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.

કિંમત : ₹ 153.00

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

तमसो मा ज्योतिर्गमय

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. આઈ. 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.

અવંતિકા સિંઘ (IAS)
નિયામક — કાર્યવાહક પ્રમુખ
તા. 3-4-2019 — ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2019
પ્રકાશક : ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર વતી અવંતિકા સિંઘ, 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 નિઃસંદેહ 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.

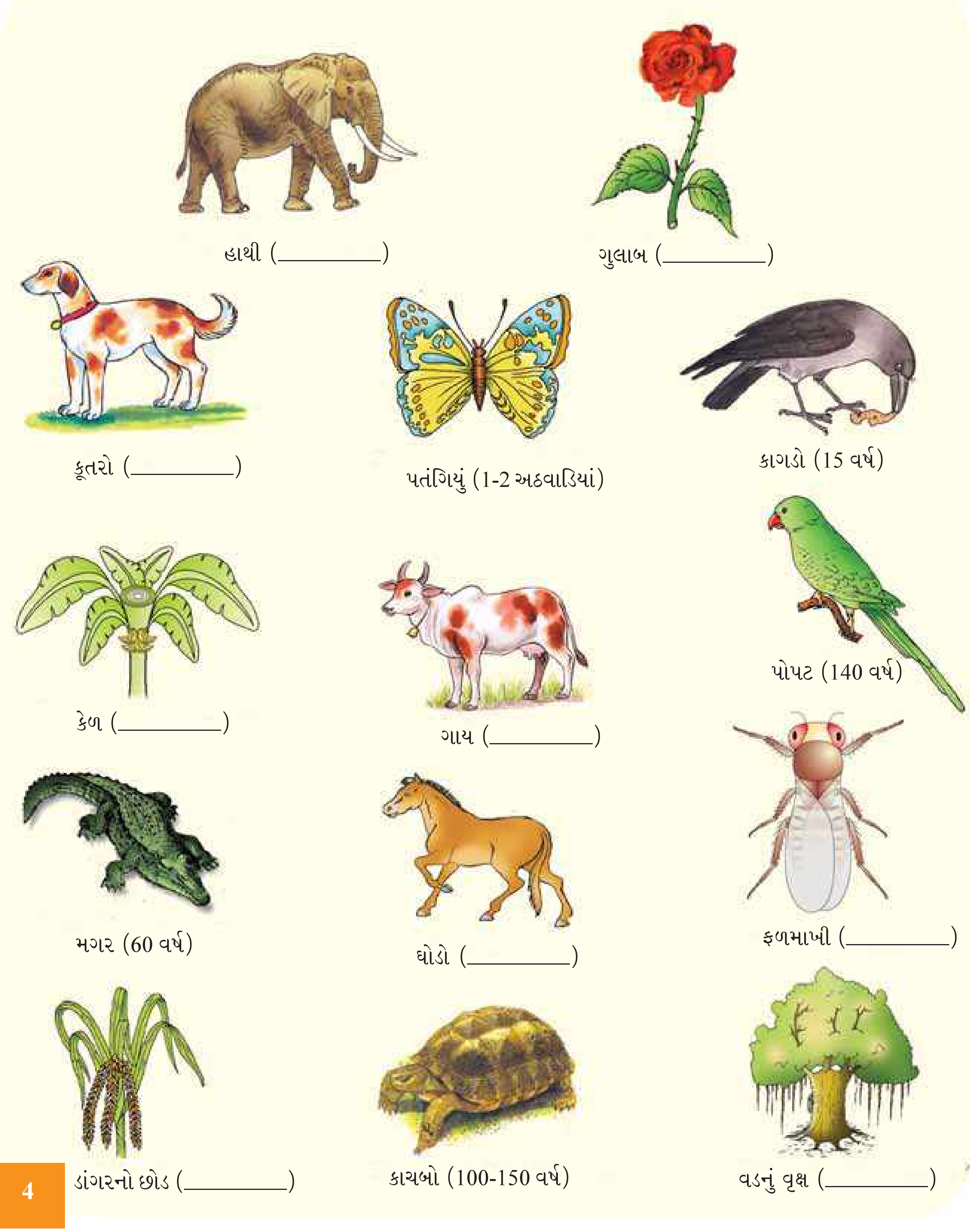
પ્રકરણ 1

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.



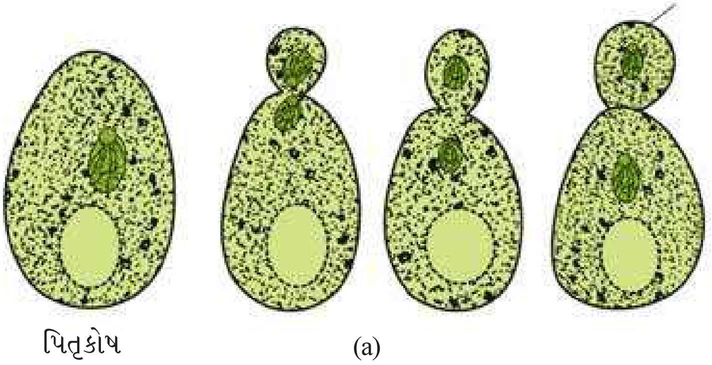
આકૃતિ 1.1 : કેટલાક સજીવોનો અંદાજિત જીવનકાળ

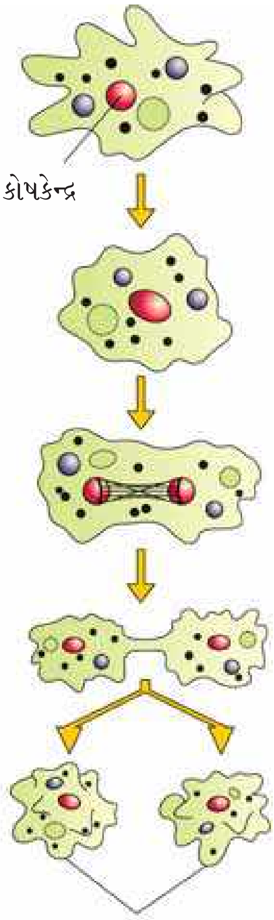
પ્રજનન એક એવી જૈવિક પ્રક્રિયા છે જેમાં પોતાને મળતી આવે તેવી સંતતિ ઉત્પન્ન કરે છે. આ સંતતિ વૃદ્ધિ પામે, પુખ્ત બને અને બદલામાં નવી સંતતિ ઉત્પન્ન કરે છે. આમ જન્મ, વૃદ્ધિ અને મૃત્યુનું ચક્ર ચાલ્યા જ કરે છે. પ્રજનનથી જાતિઓ પેઢી દર પેઢી સાતત્ય જાળવવા માટે સમર્થ બને છે. તમે કેવી રીતે જનીનિક ભિન્નતા સર્જાય છે 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)

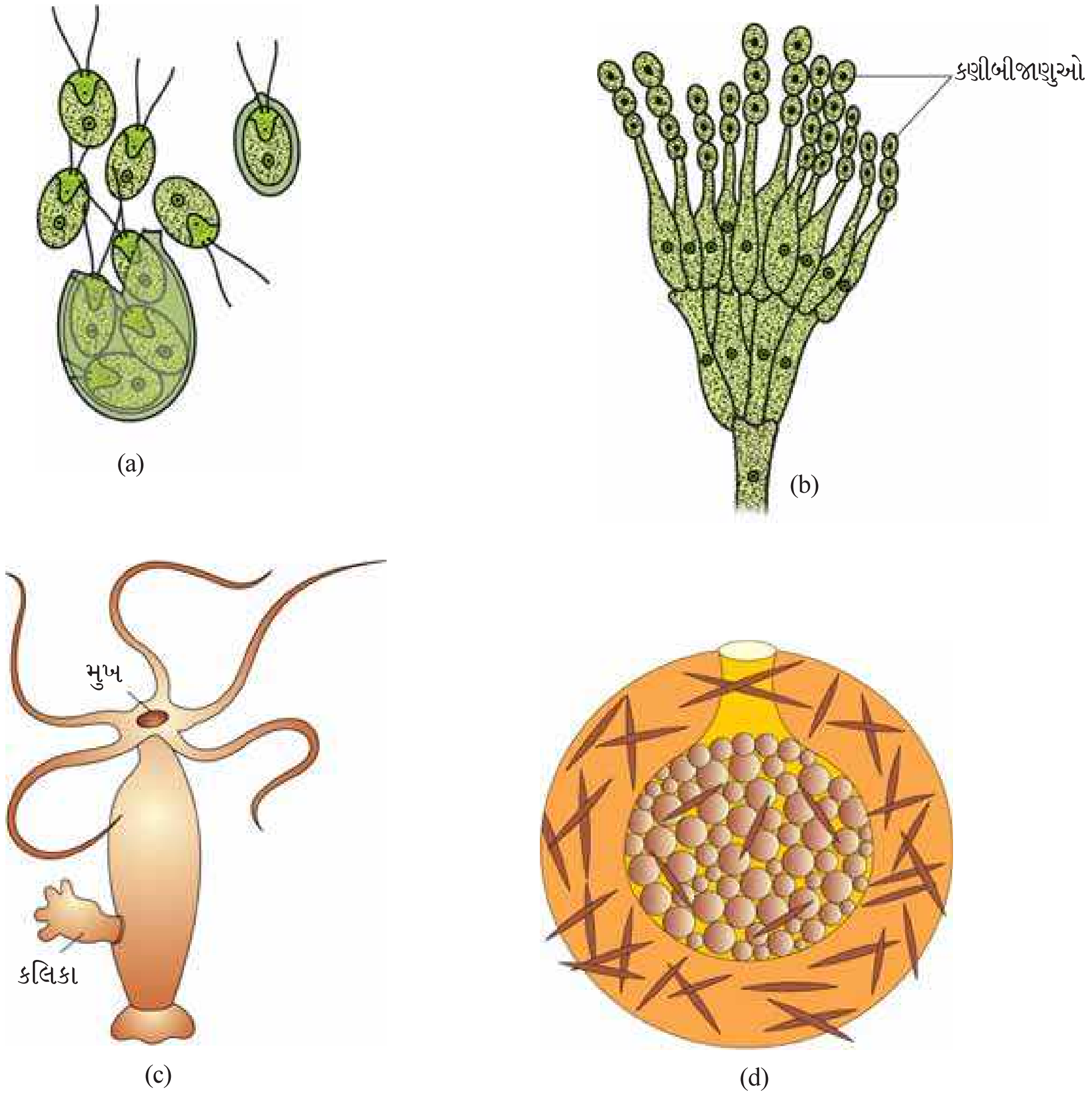
આ પદ્ધતિમાં એક પિતૃ સંતતિ સર્જવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. પરિણામે, સર્જાતી નવી સંતતિ એકબીજાના જેવી જ નહિ, પરંતુ તેઓના પિતૃની આબેહૂબ પ્રતિકૃતિ પણ હોય છે. *શું આ સંતતિઓ જનીનિક દૃષ્ટિએ સમાન (identical) કે ભિન્ન હોય છે ?* આમ, બાહ્યાકાર અને જનીનિક રીતે સમાન સજીવો માટે **જનીનિક પ્રતિકૃતિ (clone)** શબ્દ વપરાય છે.





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

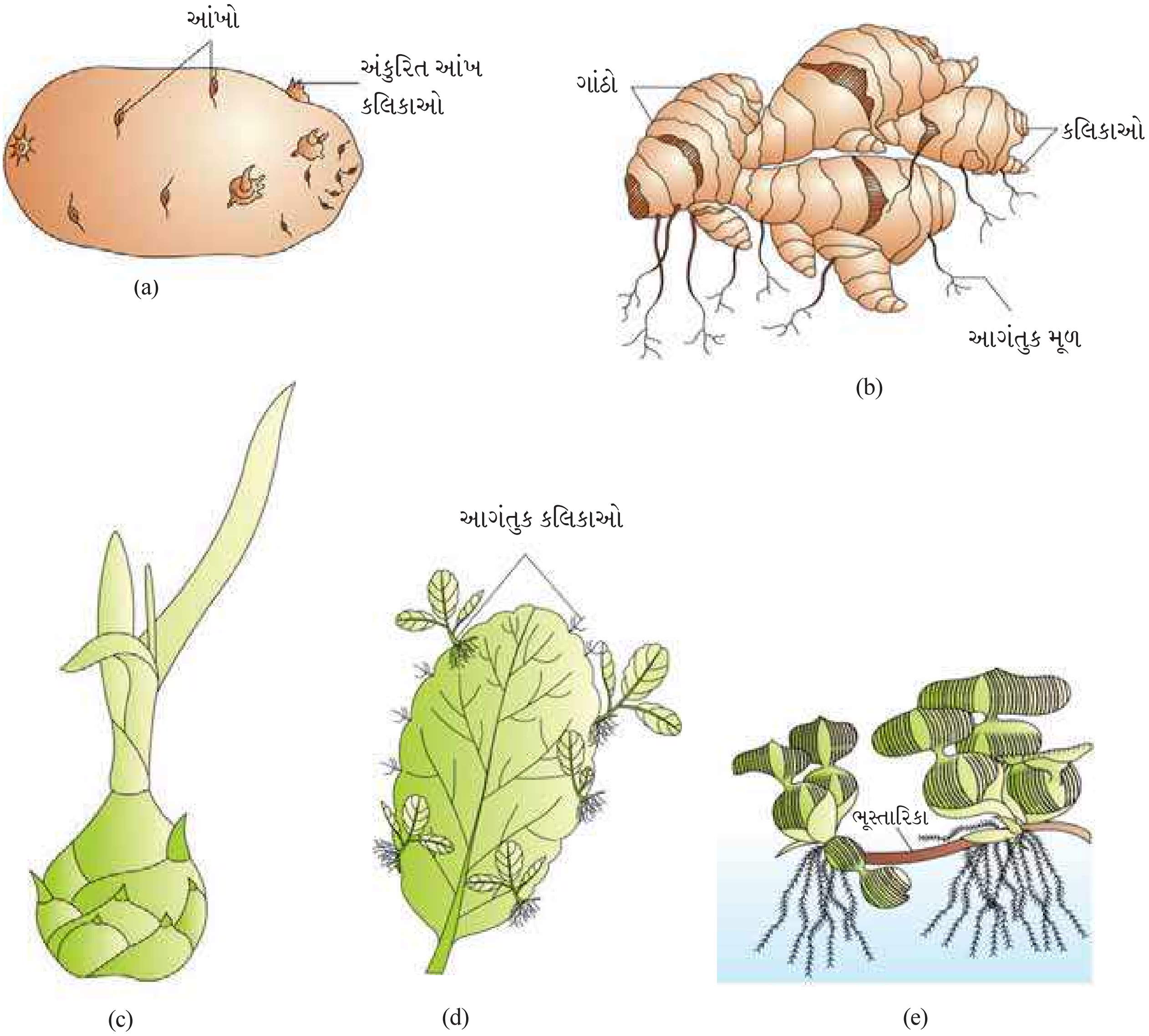
ચાલો, આપણે જુદા-જુદા સજીવ સમૂહોમાં વ્યાપકરૂપે જોવા મળતું અલિંગીપ્રજનન કેવી રીતે થાય છે તે જોઈએ. અલિંગીપ્રજનન એકકોષીય સજીવોમાં સામાન્ય છે અને સરળ કક્ષાનું આયોજન ધરાવતી વનસ્પતિઓ તેમજ પ્રાણીઓમાં સામાન્ય છે. પ્રોટિસ્ટા અને મોનેરામાં, સજીવ કે પિતૃકોષ સમવિભાજનથી વિભાજન પામીને બે કોષો સર્જે છે, જે નવા સજીવ 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 અંતઃકલિકા

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 **અંતઃકલિકાઓ (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 **જુવેનાઇલ 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. *ગલગોટો (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.

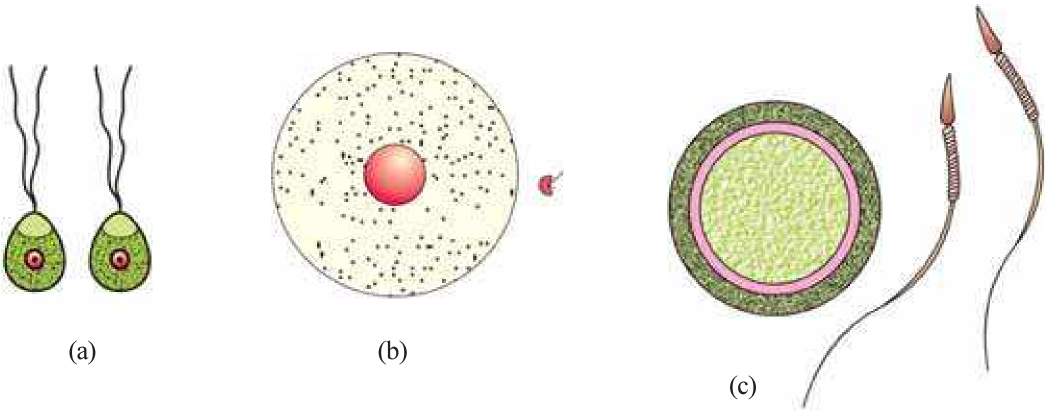
લિંગીપ્રજનનમાં થતી ઘટનાઓ (Events in sexual reproduction) : પુખ્તતાએ પહોંચ્યા બાદ, લિંગીપ્રજનન કરતાં બધા જ સજીવો વિવિધ ઘટનાઓ અને પ્રક્રિયાઓ પ્રદર્શિત કરે છે, જે બંધારણીય રીતે સમાનતા દર્શાવે છે, તેમ છતાં, લિંગીપ્રજનન સાથે સંકળાયેલ રચનાઓમાં સ્પષ્ટપણે જુદાપણું હોય છે. લિંગીપ્રજનનની ઘટનાઓ વિસ્તૃત અને જટિલ 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



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).

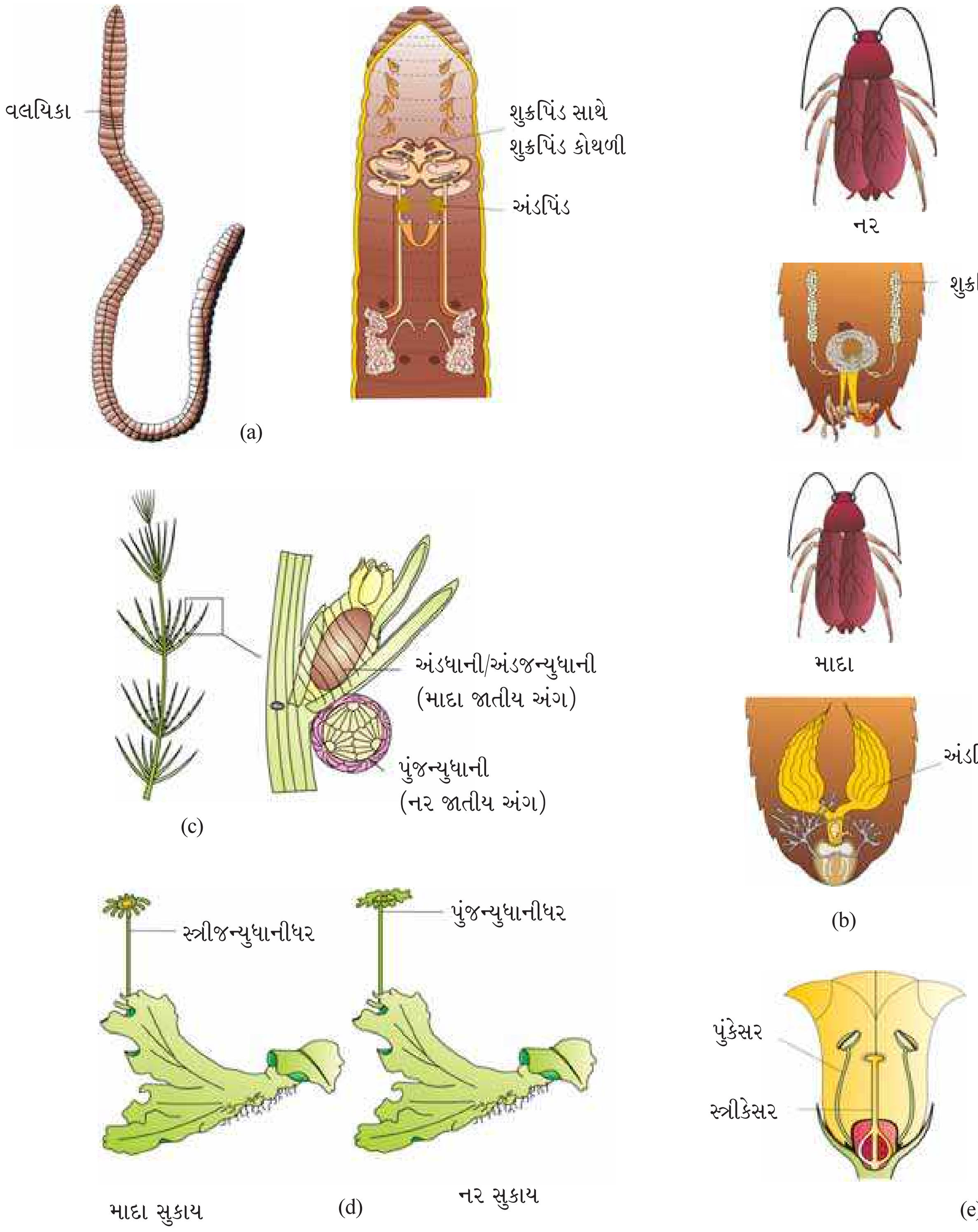
સજીવોમાં જાતીયતા (Sexuality in Organisms) : સામાન્યતઃ લિંગીપ્રજનનમાં બે ભિન્ન સજીવોના જન્યુઓનું જોડાણ થાય છે. પરંતુ, દરેક વખતે આ સાચું જ હોય એવું નથી. *ધોરણ XIમાં તમે કરેલ અભ્યાસનાં કેટલાંક ઉદાહરણોને યાદ કરો અને શોધો કે કેટલાક કિસ્સાઓમાં સ્વફલન જોવા મળ્યું હતું ?* સ્વાભાવિકપણે, વનસ્પતિઓમાં આવાં ઉદાહરણો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

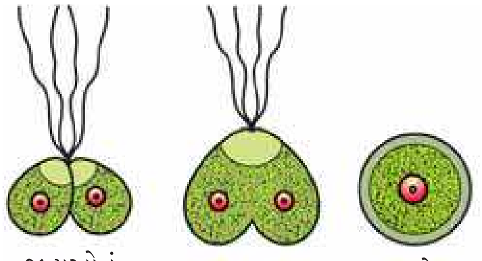
સજીવનું નામ	જન્યુ માતૃકોષમાં રંગસૂત્રની સંખ્યા (2n)	જન્યુમાં રંગસૂત્રની સંખ્યા (n)
મનુષ્ય	46	23
ઘરમાખી	12	–
ઉંદર	–	21
કૂતરો	78	–
બિલાડી	–	19
ફળમાખી	08	–
ઓફિઓગ્લોસમ (ત્રિઅંગી)	–	630
સફરજન	34	–
ચોખા	–	12
મકાઈ	20	–
બટાટા	–	24
પતંગિયું	380	–
ડુંગળી	–	08

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



(b)

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.

