



शैक्षणिक **प्रदर्भ**

अंक - १९

ऑक्टोबर - नोव्हेंबर २००२

शिक्षण आणि विज्ञानात रुची असणाऱ्यांसाठी द्वैमासिक

संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी

विश्वस्त :

नागेश मोने, नीलिमा सहस्रबुद्धे,
प्रियदर्शिनी कर्वे, मीना कर्वे,
संजीवनी कुलकर्णी, विनय कुलकर्णी,
रामचंद्र हणबर, गिरीश गोखले.

सहाय्य :

रमाकांत धनोकर, र.कृ. आंबेगांवकर,
ज्योती देशपांडे, यशश्री पुणेकर,
कल्पना साठे

अक्षरजुळणी :

न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स

मुखपृष्ठ छायाचित्र : रमाकांत धनोकर

छपाई : पूनम प्रिंटींग प्रेस

एकलव्य, होशंगाबाद यांच्या सहयोगाने
हा अंक प्रकाशित केला जात आहे.

शैक्षणिक

संदर्भ

अंक १९

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर २००२

पालकनीती परिवारसाठी
निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

पत्ता १ : संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा,
कर्वे रोड, पुणे ४. दूरध्वनी : ५४४१२३०
पत्ता २ : संदर्भ, ९, वंदना अपार्टमेंट्स,
आयडियल कॉलनी, कोथरूड, पुणे ३८.
दूरध्वनी : ५४६१२६५
ई-मेल : pryd@indiatimes.com

पोस्टेजसहित

वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-

अंकाची किंमत : रुपये २०/-

धरित्रीच्या कुशीमधी
बीयबियानं तिजली
तरे पसरली माती
जशी शाल पांघरली

बीय तरारे भुईत
सर्वे कोंब आले तरे
गहारलं शेत जसं
अंगातरती शहारें

बहिणाबाई चौधरींनी म्हटल्याप्रमाणे
काळ्या आईच्या कुशीतून येणारी रोपं आणि ती
मोठी झाल्यावर पानांच्या कुशीतून येणारी
कणसं पाहून मन तृप्त होतं. असंच एक मक्याचं
कणीस मुखपृष्ठावर. बियांपेक्षा वेगळ्या
पध्दतीनंही काही रोपं येतात. सुरण, बटाटा
आणि केळी कर्दळीची रोपं कशी येतात ते तुम्ही
पाहिलंच असेल. त्याशिवाय वेगळ्या
वनस्पतींच्या, वेगळ्या पध्दतीनं येणाऱ्या
रोपांबद्दल वाचा पहिल्या तीन लेखांमध्ये.

प्रिय वाचक,

या अंकात आम्ही एक वेगळा प्रयोग करत आहोत. साध्या सोप्या वैज्ञानिक तत्वांमधून माणसाचे श्रम कमी करणारे, आर्थिक फायद्याचे तंत्रज्ञान कसे विकसित होतं, याची काही उदाहरणे या अंकातील लेखांमधून पहायला मिळतील.

ऑप्रोप्रिएट रूरल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूट (ARTI) या संस्थेने विकसित केलेल्या अगदी कमी खर्चात वापरता येणारे हे तंत्र आपल्या देशातील वातावरणाशी सुसंगत आहे. रोपवाटिका तंत्राचे उदाहरण अंकाच्या पहिल्या भागात देत आहोत. पहिल्या दोन लेखात वैज्ञानिक तत्वांचे वापरण्यायोग्य तंत्रात केलेले रूपांतर आहे. वैज्ञानिक तत्त्वं ही प्रत्यक्ष वापरात आणण्यासाठी नुसतं तंत्रज्ञान तयार होणे पुरेसं नाही. हे तंत्रज्ञान लोकांनी वापरायला हवं असेल तर त्यांचे अर्थकारणही तपासून बघावं लागतं. त्या दृष्टीने तंत्रात काही बदल करावे लागतात. तंत्रज्ञान सोपं आणि स्वस्त करण्यासाठी आणखी नवे शोध लावावे लागतात. हा विचार तिसऱ्या लेखात मांडलेला दिसेल.

संदर्भमध्ये दिलेले उपक्रम करून पाहणाऱ्या सर्व वाचक, विद्यार्थी व शिक्षक यांच्या जोडीला हा अंक ग्रामीण भागातील शेतकरी व इतर व्यावसायिक यांच्याही दृष्टीने विशेष उपयुक्त ठरेल. लेखातील माहितीचा उपयोग करून शेतकरी व व्यावसायिक रोपवाटिका व्यवसाय सुरू करू शकतील. वाचकांनी ही माहिती ग्रामीण भागातील मित्रपरिवारापर्यंत, शेतकऱ्यांपर्यंत जरूर पोचवावी.

या लेखात दिलेल्या तंत्रांबद्दल अधिक माहिती वा मार्गदर्शन हवे असल्यास आरती संस्थेशी संपर्क साधावा.

ऑप्रोप्रिएट रूरल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूट

दुसरा मजला, मानिनि अपार्टमेंट्स

स.नं. १३, धायरी गाव, पुणे ४१.

या अंकाच्या निर्मितीसाठी आरती संस्थेने केलेल्या सहकार्याबद्दल आम्ही त्यांचे आभारी आहोत.

संपादक

अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - १९

ऑक्टोबर-नोव्हेंबर २००२

- वनस्पतींचे शाकीय प्रजनन ५
- वनस्पतींच्या वाढीवर नियंत्रण १५
- हंगामी पिकांच्या रोपवाटिका २१
- प्रकाशाचा वेग ३१
- वर्तुळेच वर्तुळे ३४
- वायूचा आकार ? ३५
- व्हल्कनायझेशन ४१
- मारिया गोपर्ट मायर ४५
- गणित गुणगान ५१
- चुंबक ५६
- एक मधमाशी - एक गुलाब ६२
- पाणी साठवणे - काळाची गरज ७४

वनस्पतींचे शाकीय प्रजनन५

शाकीय प्रजनन हा काही आपल्या नेहमीच्या वापरातला शब्द नाही. 'कलम' म्हटलं की लगेच समजतं. कलमी पेरू आणि कलमी आंबे हे शहरात सर्वांनाही माहीत आहेत. पण कलमी प्राजक्त, कलमी गुलमोहर याबद्दल ?... एक मात्र नक्की ... कुंडीत फुलं येणार असली तर या झाडाचं कलम लावायला आपल्याला नक्कीच आवडेल !



वनस्पतींच्या वाढीवर नियंत्रण.....१५

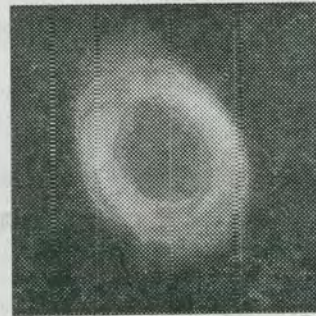
नियंत्रण ठेवायचं ते वाढ लवकर व्हावी, जास्त व्हावी आणि आपल्याला उपयुक्त व्हावी यासाठीच अर्थात् ! वनस्पतींनी हवा-पाणी उजेड यांचा, जास्तीत जास्त वापर करून लवकर फळं फुलं निर्माण करावीत, ती मोठी जोमदारही असावीत, यासाठी काय काय करता येईल ते या लेखात वाचू या.

रोपवाटिका२१

रोपवाटिकांमुळे शेतीमध्ये किती विविध प्रकारे कार्यक्षमता वाढू शकते हे इथे वाचायला मिळेल. विशिष्ट वेळी, विशिष्ट प्रकारे लावलेली रोपं वापरल्यामुळे उत्पन्न वाढतं. ही रोपं वाढण्यासाठी कमीत कमी जागेचा आणि पाण्याचा देखील वापर जास्तीत जास्त उपयुक्त कसा ठरू शकतो तेही इथे पहा.

वायूचा आकार ?३५

पाण्या तुझा रंग कसा... याच धर्तीवरचा हाही एक प्रश्न. द्रवाला आणि वायूला निश्चित आकार नसतो असं आम्ही शाळेत शिकलो. पण प्रत्यक्षात विशिष्ट आकार असलेले वायू तुम्हीदेखील नक्कीच पाहिजे असतील ! कुठे म्हणता ? या लेखात वाचू या.



व्हल्कनायझेशन४१

रबर हा पदार्थ आपल्याला हवा तसा वापरता यावा यासाठी त्याचं व्हल्कनायझेशन करतात. कधीपासून ? कसं ? ते सारंच पाहू या.



मारिया गोपर्ट मायर.....४५

अणूच्या सूर्यमालेसारख्या रचनेबद्दल आपण शाळेत शिकलो. अणुकेंद्राभोवती विशिष्ट कक्षांमध्ये फिरणारे इलेक्ट्रॉन व त्यांच्या विशिष्ट संख्या. अणुकेंद्राची रचना देखील काहीशी अशीच असते. या रचनेबद्दल संशोधन करणाऱ्या मारिया गोपर्ट मायर यांच्याबद्दलचा हा लेख.

एक मधमाशी एक गुलाब६२

नाकासमोर उडणे, पराग गोळा करून परत आणणे. काम करणे आणि फक्त काम करत रहाणे. असे आयुष्य असलेल्या एका मधमाशीच्या जीवनात अचानक एक गुलाब आला आणि मग...



पाणी साठवणे - काळाची गरज.....७४

पावसाळ्यात भरपूर पाऊस झाला, नद्यांना पूर आले तरी पुढे उन्हाळ्यात पाण्याचा खडखडाट आणि कोरड्या नद्या, तलाव, हे आपल्या ओळखीचं दृश्य असतं. यात बदल घडवणं शक्य आहे आणि गरजेचंही.

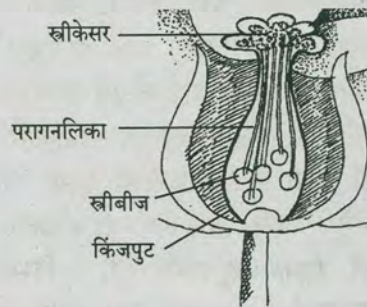
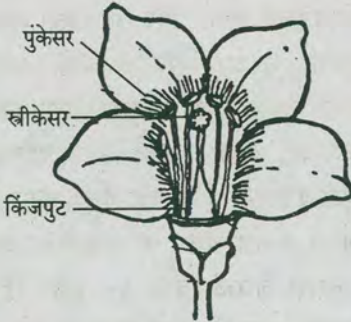
वनस्पतींचे शाकीय प्रजनन

लेखक : आ. दि. कर्वे

प्रजननासाठी बीज न वापरता वनस्पतीची काडी, कंद, मुनवे, फुटवे, यांसारखे भाग वापरून त्यांचे प्रजनन करण्याच्या पद्धतीला शाकीय प्रजनन^(१) असे म्हणतात. उच्च कोटीतल्या^(२) बहुतेक सर्व वनस्पतींचे प्रजनन बीजांद्वारेच होते. बीज म्हणजे पुढच्या पिढीच्या निर्मितीसाठी लागणारा एक भ्रूण आणि त्याच्या प्राथमिक वाढीसाठी आवश्यक असणारे अन्न याचे एक संपुट असते. जोपर्यंत बीजाला पाणी मिळत नाही तोपर्यंत ते सुप्तावस्थेत राहू शकते. बीजाच्या या गुणधर्मांमुळे ते साफ करणे, हाताळणे, साठविणे, त्याची वाहतूक करणे किंवा शेतात

पेरणी करणे या सर्व क्रिया फार सोप्या होतात.

बीजनिर्मिती फुलांद्वारे केली जाते. फुलांमध्ये स्त्रीकेसर आणि पुंकेसरमंडल असे दोन भाग असतात. त्यांच्यात अनुक्रमे स्त्रीबीज आणि पुंबीज यांची निर्मिती केली जाते. या दोहोंचा संयोग झाला की त्यापासून पुढे भ्रूण निर्माण होतो. या क्रियेची सुरुवात होते परागीकरणाने. पुंकेसरात निर्माण झालेले पराग स्त्रीकेसरावर पडणे या क्रियेला परागीकरण असे म्हणतात. स्त्रीकेसराच्या पृष्ठभागावर पडलेल्या प्रत्येकी परागकणांमधून एक परागनलिका वाढू लागते. ती स्त्रीकेसराच्या ऊतीतून वाट



(१) शालेय पाठ्यपुस्तकांचे प्रजनन असा शब्द वापरला जातो. मात्र व्यवहारात त्याला गुणन असे म्हटले जाते. बीजगुणन केंद्र अशी पाटी तुम्हीही वाचली असेल. (२) उच्च कोटीतल्या म्हणजे फुलं किंवा बिया येणाऱ्या वनस्पती. शेवाळ, भूछत्र, नेचे (बीजाणू येणाऱ्या) वनस्पतींना नीच कोटीतल्या वनस्पती म्हणतात.



जमिनीत लावलेले काडीकलम
मूळ फांदी फुले येणाऱ्या झाडाची असल्याने
कलमालाही फुले येत आहेत.

काढीत किंजपुटात प्रवेश करते आणि तेथे मग परागनलिकेत असणारे शुक्रबीज आणि किंजपुटातील स्त्रीबीज यांचा संयोग घडून येतो. या संयोगातून निर्माण होणाऱ्या संयुजित कोशिकेपासून पुढे भ्रूण निर्माण होतो.

