શાવવામાં આવ્યું છે. ઍન્ટાર્કટિકાની ઉપર ઓઝોન ગર્ત પ્રતિવર્ષ ઑગસ્ટના ઉત્તરાર્ધ અને ઑક્ટોબરના પ્રારંભમાં બને છે. સૌજન્ય : નાસા (NASA)

તમે આ પહેલાં ધોરણ XIના રસાયણવિજ્ઞાનના પાઠ્યપુસ્તકમાં 'ખરાબ' ઓઝોન વિશે અભ્યાસ કર્યો છે જે વાતાવરણના નીચેનું સ્તર (ક્ષોભમંડળ-troposhere)માં બને છે જે વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓને નુકસાન પહોંચાડી શકે છે. વાતાવરણમાં 'સારો' ઓઝોન પણ હોય છે; જે ઓઝોન વાતાવરણના ઉપરના ભાગોમાં જોવા મળે છે તેને **સમતાપમંડળ કે ઊર્ધ્વમંડળ (stratosphere)** કહેવાય છે અને તે સૂર્યમાંથી નીકળતાં પારજાંબલી વિકિરણો (ultra violet radiation)ને શોષવા કવચનું કામ કરે છે. પારજાંબલી કિરણો સજીવો માટે હાનિકારક છે કારણ કે સજીવોનું DNA તથા પ્રોટીન ખાસ કરીને પારજાંબલી કિરણોનું શોષણ કરે છે અને તેની ઊંચી ઊર્જા આ અણુઓમાં રહેલા રાસાયણિક બંધોને તોડી નાખે છે. વાતાવરણની ટોચથી લઈને જમીન પર નીચેના ભાગ સુધી હવાના સ્તંભની જાડાઈ **ડૉબસન એકમ (DU)**ના અર્થમાં મપાય છે.

આણ્વિક ઑક્સિજન પર પારજાંબલી કિરણોની ક્રિયાના પરિણામ સ્વરૂપ ઓઝોન ગૅસ સતત બનતો રહે છે અને સમતાપમંડળમાં આણ્વિક ઑક્સિજનમાં ઘટાડો પણ થતો રહે છે. સમતાપમંડળ ઓઝોનનું ઉત્પાદન અને ઘટાડા (અવનતીકરણ) વચ્ચે સંતુલન હોવું જોઈએ. હાલમાં **ક્લોરોફ્લોરો કાર્બન્સ (CFCs)** દ્વારા ઓઝોનનું અવનતીકરણ વધી જવાથી તેનું સંતુલન બગડી ગયું છે. CFCsનો વધારેપડતો ઉપયોગ શીતકો (રેફ્રિજરન્ટ)માં થાય છે. વાતાવરણના નીચેના ભાગેથી વિસર્જિત થતો CFCs ઉપરની તરફ ખસે છે અને સમતાપમંડળમાં પહોંચે છે. સમતાપમંડળમાં પારજાંબલી કિરણો (UV) તેની સાથે ક્રિયા કરીને ક્લોરિન (Cl)ના પરમાણુઓ મુક્ત કરે છે. ક્લોરિન ઓઝોનનું અવનતીકરણ કરે છે અને આણ્વિક ઑક્સિજન મુક્ત કરે છે. આ પ્રક્રિયામાં ક્લોરિન (Cl)ના પરમાણુઓનો વપરાશ થતો નથી કારણ કે તેઓ માત્ર ઉદ્દીપક

તરીકે કાર્ય કરે છે. તેથી સમતાપમંડળમાં જે કોઈ પણ CFCs ઉમેરાતા જાય છે તેની ઓઝોન સ્તરો પર કાયમી અને સતત અસરો થતી જ રહે છે. તેમ છતાં સમતાપમંડળમાં ઓઝોનનું અવનતીકરણ વ્યાપક રીતે થતું રહે છે પરંતુ આ અવક્ષયની અસર નમૂનારૂપ–ખાસ કરીને ઍન્ટાર્કટિક પ્રદેશ પર સૌથી વધુ થાય છે. આ અસરને પરિણામે અહીં ખૂબ જ મોટા વિસ્તારમાં ઓઝોનનું સ્તર ખૂબ જ પાતળું થઈ ગયું છે, જે સામાન્ય રીતે **ઓઝોન છિદ્ર (ozone hall)** તરીકે ઓળખાય છે (આકૃતિ 16.8).