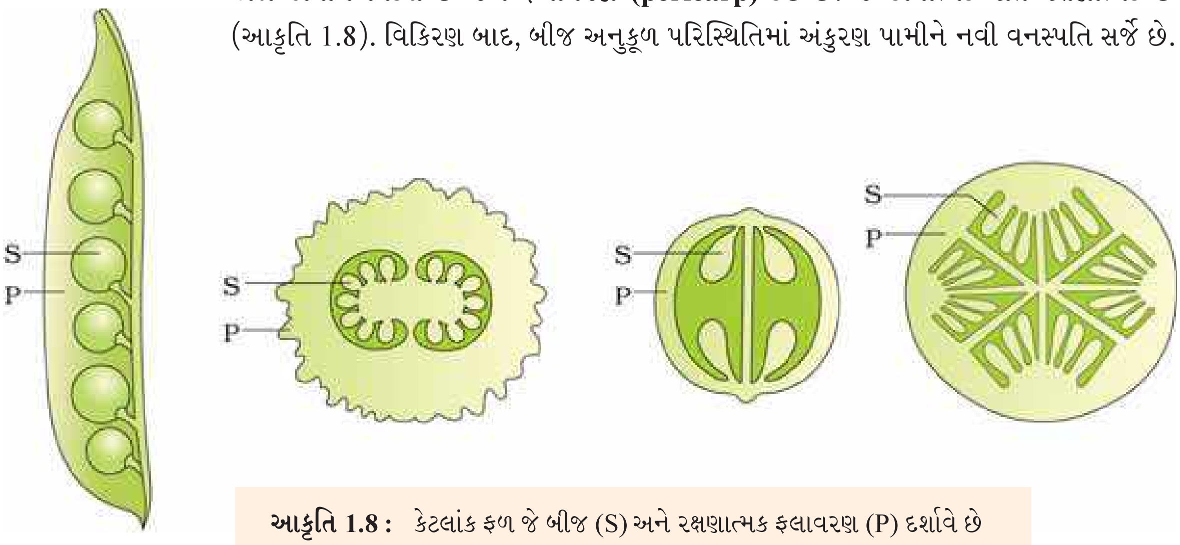
1.2.3.2 ભ્રૂણજનન (Embryogenesis)

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 વજપત્રો, દલપત્રો અને પુંકેસરો કરમાઈ અને ખરી પડે છે. *શું તમે એ વનસ્પતિનું નામ જણાવી શકો છો કે જેમાં વજપત્રો 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 ભ્રૂણ જનીનને 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.

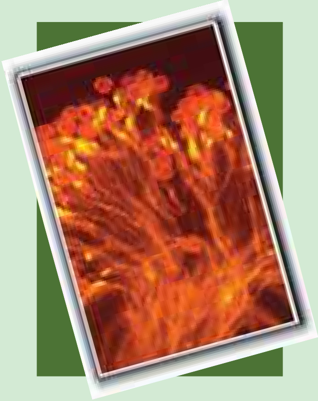
સ્વાધ્યાય

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*

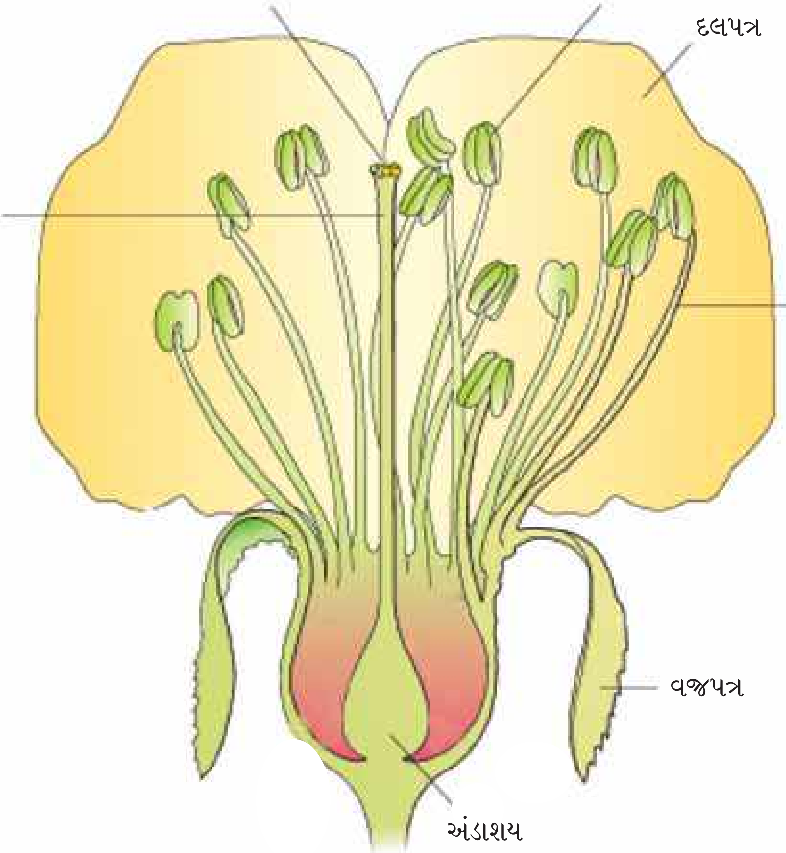
2.4 *પશ્ચ ફલન : રચનાઓ અને ઘટનાઓ*

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.

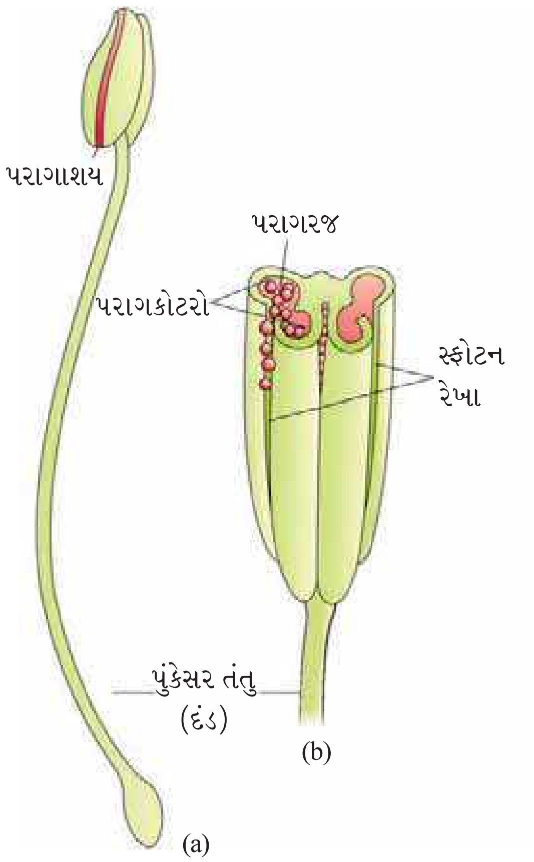
લાક્ષણિક આવૃત બીજધારીમાં પરાગાશય **દ્વિખંડીય** હોય છે. દરેક ખંડ બે કોટરો (theca) ધરાવે છે. એટલે કે તે **દ્વિકોટરીય** (dithecous) છે અને પરાગાશય **ચતુઃકોટરીય** (tetrathecous) છે (આકૃતિ 2.2 b). ઘણી વાર લંબાઈ અનુસાર આવેલ આયામ ધરીની ખાંચ વડે ખંડો એકબીજાથી છૂટા પડે છે. ચાલો, આપણે પરાગાશયના અનુપ્રસ્થ છેદમાં 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.

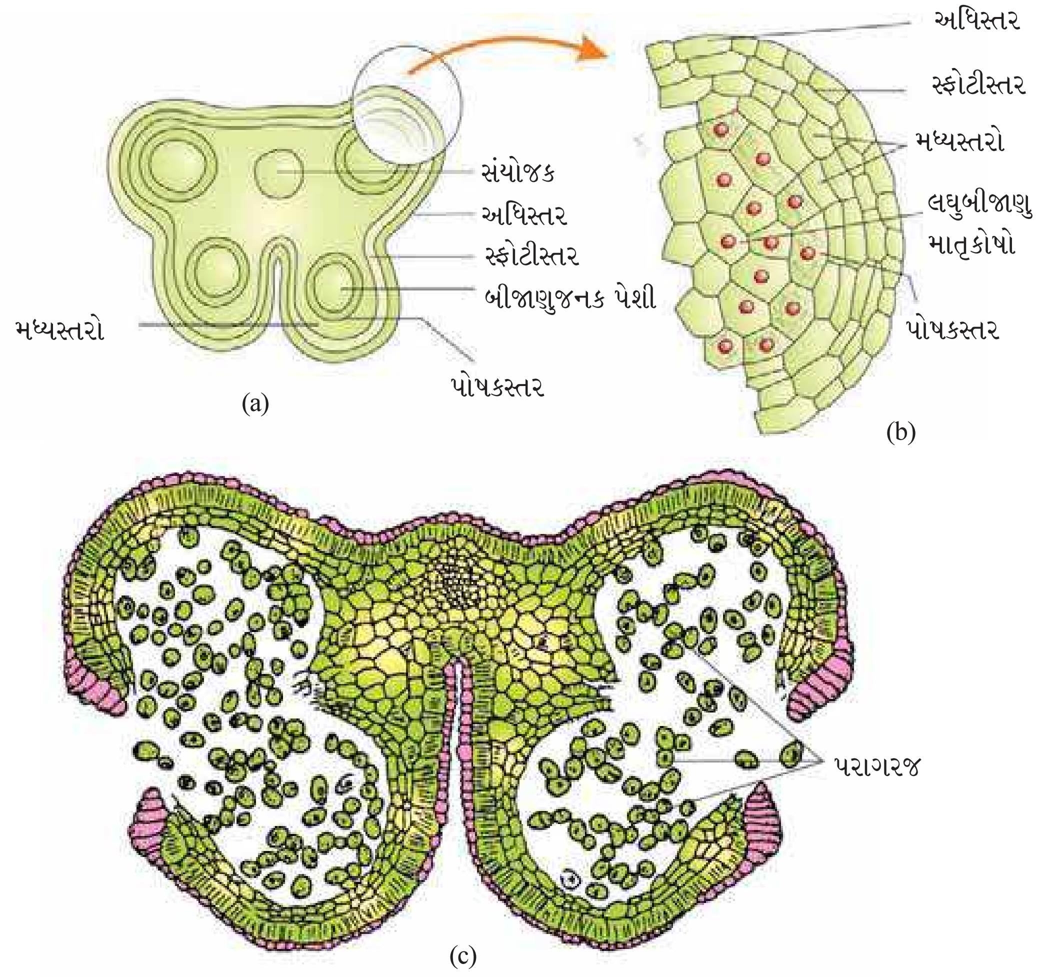
લઘુબીજાણુધાનીની રચના (Structure of microsporangium) : આડછેદમાં જોતાં, લાક્ષણિક પરાગાશય (લઘુબીજાણુધાની)ની બાહ્ય સપાટી ગોળાકાર જોવા મળે છે. તે સામાન્યતઃ ચાર દીવાલીય સ્તરોથી આવરિત છે (આકૃતિ 2.3 b). અધિસ્તર, તંતુમય સ્તર (સ્ફોટીસ્તર - endothecium), મધ્યસ્તરો અને પોષકસ્તર (tapetum). બહારના ત્રણ સ્તરો કાર્યાત્મક 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 2.2 : (a) લાક્ષણિક પુંકેસર
(b) પરાગાશયનો ત્રિપારિમાણિક છેદ



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).

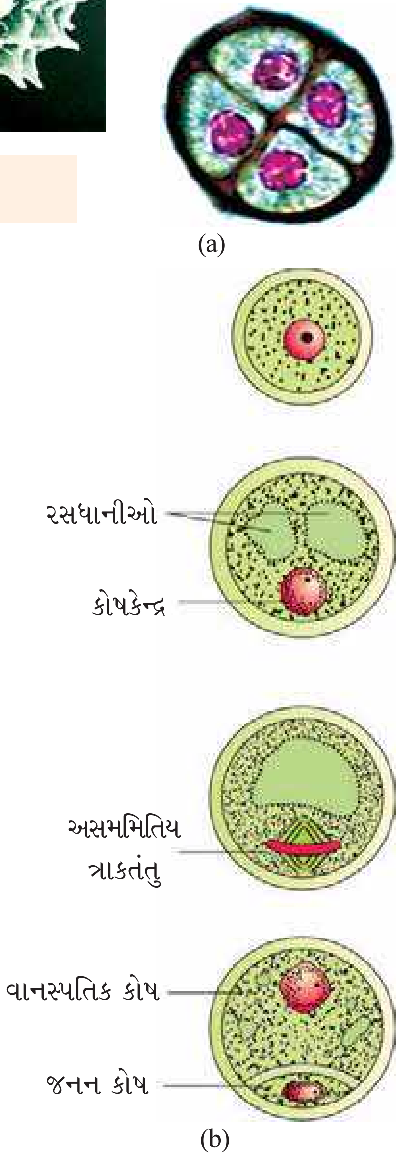
પરાગરજ (pollen grain) : પરાગરજ, નર જન્યુજનક અવસ્થાનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. જો તમે જાસૂદના કે અન્ય કોઈ પુષ્પના ખુલ્લા પરાગાશયને સ્પર્શ કરશો, તો તમારી આંગળીઓ પર પરાગરજનો પીળાશ-પડતો પાઉડર જોવા મળશે. કાચની સ્લાઇડ પર પાણીનું ટીપું લઈ, તેને સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર વડે અવલોકન કરો.

આકૃતિ 2.4 : કેટલીક પરાગરજનો ઇલેક્ટ્રોન 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 (માઇક્રોમિટર) 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).

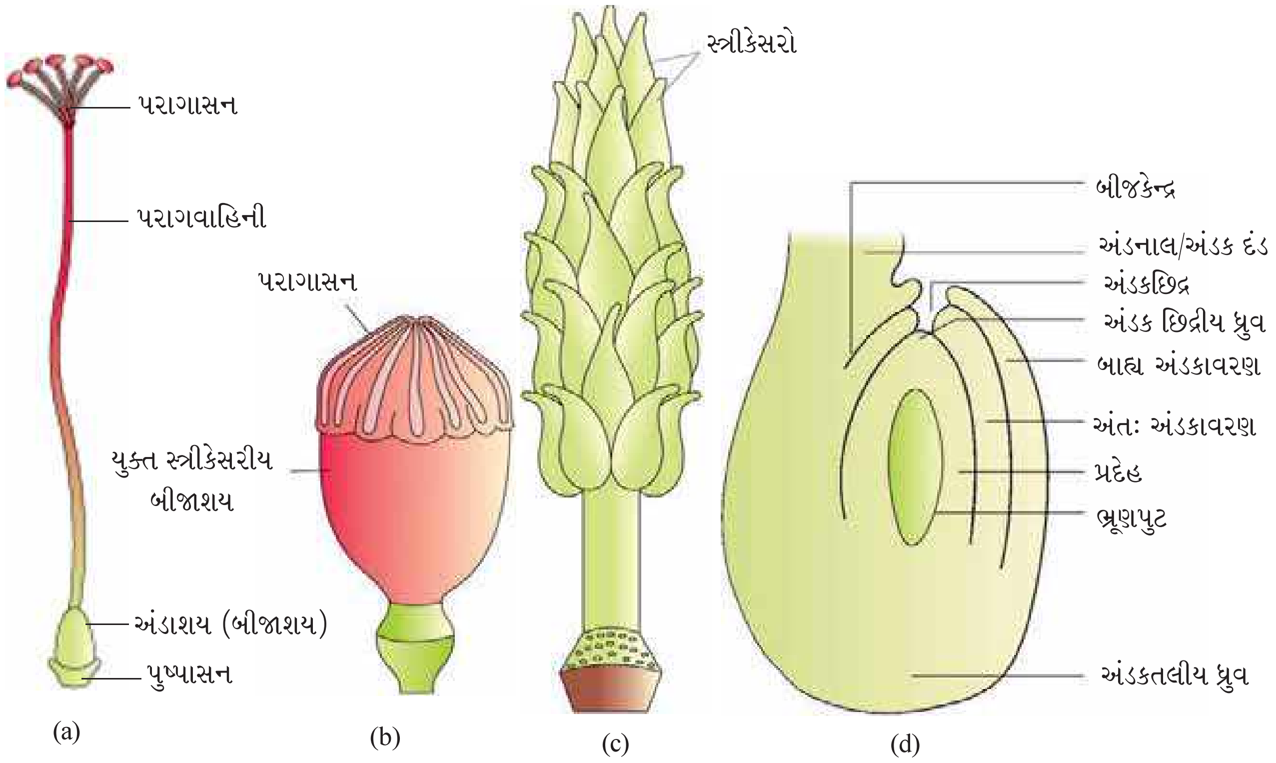
એક વખત પરાગરજ મુક્ત થાય અને જો ફલનમાં ભાગ લેવાની હોય તો તેઓની જીવિતતા ગુમાવાય તે પહેલાં તેઓનું પરાગાસન પર સ્થાપન થવું જરૂરી છે. પરાગરજની જીવિતતા કેટલી લાંબી હશે તે બાબતે તમે વિચાર્યું છે ? પરાગરજનો જીવિતતાનો સમયગાળો ભિન્નતા દર્શાવે છે અને તે કંઈક અંશે પ્રવર્તમાન તાપમાન અને ભેજ પર આધારિત છે. કેટલાંક ધાન્યો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

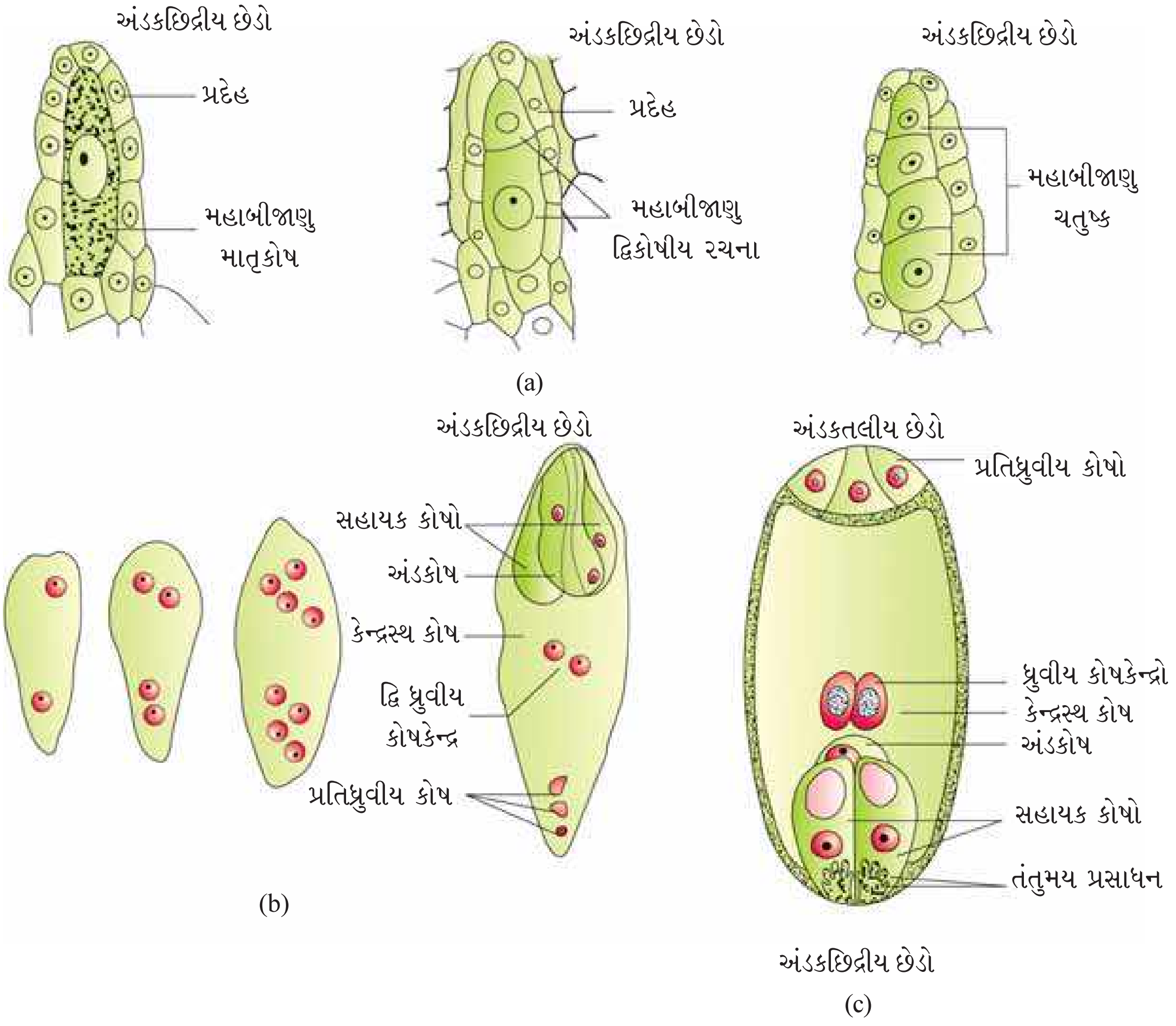


આકૃતિ 2.7 : (a) સ્ત્રીકેસર દર્શાવતું જાસૂદનું વિચ્છેદિત પુષ્પ (અન્ય પુષ્પીય ભાગોને દૂર કરવા (b) અફીણ (પાપાવર)નું બહુસ્ત્રીકેસરીયુક્ત સ્ત્રીકેસર (c) ચંપા (માઈકેલિયા)નું બહુસ્ત્રીકેસરી મુક્ત સ્ત્રીકેસર (d) લાક્ષણિક ઊર્ધ્વમુખી અંડકનો રેખાંકિત દેખાવ

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.