पराग जर दुसऱ्या वनस्पतीचे असतील तर त्या परागीकरणास परपरागीकरण म्हणतात. स्त्रीकेसर ज्या वनस्पतीचे आहे त्याच वनस्पतीचे पराग त्यावर पडणे या क्रियेला स्वपरागीकरण असे म्हणतात. निसर्गात वाढणाऱ्या बहुतेक सर्व जातीच्या वनस्पतींमध्ये परपरागीकरणाने बीजनिर्मिती व्हावी अशी योजना केलेली असते. या योजनेमुळे नवीन तयार होणाऱ्या भ्रूणातील निम्मी जनुके मातृवनस्पतीची व निम्मी पितृवनस्पतीची असतात. याचा परिणाम असा होतो की बीजापासून निर्माण होणाऱ्या वनस्पतीचे सर्व गुण आपल्या मातृवनस्पतीशी कधीच तंतोतंत जुळत नाहीत. याउलट

शाकीय प्रजननात मातृवनस्पतीच्या एखाद्या अवयवाचा, म्हणजे काडी, कंद किंवा फुटवा यांचा वापर केला जात असल्याने अशा प्रजननातून निर्माण होणाऱ्या कन्यावनस्पतीत मूळ मातृवनस्पतीचे सर्व गुण जसेच्या तसे उतरतात. याशिवाय शाकीय प्रजननपद्धतीचा आणखी एक

फायदा असा की जर मातृवनस्पतीला फुले व फळे येऊ लागलेली असतील, तर कन्या वनस्पतीलाही पहिल्या वर्षापासूनच फुले येऊ लागतात.

काडी कलम

शाकीय प्रजननपद्धतीमध्ये काडीकलम ही सर्वात सोपी पद्धती आहे. बऱ्याच द्विदल वनस्पतींची फांदी जमिनीत खोचली व तिला नियमितपणे पाणी दिले तर तिला मुळ्या फुटतात, व आपणांस एक नवी वनस्पती मिळते. वनस्पतींच्या या गुणधर्माचा उपयोग करून वड, अंजीर, शेवगा, करंज, पारिजात, बकुळ व इतरही अनेक प्रजातीच्या वनस्पतींचे प्रजनन करता येते. या पद्धतीचा वापर केल्यास जवळजवळ ८० टक्के द्विदल वनस्पतींचे शाकीय प्रजनन करता येते असे आम्हास आमच्या अभ्यासात आढळून आले आहे.

वृक्षप्रजातींच्या मानाने एकवर्षीय

वनस्पती, झुडपे व वेर्लीचे काडीकलम अधिक प्रमाणात यशस्वी होते. वृक्षांच्या बीजापासून निर्माण केलेल्या कमी वयाच्या रोपाची काडी काढल्यास तिला मुळे फुटण्याचे प्रमाण फुले-फळे येऊ लागलेल्या वृक्षाच्या काडीच्या मानाने अधिक असते. मोठ्या वृक्षाची जून फांदी किंवा मुख्य खोड कापल्यावर त्या ठिकाणी अनेक नवे कोंब एकदम येतात. अशा रीतीने आलेल्या नवीन फुटव्यांना मुळे फुटण्याची संभाव्यता अधिक असते.



जी काडी लावायची तिची साल हिरवी असेल तर तिला तपकिरी सालीच्या काडीपेक्षा लौकर मुळ्या फुटतात. तसेच काडीला पाने असतील, तर पानांमध्ये प्रकाशसंश्लेषणाने निर्माण होणाऱ्या अन्नाचा वापर करून नवीन येणारी मुळे अधिक चांगल्या प्रकारे वाढू शकतात. पण पानांमधून पाणी बाहेर टाकले जात असल्याने अशा काड्या लौकर वाळतात. म्हणून उघड्यावर लावलेल्या काड्यांना पाने ठेवली जात नाहीत. तसेच कोरड्या हवामानात लावलेल्या काड्या मुळे फुटण्यापूर्वीच वाळून जातात. हे टाळण्यासाठी लावलेल्या काड्यांभोवती उच्च आर्द्रता राखणे आवश्यक असते. मुळ्या फुटण्याची क्रिया जलद व्हावी यासाठी काडीवर काही विशिष्ट संप्रेरकांची प्रक्रिया केली जाते.

उच्च आर्द्रता कक्ष व तयार झालेली रोपे

शाकीय प्रजननात संप्रेरकांचे महत्त्व : द्विदल वनस्पतींची खोडे, फांद्या, एवढेच काय तर पानांच्या देठात सुद्धा त्यांच्या सालीखाली कॅंबियम या नावाचा एक वर्धमान ऊर्तीचा (सतत वाढू शकणाऱ्या) थर असतो. या ऊर्तीतल्या पेशींच्या विभाजनाने या इंद्रियांच्या पेशींच्या संख्येत सतत भर पडते व त्यामुळे ही इंद्रिये वयोमानाप्रमाणे जाड होत जातात. आपल्या आसमंतातल्या आंबा, चिंच, जांभूळ, गुलमोहोर, वड, पिंपळ इ. द्विदल वृक्षांचे निरीक्षण केल्यास असे आढळेल की हे वृक्ष जितके जुने, तेवढी त्यांची खोडे रुंद असतात. याउलट ताड, माड, सुपारी, बांबू, इ. एकदल वृक्षांची खोडे काही त्यांच्या वयोमानानुसार रुंद होत नाहीत. याचे कारण असे की एकदल वनस्पतींच्या

खोडामध्ये कॅबियम नसते.

कोणत्या पेशींनी कसे वाढावयाचे हा संदेश त्यांना वृद्धिजनक संप्रेरक या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या रसायनांद्वारे मिळतो. उदाहरणार्थ द्राक्ष लागवडीत वापरल्या जाणाऱ्या जिबरेलिक आम्ल या संप्रेरकाचे नाव सर्वांना परिचित आहे. या संप्रेरकाने पेशींचे घनफळ वाढवले जाते व त्याचा वापर करून द्राक्षमण्यांचा आकार वाढवता येतो. एथिलीन या संप्रेरकाचा वापर करून आंबा, पेरू, केळी, टोमटो इ. फळे पिकण्याची

क्रिया जलद घडवून आणता येते.

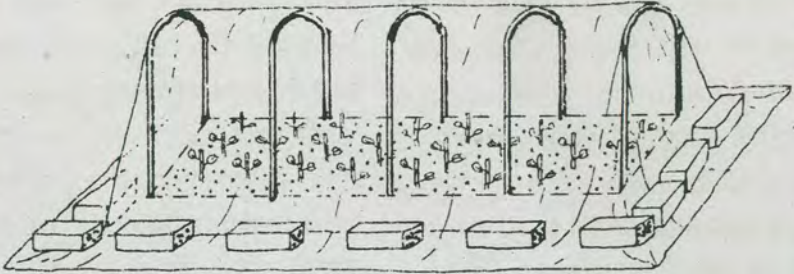
रोपवाटिकेत आर्द्रताकक्षात लावलेल्या काड्यांना लौकर मुळे फुटावीत यासाठी इंडोल ब्यूटिरिक आम्ल (आय्.बी.ए.) व नॅफथलीन अॅसेटिक आम्ल (एन्.ए.ए.) या मूलजनक संप्रेरकाचा वापर केला जातो. द्विदल वनस्पतींच्या खोडाफांद्यांच्या सालीखाली कॅबियम या वर्धमान ऊर्तीचा थर असतो याचा उल्लेख वर आलेला आहेच. आय्.बी.ए. किंवा एन्.ए.ए. यांच्या प्रक्रियेने या वर्धमान ऊर्तीची नैसर्गिक वाढीची क्रिया

उच्च आर्द्रताकक्ष : मुळ्या फुटण्यासाठी लावलेल्या काड्या मुळ्या फुटण्यापूर्वीच वाळून जाऊ नयेत, यासाठी त्या सुमारे ७० ते ९० टक्के आर्द्रता असलेल्या वातावरणात ठेवल्या तर त्या ४ महिन्यांपर्यंतसुद्धा टवटवीत राहू शकतात. असे वातावरण कृत्रिमरीत्या निर्माण करण्यासाठी आम्ही उच्च आर्द्रताकक्षाचे तंत्र विकसित केले आहे. आर्द्रताकक्ष एखाद्या झाडाच्या सावलीत, किंवा शेड नेटचा वापर करून मुद्दाम उत्पन्न केलेल्या सावलीतच उभा करावा. आपणांस जेवढा मोठा आर्द्रताकक्ष निर्माण करावयाचा आहे, तेवढी जमीन सपाट करून तिच्यावर त्याच आकाराचे प्लास्टिकचे कापड अंथरावे. या कापडाच्या कडांवर सर्व बाजूंनी आडव्या विटांचे दोन थर रचावेत. विटांनी वेढलेल्या या वाफ्यात ४ मि.मि. च्या चाळणीने चाळलेली बारीक वाळू भरावी. या वाफ्यावर तारेच्या कमानी उभ्या करून त्यावर प्लास्टिकचे रंगहीन पारदर्शक कापड अंथरले की झाला आर्द्रताकक्ष तयार. प्लास्टिकचे कापड जेथे जमिनीला टेकते तिथे त्यावर वजनासाठी विटा ठेवाव्यात. तारेच्या कमानींवर प्लास्टिकचे कापड आंथरण्यापूर्वी वाफ्यातून पाणी बाहेर वाहू लागेल इतके पाणी द्यावे व मग वाफ्यावर प्लास्टिकचे आच्छादन घालावे. सुमारे १५-२० मिनिटांतच या प्लास्टिक आच्छादनावर आतल्या बाजूने बाष्प जमू लागते व ते पाण्याच्या सूक्ष्म बिंदूंच्या रूपाने आपल्याला दिसू लागते. आर्द्रताकक्षातील वातावरणात उच्च आर्द्रता निर्माण झाली असल्याची ही खूण आहे. या वाफ्यात लावलेल्या काड्या ३-४ महिन्यांपर्यंत टवटवीत राहतात. बाह्य हवामानानुसार दर २ ते ४ दिवसांनी प्लास्टिकचे आच्छादन बाजूला

बदलून तिच्यापासून मुळांची निर्मिती होऊ लागते.

काडी कलमासाठी काडी तयार करणे
ज्या वनस्पतीचे प्रजनन करावयाचे, तिची पाने असलेली हिरवी फांदी निवडावी व तिचे सुमारे १५ ते २० सें.मी. लांबीचे तुकडे करून घ्यावेत. या काड्यांच्या वरच्या दोन पेरांची पाने ठेवून बाकीची पाने कापून टाकावीत. जर पानांचा आकार फार मोठा असेल तर कात्रीने पाने अर्धी अर्धी कापावीत. काडीच्या मुळाकडील बाजूच्या सालीत

धारदार चाकूने सुमारे १-१ सें.मी. लांबीच्या तीन-चार चिरा पाडाव्यात व काडीच्या मुळाकडील बाजू चौकटीत उल्लेखलेल्या संप्रेरकाच्या द्रावणात सुमारे १० सेकंद बुडवून मग ती उच्च आर्द्रता कक्षातील वाळूच्या वाफ्यात लावावी. जर काड्या दुरून आणावयाच्या असतील तर त्या कापल्या कापल्याच ओल्या गोणपाटात गुंडाळाव्या व प्रवासात दर दोन दोन तासांनी गोणपाटावर पाणी शिंपडून ते ओले ठेवावे. काड्या शक्य तोवर कापल्या दिवशीच उच्च आर्द्रता कक्षात



करून वाफ्यातून बाहेर पडेल इतके पाणी या वाफ्यांना द्यावे आणि वाफे परत झाकून ठेवावेत.

आपणास घराच्या बाल्कनीत अगर खिडकीत ठेवता येईल असा लहानसा उच्च आर्द्रताकक्ष हवा असेल तर योग्य आकाराच्या एखाद्या कुंडीत बारीक वाळू भरावी. कुंडीतल्या वाळूत इंग्रजी यू च्या आकाराच्या, तारेच्या दोन कमानी उलट्या खोचाव्या, आणि त्यांवर एक पारदर्शक प्लास्टिकची पिशवी घालावी. पिशवीची मोकळी कड कुंडीला बांधावी. वरील दोन्ही आर्द्रताकक्षांवरिल तारेच्या कमानी उभारताना वाफ्यात लावलेल्या काड्या प्लास्टिकच्या आच्छादनाला टेकणार नाहीत इतक्या उंच असाव्यात. तसेच या आर्द्रताकक्षावर कधीही ऊन पडू देऊ नये, कारण त्यावर ऊन पडल्यास तो इतका तापतो, की त्यात लावलेल्या काड्या मरून जातात.



लावून टाकाव्या. जर काडी जून व जाड असेल तर तिच्या मुळाकडील बाजूला लहान गिरमिताने १-२ मि.मी. व्यासाचे भोक पाडावे आणि त्यात संप्रेरकाच्या द्रावणात भिजलेली सुतळी ओवून सुतळीसकट काडी लावावी. साधारणतः ६ आठवड्यांनी काडीला मुळे फुटली का हे पहावे. यासाठी हाताचा पंजा काडीशेजारी वाळूत खुपसून वाळूसकट काडी वाफ्यातून वर उचलावी आणि पाण्याने भरलेल्या बादलीत काडीसकट हात बुडवून तो हलवावा. काडीवरील वाळू धुतली जाऊन तिला मुळे आली आहेत की नाही हे पाहता येईल.