પારજાંબલી કિરણો-B (UV-B) કરતાં ટૂંકી તરંગલંબાઈનાં પારજાંબલી કિરણો પૃથ્વીના વાતાવરણ દ્વારા લગભગ સંપૂર્ણ રીતે શોષાઈ જાય છે. જોકે ઓઝોન સ્તર જેમનું તેમ અકબંધ રહે છે, પરંતુ UV-B એ DNAને નુકસાન કરે છે અને વિકૃતિ થઈ શકે છે. તે ચામડીના વૃદ્ધત્વનું કારણ બને છે. ચામડીના કોષોને નુકસાન તથા વિવિધ પ્રકારના ચામડીના કૅન્સર થાય છે. માનવ-આંખનું, પારદર્શકપટલ (cornea) એ UV-B કિરણોને શોષી લે છે તથા UV-Bની વધારે માત્રાને કારણે પારદર્શકપટલમાં સોજો આવે છે તેને **પારપટલ અંધતા (snow-blindness)** કહે છે. આવા અભિદર્શનથી પારદર્શકપટલને કાયમી નુકસાન થઈ શકે છે. મોતિયો (cataract) વગેરે.

ઓઝોનના અવક્ષયની હાનિકારક અસરોને જોતાં આંતરરાષ્ટ્રીય સંધિ કરવામાં આવી હતી, જે **મોન્ટ્રિયલ પ્રોટોકોલ (Montreal Protocol)** તરીકે ઓળખાય છે. ઓઝોન અવક્ષય કરતા પદાર્થોના ઉત્સર્જન પર નિયંત્રણ માટે સન 1987 (1989માં અસરકારક)માં મોન્ટ્રિયલ (કૅનેડા) ખાતે તેના પર હસ્તાક્ષર કરવામાં આવ્યા હતા. ત્યાર બાદ CFCs અને અન્ય અવક્ષયકારક રસાયણોના ઉત્સર્જનને ઘટાડવા માટે ઘણા વધારે પ્રયત્નો પણ હાથ ધરવામાં આવ્યા છે તથા પ્રોટોકોલ (રાજદ્વારી શિષ્ટાચાર)માં વિકસિત અને વિકાસશીલ દેશો માટે અલગથી ચોક્કસ દિશા-નિર્દેશકો (માર્ગદર્શી નકશા) નિયત કરવામાં આવ્યા છે.

16.8 સંસાધનનો અનુચિત ઉપયોગ અને અનુચિત જાળવણી દ્વારા અવનતીકરણ (Degradation by Improper Resource Utilisation and Maintenance)

કુદરતી સંસાધનો(સ્રોતો)નું અવનતીકરણ માત્ર પ્રદૂષકોની ક્રિયાને કારણે જ નહિ પરંતુ સંસાધનોનો અનુચિત (અયોગ્ય) ઉપયોગ કરવાની જે રીતો છે તેના કારણે પણ થઈ શકે છે.

જમીનનું ધોવાણ અને રણ-સ્થળીકરણ (Soil Erosion and Desertification) : સૌથી ઉપરની જમીનની ફળદ્રુપતા માટે સદીઓ લાગી જાય છે પરંતુ વધારેપડતી ખેતી, અબાધિત (અનિયંત્રિત-unrestricted))ચરાણ, વનનાબૂદી (વનકટાઈ) તથા નબળી સિંચાઈપદ્ધતિઓ જેવી મનુષ્યની ક્રિયાવિધિઓને કારણે આ ઉપરના ફળદ્રુપ સ્તરો (fertile layer)ને ખૂબ જ સરળતાથી દૂર કરી શકાય છે, જેના પરિણામે જમીનના શુષ્ક નાના-નાના ટુકડા (શુષ્ક નાના ભૂમિખંડો- patches) થઈ જાય છે. જ્યારે, આ ઉજ્જડ શુષ્ક ભૂમિખંડો વિસ્તારિત થઈ મોટા બને છે તથા સમય જતાં એકબીજાથી જોડાઈ જાય છે ત્યારે રણનું સર્જન થાય છે. આંતરરાષ્ટ્રીય સ્તરે, તે માનવામાં આવે છે કે રણ-સ્થળીકરણ ખાસ કરીને વધતા જતા શહેરીકરણને કારણે આજકાલ એક મુખ્ય સમસ્યા છે.