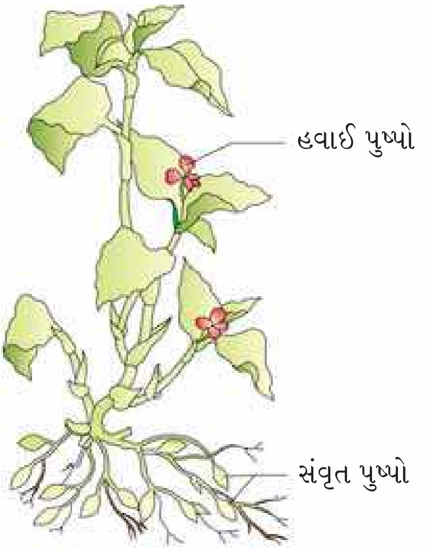
(iii) ***પરવશ (Xenogamy)*** : પરાગાશયમાંથી પરાગરજનું અન્ય વનસ્પતિના પરાગાસન પર સ્થાપનની ક્રિયા છે (આકૃતિ 2.9 (b)). આ એક માત્ર એવા પ્રકારનું પરાગનયન છે કે જેમાં પરાગાસન પર જનીનિક ભિન્નતા ધરાવતી પરાગરજ સ્થાપિત થાય છે.

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)



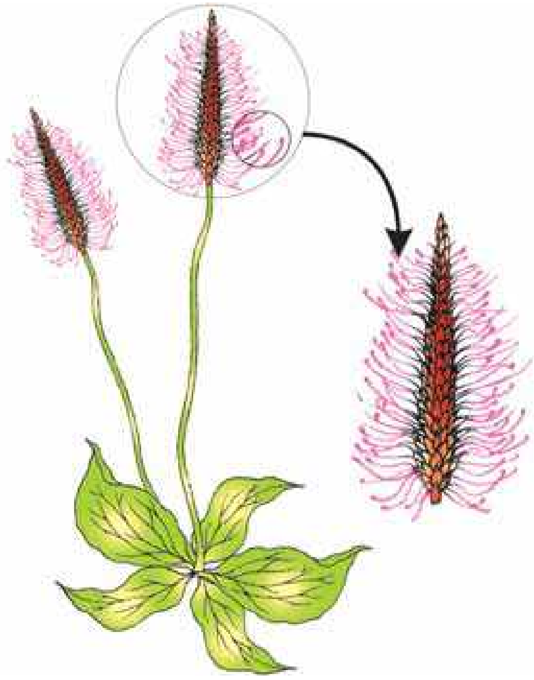
(c)

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

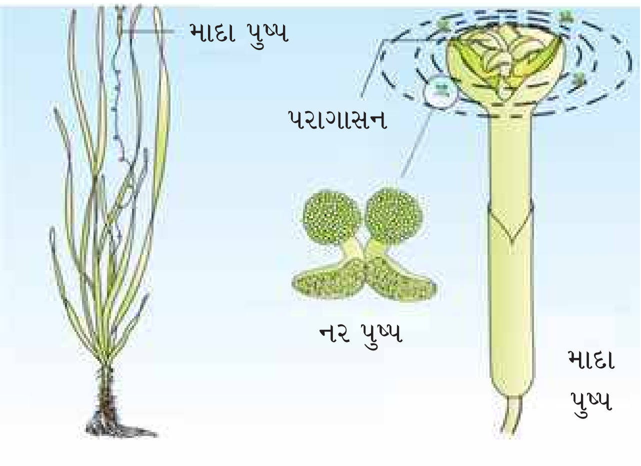
રીતે ખુલ્લા કે મુક્ત (જેથી પરાગરજ સરળતાથી પવનના પ્રવાહ સાથે વિકિરણ પામી શકે, આકૃતિ 2.10) અને મોટાં, પીંછાંયુક્ત પરાગાસન હોવાથી વાત-પ્રવાહિત પરાગરજને તે સરળતાથી જકડી શકે. વાત-પરાગિત પુષ્પો સામાન્યતઃ એક અંડકયુક્ત બીજાશય ધરાવતાં અનેક પુષ્પો ધરાવતો પુષ્પવિન્યાસ ધરાવે છે. તેનું જાણીતું ઉદાહરણ છે મકાઈનો ડોડો (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, ફુદાં (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.

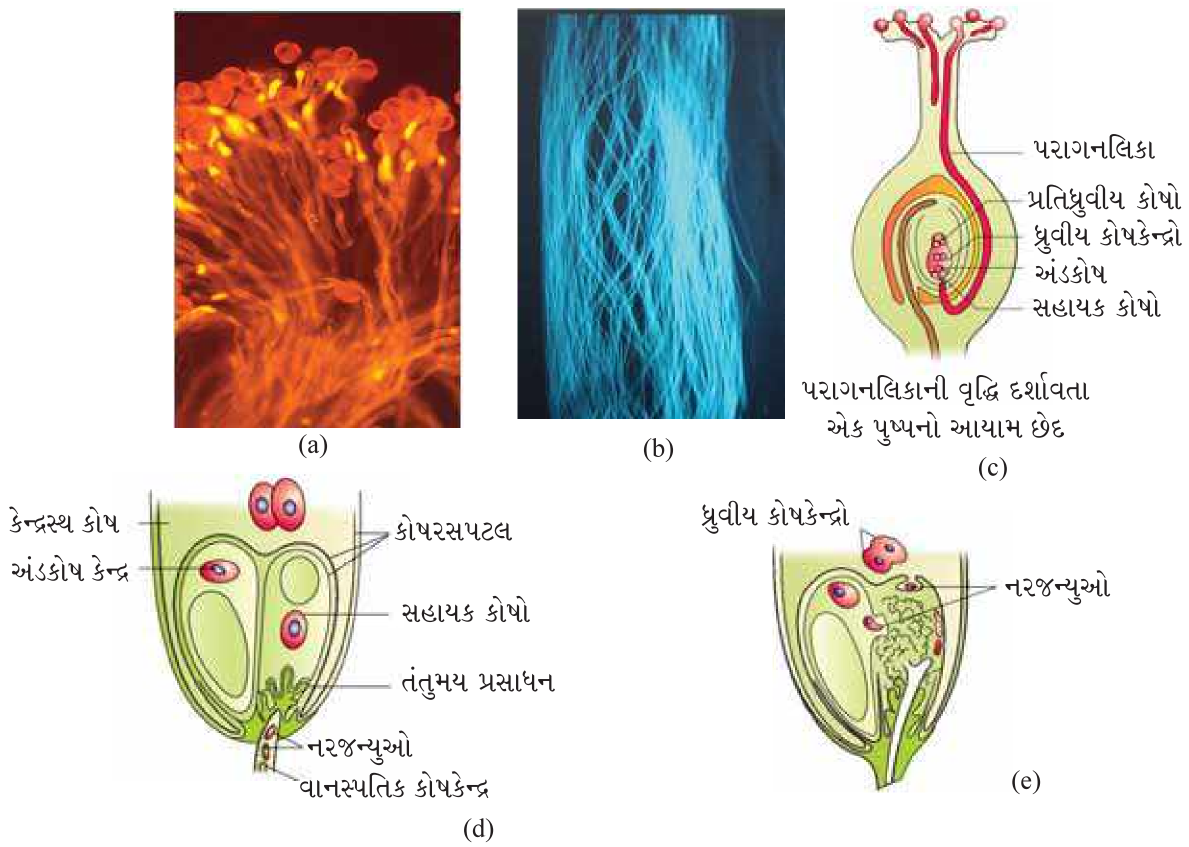
કેટલીક જાતિઓમાં પુષ્પીય પુરસ્કાર સ્વરૂપે તેમને ઈંડાં મૂકવા માટેનું સલામત સ્થાન પૂરું પાડે છે; તેનું ઉદાહરણ છે સુરણ *(Amorphophallus)*નું ઊંચું પુષ્પ (તે પુષ્પ જ પોતે 6 ફૂટની ઊંચાઈ ધરાવે છે). આવો જ આંતરસંબંધ ફૂદાંની જાતિ અને યુક્કા વનસ્પતિ વચ્ચે જોવા મળે છે. જ્યાં બંને જાતિઓ - ફૂદાં અને યુક્કા વનસ્પતિ 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 ક્યાં 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.

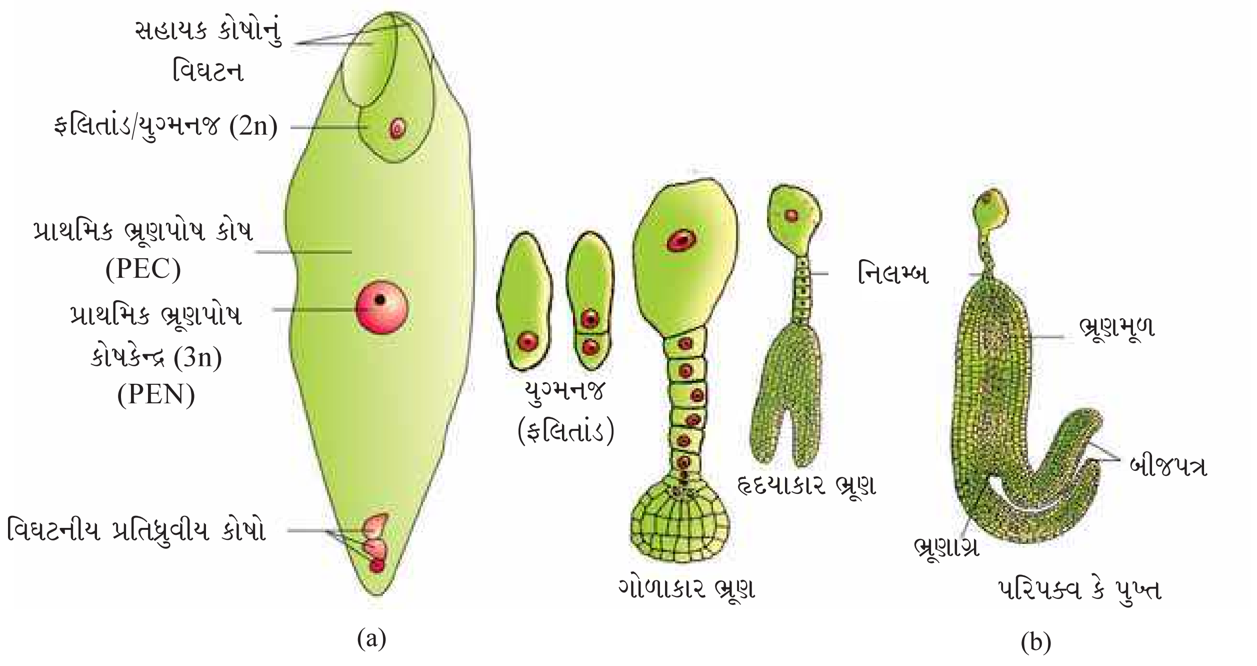
તમે આગળ વનસ્પતિ સંવર્ધન (પ્રકરણ 9)ના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કરશો કે ભિન્ન જાતિઓ અને ક્યારેક પ્રજાતિઓ વચ્ચે સંકરણ દ્વારા ઇચ્છિત લક્ષણોનો સમન્વય કરી, વ્યાપારિક ધોરણે ઉચ્ચ જાત (superior variety) મેળવવા માટે સંવર્ધકો ઉત્સુક હોય છે. **કૃત્રિમ સંવર્ધન**, પાક-સુધારણા કાર્યક્રમ માટેની પદ્ધતિમાંનો એક મુખ્ય પ્રસ્તાવ 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.

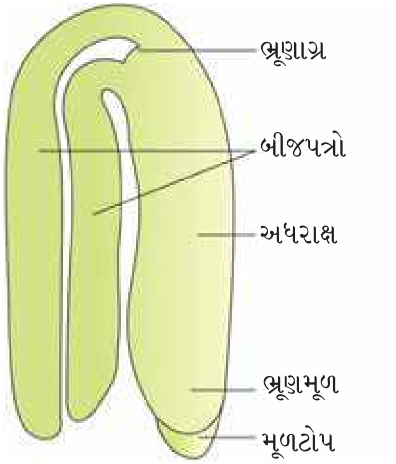
વિકસિત ભ્રૂણ દ્વારા બીજના વિકાસ પૂર્વે ભ્રૂણપોષ સંપૂર્ણ રીતે વપરાઈ જાય (દા.ત., વટાણા, મગફળી, વાલ) અથવા તે પરિપક્વ બીજમાં ચિરલગ્ન રહે (દા.ત., દિવેલા, નાળિયેર) અને બીજાંકુરણ દરમિયાન ઉપયોગમાં લેવાય છે. *દિવેલા, વટાણા, વાલ, મગફળી વગેરેનાં બીજ અને દરેકમાં ભ્રૂણપોષને ચકાસો અને જાણો કે ધાન્ય–ઘઉં, ચોખા અને મકાઈમાં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

2.4.2 ભ્રૂણ (Embryo)

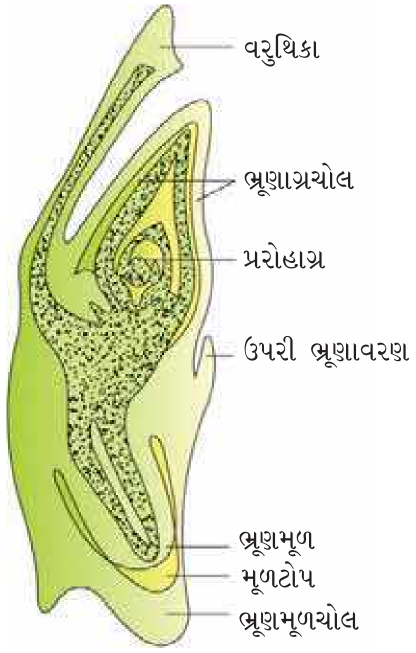
ભ્રૂણનો વિકાસ અંડકછિદ્ર નજીક રહેલા દ્વિકીય યુગ્મનજમાંથી થાય છે. મોટે ભાગે આવશ્યક જથ્થામાં ભ્રૂણપોષનું નિર્માણ થઈ જાય ત્યાર બાદ યુગ્મનજનું વિભાજન થાય છે. વિકસતા ભ્રૂણને પોષણ પૂરું પાડવા માટેનું આ એક અનુકૂલન છે. બીજમાં વિવિધતા જોવા મળે છે. છતાં, એકદળી અને દ્વિદળી બંનેમાં ભ્રૂણવિકાસની પ્રારંભિક અવસ્થાઓ (**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.

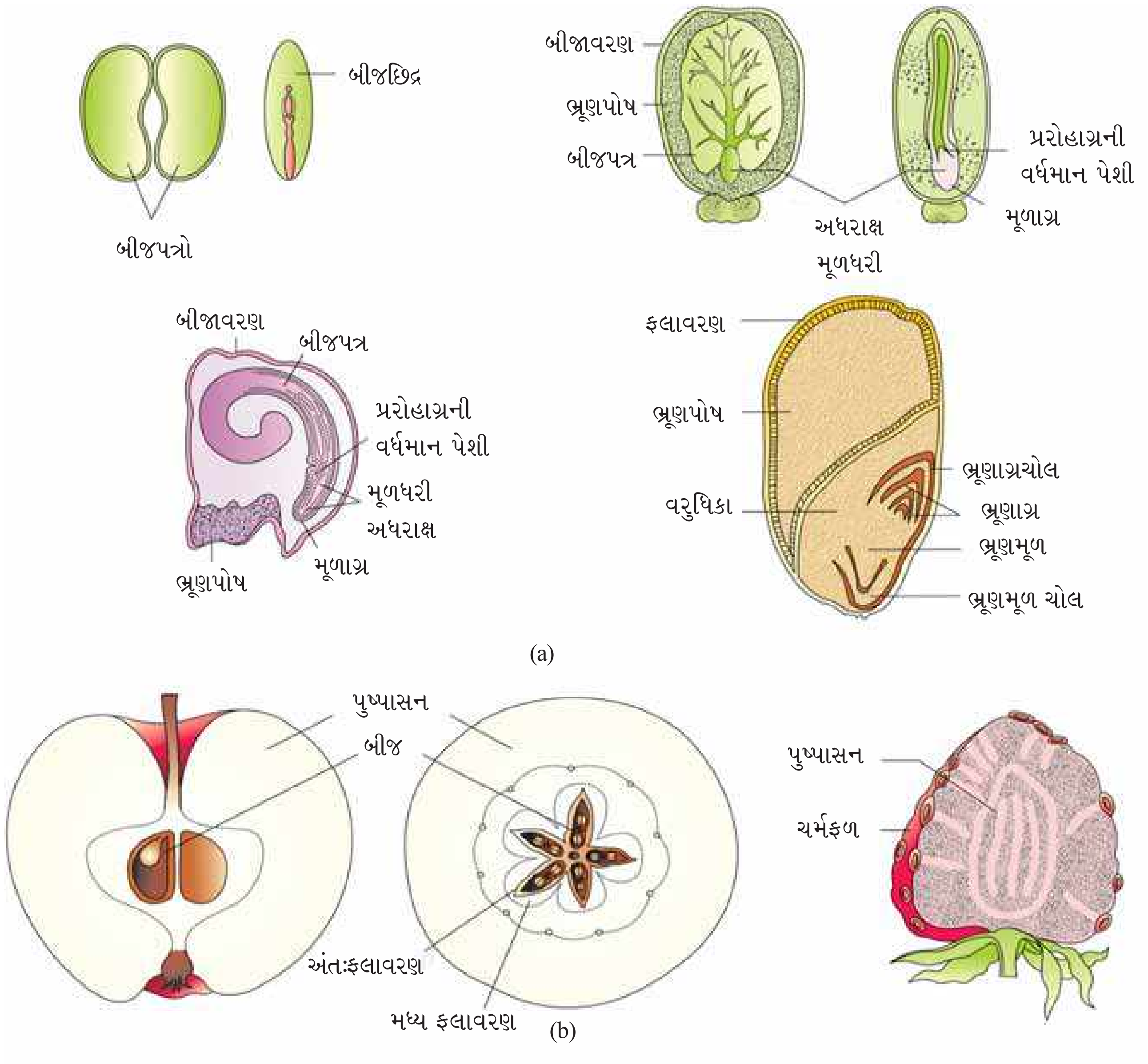
2.4.3 બીજ (Seed)

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 અંતઃસ્રાવોથી 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. સખત

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 હેરોડના 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.

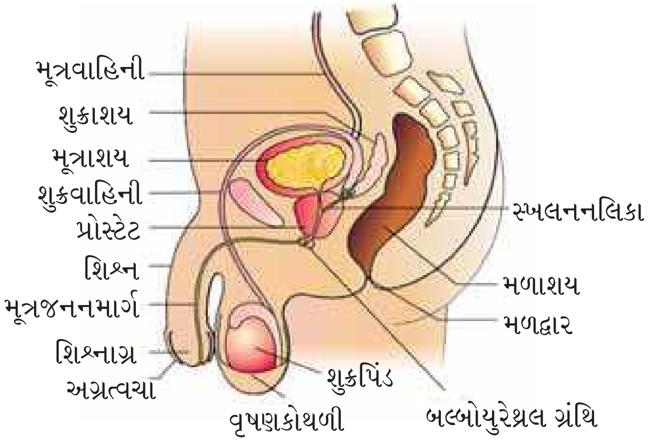
3.1 નર પ્રજનનતંત્ર (The Male Reproductive System)

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.

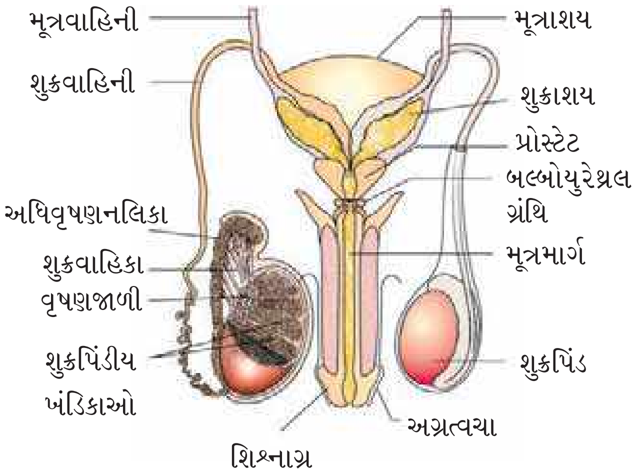
શુક્રપિંડો ઉદર ગુહાની બહાર કોથળી કે જેને **વૃષણકોથળી** (scrotum) કહે છે તેમાં આવેલાં હોય છે. વૃષણકોથળી શુક્રકોષજનન માટે જરૂરી શુક્રપિંડોનું નીચું તાપમાન (શરીરના સામાન્ય તાપમાન કરતાં 2 – 2.5° C નીચું) જાળવવામાં મદદ કરે છે. પુખ્તમાં દરેક શુક્રપિંડ અંડાકાર, આશરે 4થી 5 સેમી લાંબું અને આશરે 2થી 3 સેમી પહોળું 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.