रोपट्यांचे बाह्य वातावरणांशी संतुलन साधणे : ज्या काड्यांना मुळे फुटलेली असतील, अशा काड्या माती-वाळूच्या माध्यमाने भरलेल्या प्लास्टिक पिशवीत लावाव्या, पण त्यांना एकदम बाहेरच्या कोरड्या वातावरणात आणल्यास त्यांना ते सहन होत नाही व बऱ्याच काड्या अशा परिस्थितीत मरून जातात. त्यामुळे

अशा काड्या लावलेल्या पिशव्या प्रथम दुसऱ्या एका उच्च आर्द्रता कक्षात सुमारे आठ दिवस ठेवाव्यात, व मग या उच्च आर्द्रता कक्षावर घातलेले प्लास्टिकचे कापड रोज थोडे थोडे उचलत जावे. यामुळे या रोपांना कोरड्या हवामानाची हळू हळू सवय होईल व सुमारे आठ दिवसांनी ही रोपे आपणांस बाहेर काढता येतील. बाहेर काढलेली रोपेसुद्धा प्रथम सावलीत ठेवावी व काही दिवसांनी ती उन्हात हलवावी. रोपे ठेवण्यासाठी १० मी. x १० मी. असे चौरस आखून त्या चौरसांच्या परिघावर दर २-२ मीटरला एक याप्रमाणे बांबूचे प्रत्येक २ मी. उंचीचे डांब रोवून घ्यावेत व त्या डांबाच्या आधाराने संपूर्ण चौरस वेढला जाईल अशा पद्धतीने सुमारे २ मी. उंचीची एक प्लास्टिक कापडाची कनात उभारावी. ह्या कनातीमुळे रोपांचे वाऱ्यापासून रक्षण होते, त्यांची वाढ चांगली होते आणि त्यांना पाणीही कमी लागते.

पानांद्वारे शाकीय प्रजनन : ज्या वनस्पतीच्या काड्यांना मुळे फुटतात, त्या



वनस्पतीच्या पानांच्या देठांनाही वरील प्रक्रिया केल्यास मुळे फुटतात. अशी वेगवेळ्या रंगाची व आकाराची पाने कुंडीत लावून त्यांच्या शोभिवंत रचना करता येतात. देठाला फुटलेल्या मुळांद्वारे 'जमिनीतून पोषकद्रव्ये आणि पाणी घेऊन प्रकाशसंश्लेषणाद्वारे ती स्वतःचे अन्न स्वतः तयार करतात आणि सुमारे ३ ते ६ महिने जगतात. पाने काढताना ती जर त्यांच्या बेचक्यातल्या डोळ्यांसकट काढली तर उच्च आर्द्रता कक्षात पानांच्या देठाला मुळ्या फुटत

असतानाच डोळाही फुटून त्यापासून नव्या रोपाची वाढ सुरू होते. अशाप्रकारे आपण पानापासूनही नवी रोपटी तयार करू शकतो. सध्या चहाची रोपे याच पद्धतीने करतात. कॅज्युरीना या वृक्षाची पाने सूचिपर्णी वृक्षाच्या पानांसारखी दिसतात. पण वनस्पति-शास्त्रदृष्ट्या ती पाने नसून त्या फांद्याच असतात. या पर्णसदृश फांद्यांनाही उच्च आर्द्रता कक्षात मुळ्या फुटतात व त्यांपासून आपण कॅज्युरीनाची रोपे निर्माण करू शकतो.

पाचर कलम : आंबा, फणस, कोकम,

संप्रेरकाचे द्रावण बनविण्याची पद्धती : इंडोल ब्यूटिरिक आम्ल (आय्.बी.ए.) आणि नॅफथॅलीन अॅसेटिक आम्ल (एन्.ए.ए.) ही दोन्ही मूलजनक संप्रेरके बाजारात मिळतात. यापैकी आय्.बी.ए. हे पाण्यात अविद्राव्य अशा भुकटीच्या स्वरूपात असल्याने त्याचे द्रावण करून घ्यावे लागते. प्रयोगशाळेतील लहान तराजूवर १०० मिलिग्रॅम आय्.बी.ए. वजन करून घ्यावे आणि ते वेगळे ठेवावे. मग त्याच तराजूवर ५ ग्रॅम पोटॅशियम हैड्रॉक्साइड वजन करून एका स्वतंत्र बाटलीत घ्यावे. या बाटलीतच १०० मि.लि. पाणी घालून, पोटॅशियम हैड्रॉक्साइड विरघळपर्यंत बाटली हलवावी. मग एका स्वतंत्र काचपात्रात २५ मि.ली. पाणी घालून ते पाणी त्या पात्रात ज्या पातळीपर्यंत भरते त्या ठिकाणी काचपात्राला बाहेरून खूप करून पाणी फेकून द्यावे. मग याच काचपात्रात १०० मिलिग्रॅम आय्.बी.ए. घेऊन त्यात बाटलीत तयार केलेले पोटॅशियम हैड्रॉक्साइडचे द्रावण थेंब थेंब घालावे व तयार होणारे मिश्रण ढवळीत रहावे. या क्रियेत आय्.बी.ए. चा पोटॅशियम क्षार तयार होतो व तो पाण्यात विद्राव्य असतो. आय्.बी.ए. पूर्णपणे विरघळले की काचपात्रावर केलेल्या २५ मि.लि. च्या खुणेपर्यंत पाणी भरावे, म्हणजे आपणांस वापरण्यायोग्य असे संप्रेरकाचे द्रावण तयार झाले.

एन.ए.ए. हे संप्रेरक द्रावणाच्या स्वरूपातच येते. बाजारात मिळणारे द्रावण फार तीव्र असल्याने त्यातील थोडे द्रावण एका काचपात्रात काढून घेऊन त्यात मूळ द्रावणाच्या दसपट पाणी घालावे व मग ते वापरण्यास घ्यावे. ही दोन्ही द्रावणे वापरण्यापूर्वी ताजी तयार करून घ्यावीत.



पानांना फुटलेल्या मुळ्या

चिंच व इतरही बऱ्याच वृक्षजातींचे काडीकलमाद्वारे प्रजनन होत नाही, कारण त्यांच्या काड्यांना मुळेच फुटत नाहीत. अशा प्रजातींच्या बाबतीत पाचर कलम हा शाकीय प्रजननाचा सर्वात सोपा मार्ग असतो. यासाठी या प्रजातीचे बीज प्लास्टिक पिशवीत लावून त्यापासून एक रोपटे करून घेतले जाते. साधारणतः तीन महिन्यांपासून पुढच्या वयाची रोपे यासाठी वापरली जातात. या रोपाच्या खोडाच्याच जाडीची काडी त्याच्यावर कलम करण्यासाठी वापरावी. कलम करण्यापूर्वी या काडीची सर्व पाने कापून टाकावीत. धारदार चाकूने ही काडी तिच्या मुळाकडील बाजूस तासून तिला पाचरीसारखा आकार द्यावा. कुंडीत किंवा प्लास्टिकच्या पिशवीत वाढणाऱ्या रोपाचा शेंडा कापून टाकावा, व रोपाच्या खोडात धारदार चाकूने मध्यभागी

उभा छेद घ्यावा. कापलेले दोन भाग किंचित फाकवून त्यात अगोदर तयार केलेली पाचर बसवावी. रोपाचे खोड त्यात बसविलेल्या पाचरीसकट प्लास्टिक पट्टीने घट्ट बांधून ही कुंडी किंवा प्लास्टिक पिशवी उच्च आर्द्रता कक्षात ठेवून द्यावी. पाचर व खालील रोप यांच्यातला सांधा एकजीव झाला की वर दिल्याप्रमाणे या कलमाला हळू हळू बाह्य वातावरणाची सवय होऊ द्यावी व मग ते उच्च





कुंडीतल्या झाडाला आलेली फुले

आर्द्रता कक्षातून बाहेर काढावे. महिन्याभराने कलमाला बांधलेले प्लास्टिकही काढावे. ज्या मातृवृक्षाची काडी आपण कलम करण्यासाठी काढली, तिला जर फुले फळे येऊ लागली असतील तर या कलमालाही

पहिल्या वर्षापासूनच फुले येऊ लागतात. कॅशिया, जॅकारंडा, गुलमोहोर, कॉपरपॉड यांसारख्या शोभिवंत फुलांच्या प्रजातींची कुंडीत वाढणारी बुटकी झाडे फारच आकर्षक दिसतात.

रोपवाटिका व्यवसाय

शेतीला लागणाऱ्या बियांना मोठी मागणी असल्याने आपल्या देशात बीजोत्पादन आणि बियाण्याचे वितरण हा एक फार मोठा व संघटित असा उद्योग झाला आहे. सर्वसामान्य शेतकऱ्याला वैयक्तिक पातळीवर बीजोत्पादनाचा व्यवसाय करून मोठ्या उद्योगांच्या स्पर्धेत टिकून राहणे फार अवघड असते. याउलट स्वतःच्या खाजगी मालकीच्या रोपवाटिका चालविणे हे आजही शक्य आहे. याचे कारण असे की रोपवाटिकांचा मुख्य उद्देश रोपे निर्माण करणे हा असतो. बियांच्या मानाने जिवंत रोपांची हाताळणी, साठवण आणि वाहतूक या सर्व बाबी अवघड व खर्चिक असल्याने, बीजोत्पादन आणि बियाण्याचे वितरण हा उद्योग जितका मोठा झाला, तेवढा रोपवाटिका उद्योग होऊ शकत नाही व

पुढेही तो फार मोठा आणि संघटित स्वरूपाचा उद्योग होण्याची फारशी शक्यता नाही. जिवंत रोपांची वाहतूक करणे अवघड व खर्चिक असल्याने रोपवाटिकांचे स्वरूप स्थानिक गिन्हाइकांच्या गरजेप्रमाणे बदलते. उदा. शहरातल्या रोपवाटिका या प्रामुख्याने बाल्कनीत कुंड्यांमध्ये वाढविण्याची, शोभेच्या वनस्पतींची रोपे निर्माण करतात. पारिजात, जास्वंद, बकुळ, सोनचाफा, अशा वृक्षप्रजातींची रोपे आपणांस तालुका पातळीवरील किंवा लहान गावातल्या रोपवाटिकांमध्येच शोधावी लागतील. ग्रामीण भागातल्या काही रोपवाटिका केवळ कांदा, मिरची, वांगी, कोबी, अशा भाज्यांचीच रोपे बनवितात तर काही आपला धंदा आंबा, काजू, चिकू यांसारख्या फळझाडांपुरताच मर्यादित ठेवतात. वनखात्याच्या रोपवाटिका त्यांना वनीकरणासाठी लागणाऱ्या वृक्षप्रजातींचीच रोपे निर्माण करतात, तर नगरपालिकांच्या रोपवाटिकांमध्ये रस्त्याच्या कडेने लावण्याचे वृक्ष आणि पालिकांच्या उद्यानात लावण्याची फुलझाडे यांचेच प्रजनन आणि संवर्धन करतात. थोडक्यात म्हणजे कोणत्या भागात कोणत्या प्रकारच्या रोपांना मागणी आहे, हे लक्षात घेऊन रोपवाटिका व्यवसाय केल्यास तो देशातल्या कोणत्याही भागात किफायतशीर होऊ शकतो.

थोडीशी मोकळी जागा आणि वर्षभर पाण्याची सोय या दोन गोष्टी उपलब्ध असतील तर कोणासही हा व्यवसाय सुरू करता येईल. शेतीच्या इतर कोणत्याही प्रकारापेक्षा रोपवाटिका व्यवसायातून अधिक पैसा मिळवता येतो. समजा आपण आपल्या रोपवाटिकेत १ चौ.मी. जागेत २०० रोपे ठेवत असाल, आणि सरासरीने प्रति रोप रु. ५ या भावाने ती विकत असाल, तर आपणांस १ चौ.मी. मधून रु. १,००० एवढे उत्पन्न मिळेल. हेक्टरच्या हिशेबात पाहिल्यास ते प्रति हेक्टर रु. १ कोटी इतके होते. अत्यंत कमी क्षेत्रफळातून मोठे उत्पन्न मिळत असल्याने अल्पभूधारकांना तर हा व्यवसाय विशेष फायद्याचा ठरतोच पण आपल्या अंगणातली जागा, घरातून बाहेर पडणारे सांडपाणी, आणि आपला फावला वेळ वापरून गृहिणींनीसुद्धा रोपवाटिकांद्वारा घरच्याघरी दरसाल हजारो रुपये कमावल्याची उदाहरणे काही नवीन नाहीत. विशेषतः ग्रामीण भागातल्या व्यावसायिकांना डोळ्यासमोर ठेवून आरती संस्थेने अनेक नवीन रोपवाटिकांत्रे विकसित केली आहेत.

वनस्पतीच्या वाढीवर नियंत्रण

लेखक : आ. दि. कर्वे

वनस्पतींच्या वाढीमागचे विज्ञान समजावून घेतले, तर त्यांच्या वाढीवर नियंत्रण मिळवणे अवघड नाही. शेती तसेच रोपवाटिका व्यवसायाच्या दृष्टिकोनातून याला खूपच महत्त्व आहे.