જમીનમાં પાણી-ભરાવો અને જમીનની ક્ષારતા (Waterlogging and Soil Salinity) : સિંચાઈમાં જો પાણીનો યોગ્ય નિકાલ ન થાય તો જમીનમાં પાણીનો ભરાવો થાય છે અને જમીન એકદમ તરબતર થાય છે. પાકોને અસર કરવા ઉપરાંત જમીનની સપાટી પાણીમાં રહેલા ક્ષારો (salts) ખેંચે છે. પછી આ ક્ષારો ભૂમિની સપાટી પર પાતળા પડ તરીકે જમા થઈ જાય છે અથવા છોડવાંઓના મૂળ પર જમા થવા લાગે છે. ક્ષારોની વધતી જતી માત્રા પાકોની વૃદ્ધિ માટે પ્રતિકૂળ (વિપરિત-inimical) બને છે અને કૃષિ માટે અત્યંત નુકસાનકર્તા છે. પાણીનો ભરાવો અને જમીનની ક્ષારતાસંબંધી કેટલીક સમસ્યાઓ છે જે હરિયાળી ક્રાંતિને કારણે આવી છે.

16.9 નિર્વનીકરણ–વનવિનાશ (Deforestation)

વન (જંગલ) વિસ્તારોનું વનરહિત વિસ્તારોમાં રૂપાંતર કરવું વન-નાબૂદી કહેવાય છે. એક અંદાજ પ્રમાણે ઉષ્ણકટિબંધ પ્રદેશમાં લગભગ 40 % જંગલો નષ્ટ થઈ ગયાં છે. શિતોષ્ણ પ્રદેશોમાં માત્ર 1 % જ જંગલો

નાશ પામ્યાં છે તેની સાપેક્ષે ખાસ કરીને ભારતમાં નિર્વનીકરણની વર્તમાન સ્થિતિ દયનીય (grim) છે. વીસ (20)મી સદીના પ્રારંભમાં ભારતમાં જમીનના કુલ ક્ષેત્રફળના લગભગ ત્રીસ (30) % જંગલો હતાં. સદીના અંત સુધી તે ઘટીને 21.54 % રહી ગયાં. ભારતની રાષ્ટ્રીય વનનીતિ (1988) દ્વારા ભલામણ કરવામાં આવી કે સપાટ મેદાની વિસ્તારોમાં 33 % જંગલો હોવાં જોઈએ તથા પર્વતીય ક્ષેત્રોમાં 67 % જંગલો હોવાં જોઈએ.

નિર્વનીકરણ કેવી રીતે થાય છે ? તેના માટે કોઈ એક કારણ નથી પરંતુ સંખ્યાબંધ માનવ-પ્રવૃત્તિઓ તેના માટે સહભાગી બને છે. વન-નાબૂદીનું એક મુખ્ય કારણ છે કે વનપ્રદેશને કૃષિવિષયક ભૂમિમાં બદલવામાં આવે છે જેનાથી વધતી જતી માનવવસ્તી માટે ખોરાક ઉપલબ્ધ થઈ શકે. વૃક્ષોને ઈમારતી લાકડું (timber wood), બળતણ (fire wood), ઢોર-પશુપાલન (cattle ranching) માટે તથા અન્ય કેટલાક હેતુઓ માટે કાપવામાં આવે છે. **કાપો અને સળગાવો કૃષિ (Slash and burn agriculture)** જે સામાન્ય રીતે ભારતનાં ઉત્તર-પૂર્વીય રાજ્યોમાં **ઝૂમ ઉછેર (Jhum cultivation)** કહેવાય છે તે પણ નિર્વનીકરણમાં ફાળો આપે છે. કાપો અને સળગાવો કૃષિમાં ખેડૂતો જંગલનાં વૃક્ષોને કાપી નાંખે છે અને વનસ્પતિ અવશેષોને સળગાવી નાંખે છે. આ રાખનો ઉપયોગ ખાતર તરીકે કરવામાં આવે છે અને એ જમીન પછી ખેતી માટે કે પશુઓને ચારવા માટે વપરાય છે. ખેતી કર્યા પછી, આ વિસ્તારને ઘણાં વર્ષો સુધી એમ ને એમ ખાલી છોડી દેવામાં આવે છે જેથી તેની પુનઃપ્રાપ્તિ થાય. કિસાનો ફરી અન્ય વિસ્તારોમાં આગળ વધે છે અને આ પ્રક્રિયાનું પુનરાવર્તન કરે છે. અગાઉના દિવસોમાં જ્યારે ઝૂમની ખેતી પ્રચલિત હતી, ત્યારે પૂરતા સમયનો તફાવત આપવામાં આવતો હતો કે જેથી ખેતી કે વાવણીની અસરમાંથી જમીન પાછી મળી શકે. આ પુનઃપ્રાપ્તિના તબક્કાને દૂર કરવામાં આવે છે જેના પરિણામે વન-નાબૂદી થાય છે.