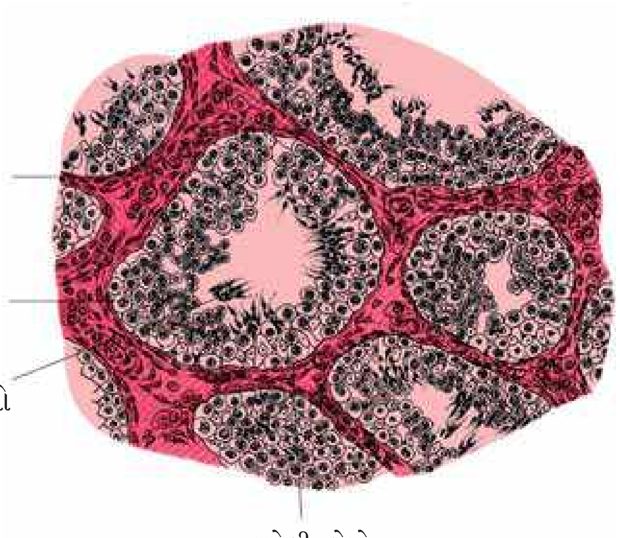
નરમાં પ્રજનન સહાયક નલિકાઓમાં **વૃષણજાળ** (rete testis), **શુક્રવાહિકાઓ** (vasa efferentia), **અધિવૃષણ નલિકા** (epididymis) અને **શુક્રવાહિની**(vas deferens)નો સમાવેશ થાય છે (આકૃતિ 3.1 b). શુક્રપિંડની શુક્રઉત્પાદક નલિકાઓ, શુક્રવાહિકાઓમાં વૃષણજાળ મારફતે ખૂલે છે. શુક્રવાહિકાઓ શુક્રપિંડમાંથી બહાર આવી અને 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

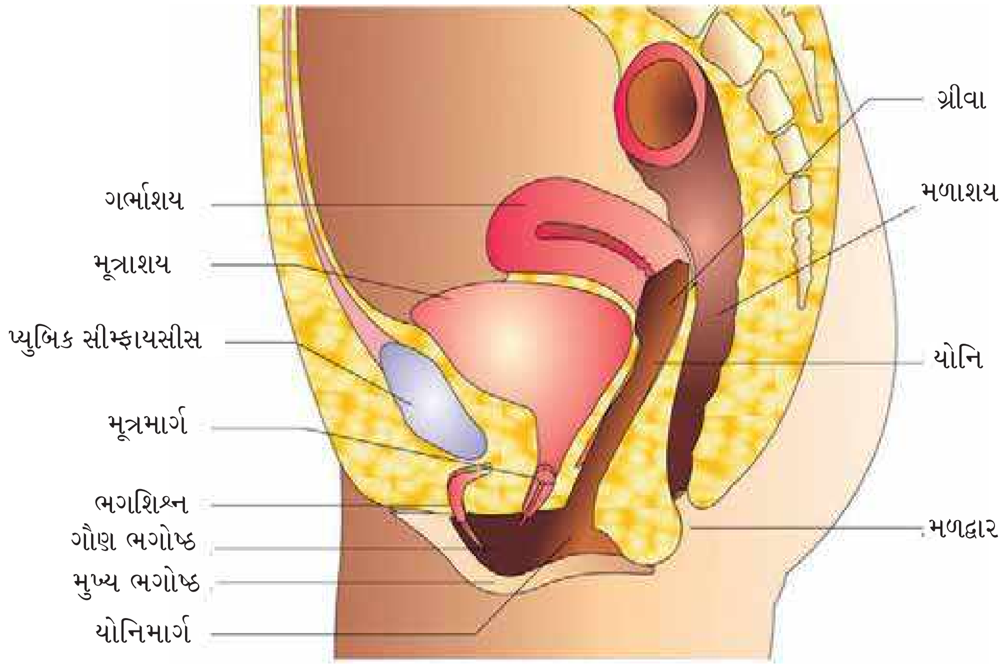
શિશ્ન એ નરનું બાહ્ય જનનાંગ છે (આકૃતિ 3.1 (a), (b)). તે વિશિષ્ટ પેશીઓથી બનેલ છે જે તેને ઉત્થાન અને વીર્યદાન (insemination)ની સાનુકૂળતા કરી આપે છે. શિશ્નના પહોળા છેડાને શિશ્નાગ્ર (glans penis) કહે છે જે **અગ્રત્વચા (foreskin)**થી ઓળખાતી શિથિલ ગડીમય ત્વચા દ્વારા આવરિત હોય છે.

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)

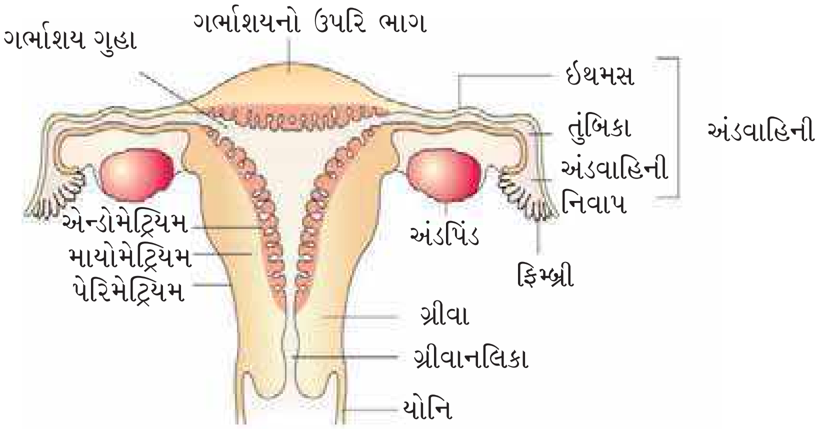
માદા પ્રજનનતંત્ર નિતંબ પ્રદેશમાં આવેલું છે જે એક જોડ **અંડપિંડો** અને તેની સાથે એક જોડ **અંડવાહિનીઓ, ગર્ભાશય, ગ્રીવા, યોનિમાર્ગ** અને **બાહ્ય જનનેન્દ્રિયો (external genitalia)** ધરાવે છે (આકૃતિ 3.3 (a)). તંત્રના આ ભાગોની સાથે એક જોડ **સ્તનગ્રંથિઓ** રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક રીતે સંકળાયેલ છે. આ તમામ અંડકોષપાત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

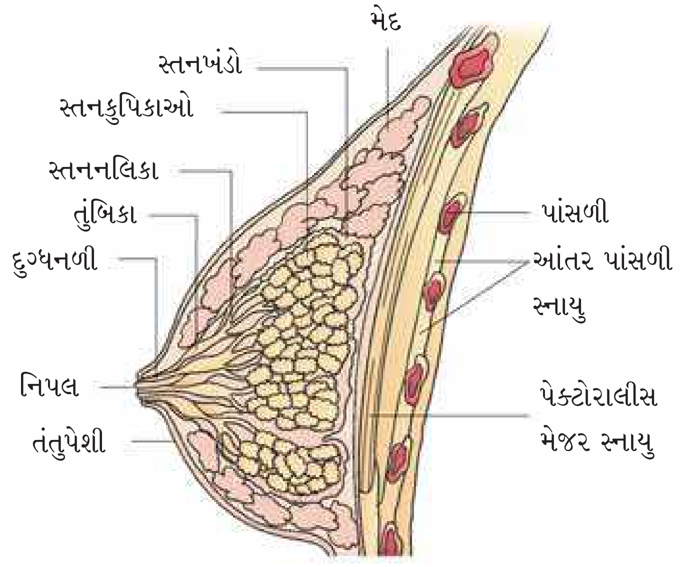
અંડવાહિનીઓ (oviducts) કે ગર્ભાશયની નળી (fallopian tubes), ગર્ભાશય અને યોનિમાર્ગ મળી માદા સહાયક નલિકાઓ બનાવે છે. અંડપિંડના પરિઘ વિસ્તારથી ગર્ભાશય સુધી લંબાયેલ દરેક અંડવાહિની (ગર્ભાશયની નળી) આશરે 10-12 સેમી લાંબી હોય છે (આકૃતિ 3.3 (b)), તેના અંડપિંડની નજીક રહેલ ગળણી આકારના ભાગને **અંડવાહિની નિવાપ (infundibulum)** 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, સાઇકલ-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.*

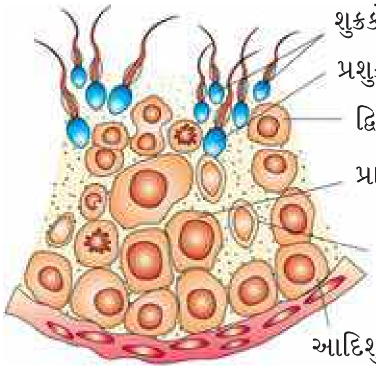


આકૃતિ 3.4 : સ્તનગ્રંથિ દર્શાવતા છેદની રેખાકૃતિ

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)

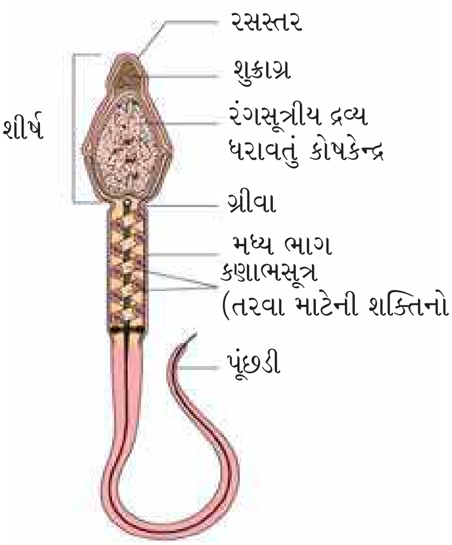
મુખ્ય પ્રજનન અંગો નરમાં શુક્રપિંડો અને માદામાં અંડપિંડો જન્યુજનન તરીકે ઓળખાતી પ્રક્રિયા દ્વારા - જનનકોષો ઉત્પન્ન કરે છે, એટલે કે અનુક્રમે શુક્રકોષો અને અંડકોષો ઉત્પન્ન કરે છે. શુક્રપિંડમાં અપરિપક્વ નર જનનકોષો (આદિ શુક્રકોષો) એ **શુક્રકોષજનન (spermatogenesis)** દ્વારા શુક્રકોષો ઉત્પન્ન કરે છે. તે યૌવનારંભ (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

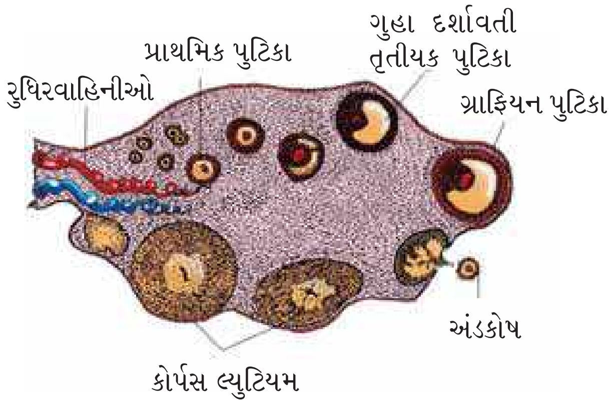
વિસ્તૃત એકકીય કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે, તેનો અગ્ર છેડો ટોપી જેવી રચના **શુક્રાગ્ર (acrosome)**થી ઘેરાયેલ હોય છે. શુક્રાગ્ર અંડકોષને ફલિત કરવામાં મદદ કરતા ઉત્સેચકોથી ભરેલ હોય છે. મધ્ય ભાગ અસંખ્ય કણાભસૂત્રો ધરાવે છે, જે પૂંછડીના હલનચલન માટે શક્તિ ઉત્પન્ન કરે છે તથા ફલન માટે જરૂરી શુક્રકોષની ચલિતતા માટેની સાનુકૂળતા 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.

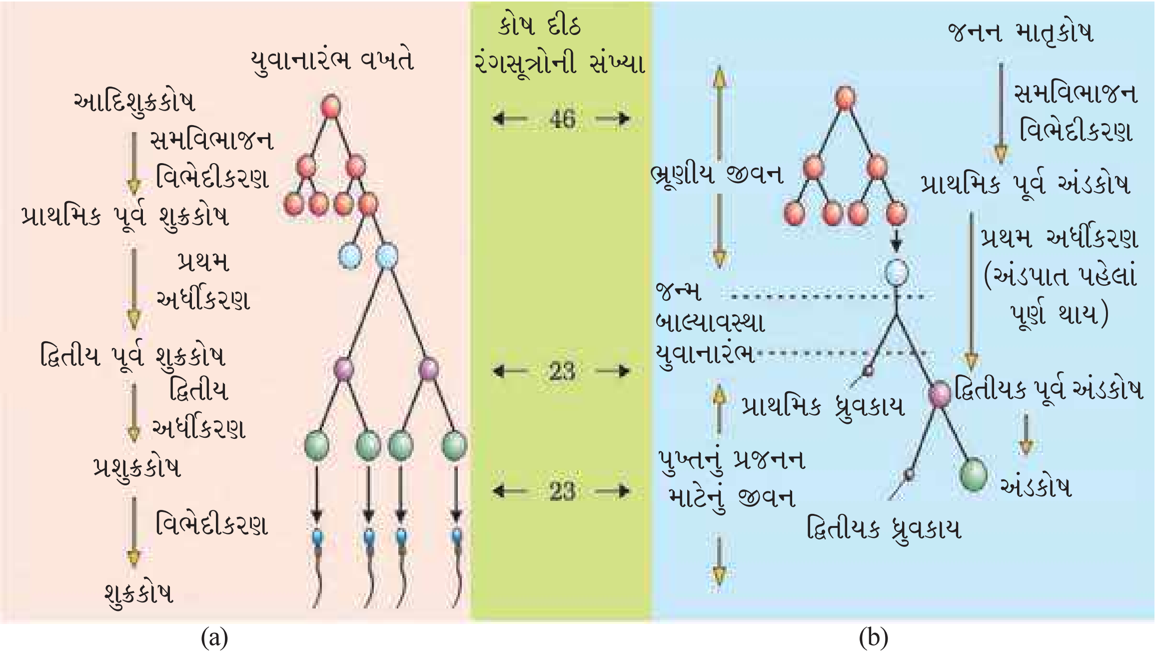
પરિપક્વ માદા જનનકોષના નિર્માણની પ્રક્રિયાને **અંડકોષજનન (oogenesis)** કહે છે, જે સ્પષ્ટપણે શુક્રકોષજનનથી જુદી પડે છે. અંડકોષજનન ગર્ભવિકાસ દરમિયાન શરૂ થાય છે કે, જ્યારે દરેક ગર્ભીય અંડપિંડમાંથી લાખો **જનન માતૃકોષો (oogonia – આદિ પૂર્વ અંડકોષ)** નિર્માણ પામે છે. જન્મ બાદ વધારાના આદિ પૂર્વ અંડકોષ નિર્માણ 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).



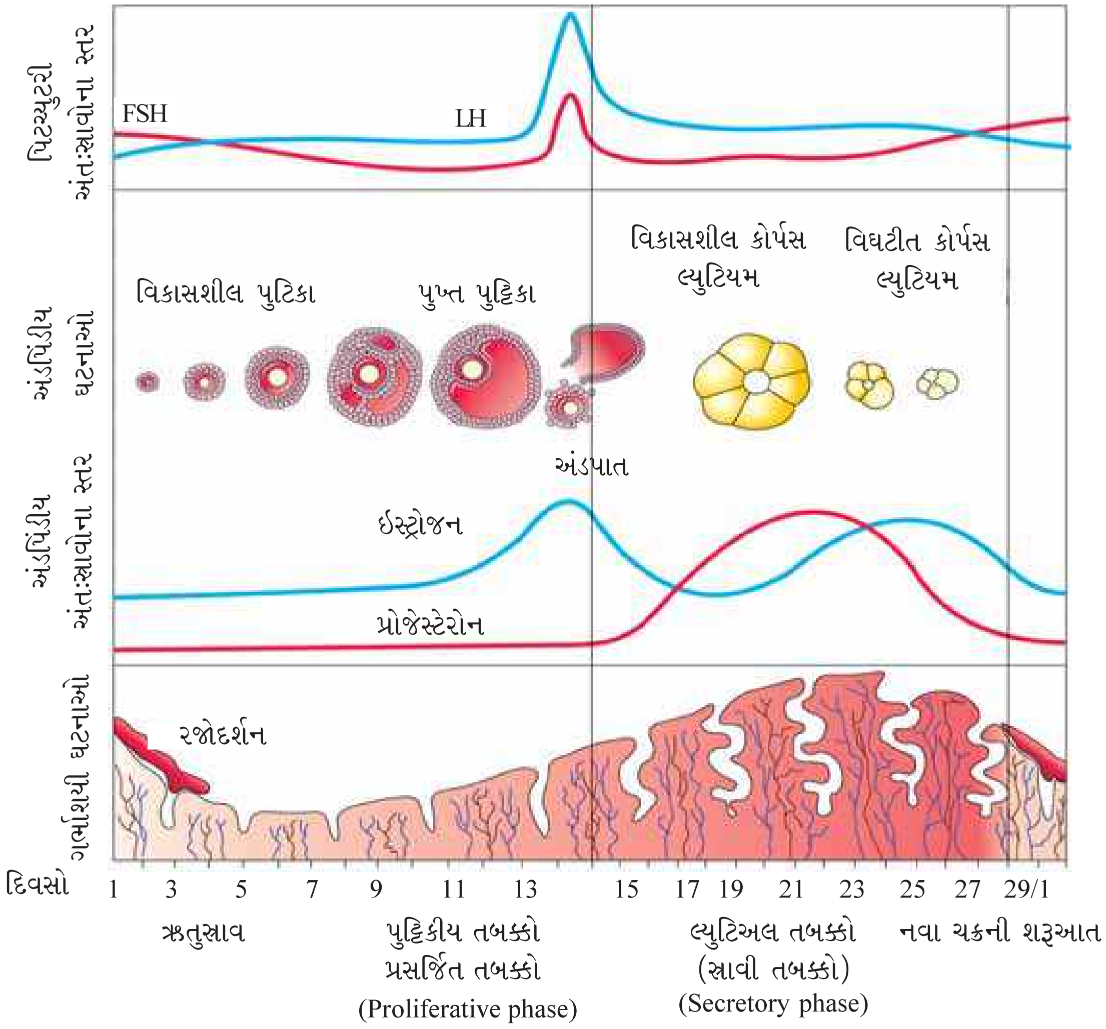
આકૃતિ 3.7 : અંડપિંડનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ



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 પુટિકાનો 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.

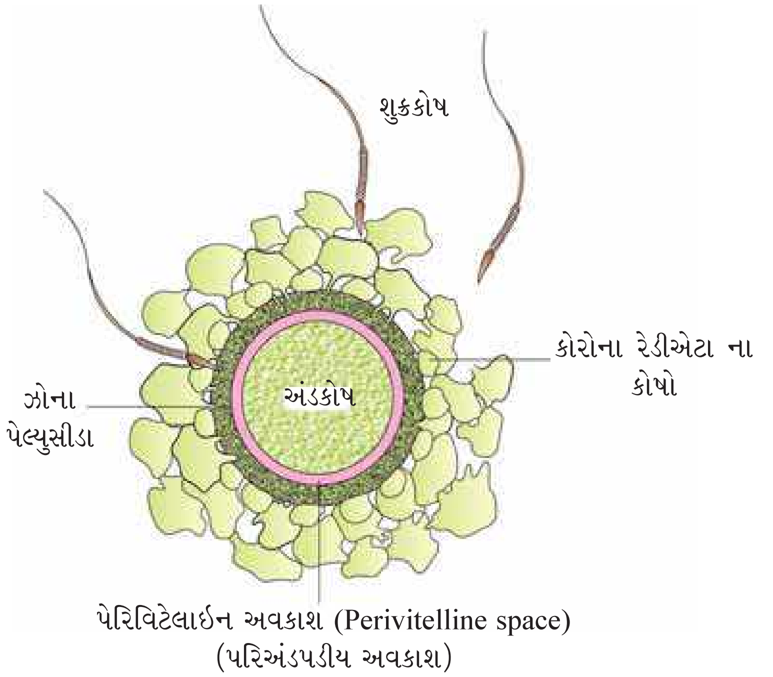
માસિક સ્વચ્છતા

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.