कृत्रिम प्रकाशाचा वापर

प्रकाशाचा वापर करून आपले अन्न तयार करण्याच्या क्रियेला प्रकाशसंश्लेषण असे म्हटले जाते. वनस्पतींचे सर्व जीवनच या क्रियेवर अवलंबून असल्याने, अंधारात ठेवलेली वनस्पती प्रकाशाच्या दिशेने वाढते तर दुसऱ्या वृक्षांच्या सावलीत ठेवलेली वनस्पती फांघा, फुले किंवा फळे न निर्माण करता केवळ उंच वाढते. प्रकाशसंश्लेषण होण्यासाठी वनस्पतींच्या पानांमध्ये हरितद्रव्य नामक एका हिरव्या रंगाच्या द्रव्याचा उपयोग केला जातो. हरितद्रव्यामध्ये प्रकाशपटलाच्या सात रंगांपैकी निळ्या व लाल रंगांचा प्रकाश शोषला जातो. लाल रंगाच्या प्रकाशाची तरंगलांबी ६०० नॅनोमीटर पासून ८०० नॅनोमीटर पर्यंत असते पण हरितद्रव्यात त्यापैकी फक्त ६०० ते ७०० नॅनोमीटर तरंग लांबीचाच प्रकाश शोषला जातो. त्याला लघुतरंग लांबीचा लालप्रकाश (लघुलाल) म्हणतात. हरितद्रव्यामध्ये शोषल्या न जाणाऱ्या ७०० ते ८०० नॅनोमीटर तरंग

लांबीच्या प्रकाशाला दीर्घतरंगलांबीचा लाल प्रकाश (दीर्घलाल) म्हणतात. सूर्यप्रकाशात लघुलाल प्रकाशाची तीव्रता दीर्घलाल प्रकाशापेक्षा अधिक असते, पण हरितद्रव्यामध्ये लघुलाल प्रकाश शोषला जात असल्याने पानांमधून गाळून आलेल्या प्रकाशात दीर्घलाल प्रकाशाची तीव्रता अधिक असते. वनस्पतींमध्ये हरितद्रव्याशिवाय फायटोक्रोम या नावाचेही एक रंगद्रव्य आढळते. फायटोक्रोमद्वारा वनस्पतींना लघुलाल प्रकाश आणि दीर्घलाल प्रकाश यांच्या तीव्रतेचे मापन करता येते व त्यांच्या तुलनेने आपल्यावर पडणारा प्रकाश हा स्वच्छ सूर्यप्रकाश आहे की हिरव्या वनस्पतींच्या पर्णसंभारातून गाळून आलेला प्रकाश आहे, हे वनस्पतींना ओळखता येते. आपण घरात अंतर्गत सजावटीसाठी ठेवतो, अशा वनस्पती बहुशः निसर्गात घनदाट अरण्यात मोठ्या वृक्षांच्या सावलीत वाढणाऱ्या वनस्पतीच असतात. अशा वनस्पतींना कमी प्रकाशच लागतो.

त्यांना जर प्रखर सूर्यप्रकाशात ठेवले तर त्यांची पाने जळतात व त्या मरतात. अशा वनस्पतींना आपण छायाप्रिय वनस्पती म्हणतो. घनदाट अरण्यातल्या काही वृक्षप्रजातींमध्ये छाया किंवा प्रखर प्रकाश अशा दोन्ही प्रकारच्या पर्यावरणात राहण्याची क्षमता असते. याचे कारण असे की या वृक्षांचे बी अरण्यातच पडते आणि ते जेव्हा रुजून येते तेव्हा त्यांच्यावर इतर वृक्षांची दाट सावली असते. अशा मंद प्रकाशात या रोपांद्वारे केले जाणारे प्रकाशसंश्लेषणही मंदच असते. अन्नसंचय कमी होत असल्याने भराभरा वाढून आपल्यावर सावली धरणाऱ्या १५-२० मी. उंचीच्या वृक्षांशी स्पर्धा करणे या रोपांना शक्य नसते, त्यामुळे ती सावलीत मंदगतीने वाढतात. परंतु जर त्यांना भरपूर प्रकाश मिळाला तर या वनस्पती जोमाने वाढतात. शहरी घरांमध्ये बरेचदा आढळणारे रबर प्लँट व फायकस बेंजामीना ही अशा प्रकारच्या वनस्पतींची उदाहरणे आहेत.

शेतात अगर बागेत वाढविल्या जाणाऱ्या वनस्पतींना वाढीसाठी भरपूर प्रकाशाची गरज असते. अशा वनस्पतींना प्रकाशप्रिय वनस्पती म्हणतात. प्रकाशप्रिय वनस्पतींना उघड्यावर वाढवले, तर त्यांची उंची बेताची राहून त्यांना भरपूर फांद्या येतात. याउलट प्रकाशप्रिय वनस्पती सावलीत ठेवल्यास सावलीतून बाहेर पडण्यासाठी त्या भराभर उंच वाढतात. सावलीत वाढत असताना त्यांना फांद्या, फुले व फळे येत नाहीत. त्यांच्या या

गुणधर्मांमुळे अशा वनस्पतींना रोपवाटिकेत कृत्रिम प्रकाश देऊन आपण त्यांच्या वाढीत पाहिजे तसा बदल घडवून आणू शकतो. उदा. फळझाडांच्या अधिक उंचीच्या कलमांना अधिक किंमत मिळत असल्याने ती कमी वेळात भराभर वाढण्यासाठी सावलीत ठेवणे श्रेयस्कर ठरेल. पण सावलीतल्या मंद प्रकाशात अशा वनस्पतींचे प्रकाशसंश्लेषण कमी झाल्याने जर त्यांची उंची भराभर वाढली तर त्यांची खोडे व पाने अरुंद व रोगट दिसू लागतात. याबाबतीत आम्ही केलेल्या संशोधनात असे आढळले, की वनस्पतींच्या वाढीवर परिणाम होण्यासाठी तिला जो प्रकाश द्यावयाचा, तो दिवसभर न देता सूर्यास्तानंतर लगेच १५ मिनिटे दिला तरी चालतो. म्हणजेच दिवसभर स्वच्छ सूर्यप्रकाशात वाढणाऱ्या रोपट्याला रोज सूर्यास्तानंतर केवळ १५ मिनिटे हिरव्या पानातून गाळून आलेला प्रकाश दिला तरी त्याची उंची भराभर वाढते. असा प्रकाश देण्यासाठी आपणास एक खास दिवा बनवावा लागेल. यासाठी रोपांच्या वर दोरीने टांगता येईल असा एक पुट्ट्याचा खोका घ्यावा व त्यात ६० वॅटचा एक बल्ब बसवावा. खोक्याला खालच्या बाजूने एक वर्तुळाकार भोक पाडावे व या भोकावर एक मोठे हिरवे पान बसवावे. खोक्यातला बल्ब पेटवला की पानातून गाळून आलेला हिरवा प्रकाश त्या रोपट्यावर पडेल अशा रीतीने हे खोके रोपट्यावर टांगून ठेवावे. या रोपट्याला



पानातून गाळून प्रकाश

दिवसभर स्वच्छ सूर्यप्रकाश मिळाल्याने ते भरपूर अन्न निर्माण करते, पण संध्याकाळी त्याला पानातून गाळून आलेला प्रकाश मिळाल्याने आपल्यावर दुसऱ्या झाडाची सावली आहे असा संदेश त्याला मिळतो, व दिवसभर निर्माण केलेले अन्न वापरून ते भराभर उंच होते. ज्या रोपट्याची उंची या प्रक्रियेने वाढविण्यात आली आहे, त्याचे खोड व पाने चांगल्या पोसलेल्या रोपाच्या खोडा-पानांसारखीच दिसतात.

वनस्पतीच्या काही प्रजातींची पाने हिवाळ्यात गळून जातात व त्या वनस्पती हिवाळ्यात सुप्तावस्थेत जातात. यामुळे या

रोपांची वाढ खुंटते. हिवाळा सुरू झाला आहे हे वनस्पतींना दिवसाच्या लांबीवरून समजते. जर आपण अशा वनस्पतींना रोज सूर्यास्तानंतर दोन तास फ्ल्युओरोसेंट ट्यूबचा प्रकाश दिला, तर त्या वनस्पतीला अजूनही दीर्घदिन चालू आहे व हिवाळा सुरू झालेला नाही असा संदेश मिळतो व ती वनस्पती सुप्तावस्थेत जात नाही. यामुळेही तिची वाढ अव्याहत चालू राहते.

स्वस्त हरितगृह

वनस्पतींच्या प्रकाशसंश्लेषणासाठी आवश्यक असणारा आणखी एक महत्वाचा घटक म्हणजे कार्बनडायॉक्साइड वायू. प्रकाशसंश्लेषण क्रियेत प्रकाशाच्या सहाय्याने कार्बनडायॉक्साइड वायू व पाणी यांचा संयोग होऊन हायड्रोजेनकार्बनच्या स्वरूपातील अन्नद्रव्ये तयार होतात. त्यामुळे नुसता भरपूर सूर्यप्रकाश आणि पाणी असून उपयोग नाही, तर वनस्पतीभोवतालच्या हवेत कार्बनडायॉक्साइड वायूचे प्रमाण किती आहे, हा घटकही महत्वाचा ठरतो. आपल्या वातावरणात कार्बन डाय ऑक्साइडचे प्रमाण एक लक्ष भागात ३८ इतकेच आहे. त्यामुळे भारतासारख्या भरपूर सूर्यप्रकाश असलेल्या देशात वनस्पतींच्या वाढीवर मर्यादा पडते, ती कार्बनडायॉक्साइडची मात्रा कमी पडल्याने. पण वनस्पतींना वाढीसाठी भरपूर कार्बनडायॉक्साइड वायू मिळावा, म्हणून वातावरणाचे प्रदूषण वाढवण्याची गरज



स्वस्त हरितगृहातील पुष्पशेती

नाही, गरज आहे ती फक्त वनस्पतीच्या संपर्कातील वातावरणात कार्बन-डायॉक्साइडचे प्रमाण वाढवण्याची. (हवेत कार्बनडायॉक्साइडचे प्रमाण एक लक्ष भागात १० इतके वाढले, तरी त्याने सजीवांना कोणताही अपाय होत नाही. घनदाट जंगलात जमिनीलगत हे प्रमाण एक लक्ष भागात १२० इतके सुद्धा आढळलेले आहे.) हे करण्यासाठी आम्ही एका साध्या सोप्या वैज्ञानिक सत्याची मदत घेतली. हे सत्य म्हणजे कार्बनडायॉक्साइड हा वायू हवेपेक्षा जड असतो. या तत्वाचा वापर करून आम्ही एक स्वस्त हरितगृह बनवले.

आपण झाड लावलेल्या कुंड्यांभोवती किंवा वाफ्याभोवती चार कोपऱ्यात बांबू रोवून पारदर्शक प्लास्टिकच्या कापडाच्या

चार फूट उंचीच्या भिंती चारी बाजूंनी उभारल्या, की आमचे हरितगृह तयार होते. सर्व बाजूंनी बंदिस्त असणारी हरितगृहे आपण पाहिली असतील. पुष्पशेती करणाऱ्या शेतकऱ्यांच्या शेतात इस्त्राएली किंवा युरोपियन बनावटीची हरितगृहे बघायला मिळतात. या हरितगृहाला दर एकरी चाळीस लाख रुपये खर्च येतो. बंदिस्त हरितगृहात सूर्यप्रकाशाद्वारे ऊर्जा आत जाते. आतील वनस्पती व इतर वस्तू ही ऊर्जा शोषून घेतात. या ऊर्जेमुळे आतील तापमान वाढते. मात्र उष्णता हरितगृहाच्या भिंतींमधून बाहेर येऊ शकत नाही. हरितगृहातील वनस्पतींना दिलेल्या पाण्याचे बाष्पीभवन होत असते, पण हे बाष्पही बाहेर पडू शकत नाही. यामुळे भारतासारख्या उष्ण हवामानाच्या देशात

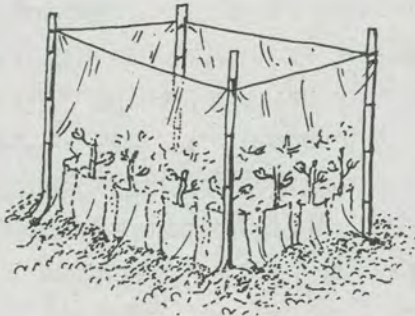
हरितगृहामध्ये तापमान व सापेक्ष आर्द्रता दोन्हींचे प्रमाण वाढत जाते. आतील तापमान व आर्द्रता कमी करण्यासाठी, हरितगृहात हवा खेळती रहावी म्हणून विजेवर चालणारे पंखे, कूलर इ. उपकरणांचा वापर करावा लागतो. युरोपसारख्या कडाक्याची थंडी पडणाऱ्या ठिकाणी हरितगृहांचा वापर थंडीतही शेती करता यावी म्हणून करतात. अशा ठिकाणी हरितगृहात सदैव उबदार हवा रहावी यासाठी हीटर्सचा वापर करावा लागतो.

या यंत्रणांमुळे अशा हरितगृहांना अवाढव्य खर्च येतो. बाह्य वातावरणापेक्षा

हरितगृहात उत्पन्न जास्त येण्यामागचे सर्वात महत्वाचे कारण म्हणजे, आतल्या वनस्पतींनी श्वसनाद्वारे बाहेर सोडलेला कार्बनडायॉक्साइड वायू आतच साठून राहतो. यामुळे हरितगृहातील वातावरण कार्बनडायॉक्साइडचे प्रमाण वाढते, व यामुळे प्रकाश संश्लेषणाची कार्यक्षमताही वाढते. जास्त अन्न तयार करू शकल्यामुळे वनस्पतींची वाढही जास्त चांगली होते. मात्र प्रचंड भांडवली खर्चामुळे हरितगृहात उत्पन्नवाढ होऊनही भारतासारख्या देशात शेतकऱ्याला फायदा होण्यापेक्षा नुकसानच

स्वस्त हरितगृह कसे बांधाल.