નિર્વનીકરણનું પરિણામ શું છે ? તેની મુખ્ય અસરોમાંથી એક છે કે વાતાવરણના કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની સાંદ્રતા વધી જાય છે કારણ કે વૃક્ષ જે પોતાના જૈવભાર (blomass)માં ખૂબ જ વધારે કાર્બન ધારણ કરી શકતા હતા તે વન-નાબૂદીના કારણે નાશ પામી રહ્યા છે. વન-નાબૂદીને કારણે વસવાટનો વિનાશ થવાથી જૈવ-વિવિધતા પણ નુકસાનનું કારણ બને છે. તેના કારણે જલચક્ર (hydrological cycle) બગડી જાય છે, જમીનનું ધોવાણ થાય છે તથા આત્યંતિક કિસ્સાઓમાં તેને રણ-સ્થળીકરણ અથવા રણપ્રદેશ તરફ દોરી શકે છે.

પુનઃવનીકરણ એ જંગલને પુનઃસ્થાપિત કરવાની પ્રક્રિયા છે જે એક વખત અસ્તિત્વમાં હતી પરંતુ ભૂતકાળમાં કોઈક સમયે તે દૂર કરવામાં આવી હતી. વન-નાબૂદી વિસ્તારમાં કુદરતી રીતે પુનઃવનીકરણ થઈ શકે છે. જોકે, આપણે તે વિસ્તારમાં પહેલાં જે અસ્તિત્વમાં હતી તે જૈવ-વિવિધતાને ધ્યાનમાં રાખીને વૃક્ષારોપણ કરી તેને ઝડપી બનાવી શકીએ.

16.9.1 વન-સંરક્ષણમાં લોકોની ભાગીદારીના કિસ્સાનું અધ્યયન (Case Study of People's Participation in Conservation of Forest)

ભારતમાં લોકોની સહભાગીદારીનો લાંબો ઇતિહાસ છે. સને 1731માં, રાજસ્થાનમાં જોધપુરના રાજાએ પોતાના એક મંત્રીને એક નવો મહેલ બનાવવા માટે લાકડાની વ્યવસ્થા કરવાનું કહ્યું. રાજાના મંત્રી અને કર્મચારીઓ એક ગામ કે જ્યાં બિશ્નોઈ (Bishnoi) પરિવારના લોકો રહેતા હતા, તેની નજીકના જંગલમાં વૃક્ષો કાપવા માટે ગયા. બિશ્નોઈ પરિવારની અમૃતા (Amrita) નામની એક મહિલાએ અદ્‌ભૂત સાહસનો પરિચય આપ્યો. ત્યાં મહિલા વૃક્ષને ચોંટીને ઊભી રહી ગઈ અને તેણીએ રાજાના લોકોને કહ્યું કે વૃક્ષને કાપતા પહેલાં મને કાપવાનું સાહસ કરો. તેના માટે વૃક્ષની સુરક્ષા પોતાના જીવનથી ઘણી વધારે હતી. દુ:ખની વાત છે કે રાજાના લોકોએ તેણીની વાતો પર ધ્યાન આપ્યું નહિ અને તેની સાથે-સાથે અમૃતાદેવીને પણ કાપી નાખ્યાં. તે પછી તેણીની ત્રણ બેટીઓ તથા બિશ્નોઈ પરિવારના ઘણાબધા લોકોએ વૃક્ષોની રક્ષા માટે પોતાના પ્રાણ આપી દીધા. ઇતિહાસમાં ક્યાંય પણ આ પ્રકારની પ્રતિબદ્ધતાની કોઈ મિસાલ નથી કે જ્યારે પર્યાવરણની રક્ષા કરવા માટે મનુષ્યોએ પોતાનું બલિદાન કરી દીધું હોય. હાલમાં જ,

ભારત સરકારે **અમૃતાદેવી બિશ્નોઈ વન્યજીવ-સંરક્ષણ પુરસ્કાર (Amrita Devi Bishnoi Wildlife Protection Award)** આપવાનું શરૂ કર્યું છે. આ પુરસ્કાર ગ્રામીણ વિસ્તારોના એવા વ્યક્તિઓ અથવા સમુદાયોને આપવામાં આવે છે કે, જેમણે વન્યજીવોની રક્ષા માટે અદ્ભૂત સાહસ અને સમર્પણ દેખાડ્યું હોય.