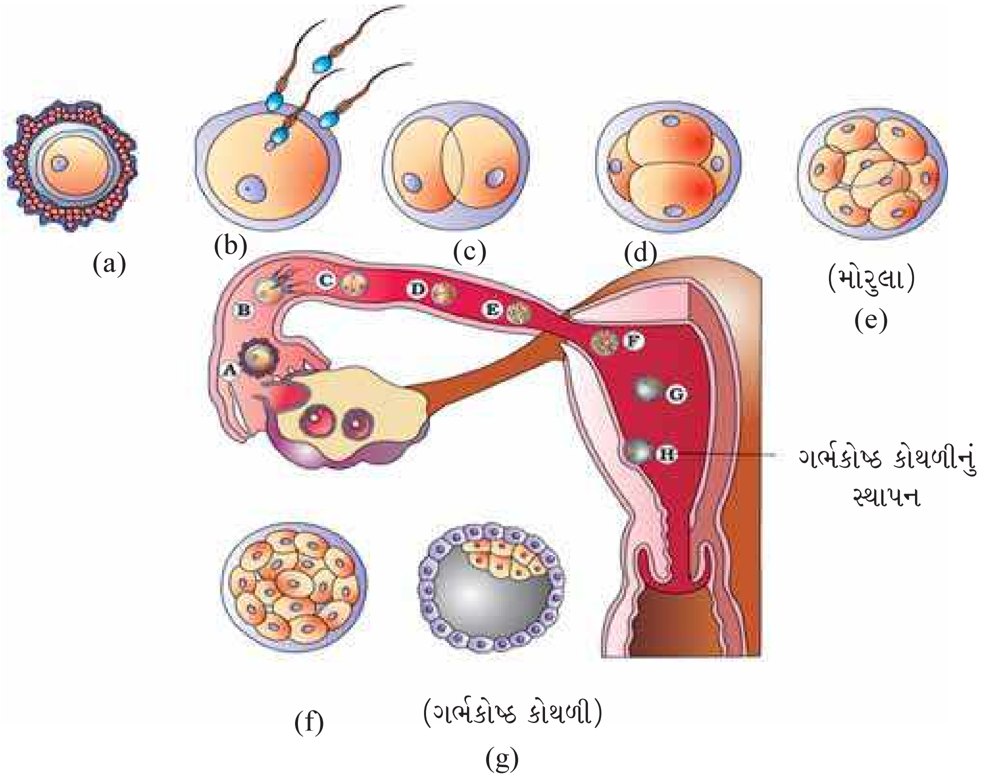
શુક્રકોષના અંડકોષ સાથેના જોડાણ (fusion)ની પ્રક્રિયાને **ફલન (fertilisation)** કહે છે. ફલન દરમિયાન શુક્રકોષ અંડકોષના ઝોના પેલ્યુસીડાના સંપર્કમાં આવે છે (આકૃતિ 3.10) અને પટલમાં ફેરફારોને પ્રેરે છે જે અન્ય શુક્રકોષોના પ્રવેશને અટકાવે છે. આથી, તે સુનિશ્ચિત થાય છે કે ફક્ત એક જ શુક્રકોષ, એક અંડકોષને ફલિત કરે 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 ?*



આકૃતિ 3.10 : થોડાક શુક્રકોષો દ્વારા ઘેરાયેલ અંડકોષ

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



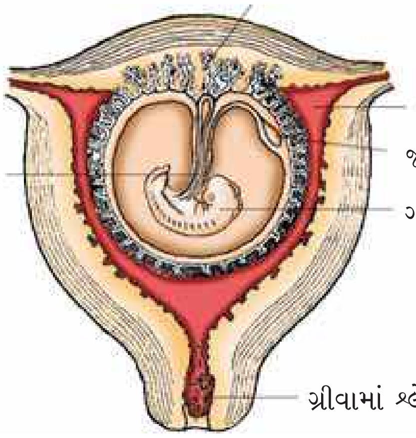
આકૃતિ 3.11 : અંડવાહિની દ્વારા અંડકોષનું વહન, ફલન અને વૃદ્ધિ પામતા ગર્ભનો માર્ગ

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.

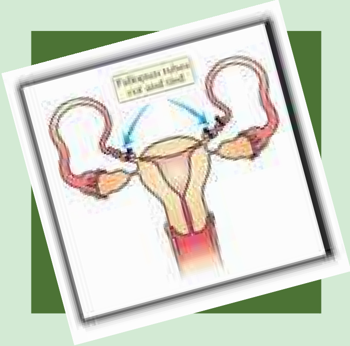
શુક્રકોષજનનને પરિણામે ઉત્પન્ન થતા શુક્રકોષો નરજાતીય સહાયક નળીઓ દ્વારા વહન પામે છે. સામાન્ય માનવના શુક્રકોષો શીર્ષ, ગ્રીવા, મધ્ય ભાગ અને પૂંછડીથી બનેલ હોય છે. પરિપક્વ માદા જનનકોષ નિર્માણની પ્રક્રિયાને અંડકોષજનન કહે છે. પ્રાઈમેટની માદામાં ચાલતા પ્રજનનચક્રને ઋતુચક્ર કહે છે. ઋતુચક્ર જાતીય પરિપક્વતા (યૌવનારંભ) 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.

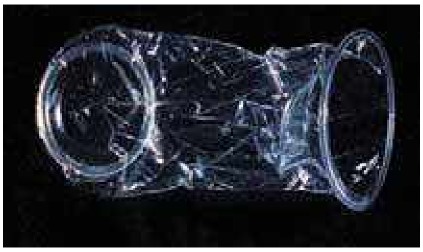
આ સમસ્યાનું સૌથી મહત્ત્વનું પગલું એ છે કે, વિવિધ ગર્ભનિરોધક પદ્ધતિઓના ઉપયોગ અંગે નાનાં પરિવારોને પ્રોત્સાહન આપવું. કદાચ તમે પ્રચાર-માધ્યમો ઉપરાંત પોસ્ટરો /બિલ્સ વગેરેમાં જાહેરાતો જોઈ હશે, જેમાં ખુશ દંપતિ બે બાળકો સાથે દર્શાવેલ હોય છે અને સાથે સ્લોગન 'અમે બે અમારા બે' હોય છે. મોટે ભાગે યુવા, શહેરી, કામ 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.

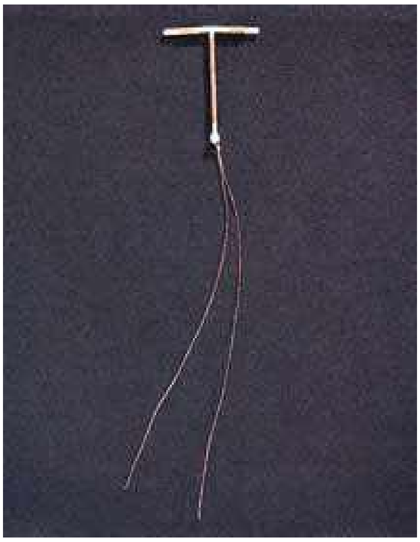
કુદરતી પદ્ધતિઓ અંડકોષ અને શુક્રકોષના સમાગમને દૂર રાખવાના સિદ્ધાંત ઉપર કાર્ય કરે છે. આમાંનો એક ઉપાય **સામયિક સંયમ (periodic abstinence)** છે. જેમાં દંપતિએ ઋતુચક્રના 10થી

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 સંવનન ન કરવાથી ગર્ભધારણથી બચી શકાય છે. **બાહ્ય સ્ખલન** અથવા **સંવનન અંતરાલ (coitus interruptus)** એક અન્ય પદ્ધતિ છે જેમાં પુરુષસાથી સંવનન 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



આકૃતિ 4.2 : કૉપર-T (CuT)

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 સંવનનથી 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 સંવનન 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.

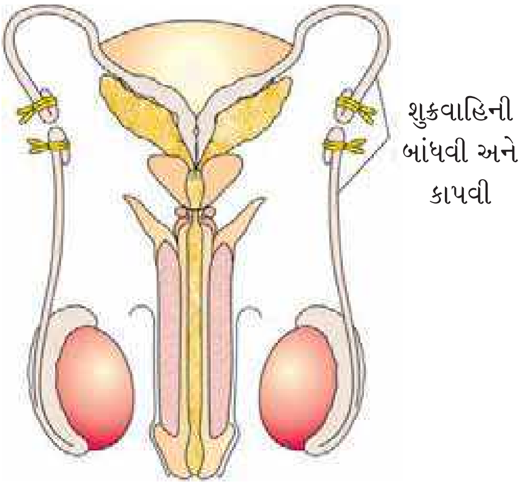
બીજી અસરકારક અને પ્રસિદ્ધ પદ્ધતિ **અંતઃ ગર્ભાશય ઉપાયો (IUDs)**નો ઉપયોગ છે. આ સાધનને ડૉક્ટર્સ કે નિષ્ણાત નર્સ દ્વારા યોનિમાર્ગ દ્વારા ગર્ભાશયમાં દાખલ કરાય છે. આ આંતર ગર્ભાશય ઉપાય હાલમાં બિનઔષધીય IUDs (ઉદાહરણ : લિપસ લૂપ), કૉપરમુક્ત કરતું IUDs (CuT, Cu7, મલ્ટિલોડ 375) (આકૃતિ 4.2) અને અંતઃસ્રાવમુક્ત કરતા 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.

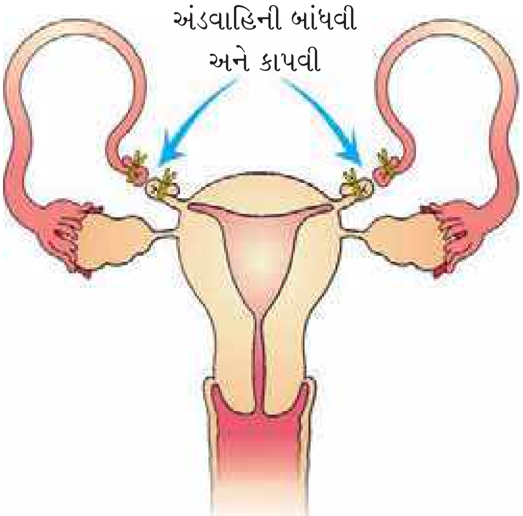
સ્ત્રીઓ દ્વારા ઉપયોગમાં લેવામાં આવતો એક અન્ય ગર્ભનિરોધક પ્રૉજેસ્ટોજેન્સ અથવા પ્રૉજેસ્ટોજેન-ઇસ્ટ્રોજેનનું સંયોજન કે જેને થોડી માત્રામાં મોં દ્વારા લેવામાં આવે છે. તેઓનો ગોળીઓના સ્વરૂપમાં ઉપયોગ થાય છે અને તેથી તેને લોકપ્રિય રીતે **પિલ્સ (pills)** કહે છે. પિલ્સ, ઋતુચક્રના પ્રથમ પાંચ દિવસ દરમિયાન લેવાની 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.

આકૃતિ 4.3 : આરોપણ

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. સંવનનના 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 ઇરાદાપૂર્વક 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 સંવનનને 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 સમાગમને લગતા રોગો (venereal diseases-VD) અથવા પ્રજનનમાર્ગના ચેપ (reproductive tract infections-RTI) કહે છે. ગોનોરિયા, સિફિલિસ, જનનાંગીય હર્પિસ, ક્લેમાડિયાસિસ, જનનાંગીય મસા, ટ્રાયકોમોનિઆસિસ, હિપેટાઇટીસ-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 હિપેટાઇટીસ-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. હિપેટાઇટીસ-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) 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 **આંતર 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 ઈચ્છુક 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, સંવનન 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 નિઃસંતાન 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 હૅરી 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

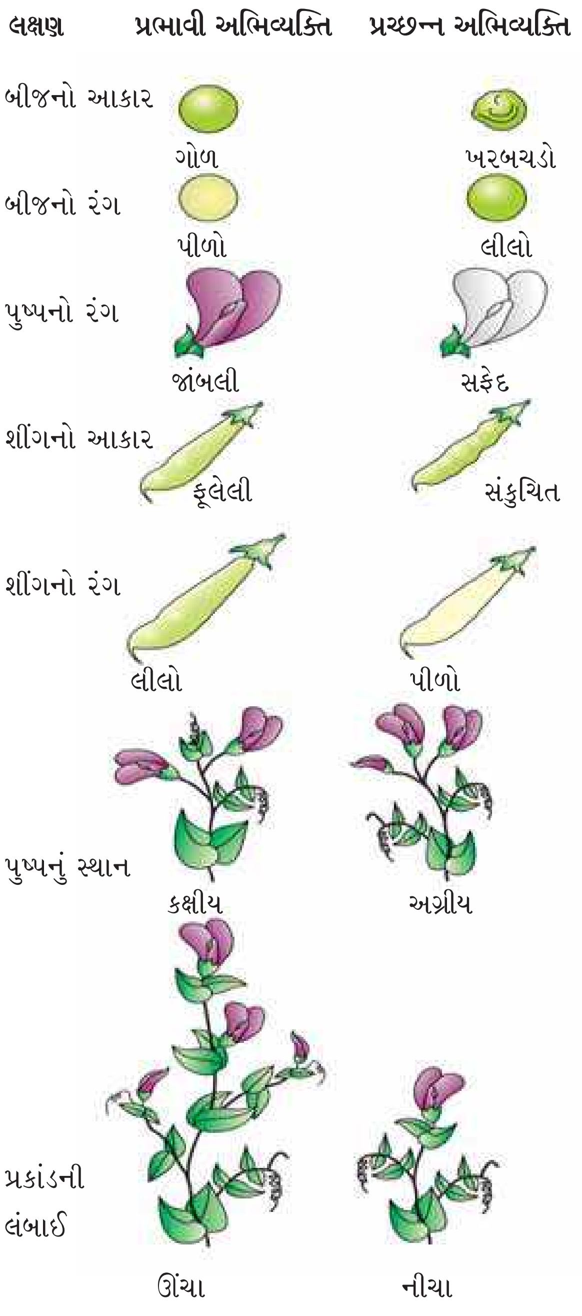
5.8 જનીનિક અનિયમિતતાઓ

ક્યારેય તમને આશ્ચર્ય થયું છે કે, હાથી શા માટે હંમેશાં હાથીનાં બચ્ચાંને 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 ઈચ્છિત 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.

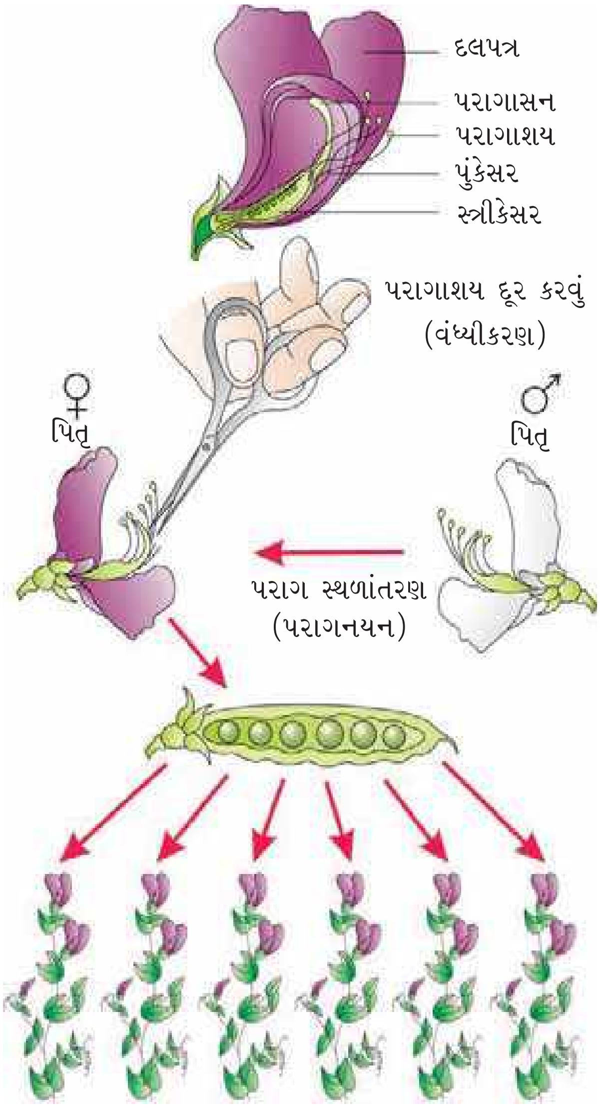
મૅન્ડલે આવા અનેક શુદ્ધ-સંવર્ધિત (true-breeding) વંશક્રમ વટાણાની જાતને લઈને કૃત્રિમ પરાગનયન/ પર-પરાગનયનના પ્રયોગ કર્યા. શુદ્ધ સંવર્ધન વંશક્રમ એટલે જે ઘણીબધી પેઢીઓ સુધી સતત સ્વપરાગનયનનાં ફળ સ્વરૂપે સ્થાયી લક્ષણો (trait) પ્રદર્શિત કરે. મૅન્ડલે 14 શુદ્ધ-સંવર્ધિત વટાણાની જાતને પસંદ કરી. જે કોઈ એક લક્ષણને 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)

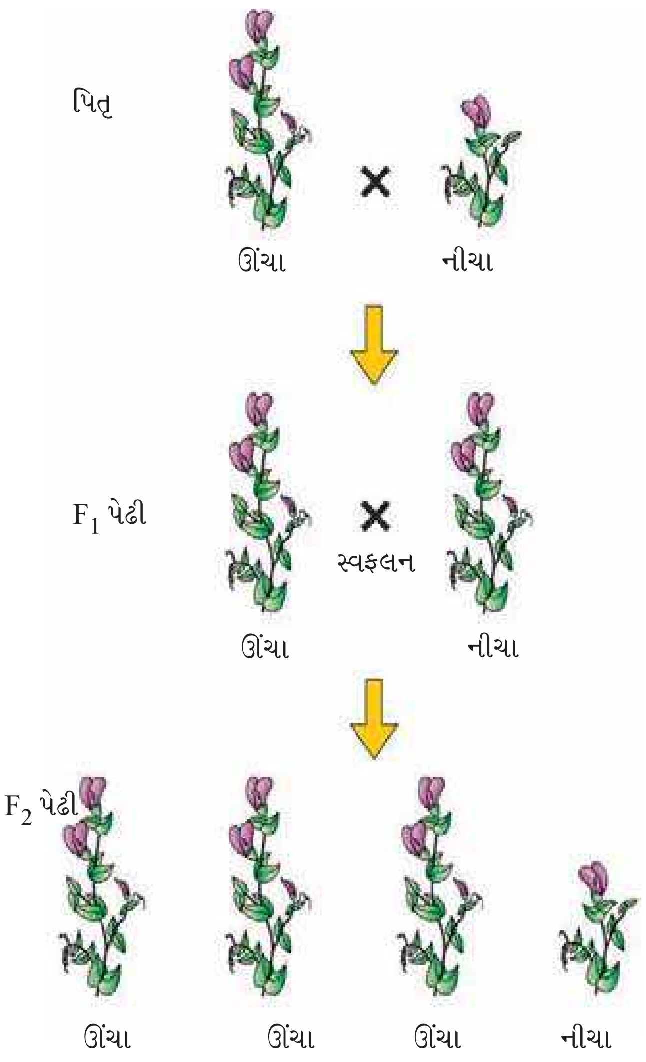
ચાલો, ઉદાહરણ લઈએ કે આવો સંકરણ પ્રયોગ મૅન્ડલ દ્વારા કરવામાં આવ્યો કે જ્યાં તેમણે વટાણાના ઊંચા અને નીચા છોડનું સંકરણ કર્યું અને આ પ્રયોગ દ્વારા એક જનીનના વારસાગમનનો અભ્યાસ કર્યો (આકૃતિ 5.2). આ સંકરણ દ્વારા પ્રાપ્ત બીજનો ઉપયોગ કરીને તેઓએ પ્રથમ સંકર પેઢીના છોડ પ્રાપ્ત કર્યા. આ પેઢીને પ્રથમ સંતતિ પેઢી (Filial$_1$ 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.

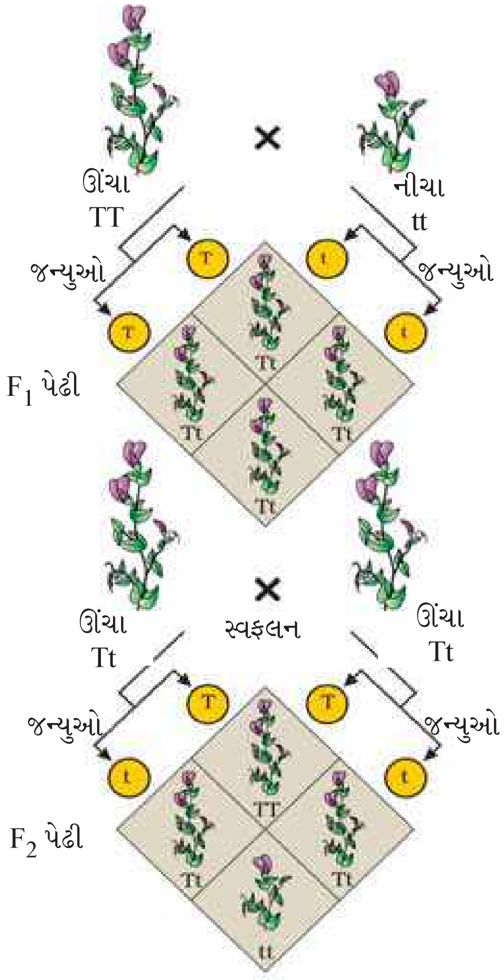
જો આપણે મૂળાક્ષરિય સંકેતોનો પ્રત્યેક જનીન માટે ઉપયોગ કરીએ તો મોટી લિપિને F_1 તબક્કામાં વ્યક્ત થતી અભિવ્યક્તિ માટે લેવી અને નાની લિપિને અન્ય વ્યક્ત થતી અભિવ્યક્તિ માટે ઉપયોગમાં લેવી. ઉદાહરણ તરીકે ઊંચાઈના લક્ષણમાં 'ઊંચી' અભિવ્યક્તિ માટે **T** અને 'નીચી' અભિવ્યક્તિ માટે **t**નો ઉપયોગ થાય છે. **T** અને **t** 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 : મૅન્ડલ દ્વારા શુદ્ધ સંવર્ધિત ઊંચા અને શુદ્ધ સંવર્ધિત નીચા છોડ વચ્ચે કરવામાં આવેલ એક સંકરણની સમજૂતી માટે પુનેટ સ્ક્વૅરનો ઉપયોગ

પુનેટ સ્કવેર 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 :

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

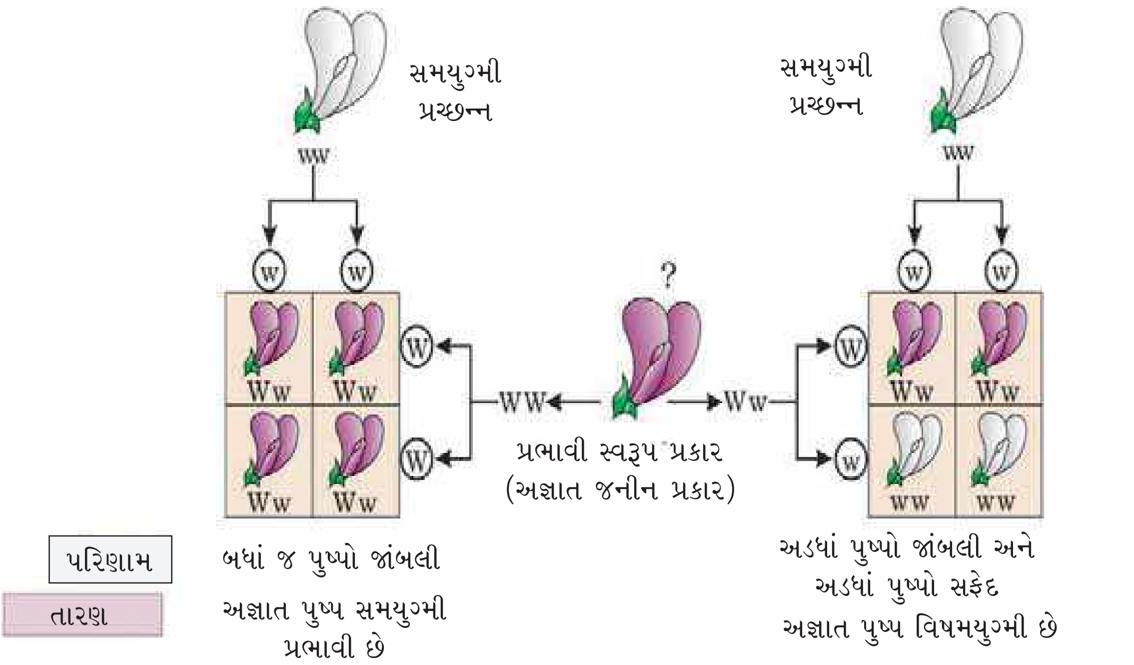
મૅન્ડલે F_2 છોડને સ્વફલન કરાવ્યા અને જોયું કે F_3 અને F_4 પેઢીઓમાં F_2ના નીચા છોડ માત્ર નીચા જ ઉત્પન્ન થાય છે. તેણે એ તારણ મેળવ્યું કે, નીચાનો જનીન પ્રકાર સમયુગ્મી (homozygous) **tt** હતો. *તમે શું વિચારો છો જો તેણે બધા F_2ના ઊંચા છોડને સ્વપરાગિત કર્યા હોત તો તેને શું જોવા મળ્યું હશે ?*

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.