ज्या ठिकाणी कलमे किंवा रोपे ठेवली आहेत. त्या जागेभोवती सुमारे दोन मीटर उंचीचे बांबू उभे करून त्यांच्या आधारे या जागेला चोहो बाजूंनी वेढून टाकील अशा प्रकारे पारदर्शक पांढऱ्या प्लास्टिक कापडाची भित उभारावी. प्लास्टिकचे कापड जमिनीला टेकते त्या जागी कापडाच्या दोन्ही बाजूंनी माती चढवून कापड व जमीन यांच्यात फट रहाणार नाही अशी काळजी घ्यावी. वनस्पतींच्या श्वसनाने निर्माण होणारा कार्बन डाय ऑक्साइड वायू हवेपेक्षा जड असल्याने रात्री जमिनीलगत साठतो.



सुर्योदयानंतर रोपे प्रकाश संश्लेषण करू लागतात तेव्हा हा साठलेला वायू वापरला जातो. या सोप्या उपायाने रोपांच्या व कलमांच्या वाढीत ५० ते १०० टक्के वाढ घडवून आणता येते.

होते. मात्र युरोपात प्रचंड थंडीत किंवा इस्राइलसारख्या वाळवंटी प्रदेशात प्रचंड उन्हाळ्यात शेती करायची असल्यास बंदिस्त हरितगृहाला पर्याय नाही.

भारताची गोष्ट मात्र वेगळी आहे. आपल्या देशाच्या बहुतेक भागांमध्ये हवामान बारा महिने शेतीला अनुकूल असते. अशा ठिकाणी पूर्णतः बंदिस्त हरितगृहाची गरजच नाही. आपल्याला हरितगृहाचा फक्त एकच उपयोग आहे, आणि तो म्हणजे कार्बनडायॉक्साइड साठवून ठेवणे. यासाठी केवळ चार फुटी भिंतींचा आडोसा पुरेसा आहे. कारण कार्बनडायॉक्साइड हवेपेक्षा जड असल्याने जमिनीलगतच गोळा होतो, व जमिनीलगतच सर्वत्र पसरतो. या पध्दतीच्या स्वस्त हरितगृहाचा खर्च एकरी फक्त चार लक्ष रुपये इतका येतो, पण उत्पन्नातील वाढ मात्र बंदिस्त हरितगृहाइतकीच असते.

हे तंत्र शेतीसाठी तसेच रोपवाटिकांसाठीही अत्यंत फायदेशीर आहे. ज्या प्रकारे कृत्रिम प्रकाशाचा योग्य वापर करून वनस्पतींच्या वाढीचा वेग वाढवता येतो, त्याचप्रमाणे आमच्या स्वस्त हरितगृहाचा वापर करूनही वनस्पतींची वाढ झपाट्याने घडवून आणता येते.

रुट ट्रेनर

द्विदल वनस्पतींना एकच मुख्य मूळ असते व त्याला सोटमूळ असे म्हणतात. द्विदल वनस्पतींची रोपे प्लास्टिक पिशवीत लावून

पिशव्या जमिनीवर ठेवल्या तर कालांतराने पिशवीच्या तळाशी पाडलेल्या भोकांमधून त्यांची सोटमुळे पिशवीच्या बाहेर येतात आणि जमिनीत जातात. अशा पिशव्या उचलल्या तर जमिनीत प्रवेश केलेली मुळे तुटतात व असे रोप साधारणतः मरते. काही वेळा मुळे जमिनीत न जाता पिशवीच्या तळाशी वेटोळे करून वाढतात. अशा प्रकारची रोपे जमिनीत लावली तर त्यांची वाढ जोमाने होत नाही. या दोन्ही अडचणींवर मात करण्यासाठी हल्ली रुट ट्रेनर नामक एक प्रणाली वापरली जाते. तळाकडे निमुळत्या होत जाणाऱ्या ह्या प्लास्टिक पिशव्या एका विशिष्ट रॅकमध्ये जमिनीला न टेकता अधांतरी ठेवल्या जातात. पाणी जाण्यासाठी या पिशव्यांच्या तळाला असलेल्या भोकातून रोपाचे सोटमूळ बाहेर येते, पण बाहेरच्या शुष्क वातावरणात ते वाळून मरून जाते. सोटमुळाची वाढ ही त्याच्या टोकाशी असणाऱ्या पेशिकांमुळेच होत असल्याने, या पेशी मेल्या की मुळाची वाढ थांबते आणि त्याची दुय्यम मुळे वाढू लागतात. पण त्यापैकीही जी मुळे पिशवीतून बाहेर पडतात ती मरतात. पिशवीचा तळ निमुळता असल्याने या प्रणालीत मुळांची वेटोळी वाढ होण्याचाही धोका नसतो. रुट ट्रेनरमध्ये वाढविलेली रोपे जमिनीत लावल्यास ती अधिक जोमाने वाढतात असा अनुभव आहे, पण ही प्रणाली बरीच महाग असल्याने तिचा अजून सर्वत्र प्रसार झालेला नाही.

हंगामी पिकांच्या रोपवाटिका

लेखक : आ. दि. कर्वे

ग्रामीण भागात रोपवाटिका व्यवसाय सुरू करणाऱ्या व्यावसायिकांपुढे उभा ठाकणारा एक मोठा प्रश्न असतो मालाच्या विक्रीचा. फुलझाडे व शोभेच्या वनस्पतींना ग्रामीण भागात गिन्हाईक कमीच असते. फळझाडांच्या बागा लावण्याचे प्रमाण ग्रामीण भागात आता जरी वाढले असले, तरी जे गिन्हाईक एकदा फळझाडाची कलमे घेते, ते पुन्हा येण्याची शक्यता फारच कमी असते. त्यामुळे धंदा सतत चालण्याच्या दृष्टीने फळझाडांच्या कलमांचा फारसा उपयोग नसतो. या परिस्थितीवर मात करण्यासाठी आमच्या संस्थेने हंगामी पीकप्रजातींच्या रोपवाटिकांचा एक पर्याय ग्रामीण रोपवाटिकांसाठी निर्माण केला आहे.

शेतात बी पेरण्याऐवजी लावणीयोग्य तयार रोपे घेऊन लावण्यात शेतकऱ्यांचे अनेकविध फायदे आहेत. प्रत्येक पीकप्रजातीची एक विशिष्ट लागण तारीख ठरलेली आहेत. पिकाच्या प्रत्येक जातीच्या व वाणाच्या पेरण्या विविध लागण तारखांना करून त्या त्या पिकाची सर्वोत्कृष्ट लागणतारीख कोणती ते ठरविलेले असते. एकादी विशिष्ट लागणतारीखच का चांगली याचं नक्की

कारण देणे अवघड असते, पण पहिल्या पिकाच्या काढणीस उशीर होणे, जमीन वेळेवर तयार नसणे, किंवा इतर काही कारणाने जर बी पेरण्यात उशीर झाला, तर परिणामतः त्या पिकाचे उत्पन्न कमी येते हा अनुभव शेतकऱ्यांना नेहमी येतो. अशा अडचणींवर मात करण्याचा एक फार सोपा उपाय म्हणजे रोपवाटिकेत योग्य लागणतारखेला बी पेरून त्याचे रोपवाटिकेत रोप तयार करणे. अशा रीतीने तयार केलेले रोप शेतकऱ्याने पुढे आपल्या सोयीप्रमाणे केव्हाही शेतात लावले, तरी त्याला योग्य लागणतारखेचा फायदा होतो. याचे उत्तम उदाहरण म्हणजे विदर्भ व मराठवाड्यात करण्यात येणाऱ्या कोरडवाहू कपाशी आणि तुरीचे देता येईल. महाराष्ट्रात या दोन्ही पिकांखाली प्रत्येकी १८ लक्ष हेक्टर क्षेत्र असते आणि ते जवळजवळ संपूर्णतया कोरडवाहूच असते. या दोन्ही पिकांचे बी शेतात पावसाळ्याअगोदर पेरल्यास त्यांचे उत्पन्न चांगले येते, हे आता प्रयोगांअंती सिद्ध झाले आहे, परंतु कोरड्या जमिनीत बी पेरून पुढे जर पाऊस नीटसा पडला नाही, तर पेरलेले बी वाया जाण्याचा धोका संभवतो.



पिशवीतील उसाच्या रोपांची लागवड

त्यामुळे विदर्भ व मराठवाडा या भागांमधला शेतकरी पुरेसा पाऊस पडून जमिनीत पुरेशी ओल निर्माण झाल्याशिवाय बी पेरीत नाही. त्यामुळे पावसाळा जरी १५ जून च्या आसपास सुरू झाला तरी पेरण्या होतात १५ जुलै १५ च्या सुमारास. या भागातला पावसाळा साधारणतः १५ सप्टेंबरपर्यंत असतो. म्हणजे, ही पिके जरी शेतात ६ महिने उभी असली, तरी त्यांना पाणी मिळते फक्त दोन महिने. अशा पिकाचे उत्पन्न कमी आल्यास नवल नाही.

आम्ही विकसित केलेल्या तंत्रात कपाशी आणि तुरीचे बी मे महिन्यातच प्लास्टिक पिशवीत किंवा गादीवाफ्यावर लावून जुलै महिन्यात, जेव्हा शेतकरी पेरणी करतात, तेव्हा हे दीड-महिने वाढलेले रोप शेतात लावले जाते. अशा पिकाचे उत्पन्न प्रचलित पध्दतीने लावलेल्या पिकाच्या मानाने

दिडीदुपटीने येते. या पद्धतीत कपाशीचे रोप प्लास्टिक पिशवीत वाढवणे श्रेयस्कर असते. तुरीचे बी गादीवाफ्यावर लावून त्यापासून निर्माण होणारे रोप तिथेच वाढवावे. दोन महिन्यांच्या काळात ही रोपे चांगली ५० सें.मी. वाढतात. लावण्यापूर्वी ती उपटून त्यांची पाने व फांद्या फुटलेल्या खोडाचा भाग आणि मुळांचाही फांद्या फुटलेला भाग कापून टाकावा. अशा प्रकारे निर्माण केलेल्या काडीला स्टंप असे म्हणतात. हे स्टंप शेतात लावले की त्यांना पुन्हा नव्या फांद्या व मुळे फुटतात व ती रोपे वाढीला लागतात. प्लास्टिक पिशवीत केलेली रोपे महाग असतात तर स्टंप लागवडीमुळे रोपांची किंमत कमी करणे शक्य होते. स्टंपची वाहतूक करणे रोपांच्या वाहतुकीपेक्षा सोपे असते.

कोकणात भातपीक काढल्यानंतर कलिंगडाचे पीक घेतले जाते. जर भातपीक

काढण्याअगोदर पिशवीत कलिंगडाचे बी लावून भात काढल्यावर जमिनीत बी पेरण्याऐवजी रोपच लावले, तर आपली कलिंगडे बाजारात लौकर येऊन त्यांना भाव चांगला मिळेल.

उसाची लागण रोपांच्या सहाय्याने केल्यास शेतकऱ्यांचा फायदा होतो हे पटल्याने आता अनेक साखर कारखान्यांनीसुद्धा या पध्दतीची शिफारस केली आहे. गेल्या वर्षी, म्हणजे सन २००१ मध्ये महाराष्ट्रात सुमारे ३००० हेक्टर जमिनीवर उसाची लागवड रोपांद्वारे झाली असावी असा आमचा अंदाज आहे. एका हेक्टरला रु. १०,००० किंमतीची रोपे लागतात असे मानले, तर या व्यवसायाची गेल्या वर्षी सुमारे ३ कोटी रुपयांची उलाढाल झाली असे मानता येईल.

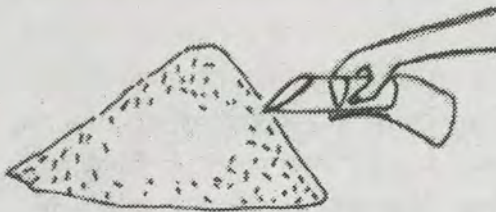
महाराष्ट्रात उसाखालील एकूण क्षेत्र सुमारे साडेचार लाख हेक्टर इतके आहे. उसाची लागण जानेवारी (सुरू ऊस), जुलै-ऑगस्ट (आडसाली ऊस), वा सप्टेंबर-ऑक्टोबर (पूर्व हंगामी ऊस) अशी तीन वेळा केली जाते. उसाच्या पिकाचे एक वैशिष्ट्य असे की तो जर एप्रिल किंवा मे महिन्यात लावला तर तो साधारणतः ११ महिन्यांनी, म्हणजे पुढच्या वर्षीच्या मार्च किंवा एप्रिलमध्ये कापणीस तयार होतो, परंतु तो जर जून-जुलै महिन्यात लावला, तर तो पुढच्या वर्षीच्या नोव्हेंबरमध्ये कापणीस तयार होतो. म्हणजेच आडसाली ऊस शेतात १८ ते २० महिने उभा असतो व त्याचे उत्पन्नही तसेच अधिक

येते. महाराष्ट्रातले साखर कारखाने सर्वसाधारणपणे दिवाळीनंतर सुरू होतात. त्यामुळे कापणी करताना आडसाली ऊस प्रथम, मग पूर्व हंगामी व सर्वात शेवटी सुरू ऊस या क्रमाने उसाची कापणी होते. शेतकरी आपापल्या सोयीप्रमाणे कोणत्या हंगामात ऊस लावावयाचा ते ठरवतात. परंतु लावणीच्या या विविध हंगामांमुळे उसाच्या रोपवाटिकेचा धंदा वर्षभर चालू शकतो. पावसाळ्यापूर्वी, म्हणजे १५ एप्रिलला प्लास्टिक पिशवीत बेणे लावून तयार केलेले रोप जर शेतकऱ्यांनी १५ जूनला शेतात लावले, तर असे पीक आडसाली उसाप्रमाणे दीड वर्ष न घेता पुढच्या मार्चमध्येच कापणीस तयार होते. याप्रकारे ऊसपीक घेण्याचा फायदा असा, की अशा पिकाला भर उन्हाळ्यात पाणी देण्याची गरज पडत नाही. कोकणात तर असे पीक जवळ-जवळ सिंचनाशिवायच घेता येते. कोकणात जरी साखर कारखाने नसले तरी रसवंतीगृहांना उन्हाळ्यात उसाची गरज असते.