તમે હિમાલયના ગઢવાલના **ચિપકો આંદોલન (Chipko Movement)** વિશે સાંભળ્યું હશે. સને 1974માં ઠેકેદારો દ્વારા કાપી નખાતાં વૃક્ષોની સુરક્ષા માટે વૃક્ષોને ચોંટીને સ્થાનિક મહિલાઓએ ખૂબ જ બહાદુરીનો પરિચય આપ્યો. વિશ્વભરના લોકોએ ચિપકો આંદોલનની પ્રશંસા કરી.

સ્થાનિક સમુદાયોની ભાગીદારીના મહત્ત્વને સમજતાં ભારત સરકારે 1980ના દાયકામાં **સંયુક્ત વન-વ્યવસ્થાપન (JFM-Joing Forest Management)**ની કલ્પના રજૂ કરી, જેનાથી સ્થાનિક સમુદાયો સાથે મળીને જંગલોના રક્ષણ અને વ્યવસ્થાપન (સંચાલન)નું કાર્ય ખૂબ જ સારી રીતે થઈ શકે. જંગલોથી મળતી તેમની સેવાઓને બદલે આ સમુદાયોને વિવિધ પ્રકારની જંગલની પેદાશો (દા.ત., ફળો, ગુંદર, રબર, ઔષધો વગેરે)નો લાભ મળે છે. આ પ્રકારે વનને લાંબો સમય ટકી શકે તેવા ટકાઉ રીતે સંરક્ષિત કરી શકાય છે.

સારાંશ

પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ અને મહત્ત્વપૂર્ણ સંસાધનોના સંબંધે મુખ્ય સમસ્યાઓ, સ્થાનિક (local) કે ક્ષેત્રિય (regional) સ્તરથી લઈને વૈશ્વિક (global) સ્તરમાં અલગ-અલગ છે. વાયુ-પ્રદૂષણ મુખ્ય રીતે ઉદ્યોગો તથા વાહનોમાં કોલસો તથા પેટ્રોલિયમ જેવા અશ્મિ-બળતણનું દહન થવાથી થાય છે. તે મનુષ્યો, પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિઓ માટે હાનિકારક છે અને તેથી જ આપણી આસપાસના વાયુઓને સ્વચ્છ રાખવા માટે તેમને દૂર કરવા જરૂરી છે. ઘરેલું વાહિત મળ જે જળાશયોના પ્રદૂષણનો સર્વાધિક સામાન્ય સ્રોત છે, તેના કારણે ઓગળેલો ઑક્સિજન ઓછો થઈ જાય છે પરંતુ સંકલિત-અભિગ્રાહી જળને જૈવ-રાસાયણિક પ્રક્રિયાની આવશ્યકતા વધી જાય છે. ઘરેલું વાહિત મળમાં પોષક તત્ત્વો ખાસ કરીને નાઇટ્રોજન તથા ફૉસ્ફરસ વધુ હોય છે. તેના કારણે સુપોષકતાકરણ (eutrophication) અને ખરાબ રીતે લીલ પ્રસ્ફુટન થાય છે. ઔદ્યોગિક કચરો પાણીમાં હંમેશાં ઝેરીલાં રસાયણો ખાસ કરીને ભારે ધાતુઓ અને કાર્બનિક સંયોજનો વધારે છે. ઔદ્યોગિક કચરો જલજીવધારીઓ માટે નુકસાનકારક છે. નગરપાલિકાનો ઘન કચરો (solid waste) પણ સમસ્યાઓ ઉત્પન્ન કરે છે તથા તેનો નિકાલ લૅન્ડફિલ્સ (landfills)માં અવશ્ય કરવો જોઈએ. ખતરનાક કચરો જેવો કે જૂના નકામા જહાજ, કિરણોત્સર્ગી કચરો તથા ઈ-કચરાના નિકાલ માટે વધારાના પ્રયત્નોની જરૂર પડે છે. જમીનનું પ્રદૂષણ મુખ્યત્વે કૃષિ-રસાયણો (દા.ત., જંતુનાશકો) તથા તેની ઉપર નાંખવામાં આવેલા ઘન કચરાના નિક્ષાલકો (leachates)ના કારણે થાય છે.