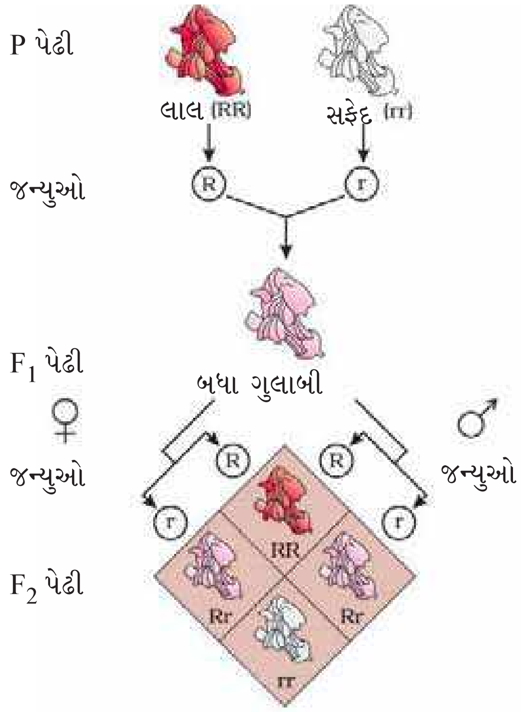
(ii) કારકો જોડમાં હોય છે.

(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 પ્રક્રિયાથી '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 દૃષ્ટિકોણથી 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.

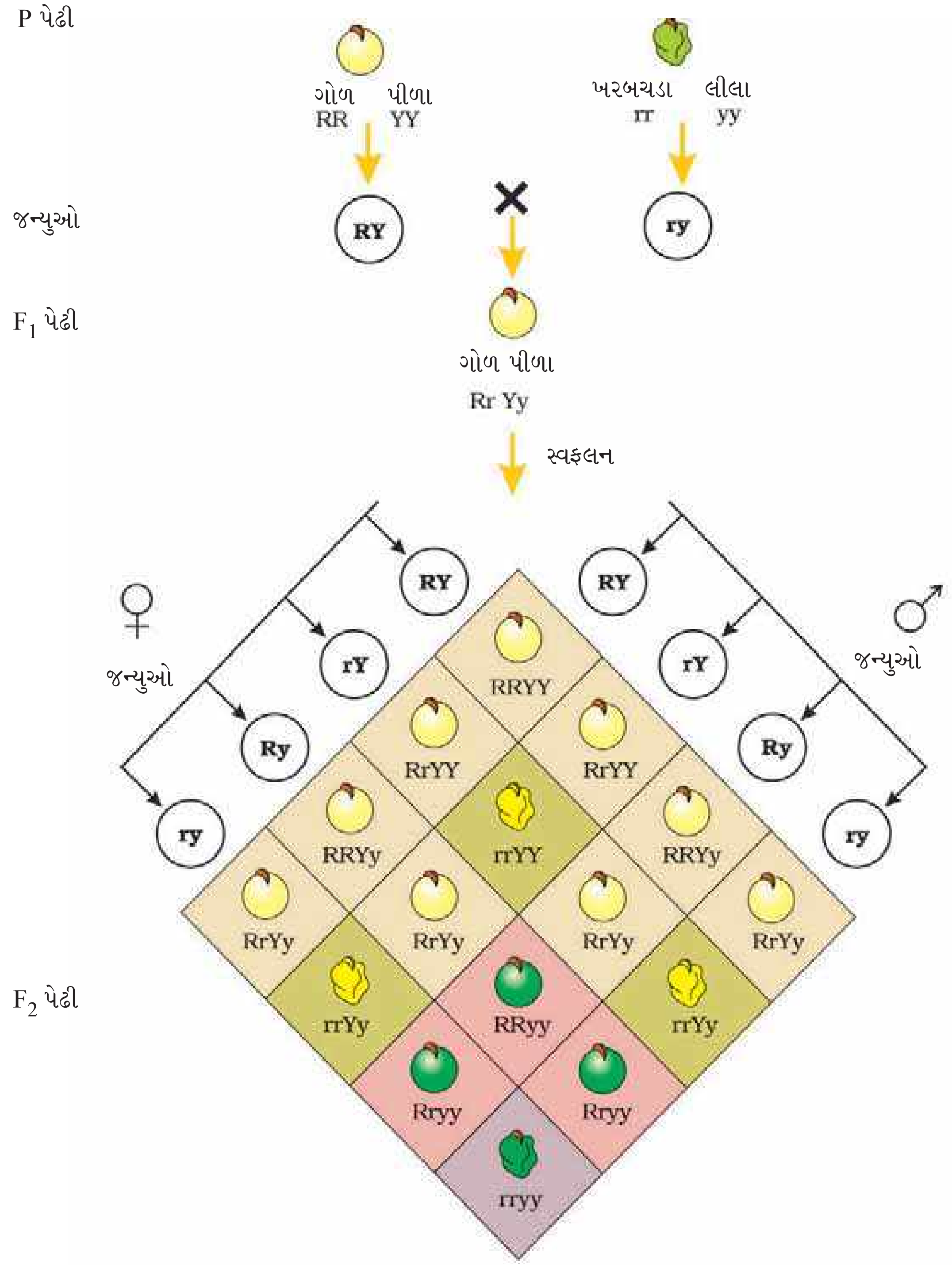
5.3 બે જનીનોનું વારસાગમન (દ્વિસંકરણ પ્રયોગ) (Inheritance of Two Genes)

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, લીલા; 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 ?

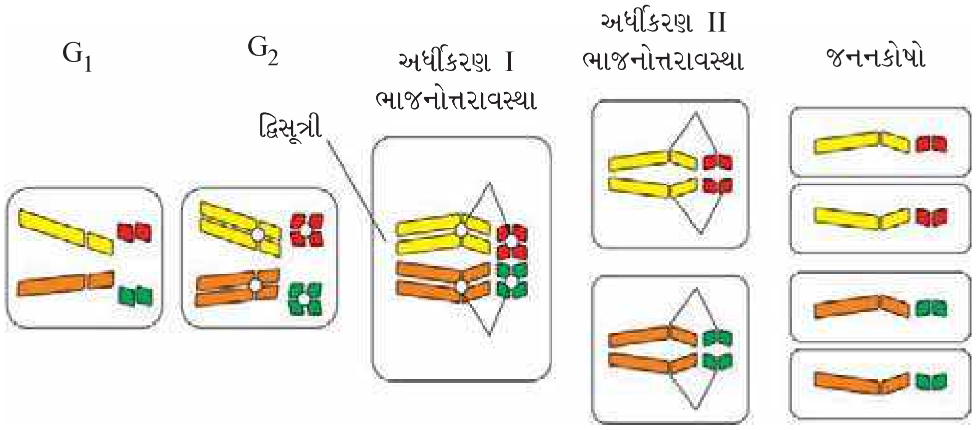
ક્રમ	F_2માં પ્રાપ્ત જનીન પ્રકાર	તેનો અપેક્ષિત સ્વરૂપ પ્રકાર

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 ?	

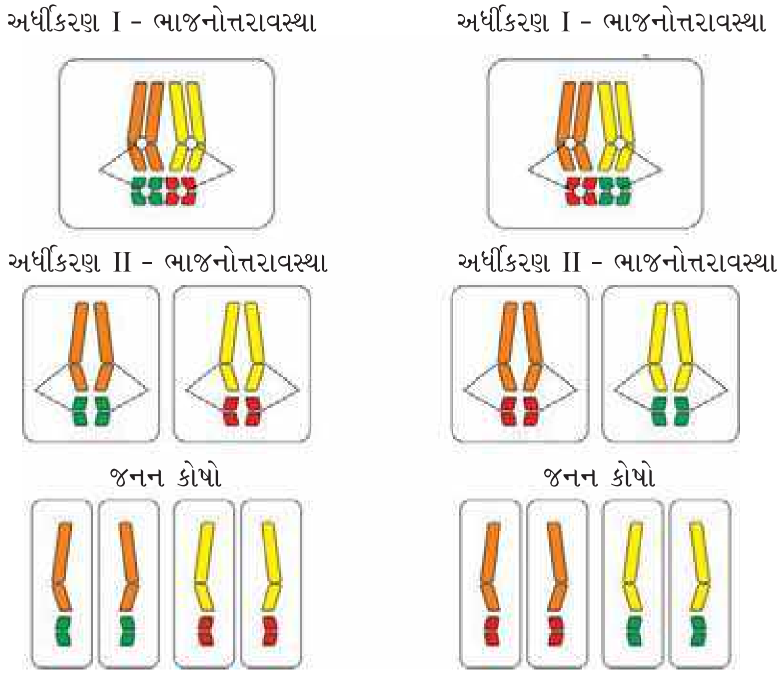
અર્ધીકરણ Iની ભાજનોત્તરાવસ્થામાં રંગસૂત્રોની બે જોડ મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા પર એકબીજાથી સ્વતંત્ર રીતે સરેખિત થઈ શકે છે (આકૃતિ 5.9). આને સમજવા માટે ડાબા અને જમણા કૉલમના ચાર અલગ રંગનાં રંગસૂત્રોની સરખામણી કરો. ડાબા કૉલમમાં (સંભાવના I) નારંગી અને લીલા એકસાથે વિશ્લેષણ પામે છે પરંતુ જમણી બાજુના કૉલમ (સંભાવના II)માં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

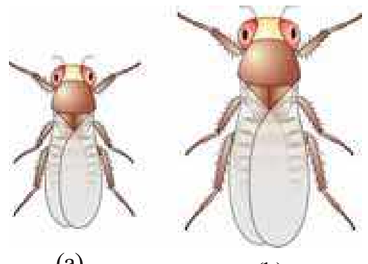
એક લાંબું નારંગી અને ટૂંકું લાલ રંગસૂત્ર તથા લાંબું પીળું અને ટૂંકું લીલું રંગસૂત્ર એક જ ધ્રુવ પર



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.

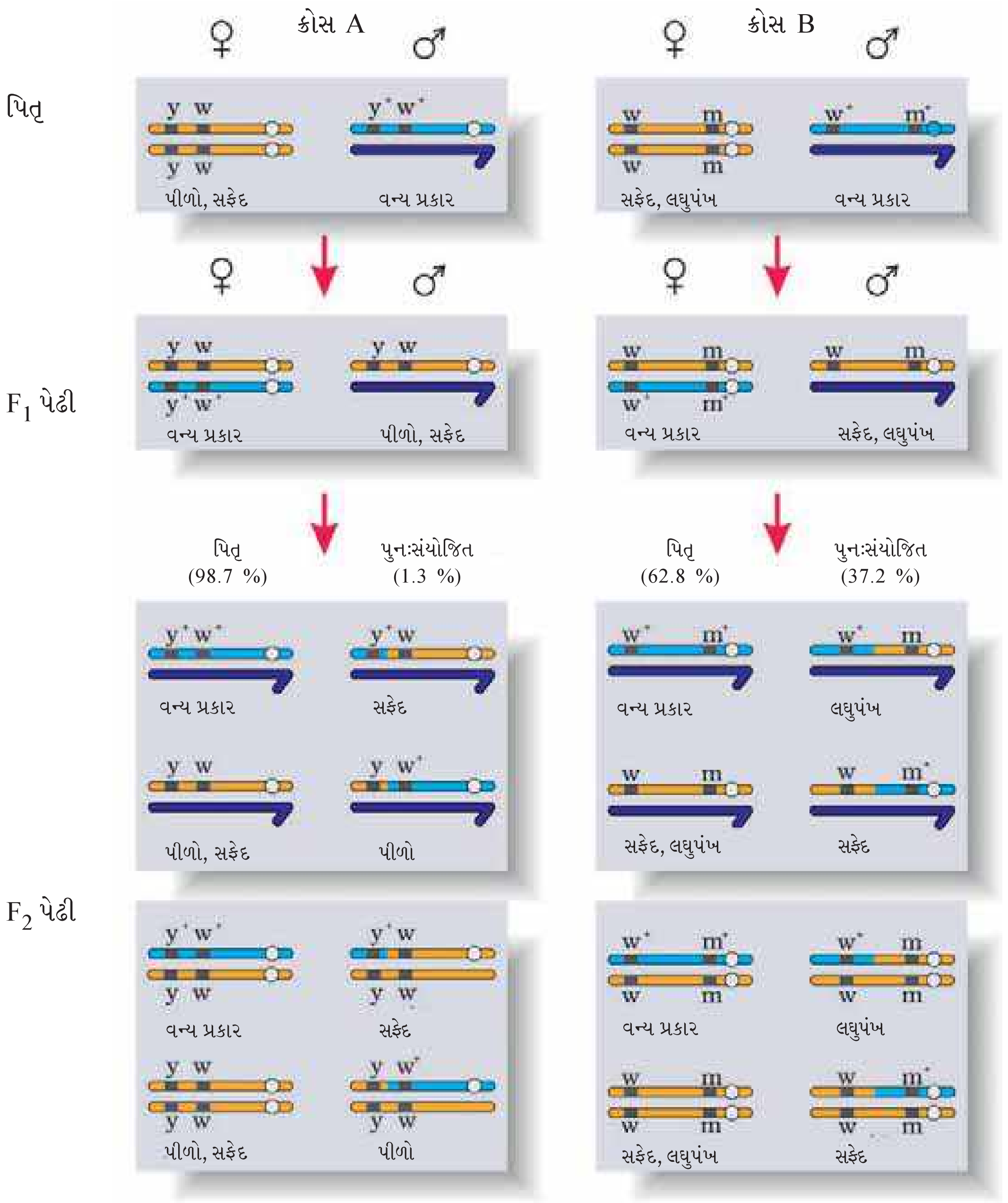


આકૃતિ 5.10 : ડ્રોસોફિલા મેલેનોગેસ્ટર (a) નર (b) માદા

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_2 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)

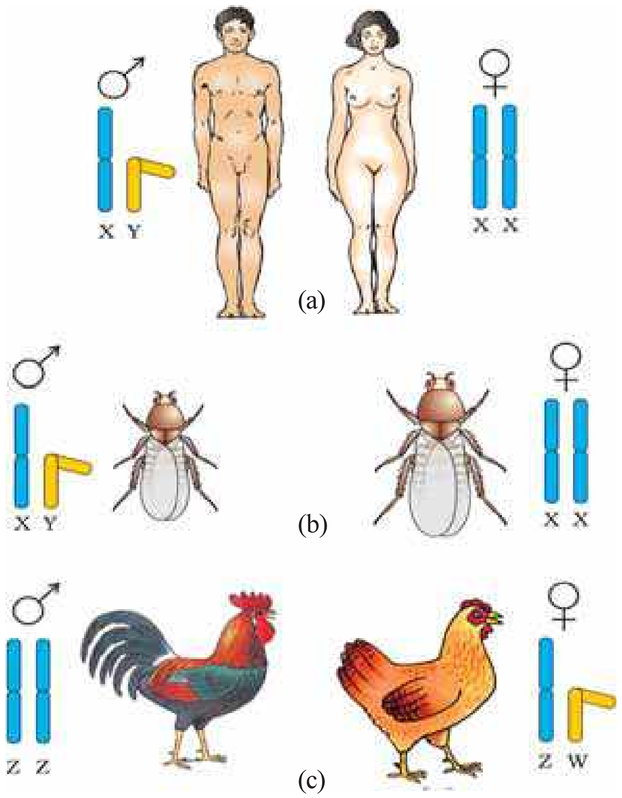
મૅન્ડેલના અભ્યાસે મુખ્યત્વે તે લક્ષણો વર્ણવ્યાં છે જે અલગ-અલગ અભિવ્યક્તિઓ દર્શાવે, જેમ કે પુષ્પનો રંગ કે જે જાંબલી કે સફેદ હોય છે. પરંતુ જો તમે આસપાસ જોશો તો તમને ત્યાં ઘણી લાક્ષણિકતાઓ જોવા મળશે. જે તેમની ક્રિયામાં એટલી ભિન્ન નથી અને સમગ્ર ઘટકોમાં ફેલાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, માનવોમાં માત્ર ઊંચા અથવા નીચા 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. ફિનાઈલકિટોન્યુરિયા રોગ, તેનું ઉદાહરણ છે. જે માનવમાં જોવા મળે છે. આ રોગ થવાનું કારણ ફિનાઈલ 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



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

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 X-દૈહિક રંગસૂત્રો સિવાય એક X-રંગસૂત્ર આવેલું હોય છે. જ્યારે માદામાં X-રંગસૂત્રની એક જોડ આવેલી હોય છે.

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

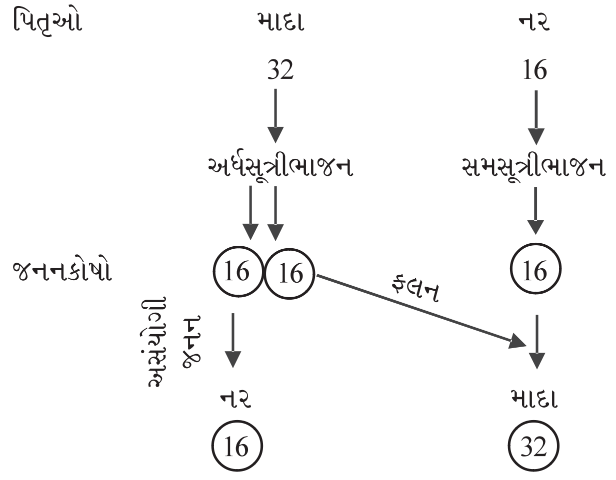
નિર્માણ થાય છે. એટલે કે માદામાં **વિષમયુગ્મકતા (female heterogamety)** જોવા મળે છે. અગાઉ વર્ણવેલ લિંગ-નિશ્ચયનથી વિશિષ્ટ પદ્ધતિના ઉદ્દેશથી પક્ષીઓનાં લિંગી રંગસૂત્રોને Z અને W રંગસૂત્ર વડે દર્શાવ્યા છે. જ્યારે નરમાં દૈહિક રંગસૂત્રો ઉપરાંત Z રંગસૂત્રની એક જોડ આવેલી હોય છે.

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 બર્હિષ્કૃત વ્યવહાર થતા આવ્યા છે.

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

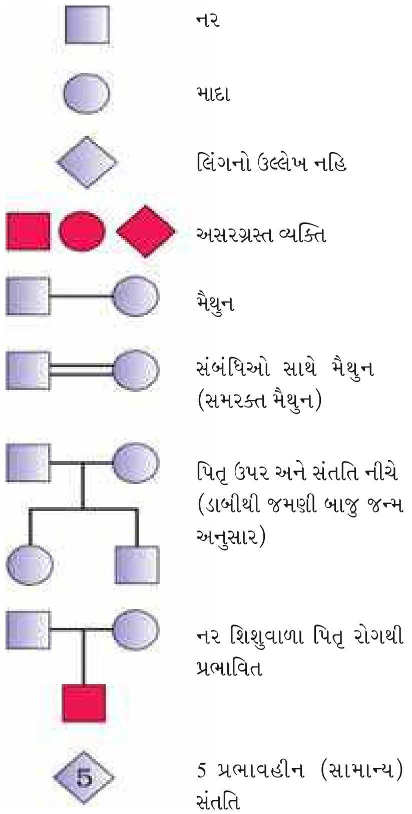
મધમાખીમાં લિંગ-નિશ્ચયન વ્યક્તિગત પ્રાપ્ત કરેલાં રંગસૂત્રોના સમૂહ (sets)ની સંખ્યા ઉપર આધારિત છે. સંતતિ શુક્રકોષ અને અંડકોષના જોડાણથી બને તો માદા (રાણી-queen અથવા કાર્યકર-worker) તરીકે વિકસે અને અફલિત અંડકોષ અસંયોગી જનન દ્વારા નર (dron) તરીકે વિકસે. આનો અર્થ એ થાય કે નરમાં, માદા કરતાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા 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 ઉત્પત્તિ માટે જવાબદાર કોણ છે *શુક્રકોષ કે અંડકોષ ?*

5.7 વિકૃતિ (Mutation)



આકૃતિ 5.13 : માનવ-વંશાવળી પૃથક્કરણમાં વપરાતા સંકેતો

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)

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.