हल्ली कालव्याच्या पाण्यावर आडसाली ऊस घेण्यावर बंदी घालण्यात आल्यामुळे आडसाली उसाखालील क्षेत्र खूप कमी झाले. या परिस्थितीवर मात करण्याचा एक मार्ग म्हणजे जुलै-ऑगस्ट महिन्यात प्लास्टिक पिशवीत बेणे लावून त्यापासून निर्माण केलेली रोपे सप्टेंबर-ऑक्टोबर महिन्यात शेतात लावणे. ह्या पिकापासूनही आडसाली पिकासारखेच भरपूर उत्पन्न येते.

या पद्धतीचा आणखी एक फायदा असा, की एरवी आडसाली ऊस घेणाऱ्या शेतकऱ्याला बाजरी, तीळ, सोयाबीन किंवा सूर्यफूल, अशी खरीप पिके घेता येत नाहीत. पण आता असे खरीप पीक घेऊन मग उसाचे रोप शेतात लावले, तरी उत्पन्न आडसाली उसासारखेच येते. याच पध्दतीने सुरू उसाचे बेणे जानेवारी महिन्यात शेतात न लावता रोपवाटिकेत लावले, तर गहू किंवा हरभऱ्यासारखे हिवाळी पीक पदरात पाडून घेऊन मार्च महिन्यात उसाचे रोप शेतात लावता येते.

या लागवडपद्धतीचे संशोधन करून आम्ही तिच्या सर्व कृती प्रमाणित केल्या आहेत. त्यात प्लास्टिक पिशवीचा आकार, ती कोणत्या प्रकारच्या प्लास्टिकची असावी, तिच्यात भरण्याच्या माध्यमाचे प्रमाण, पिशव्या जलद भरण्याची पद्धती, भरलेली पिशवी जमिनीवर ठेवली असता ती न कलंडता उभी रहावी यासाठी केलेली उपाययोजना, तिच्यात लावण्यासाठी उसाची पेरे कापण्याची पद्धती, ऊस पेरे लावण्यापूर्वी त्यांवर प्रक्रिया करण्याची पद्धती, पेरे पिशवीत लावण्याची पद्धती, पाणी देण्याची पद्धती, रोपवाटिकेत देण्याच्या मिश्रखताचे प्रमाण,



रोपांची वाहतूक करण्याची पद्धती, रोपे शेतात लावण्याची पद्धती, एवढेच नव्हे तर फाडलेल्या प्लास्टिक पिशव्यांचे शेतात प्रदूषण होऊ नये यासाठी करण्याची उपाययोजना, अशा सर्व बाबींचा त्यात समावेश आहे.

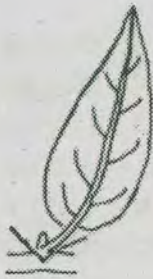
पिशव्या पॉलिथीनच्या असाव्यात व त्या मिटलेल्या असताना त्यांची लांबी १२.५ सें.मी. व रुंदी ७.५ सें.मी. असावी. त्यात भरण्यासाठी दोन भाग माती व १ भाग वाळू यांचे मिश्रण वापरावे. एक कि. ग्रॅ. मिश्रणात १० ग्रॅम १९ : १९ : १९ हे मिश्रण मिळवावे. पिशव्या जलद गतीने भरण्यासाठी सुमारे ५ ते ६ सें.मी. व्यासाची व सुमारे १५ सें.मी. लांबीची प्लास्टिकची नळी घेऊन तिचे एक तोंड तिरके कापावे. हे तोंड चोचीप्रमाणे प्लास्टिक पिशवीत खुपसून आंगठा व तर्जनी यांच्या साहाय्याने प्लास्टिक पिशवी घट्ट पकडावी. नळी आडवी धरून, दुसरे, सरळ कापलेले तोंड मातीच्या ढिगात खुपसून हात वर उचलावा व नळी सरळ करावी. मातीत खुपसल्याने नळीत आलेली माती या कृतीने पिशवीत उ त र त

या उपकरणाचा वापर केल्यास एक व्यक्ती एका दिवसात १००० पेक्षा अधिक पिशव्या भरू शकते. भरलेल्या पिशव्या ठेवण्यासाठी जमिनीवर विटा लावून १ मीटर रुंद व सुमारे ५ मीटर लांब असे वाफे करून

घ्यावेत व त्यात या पिशव्या ओळीने मांडून घ्याव्यात, म्हणजे त्या एकमेकांच्या आधारेने उभ्या राहू शकतात. पिशव्यात लावण्याची पेरे ऊसबेणे क्षेत्रातील किंवा ऊर्तिसंवर्धित रोपट्यापासून वाढविलेल्या उसाची असावीत. कोवळे, म्हणजे साधारणतः दहा डोळे असणारे कांडे घेतल्यास त्याचे जवळ जवळ सर्व डोळे फुटून येतात. पेर छोटताना त्याच्या डोळ्याच्या वरचा भाग आखूड व डोळ्याखालील भाग लांब असावा, म्हणजे डोळा पिशवीत लावताना लांब बाजू मातीत दाबावयाची अशी सूचना आपण काम करणाऱ्या व्यक्तींना देऊ शकतो. पेर पिशवीत लावताना पेरावरील डोळा संपूर्णपणे मातीत गाडला जावा. लावण्यापूर्वी पेरे कीटकनाशक व बुरशीनाशक औषधाच्या द्रावणात सुमारे १० मिनिटे भिजत ठेवावीत. पिशव्यांना पाणी देताना ते शॉवर नॉझल लावलेल्या प्लास्टिक नळीने किंवा झारिने द्यावे. पहिल्या एकदोन पाण्यानंतर पिशव्यांमधील माती खाली बसून

लावलेल्या पेरांचे डोळे उघडे पडतात. अशा वेळी घमेल्याने पिशव्यांवर मातीचा एक पातळ थर पसरावा. डोळे रुजून आल्यानंतर रोपांवर दर पंधरा दिवसांनी एकदा २ टक्के युरियाची फवारणी करावी व रोपांचे खोडकीच्या किड्यांपासून नुकसान होऊ नये यासाठी त्यांवर एंडोसल्फान, किंवा सिंथेटिक पायरेथ्रॉइड गटातील एखादे कीटकनाशक फवारावे. तसेच दर १५ दिवसांनी एकदा पिशव्या जमिनीवरून उचलून त्या पुन्हा परत जमिनीवर ठेवाव्यात. यामुळे मुळे जमिनीत जाण्याचा संभव टळतो. जर रोपांच्या मुळ्या पिशवीतून बाहेर पडून जमिनीत गेल्या तर अशा पिशव्या उचलताना या मुळ्या तुटतात व अशी रोपे शेतात लावल्यास ती तेथे मरण्याची शक्यता असते. इतर कोणत्याही पीकप्रजातीची रोपे करावयाची असतील तरी सर्वसाधारण पद्धती हेच असते.

या रोपांची शेतात लागण करताना जमीन नेहमीप्रमाणे तयार करावी, उसाच्या



धारदार चाकूने याप्रमाणे दोन छेद घ्यावेत.



बेचक्यातील कोंबासह पान उच्च आर्द्रताकक्षात लावावे.



अशा प्रकारे पानापासून नवीन रोपटे तयार होते.

भाज्यांच्या रोपांची निर्मिती आणि विक्री

भाज्यांची लागणीयोग्य रोपे तयार करून ती विकणे हाही एक किफायतशीर ग्रामीण व्यवसाय होऊ शकतो. यापैकी कांदा, वांगी, टोमॅटो, मिरची, कोबी यांची रोपे पूर्वीही केली जात होती. पण आता भाज्यांची संकरित वाणे निघाल्याने तयार रोपे विकत घेऊन लावण्याऐवजी शेतकरी हल्ली संकरित बियाणे विकत घेऊन आपली आपणच रोपे निर्माण करतात. परंतु संकरित बियाणे महाग असल्याने त्याची जर चांगल्या तऱ्हेने उगवण झाली नाही, तर त्यात शेतकऱ्याचे नुकसानच होते. म्हणून आम्ही भाजीची रोपे तयार करण्याची एक पध्दती प्रमाणित केली आहे.

भाज्यांपैकी वेलभाज्यांची रोपे परस्परांपासून दूर दूर अंतरावर लावली जात असल्याने त्यांची प्रति हेक्टर संख्या कमी असते. त्यामुळे ही रोपे पिशवीत तयार केली तर ती परवडतात. पण इतर भाज्यांची रोपे मात्र हेक्टरी ५०,००० पासून १ लाखांपर्यंत लागत असल्याने ती पिशवीत न लावता गादीवाफ्यावर लावली जातात व जरूरीप्रमाणे उपटून शेतात लावली जातात. गादीवाफे ज्या ठिकाणी करावयाचे ती जागा प्रथम सपाट करून त्यावर वाफ्याची परिघरेषा आखून घ्यावी. मग फावड्याने परिघाकडून थोडी थोडी माती ओढून ती मध्ये आणावी. अशा तऱ्हेने तयार केलेल्या वाफ्यावर त्याच आकाराचे एक प्लास्टिकचे कापड अंधरावे. या कापडावर झारीने पाणी ओतून ते कापडावरून वाहून जाते आहे याची खात्री करावी. मग या प्लास्टिक कापडावर त्याच्या कडेने आडव्या विटांचे दोन थर रचावेत आणि मधल्या जागेत वाळू-मातीचे मिश्रण भरावे. यापैकी माती शक्यतोवर आम्लविम्लनिर्देशांक (pH) ६.५ असलेली लाल माती असावी. साधारणतः दोन भाग वाळूत एक भाग माती मिसळावी. या वाफ्यावर बी लावण्यापूर्वी ८-१० दिवस वाफ्यातून बाहेर वाहेल इतके पाणी दर दोन-तीन दिवसांनी घालावे. पाणी देताना पहिल्याच पाण्यात बुरशीनाशक औषध मिसळावे, म्हणजे रोपांना पुढे बुरशीजन्य रोग होणार नाहीत. पाण्यामुळे मातीतले तणांचे बी उगवून येईल. ते आधीच उपटून टाकले म्हणजे पुढे तणांचा त्रास होत नाही.

या वाफ्यावर भाजीचे बी लावण्यापूर्वी त्यावर प्रति चौ.मी. ३० ग्रॅम या हिशेबाने १९ : १९ : १९ हे मिश्रण घालावे व ते माती हलवून तिच्यात नीट मिसळू द्यावे. मग वाफ्यावर दर १०-१० सें.मी. अंतरावर चळ्या पाडून त्यात बी पेटावे व ते माती-वाळूच्या मिश्रणाने नीट झाकावे. दोन चळ्यांच्या मधल्या जागेत तण उगवू नये व तिथले पाणी बाष्पीभवनाने उडून जाऊ नये यासाठी ती जागा काळ्या प्लास्टिकच्या ७.५ सें.मी. रुंदीच्या पट्ट्यांनी झाकावी. ही रोपे विक्रीसाठी अगर शेतात लागणीसाठी न्यावयाची असतील तर वाफ्यांना भरपूर पाणी देऊन रोपे उपटून काढावीत व त्यांच्या जुड्या बांधून त्या ओल्या गोणपाटात गुंडाळून त्यांची वाहतूक करावी. दर दोन दोन तासांनी गोणपाटावर पाणी शिंपडावे.