વૈશ્વિક પ્રકૃતિની બે મુખ્ય પર્યાવરણીય સમસ્યાઓ છે; ગ્રીનહાઉસની વધતી જતી અસર કે જેના કારણે પૃથ્વી ઉપર ગરમી વધી રહી છે અને સમતાપમંડળમાં ઓઝોનનું અવક્ષયન થઈ રહ્યું છે. ગ્રીનહાઉસ અસરની વૃદ્ધિ મુખ્ય રીતે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને CFCsના ઉત્સર્જનના વધારાને કારણે તથા વન-નાબૂદી (deforestation)ને કારણે પણ થાય છે. જેના કારણે જલવૃષ્ટિ (rain fall)ની રીતો તથા વૈશ્વિક તાપનામમાં ખૂબ જ પરિવર્તન થઈ શકે છે. સાથે જ, તે સજીવોને ઘણું નુકસાન પણ પહોંચાડી શકે છે. સમતાપમંડળમાં ઓઝોનનું અવક્ષયન CFCsના ઉત્સર્જનને કારણે થાય છે જે પારજાંબલી વિકિરણોની હાનિકારક અસરથી આપણું રક્ષણ કરે છે, તેના કારણે ચામડીનું કૅન્સર, વિકૃતિ (mutation) તથા અન્ય વિકારો (disorders)ના વધવાની સંભાવના વધતી જાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. ઘરેલું વાહિત મળનાં વિવિધ ઘટકો કયાં છે ? વાહિત મળના નદીમાં વિસર્જન થવાથી થતી અસરોની ચર્ચા કરો.
2. તમે તમારા ઘર, શાળા કે બીજાં અન્ય સ્થળોએ ભ્રમણ દરમિયાન જે કચરો ઉત્પન્ન કરો છો, તેમની યાદી બનાવો. શું તમે તેમને સરળતાથી ઓછા કરી શકો છો ? એવો કયો કચરો છે જેને ઓછો કરવો મુશ્કેલ કે અસંભવ છે ?
3. વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાનમાં થતા વધારાનાં કારણો અને અસરોની ચર્ચા કરો. વૈશ્વિક ઉષ્ણતામાનમાં થતા વધારાને નિયંત્રિત કરવાના ઉપાયો કયા છે ?
4. કૉલમ A અને Bમાં આપેલા શબ્દોને સંગત કરો :

કૉલમ A	કૉલમ B
(a) ઉદ્દીપક પરિવર્તક	(i) કણીય દ્રવ્ય (particulate matter)
(b) સ્થિરવિદ્યુત અવક્ષેપક	(ii) કાર્બન મોનોક્સાઇડ અને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ
(c) કર્ણમફ (Earmuff)	(iii) ઊંચું ઘોંઘાટ સ્તર
(d) લૅન્ડફિલ્સ	(iv) ઘન કચરો

5. નીચેના પર આલોચનાત્મક નોંધ લખો :
   (a) સુપોષકતાકરણ
   (b) જૈવવિવર્ધન (જૈવિક વિશાલન)
   (c) ભૂમિજળ અવક્ષય અને તેની પુનઃપૂર્તિની રીતો
6. ઍન્ટાર્કટિકાની ઉપર ઓઝોન છિદ્ર શા માટે બને છે ? પારજાંબલી વિકિરણોના વધારાથી આપણા ઉપર કેવા પ્રકારની અસર પડશે ?
7. જંગલોનું સંરક્ષણ અને સુરક્ષામાં મહિલાઓ તથા સમુદાયો (communities)ની ભૂમિકાની ચર્ચા કરો.
8. પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને રોકવા માટે એક વ્યક્તિરૂપે તમે શું ઉપાયો કરશો ?
9. નીચેનાની સંક્ષિપ્તમાં ચર્ચા કરો :
   (a) કિરણોત્સર્ગી કચરો
   (b) બિનઉપયોગી જહાજ અને ઈ-કચરો
   (c) નગરપાલિકાનો ઘન કચરો
10. દિલ્લીમાં વાહનોથી થતા વાયુ-પ્રદૂષણને ઓછું કરવા માટે કયા પ્રયત્નો કરવામાં આવ્યા ? શું દિલ્લીના વાયુઓની ગુણવત્તા (quality)માં સુધારો થયો છે ?
11. નીચેનાની સંક્ષિપ્તમાં ચર્ચા કરો :
    (a) ગ્રીનહાઉસ ગૅસ
    (b) ઉદ્દીપક પરિવર્તક
    (c) પારજાંબલી-B