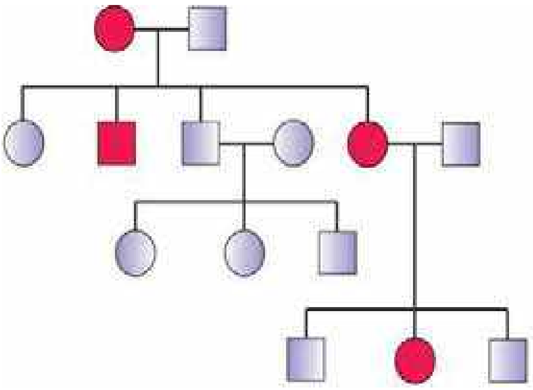
માનવ જનીનવિદ્યામાં વંશાવળી અભ્યાસ એક મહત્ત્વપૂર્ણ ઉપકરણ હોય છે. જેનો વિશેષ લક્ષણ, અસામાન્યતા અથવા રોગની તપાસ કરવા માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વંશાવળી પૃથક્કરણમાં ઉપયોગમાં લેવાતા કેટલાક સંકેતોને આકૃતિ 5.13માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે.

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

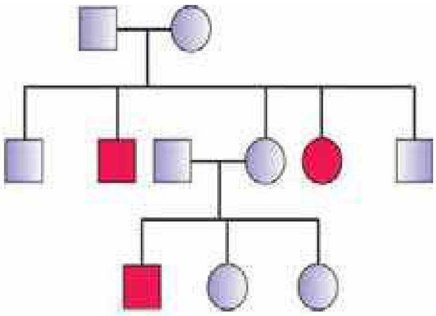
વિકૃતિ (mutation) કહેવાય છે. મનુષ્યમાં કેટલાક વિકાર એવા જોવા મળ્યા છે કે, જેનો સંબંધ રંગસૂત્ર અથવા જનીનના પરિવર્તન (બદલાવ) પર હોય છે.

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, ફિનાઈલ 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)

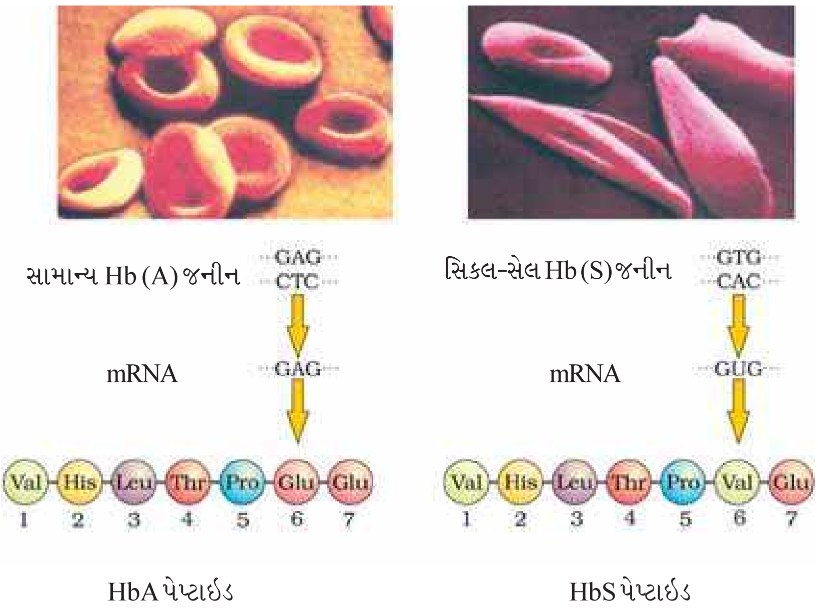
આકૃતિ 5.14 : પ્રતિકાત્મક વંશાવળી પૃથક્કરણ (a) દૈહિક પ્રભાવી લક્ષણ (ઉદાહરણ : માયોટોનિક ડિસ્ટ્રોફી) (b) દૈહિક પ્રચ્છન્ન લક્ષણ (ઉદાહરણ : સિકલ-સેલ ઍનિમિયા)

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 જિનોટાઇપમાંથી 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).

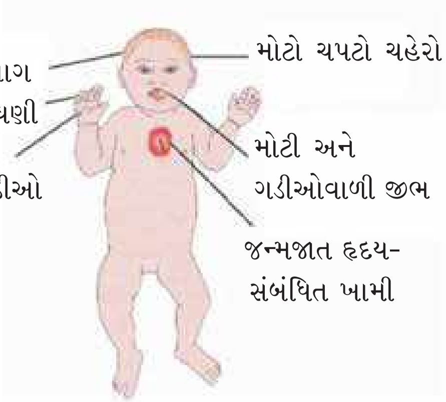
ફિનાઇલ કિટોન્યુરિયા (Phenylketonuria) : આ જન્મજાત ચયાપચયિક ખામી પણ દૈહિક પ્રચ્છન્ન લક્ષણોની જેમ આનુવંશિકતા દર્શાવે છે. રોગગ્રસ્ત વ્યક્તિમાં ફિનાઇલ એલેનીન નામના એમિનોઍસિડને ટાયરોસીન એમિનોઍસિડમાં રૂપાંતરણ કરવા માટે જરૂરી ઉત્સેચકની ઊણપ થઈ જાય છે. પરિણામ સ્વરૂપે ફિનાઇલ એલેનીન એકત્રિત થતો રહે છે અને ફિનાઇલ 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.

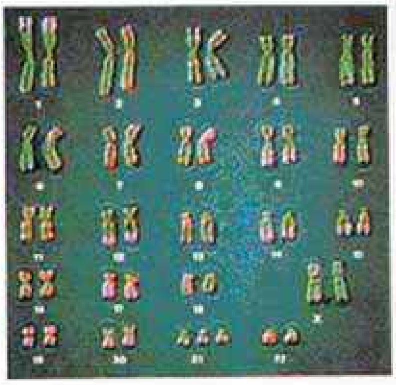
થેલેસેમિયા (Thalassemia) : આ પણ એક દૈહિક-સંલગ્ન પ્રચ્છન્ન જનીનથી થતો રુધિરરોગ છે. તે પિતૃઓમાંથી સંતતિમાં કે જ્યારે બંને પિતૃઓ બિનઅસરકારક વાહક જનીન (અથવા વિષમયુગ્મી)ને વહન કરતા હોય. આ અસર થવાનું કારણ વિકૃતિ અથવા દૂર થવું જેના આખરી પરિણામમાં હિમોગ્લોબીનના નિર્માણમાં વપરાતી ગમે તે એક ગ્લોબીનની સાંકળ (α 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)

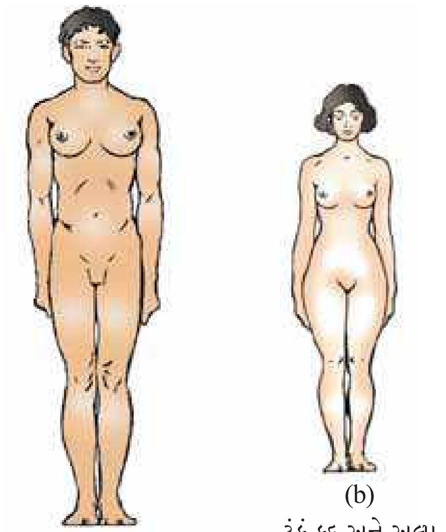
એક અથવા વધારે રંગસૂત્રોની ગેરહાજરી અથવા એક અથવા વધારે રંગસૂત્રોની અસામાન્ય ગોઠવણીથી રંગસૂત્રીય અનિયમિતતાઓ થાય છે.

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



(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

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.

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 સ્કવેરમાં 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. ક્લાઈનફેલ્ટર્સ સિન્ડ્રોમમાં XXY અવસ્થા નિર્દેશિત થાય છે. આ કેર્યોટાઈપના 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 સ્કવેર 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. પૉઈન્ટ 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.

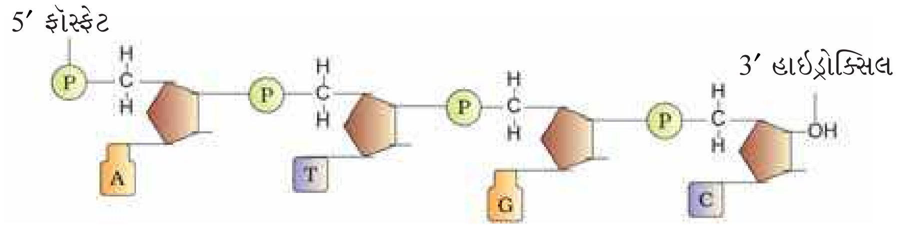
ચાલો, આપણે સૌથી પહેલાં ચર્ચાની શરૂઆત જૈવિક તંત્રોમાં જોવા મળતા સર્વાધિક રસપ્રદ અણુ DNAની સંરચનાના અભ્યાસથી કરીએ. આગળના ભાગમાં આપણે એ સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું કે, શા માટે એ (DNA) વિપુલ પ્રમાણમાં જોવા મળતું જનીનિક દ્રવ્ય છે અને તેનો RNA સાથે શું સંબંધ છે ?

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), ઈશ્વેરેશિયા 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 ઈર્વિન 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.

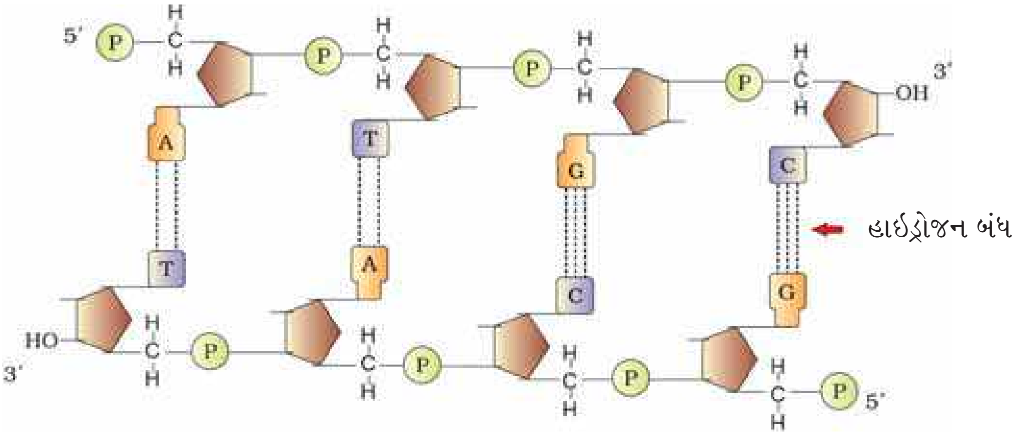
DNAની બેવડી કુંતલમય રચનાની મુખ્ય ખાસિયતો નીચે મુજબ છે :

(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.

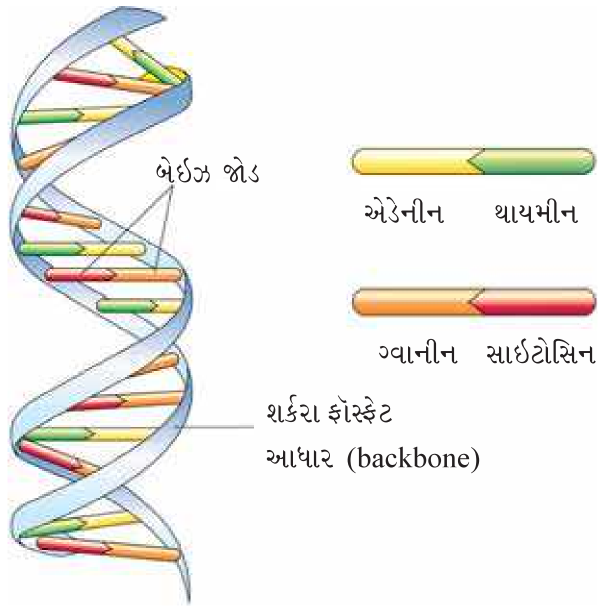
(ii) બંને શૃંખલાઓ પ્રતિ સમાંતર ધ્રુવતા ધરાવે છે. એટલે કે એક શૃંખલાની ધ્રુવતા 5′થી 3′ તરફ હોય તો બીજી શૃંખલાની ધ્રુવતા 3′થી 5′ તરફ હોય છે.

(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

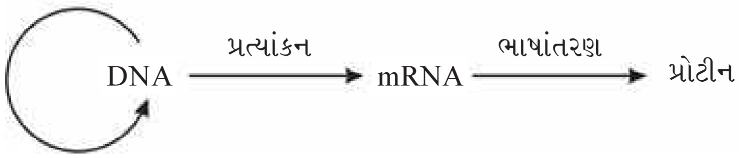


આકૃતિ 6.3 : DNAની બેવડી કુંતલાકાર રચના

(v) બેવડા કુંતલમાં એક બેઇઝ જોડ ઉપર બીજી સ્થિત હોય છે. વધુમાં હાઇડ્રોજન 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 બેઈઝ 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 બેઈઝ જોડીની સંખ્યાને બે પાસપાસે આવેલ જોડના અંતરનો ગુણાકાર કરીને એટલે કે 6.6×10^9 bp $\times$ 0.34×10^{-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 ?

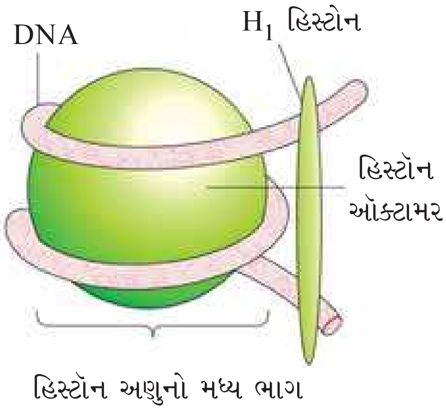
જો E. coli DNAની લંબાઈ 1.36 mm હોય, તો તમે E. coli માં આવેલ બેઈઝ જોડને ગણી શકશો ?

આદિકોષકેન્દ્રી જેવા કે ઈ. કોલાઈ *(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.

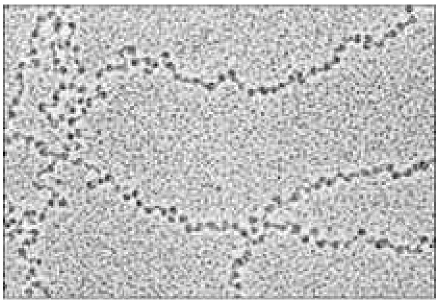
સુકોષકેન્દ્રી સજીવોમાં આ આયોજન એ ખૂબ જ જટિલ હોય છે. તેમાં ધનવીજભારિત પ્રોટીન સમૂહ આવેલા હોય છે જેને **હિસ્ટૉન** કહે છે. વીજભારિત પાર્શ્વશૃંખલા સાથેના એમિનોઍસિડની બહુલકતા (abundance)ને આધારે આ પ્રોટીન વીજભાર પ્રાપ્ત કરે છે. હિસ્ટૉન પ્રોટીનમાં સૌથી વધારે પ્રમાણમાં આલ્કલીય એમિનોઍસિડ લાયસીન અને આર્જેનીન 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. ઈલેક્ટ્રૉન માઈક્રોસ્કૉપ (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



આકૃતિ 6.4 (a) : ન્યુક્લિઓઝોમ



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

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.

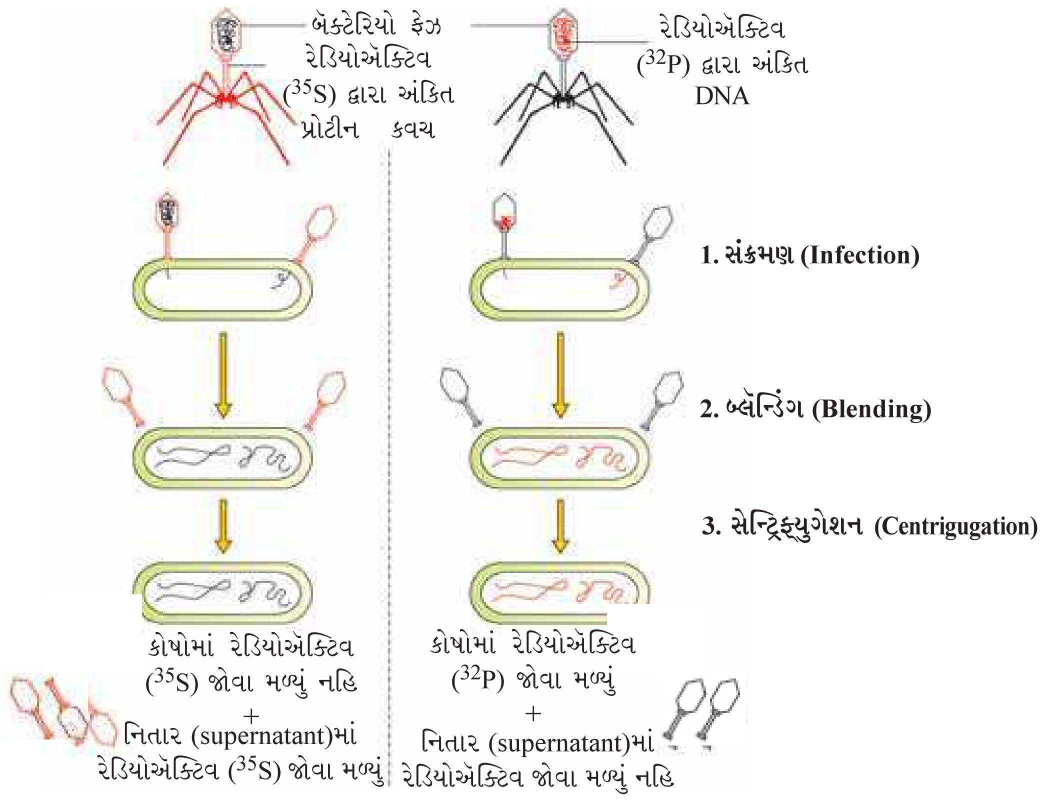
બૅક્ટેરિયોફેઝ એ બૅક્ટેરિયા સાથે ચોંટે છે અને પોતાનું જનીનદ્રવ્ય બૅક્ટેરિયામાં દાખલ કરે છે. બૅક્ટેરિયલ કોષ વાઇરસના આનુવંશિક દ્રવ્યને પોતાનું સમજી લે છે અને તેનાથી આગળ જતાં અનેક વાઇરસ કણનું નિર્માણ થાય છે. બૅક્ટેરિયામાં વાઇરસમાંથી પ્રોટીન અથવા DNA પ્રવેશે છે તે શોધવા માટે હર્શી અને ચેઇઝે પ્રયત્ન કર્યો.

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. કોલાઇ *(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 નિઃશંકપણે 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 મોઝેઇક વાઇરસ, 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 ન્યુક્લિઇક 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 ન્યુક્લિઇક 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. જયારે 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 ન્યુક્લિઇક 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 વાઇરસ ઝડપી વિકાસ અને વિકૃતિ પામે છે.

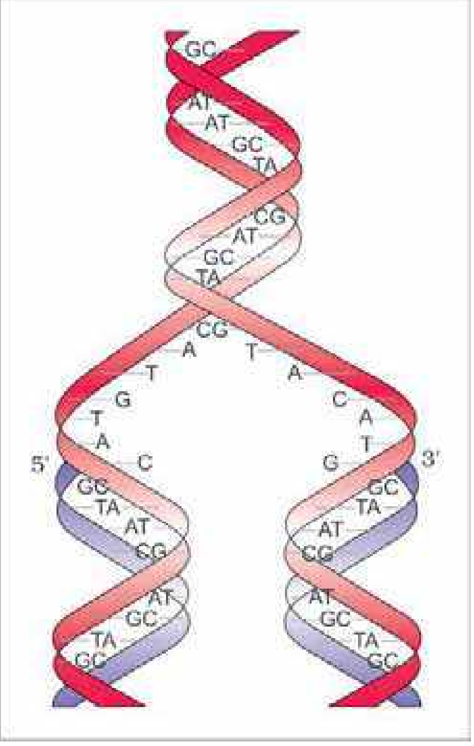
પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટે RNA સીધો જ સંકેત કરી શકે છે, જેથી તે સરળતાથી લક્ષણ અભિવ્યક્ત કરી શકે છે. જોકે DNAને પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટે RNA પર આધાર રાખવો પડે છે. પ્રોટીન સંશ્લેષણની બધી જ વ્યવસ્થા RNA અંતર્ગત વિકસિત થાય છે. ઉપર્યુક્ત ચર્ચા દર્શાવે છે કે, RNA અને DNA બંને

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 વોટ્સન 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)

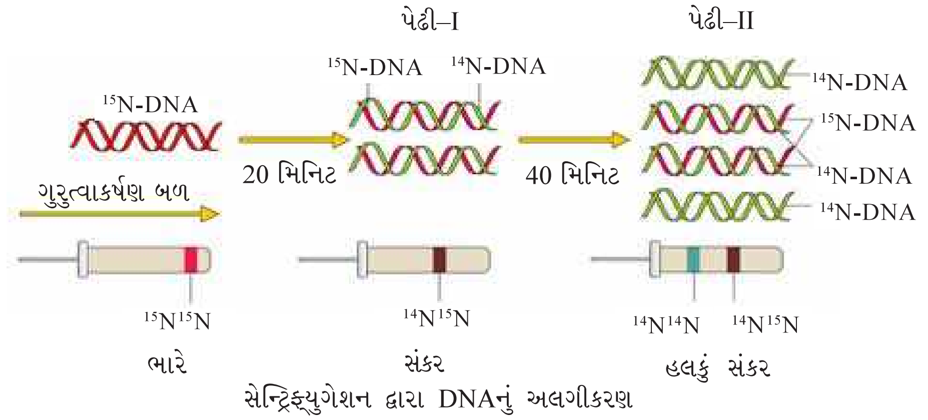
હવે એ સાબિત થઈ ચૂક્યું છે કે DNA અર્ધરૂઢિગત રીતે સ્વયંજનન પામે છે. તેના વિશે સૌપ્રથમ જાણકારી ઈશ્ચેરેશિયા કોલાઈ (*Escherichia coli*)માંથી પ્રાપ્ત થઈ અને આગળ જતાં ઉચ્ચ સજીવો જેમકે વનસ્પતિ અને મનુષ્યના કોષોમાં તેનો ખ્યાલ આવી શક્યો. મૈથ્યુ મેસેલ્સન અને ફ્રેન્કલિન સ્ટાલે 1958માં નીચેનો પ્રયોગ કર્યો :

(i) તેઓએ ઈ. કોલાઈનો એવા સંવર્ધન માધ્યમમાં ઉછેર કર્યો જેમાં $^{15}NH_4Cl$ (^{15}N એ નાઈટ્રોજનનો ભારે સમસ્થાનિક છે) ઘણીબધી પેઢીઓ સુધી માત્ર નાઈટ્રોજનના સ્રોત તરીકે છે. જેના પરિણામે નવનિર્મિત સંશ્લેષિત DNA (તેમજ અન્ય નાઈટ્રોજનયુક્ત સંયોજનોમાં)માં ^{15}N સામેલ થઈ જાય છે. આ ભારે DNA અણુને સેન્ટ્રિફ્યુગેશનની મદદથી સામાન્ય DNAથી સિઝિયમ ક્લોરાઈડ (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. કોલાઈ 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 $5' \rightarrow 3'$ 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).