शेतास अगोदर पाणी द्यावे व वाफशावर रोपे लावावीत. ऊस, कपाशी आणि तूर या तिन्ही पिकांची रोपे १ मी. x १ मी. अंतरावर लावावीत. उसासाठी हल्ली काहीजण १.५ मी. x ६० सें.मी. असेही अंतर ठेवतात. लावणीसाठी ३-३ जणांची टोळी बनवावी. यातील पहिल्या व्यक्तीच्या हातात एक पहार असावी व तिने चालता चालता जमिनीवर पहारीने घाव घालून योग्य अंतरावर पिशवीच्या रुंदीचे व पिशवीतल्या मातीचा गोळा पूर्णपणे मावेल इतक्या खोलीचे खड्डे घ्यावेत. त्याच्या मागून येणाऱ्या दुसऱ्या व्यक्तीने प्रत्येक खड्ड्यापाशी एक याप्रमाणे रोपांच्या पिशव्या ठेवाव्यात. तिसऱ्या व्यक्तीच्या गळ्यात एक शबनम पिशवी व हातात एक चाकू असावा. या व्यक्तीने चाकूने पिशवी फाडून फाटकी पिशवी आपल्या गळ्यात अडकवलेल्या शबनम पिशवीत टाकावी आणि मातीच्या गोळ्यासकट एकेका खड्ड्यात एकेक रोप लावून पायाने रोपाच्या आजूबाजूची माती दावावी. उसाच्या शेतात पाणी देण्याच्या पद्धतीनुसार एकेक सरी, किंवा एकेक वाखोरे संपूर्णपणे लावून घ्यावे, आणि मग त्या सरीला किंवा वाखोऱ्याला पाणी द्यावे. या पद्धतीने रोपे लावल्यास सर्व रोपे जगतात. शबनम पिशवीत जमा झालेल्या फाटक्या पिशव्या जाळून टाकाव्या किंवा प्लास्टिक विकत घेणाऱ्या व्यापाऱ्याला विक्याव्या. या पिकांना देण्याच्या खताच्या मात्रा, बांधणी,

पाण्याच्या पाळ्या, खुरपणी, औषध फवारणी या प्रचलित पद्धतीप्रमाणे ज्या त्या वेळी कराव्यात. ऊस पिकाला लागणीपासून ६ महिन्यांपर्यंत दर महिन्यातून एकदा दर हेक्टरी ३० किलो हिराकस व ५ किलो झिंकसल्फेट दिल्यास उत्पन्न चांगले येते.

वरील पद्धतीने रोपांची लागण करून पीक वाढविल्यास नेहमीच्या दीडपट उत्पन्न येते असा शेतकऱ्यांचा अनुभव आहे. याची कारणे अनेक आहेत. एक म्हणजे ही रोपे रोपवाटिकेत वाढत असताना बाल्यावस्थेत त्यांची काळजी आपोआपच फार चांगली घेतली जाते. रोपवाटिकेत त्यांना रोजच्या रोज पाणी मिळते, त्यांना योग्य त्या खतांच्या मात्रा मिळतात व त्यांचे रोग व किडींपासून रक्षण केले जाते, त्यामुळे ती निरोगी व धष्टपुष्ट होतात. ही रोपे शेतात लावली जातात तेव्हा ती चांगली ३०-४० सें.मी. उंच असतात, त्यामुळे रोप लागणीनंतर उगवून येणाऱ्या तणांपेक्षा ती उंच असतात व तणांच्या स्पर्धेला ती अधिक चांगल्या रीतीने तोंड देऊ शकतात. पण याशिवाय या पद्धतीचे इतरही अनेक फायदे होतात. उदा. जुलै-ऑगस्ट महिन्यात आडसाली ऊस लावल्यास सोयाबीन, सूर्यफूल, बाजरी, यांसारखे खरीप पीक घेता येत नाही. रोप लागण पद्धतीत अशा प्रकारचे खरीप पीक घेऊन ते निघाल्यावर ऑक्टोबर महिन्यात ऊसरोप लावले तरी आडसालीएवढेच उत्पन्न येते. तसेच गहू, हरभरा, कांदा किंवा बटाटा

यांसारखे रब्बी हंगामी पीक घेऊन मार्च महिन्यात रोपांद्वारा ऊस लावला तरी त्याचे उत्पन्न जानेवारीत लावलेल्या सुरू उसाएवढेच येते. परंतु रोप लावणीचा सर्वात मोठा फायदा असा की या पद्धतीने उन्हाळी पाणी न देता ऊस लागवड करणे आता शक्य झाले आहे. यासाठी रोपवाटिकेत १५ एप्रिलच्या सुमारास रोपे प्लास्टिक पिशवीत लावावीत, आणि जून १५ला ती शेतात लावावीत. अशा रोपांपासून निर्माण होणारे पीक मार्च महिन्यात काढणीस तयार होते.

रोपवाटिका व्यवसायाची व्याप्ती फार मोठी आहे आणि त्यापासून शेतकऱ्याला चांगले उत्पन्न मिळू शकेल. वर दिलेल्या पद्धतीने व्यवसाय करून एका सहकारी संस्थेने गेल्यावर्षी सुमारे १० लाख रुपयांची उसाची रोपे विकली आणि सुमारे दीड लाख रुपये नफा नोंदवला.

रोपे वाढवण्याचे माध्यम

रोपवाटिका व्यवसायात पिशव्या भरण्यासाठी वापरण्याचे माध्यम फार काळजीपूर्वक निवडावे लागते. रोपाच्या वाढीला आवश्यक असे सर्व गुण तर माध्यमात असावे लागतातच पण पिशव्यांची रोपवाटिकेपासून शेतकऱ्याच्या शेतांपर्यंत वाहतूक करावी लागते, त्यामुळे त्या आकाराने लहान आणि वजनाने हलक्या असणे आवश्यक असते. पिशव्या भरण्यासाठी वापरलेली माती जर फार चिकट असेल तर रोपाच्या मुळांची वाढ नीट होत नाही. यासाठी मातीत वाळू मिसळून

तिचा चिकटपणा कमी करता येतो. पिशवीचे वजन कमी करण्याचा एक मार्ग म्हणजे मातीत वाळूऐवजी सेंद्रीय खत मिसळणे. जगात सर्वत्र पीट नामक एका नैसर्गिक सेंद्रीय खताचा रोपवाटिकांमध्ये वापर केला जातो. समशीतोष्ण कटिबंधात काही विशिष्ट भौगोलिक परिस्थितीत दलदलीच्या जागी स्फॅग्रम नावाचे एक भूशैवाल (मॉस) वाढते. हे शैवाल हिवाळाच्या थंडीत मरून जाते. या मेलेल्या स्फॅग्रमच्या थरावरच पुढच्या वर्षी नव्या पिढीच्या स्फॅग्रमची वाढ होते, व आदल्या वर्षी वाढलेले स्फॅग्रम दलदलीत गाडले जाते. अशा रीतीने शेकडो वर्षे दलदलीत गाडल्या गेलेल्या अवस्थेत त्यात विशिष्ट रासायनिक बदल घडून येतात, पण त्यापासून जो एक सेंद्रीय पदार्थ निर्माण होतो त्यात मूळ स्फॅग्रम या भूशैवालाची पेशींची रचना शाबूत राहते. या सेंद्रीय पदार्थाला पीट असे म्हणतात. पीट हे त्याच्या पेशिकायुक्त रचनेमुळे वजनाने हलके तर असेतच, पण याच रचनेमुळे ते पाणी शोषून घेते व त्यात वाढणाऱ्या वनस्पतीला पाणी ज्या प्रमाणात हवे तसे ते तिला हळूहळू उपलब्ध करून देते. भारतात नैसर्गिक पीट दुर्मीळ असल्याने, त्याला पर्याय म्हणून काथ्याच्या उद्योगात निर्माण होणाऱ्या काथ्याकुटापासून बनविलेला कोकोपीट हा पदार्थ भारतात सर्वत्र वापरला जातो. कोकोपीट बनविण्याचा फार मोठा उद्योग केरळात चालतो. आम्ही याच गुणधर्माचा पदार्थ उसाच्या पाचटापासून

बनविण्यात यश मिळविले आहे. याची कृती पुढीलप्रमाणे दिली आहे.

उसाचे पाचट लौकर कुजत नाही, व त्याचा पशुखाद्य म्हणूनही काही उपयोग नसल्याने, शेतकरी ते शेतातच जाळून टाकतो. पाचट लौकर न कुजण्याचे मुख्य कारण असे की कुजण्याच्या प्रक्रियेत सहभागी होणाऱ्या सूक्ष्मजीवांना त्यात कोणतेच खाद्य उपलब्ध नसते. या जंतूंना खाद्य म्हणून वाळलेल्या एक टन पाचटात सुमारे १०० किलो शेण मिसळावे लागते. तसेच या पाचटावर ट्रायकोडर्मा व्हिरिडे नामक एका बुरशीची प्रक्रिया केल्यास पाचटाच्या पेशींच्या पेशिभिर्तीमधले सेल्युलोज विरघळते व त्यामुळे ते कुजण्याच्या प्रक्रियेला मदत होते. यासाठी एक टन पाचटामागे ट्रायकोडर्मा व्हिरिडेचे सुमारे ५०० ग्रॅम संवर्धन लागते. शेणात २०० लि. पाणी मिसळून त्याचा काला करावा. याच काल्यात १० किलोग्रॅम सुपरफॉस्फेट आणि ८ किलोग्रॅम युरिया मिसळावा. कडबा कापण्याच्या यंत्राने पाचटाचे १ ते ३ सें.मी. आकाराचे तुकडे करावेत व ते सर्व शेणकाल्यात भिजवावेत. या भिजलेल्या पाचटाचे १५ सें.मी. उंचीचे एकावर एक थर रचून त्यांचा एक ढीग करावा. थर रचताना, प्रत्येक थर रचून झाला की त्यावर ट्रायकोडर्मा व्हिरिडेच्या संवर्धनाची भुकटी पसरावी. हा



उसाच्या पाचटापासून पीट

ढीग शक्य तोवर एखाद्या झाडाखाली सावलीत करावा, म्हणजे तो वाळत नाही. दर आठवड्यातून एकदा या ढिगावर पाणी मारून तो फावड्याने हलवून खालीवर करावा व त्याचा पुन्हा एकत्र ढीग करून ठेवावा. साधारणतः साडेचार महिन्यांनी पाचट कुजते. ते कुजले आहे हे ओळखण्याची खूण अशी, की ते हातात घेऊन चोळले, तर त्याचा सहज भुगा होतो. तयार झालेले खत ५ मि.मी. ची छिद्रे असणाऱ्या चाळणीने चाळून मोठ्या प्लास्टिक पिशव्यात भरून ठेवावे व

जरूरीप्रमाणे रोपवाटिकेतील पिशव्या किंवा कुंड्या भरण्यासाठी वापरावे. पर्यायी पीट निर्माण करण्यासाठी उसाचे पाचट वापरण्याचा फायदा असा की त्याच्या पेशिभिर्तीमध्ये लिग्नीन व सिलिका हे दोन पदार्थ असल्याने कुजल्यानंतरही त्याची पेशिकायुक्त रचना कायम राहते व त्यामुळे हलके वजन, पाणी शोषून घेणे व ते वनस्पतींना हळूहळू जरूरीप्रमाणे उपलब्ध करून देणे हे पीटचे सर्व गुणधर्म या खतातही आढळतात.

जर हे पीट मोठ्या प्रमाणात निर्माण करावयाचे असेल, तर अगोदर सावलीसाठी बांबूच्या वाशांची एक शेड उभारावी. या शेडमध्ये पाचटाचे ढीग रचण्यासाठी ओळीने एकापुढे एक १८ खाने करावेत. सुरुवातीला यातल्या पहिल्या खान्यात एक ढीग घालावा. आठवड्याअखेर हा ढीग फावड्याने ओढून दुसऱ्या खान्यात हलवावा. या हलविण्याच्या क्रियेत तो आपोआपच खालीवर केला जाईल. पुढल्या आठवड्यात दोन नंबरचा ढीग तीन नंबरच्या खान्यात, एक नंबरचा ढीग दोन नंबरच्या खान्यात, व एक नंबरच्या रिकाम्या झालेल्या खान्यात नवा ढीग याप्रमाणे या खान्यांमध्ये पाचटाचे ढीग दर आठवड्याला एक याप्रमाणे घालीत जावे. १८ आठवड्यांनी यातला पहिला ढीग पूर्ण कुजल्याने पीटच्या रुपाने बाहेर पडेल. खाना नंबर १ ते १७ मधील ढीग प्रत्येकी एक एक

घर पुढे सरकवले जातील, व रिकाम्या झालेल्या एक नंबरच्या खान्यात पुन्हा नवा ढीग याप्रमाणे हा क्रम चालू ठेवल्यास दर आठवड्याला तयार पीटचा एक नवा ढीग मिळत राहील. तयार पीटमध्ये बरीच आर्द्रता असल्याने पीटचे वजन मूळ पाचटाच्या दीडपट भरते. म्हणजे आपण जर दर आठवड्याला एक टन येवढे पाचट कुजण्यासाठी ठेवत गेलो तर आपणांस पुढे दर आठवड्याला दीड टन पीट मिळेल. पीट साधारणतः प्रति किलोग्रॅम रु. ३ ते ४ येवढ्या किंमतीला विकले जाते. हा व्यवसाय करणाऱ्या व्यावसायिकाने जर दरवर्षी केवळ ५० टन पाचटावर प्रक्रिया केली, तर त्याला त्यापासून सरासरी रु. अडीच लाख किंमतीचे पीट मिळेल. पाचट स्वतःच्या शेतातलेच असेल व ते कुजविण्याच्या क्रियेतील सर्व कामे कुटुंबीयांनीच केली तर दरवर्षी दीड ते दोन लाख रुपयांचा निव्वळ नफा मिळू शकतो.

पाचट हलके असल्याने ते आपल्या जवळच्या किंवा आपल्या स्वतःच्या शेतातले असावे. दुरुन वाहतूक करून आणले तर ते परवडत नाही. पाचटाचे बारीक तुकडे करण्याचा खर्च एक किलोला ५० पैसे इतका येतो.



लेखक : आ. दि. कर्वे, अॅप्रोप्रिएट रुल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूटचे अध्यक्ष. प्रसिध्द शेतीतज्ञ, विज्ञानलेखक.