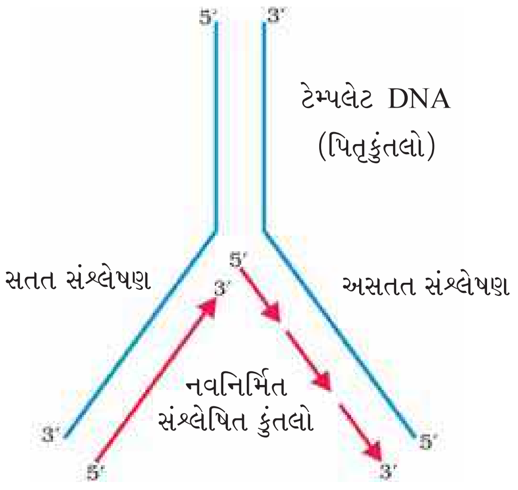
DNA પોલિમરેઝ પોતે સ્વયંજનનની શરૂઆત નથી કરી શકતો તથા સ્વયંજનન DNAમાં ગમે ત્યાંથી શરૂ થતું નથી. ઈ. કોલાઈના DNAમાં કેટલાંક નિશ્ચિત સ્થાનો હોય છે જ્યાંથી સ્વયંજનનની શરૂઆત થાય છે. આ સ્થાનોને **સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિ-સ્થાન (origin of replication)** નામ આપવામાં આવ્યું છે. સ્વયંજનનની ઉત્પત્તિના સ્થાનરૂપી DNAના 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.

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.



આકૃતિ 6.8 : સ્વયંજનન ચીપિયો

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)

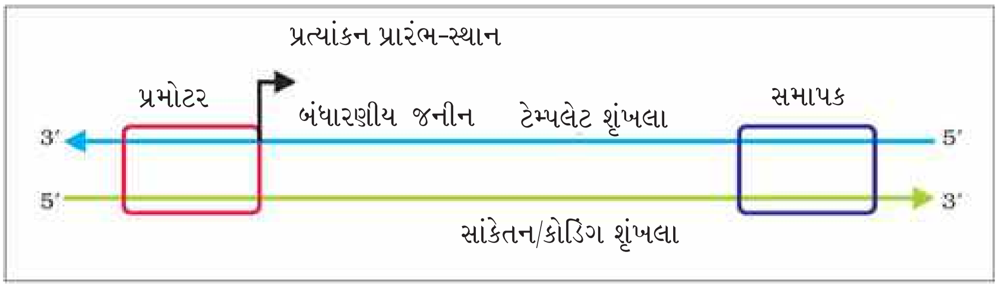
પ્રત્યાંકનના બંધારણીય જનીન એકમ DNAની બેવડી શૃંખલાનો જ ભાગ છે. જેમકે DNAની શૃંખલાઓ વિરુદ્ધ ધ્રુવની હોય છે. એટલા માટે **DNA આધારિત RNA પોલિમરેઝ (DNA dependent RNA polymerase)** પોલિમરાઇઝેશન (બહુલીકરણ)ને એક જ દિશા 5′થી 3′ તરફ ઉત્પ્રેરિત કરે છે. એવી શૃંખલા કે જેમાં ધ્રુવત્વ 3′ → 5′ તરફ હોય છે તે ટેમ્પલેટ 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′ ટેમ્પ્લેટ 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)

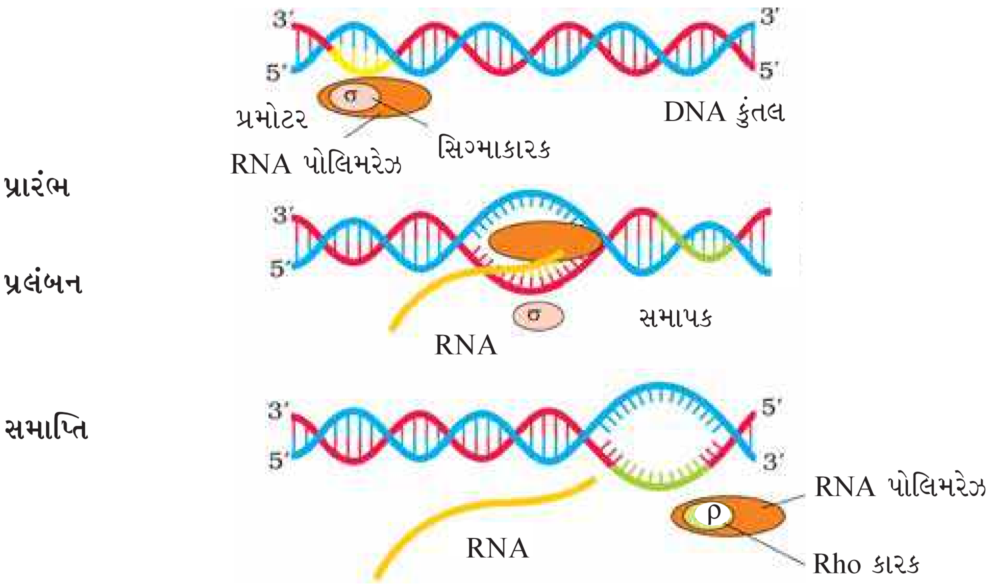
જનીન આનુવંશિકતાનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. એમાં કોઈ શંકા નથી કે જનીન DNA પર સ્થિત હોય છે. જનીનને DNA અનુક્રમના શબ્દોમાં વ્યાખ્યાયિત કરવું મુશ્કેલ છે. DNA અનુક્રમ કે જે t RNA અથવા r RNA અણુનું સંકેતન કરે છે તેનાથી પણ જનીન વ્યાખ્યાયિત થાય છે. વ્યાખ્યા અનુસાર **સિસ્ટ્રોન (cistron)** પ્રત્યાંકન એકમમાં બંધારણીય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

અથવા **પોલિસિસ્ટ્રોનિક (polycistronic)** (મોટા ભાગે બૅક્ટેરિયા અથવા આદિ-કોષકેન્દ્રીમાં) હોઈ શકે છે. 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, **ઈન્ટ્રોન્સ (introns)** દ્વારા વિક્ષેપિત થાય છે. ઈન્ટ્રોન 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 ટેમ્પ્લેટ 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

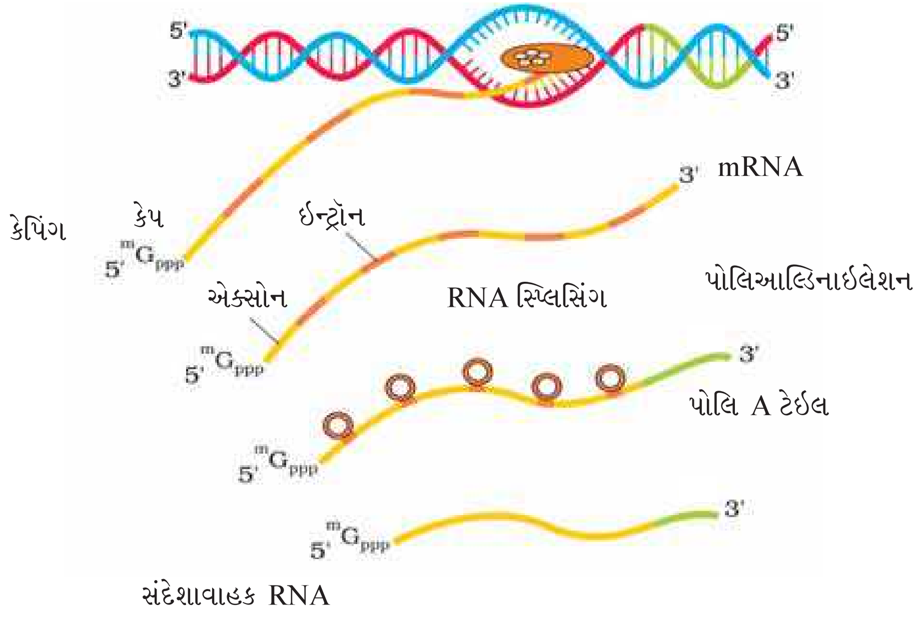
પાલન કરીને ટેમ્પલેટમાંના ક્રમ અનુસાર પોલિમરાઇઝ કરે છે. તે કુંતલને ખોલવા અને પ્રલંબનમાં પણ સહાય કરે છે. ફક્ત RNA નો થોડોક ખેંચાયેલ ભાગ જ ઉત્સેચક સાથે જોડાય છે. જ્યારે RNA પોલિમરેઝ સમાપ્તિ સ્થાને પહોંચી જાય છે ત્યારે નવનિર્મિત RNA અને RNA પોલિમરેઝ છૂટા પડી જાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે પ્રત્યાંકન પ્રક્રિયાનું **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**, **5srRNA** 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 ઈન્ટ્રોન્સ બંને ધરાવે છે તથા તે બિનકાર્યકારી હોય છે. આથી તે વિશિષ્ટ પ્રક્રિયામાંથી પસાર થાય છે જેને **સ્પ્લિસિંગ (splicing)** કહે છે જેમાં ઈન્ટ્રોન્સ 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 ન્યુક્લિઓટાઈડ (મિથાઈલ ગ્વાનોસિન ટ્રાય ફૉસ્ફેટ) hnRNAના 5′ છેડા પર જોડાય છે. ટેઈલિંગમાં એડિનાઈલેટેડ સમૂહ (200-300) સ્વતંત્ર રીતે ટેમ્પ્લેટના 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. ઈન્ટ્રોન્સની 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 પ્રદાન કરે છે. અંતમાં આનુવંશિક 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	દ્વિતીય સ્થિતિ C	દ્વિતીય સ્થિતિ A	દ્વિતીય સ્થિતિ 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 ત્રિઅંકી 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 ક્યા 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 :

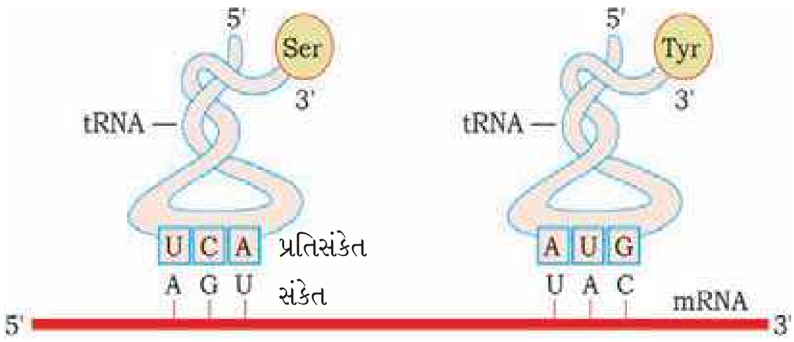
RAM HAS EDC AP
RAM HAS DCA P
RAM HAS CAP

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 ઇન્સર્શન (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.

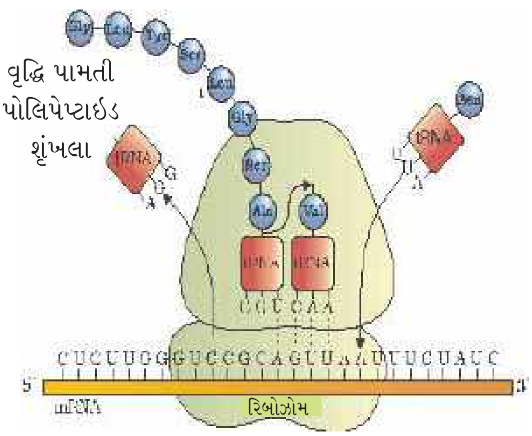


આકૃતિ 6.12 : tRNA - અનુકૂલક અણુ

tRNAમાં એક **પ્રતિસંકેત લૂપ (anticodon loop)** જોવા મળે છે, જ્યાં સંકેતના પૂરક બેઇઝ 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 બેઇઝના અનુક્રમ પર આધાર રાખે છે. એમિનોઍસિડ પેપ્ટાઇડબંધ દ્વારા જોડાયેલા હોય છે. પેપ્ટાઇડબંધના નિર્માણ માટે શક્તિની આવશ્યકતા રહેલી હોય છે. આ કારણે



આકૃતિ 6.13 : ભાષાંતર

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.

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

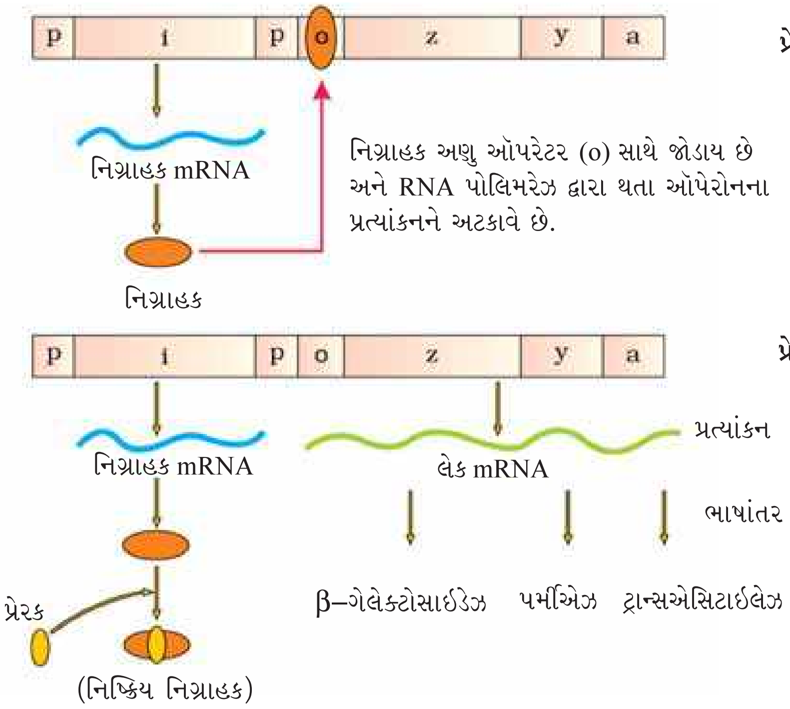
કોષમાં જનીન એક વિશિષ્ટ કાર્ય અથવા કાર્યોના સમૂહને કરવા અભિવ્યક્ત થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે ઈ. કોલાઈ *(E. coli)*માં રહેલ ઉત્સેચક β-ગેલેક્ટોસાઇડેઝ એ ડાયસેકેરાઇડ્સ - લેક્ટોઝનું જલવિભાજન પ્રેરી તેને ગેલેક્ટોઝ અને ગ્લુકોઝમાં ફેરવે છે. જેને બૅક્ટેરિયા ઊર્જાના સ્રોત તરીકે ઉપયોગમાં લે છે. આથી જો બૅક્ટેરિયા પાસે લેક્ટોઝની ગેરહાજરી હોય તો β-ગેલેક્ટોસાઇડેઝ 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 પ્રવર્તક (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 પ્રવર્તક (promoters) સ્થાનની ઉપલબ્ધતા ઘણા કિસ્સામાં પ્રોટીનના વિશેષ અનુક્રમ જેને **પ્રચાલક (operators)** કહે છે તેના દ્વારા નિયમન પામે છે અને તેના સહયોગથી નિયમિત થતી રહે છે. મોટા ભાગે ઑપેરોનમાં ચાલકસ્થાન, પ્રેરક ભાગની પાસે જ હોય છે અને મોટા ભાગની સ્થિતિમાં ચાલકના 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 ફ્રાન્કોઇસ 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-ગેલેક્ટોસાઇડેઝ (β-gal)નું સંકેતન કરે છે. જે ડાયસેકેરાઇડ્સ લેક્ટોઝના જળવિભાજનથી મોનોમેરિક એકમો ગેલેક્ટોઝ અને ગ્લુકોઝનું સર્જન કરે છે. y જનીન પર્મિએઝ માટેનું સંકેતન કરે છે જે કોષમાં β-ગેલેક્ટોસાઇડેઝની 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 ટાઇપ 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 **બાયોઇન્ફોરમેટિક્સ (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.

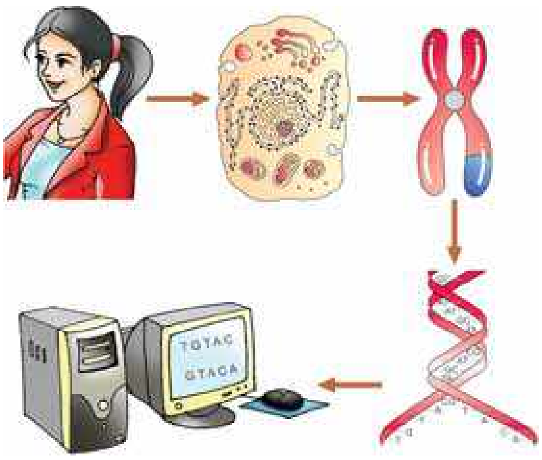
(vi) પ્રૉજેક્ટ સંબંધિત નૈતિક, કાયદાકીય અને સામાજિક સમસ્યાઓ (ethical, legal and social issues) (ELSI)ને સમજવી.

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, 2016 (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 પ્રૉજેક્ટનું 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 એન્ડોન્યુક્લિએઝ દ્વારા DNAનું પાચન

(iii) ઈલેક્ટ્રૉફોરેસિસ દ્વારા DNAના ખંડોનું અલગીકરણ

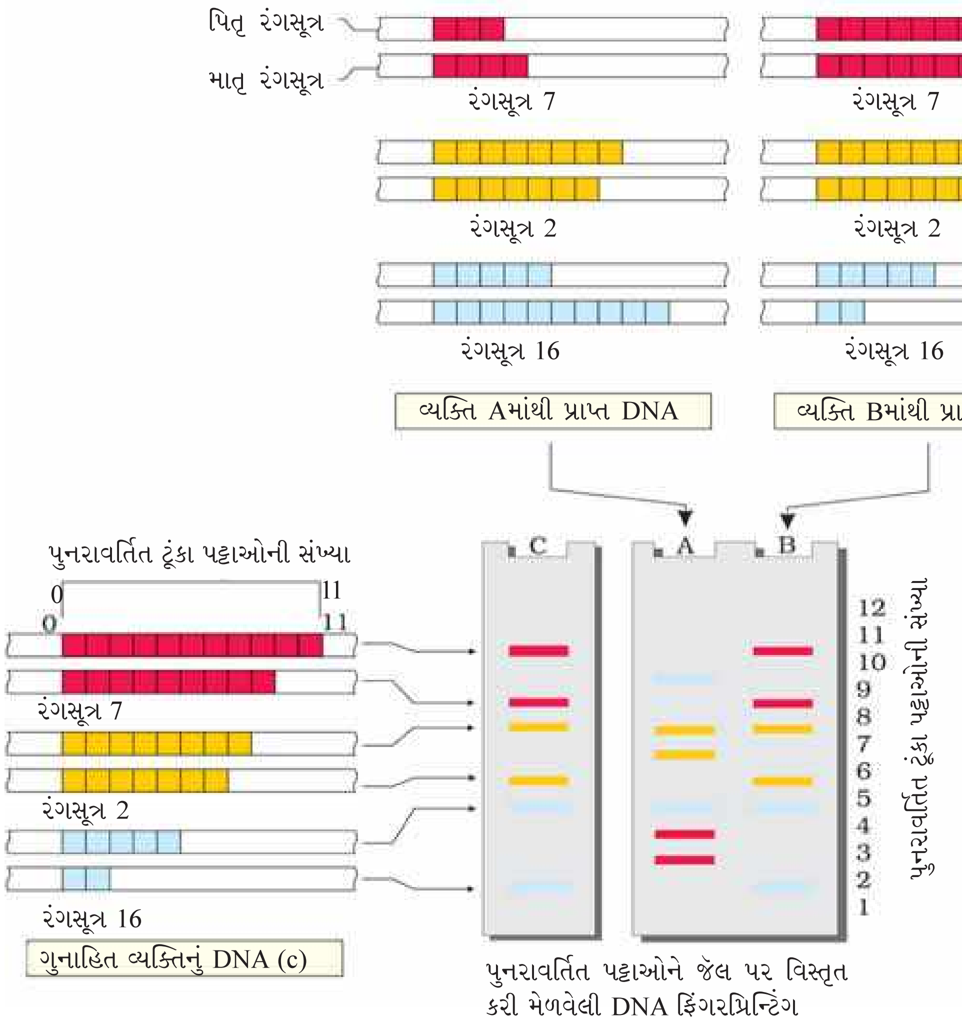
(iv) અલગીકૃત DNA ખંડોનું સંશ્લેષિત પટલ જેમકે, નાઇટ્રો સેલ્યુલોઝ અથવા નાઈલોન પર સ્થળાંતરણ (blotting)

(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′ $\rightarrow$ 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