प्रकाशाचा वेग

लेखक : नागेश मोने

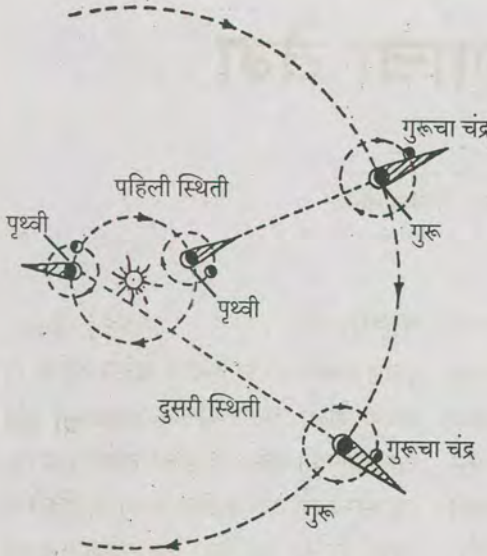
भौतिकशास्त्रात प्रकाशाच्या वेगाला अनन्यसाधारण महत्त्व आहे. प्रकाशाच्या वेगाच्या मापनासाठी अनेक पध्दती वापरल्या गेल्या आहेत. सतराव्या शतकापासून आजतागायत प्रकाशाचा वेग मोजण्यासाठी नवनवीन तंत्रांचा वापर केलेला आढळतो. सापेक्षता सिध्दांतात प्रकाशवेग ही मूलभूत नैसर्गिक राशी मानलेली आहे. त्याचप्रमाणे प्रकाश हा विद्युत चुंबकीय तरंगांचा बनलेला असल्याने त्याच्या वेग मापनास विशेष महत्त्व आहे.

रोमर, फिझो, मायकेलसन यांनी प्रत्यक्ष पध्दतींचा वापर केला आहे. या पध्दतीत विशिष्ट अंतर तोडण्यासाठी लागणारा कालावधी काढून त्यावरून वेग ठरविला जातो. वेग = तरंग लांबी \times वारंवारिता याचा वापर करून ब्रॅडली यांनी अप्रत्यक्ष पध्दतीने प्रकाशाचा वेग मोजला आहे.

प्रकाशाचा वेग हा मर्यादित (सांत) आहे की त्याचे तत्काल प्रेषण होते हा प्रश्न मानवाला प्रथमपासूनच पडला आहे. प्रकाशाचा वेग मोजण्याचा पहिला प्रयत्न, प्राथमिक स्वरूपाचा का असेना,

गॅलिलिओने (१५६४-१६४२) केला. झडप असणारे दोन कंदील घेऊन त्यांनी हा प्रयोग केला. फ्लॉरेन्सच्या जवळच्या दोन टेकड्यांपैकी एका टेकडीवर त्यांनी त्यांच्या सहकाऱ्याला एक कंदील घेऊन पाठविले व स्वतः दुसऱ्या टेकडीवर गेले. योजना अशी की गॅलिलिओच्या कंदिलातून बाहेर पडणारा प्रकाश सहकाऱ्याला दिसताक्षणीच त्याने त्याच्या कंदिलावरील झडप बाजूला करावयाची म्हणजे त्याच्या कंदिलाचा प्रकाश गॅलिलिओला दिसेल. प्रकाशाचा वेग तुलनात्मक दृष्ट्या कमी असता तर गॅलिलिओला त्याच्या स्वतःच्या कंदिलातून पाठविलेल्या प्रकाशानंतर थोड्या उशीराने सहकाऱ्याच्या कंदिलातून येणारा प्रकाश दिसला असता. पण तसे झाले नाही. कारण प्रकाशाचा वेग इतका अतिप्रचंड आहे की मानवाच्या प्रकाश ग्रहण करणाऱ्या इंद्रियांना म्हणजे डोळ्याला हा फरक जाणवणारच नाही.

त्यानंतर रोमर या जर्मन खगोल शास्त्रज्ञाने १६७५ साली हा प्रयोग काही अंशी यशस्वीपणे केला. इथे त्याचा मदतनीस



म्हणजे गुरुचा चंद्र होता. पृथ्वी व गुरु हे दोन्ही ग्रह जेव्हा सूर्याच्या एकाच बाजूस व एकाच रेषेत असतात तेव्हा त्यांच्यातील अंतर किमान असते. त्यानंतर ६ महिन्यांनी हे दोन्ही ग्रह जेव्हा सूर्याच्या दोन विरुद्ध बाजूस असून एका रेषेत असतात तेव्हा त्यांच्या मध्ये जास्तीत जास्त अंतर असते. आकृती पहा.

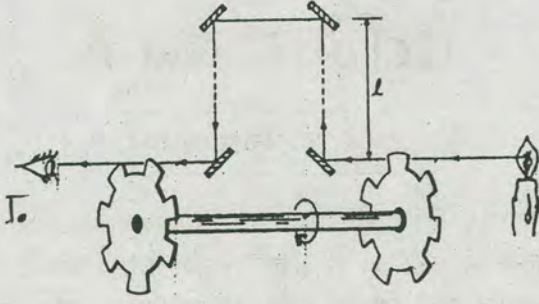
गुरुभोवती फिरताना त्याचा चंद्र जेव्हा गुरुच्या छायाप्रदेशात येत राहिल तेव्हा त्याला ग्रहण लागले असे आपण म्हणू. असे ग्रहण हे विशिष्ट कालावधीत पुन्हा पुन्हा होत राहणार. रोमरच्या असे लक्षात आले की गणिताने काढलेल्या वेळेपेक्षा हे ग्रहण काही वेळेस ८ मिनिटे लवकर तर काही वेळेस ८ मिनिटे उशीरा होते आहे. पृथ्वी व गुरु सूर्याच्या एकाच बाजूस असताना (पहिली

स्थिती) हे लवकर होते व पृथ्वी व गुरु सूर्याच्या परस्परविरुद्ध बाजूस असताना (दुसरी स्थिती) ते ८ मि. उशीरा होते. हा जादा लागणारा वेळ हा पृथ्वी व गुरु यांच्यातील वाढलेल्या अंतराचा परिणाम आहे असे त्याने अनुमान काढले. पण पृथ्वीच्या कक्षेचा व्यास बरोबर ठाऊक नसल्याने त्यांनी काढलेली प्रकाशाच्या वेगाची किंमत अचूक आली नाही. (पृथ्वी व गुरु सूर्याच्या परस्परविरुद्ध बाजूस असताना त्यांच्यातील अंतर हे, दोन्ही ग्रह सूर्याच्या एका बाजूस असतानाच्या

अंतरापेक्षा, पृथ्वीच्या सूर्याभोवतालच्या भ्रमणकक्षेच्या व्यासाइतके जास्त असते.) रोमर यांनी काढलेला प्रकाश वेग २,१४,३०० किमी / सेकंद इतका आला.

पुढे फ्रेंच भौतिकशास्त्रज्ञ एच्.एल्. फीझो यांनी प्रयोगशाळेत प्रकाशाचा वेग शोधण्याचा प्रयत्न केला. फीझो (१८१९-१८९६) यांचा हा प्रयत्न म्हणजे मर्यादित अंतर कापण्यासाठी प्रकाशाला लागणाऱ्या वेळेचे मापन दातेरी चक्राच्या साहाय्याने करणे.

एका लांब अक्षाला (दांड्याला) दोन दातेरी चक्रे लावलेली आहेत. या चक्रांची व्यवस्था अशी केली आहे की एका चक्राचे दातरे दुसऱ्या चक्राच्या खाचांच्या समोर येतील, जेणेकरून प्रकाश एका दातऱ्यावरून सरळ दुसऱ्या चक्राच्या खाचेतून निरीक्षकाला



फीझो यांचा प्रयोग

दिसणार नाही. आकृती पहा.

पहिल्या चक्राच्या खाचेतून आलेला प्रकाशकिरण आरशांवरून परावर्तित होऊन-होऊन दुसऱ्या चक्राच्या खाचेतून निरीक्षकापर्यंत पोहोचेल अशा तऱ्हेने चक्रांना वेग दिला जातो. एका मिनिटात काही हजार फेरे होतील इतपतच फीझोला हे शक्य झाले. त्यामुळे चार आरशांच्या साहाय्याने त्याने प्रकाशाचे बिंदूपासून (उगमापासून) दुसऱ्या बिंदूपर्यंतचे (निरीक्षकापर्यंतचे) अंतर वाढविले.

समझा फीझोने १०० दातऱ्यांचे चक्र ३००० फेरे प्रतिमिनिट या वेगाने फिरविले तर $\frac{1}{200}$ फेऱ्यांसाठी त्याला $\frac{1}{60000}$ मिनिट म्हणजे 10^{-5} सेकंद इतका कालावधी लागेल. दातरा आणि अंतर यातील कोनातून फिरण्यासाठी $\frac{1}{200}$ इतका फेरा होत असल्याने $\frac{1}{200}$ फेऱ्यांसाठी कालावधी काढला आहे. थोडक्यात आता आपल्याला

माहित असणाऱ्या प्रकाशवेगावरून आपण l अंतर निश्चित करू शकतो. 10^{-5} सेकंदात प्रकाश 3×10^8 सेमी किंवा ३० किमी जाणार. म्हणजे आरशांमधील अंतर l हे १५ किमी किंवा ९ मैल इतके ठेवावे लागणार !

मायकेलसन या अमेरिकन भौतिकशास्त्रज्ञाने अशा फिरणाऱ्या दातेरी चक्रांऐवजी फिरणारे आरसे वापरले आणि प्रकाशाचा वेग मोजला. त्याच्या प्रयोगातील तत्व सोप्या पध्दतीने पाहू या.

एका प्रखर प्रकाश उद्गमापासून निघालेला प्रकाशकिरण एका अष्टकोनाकृती आरशावर पाडून त्याचे परावर्तन केले जाते. आरशापासून २२ मैल अंतरावरील या ठिकाणी असणाऱ्या आरशावर त्याचे परावर्तन केले जाते. तिथून पुन्हा अष्टकोनी आरशावर व तिथून निरीक्षकाकडे असे पुनर्परावर्तन घडते. म्हणजे प्रकाश उद्गम आणि निरीक्षक यातील ४४ मैल अंतर कापले जाते.

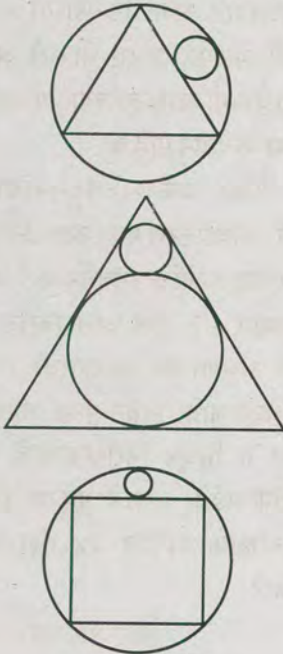
(पुढील भाग पान ५९ वर)

वर्तुळेंच - वर्तुळें

लेखक : प्रा. मनोहर राईलकर

वर्तुळांवरील उदाहरणं तुम्ही विद्यार्थी सोडवताच. पण तुमच्या फारशी परिचयाची नसलेली अशी काही उदाहरणं घेऊन प्रा. राईलकर दर अंकात तुमच्याशी चर्चा करणार आहेत. सामान्यतः सोप्यांपासून कठिणांपर्यंत, अशी उदाहरणं असतील. त्यांनी दिलेली उदाहरणं सोडवण्याचा प्रयत्न करा. उत्तरे शोधलीत की सापडतील. प्रत्येक प्रश्नाचं संपूर्ण उत्तर दिलं असेलच असं मात्र नाही. मधल्या मधल्या पायऱ्या गाळल्या आहेत. संपूर्ण उत्तर दिलं तर ते तुम्हालाच आवडणार नाही! कारण मग तुमची प्रगती होणार नाही! अर्थातच, काही प्रश्न फार अवघड आहेत, असं वाटलं तर मात्र त्याचं आणखी तपशीलवार किंवा संपूर्ण उत्तरही देता येईल. चला तर, करा प्रयत्न. प्रारंभी मुद्दाम दोन्ही सोपी उदाहरणं दिली आहेत.

मूळ किंवा मुख्य वर्तुळांची (एक वा अनेक) त्रिज्या १ असेल असं आपण गृहीत धरू. जिथं तसं नसेल तिथं त्याची त्रिज्या किती असेल ते दिलं जाईल.



१) मूळ वर्तुळात (त्रिज्या १) एक समभुज त्रिकोण अंतर्लिखित केला आहे. त्याच्या उरलेल्या तीन मोकळ्या जागांपैकी एका जागेत एक वर्तुळ अंतर्लिखित केलं आहे. (आकृती पहा.) तर ह्या छोट्या वर्तुळाची त्रिज्या किती ?

२) दाखवल्याप्रमाणं १ त्रिज्येच्या वर्तुळाला समभुज त्रिकोण बहिर्लिखित केला आहे. राहिलेल्या एका जागेत अंतर्लिखित केलेल्या लहान वर्तुळाची त्रिज्या किती ?

३) मोठ्या वर्तुळाची त्रिज्या १. त्याच्यात एक चौरस अंतर्लिखित केला आहे. मोकळ्या भागात एक लहान वर्तुळ अंतर्लिखित केलं आहे. तर त्याची त्रिज्या किती ?

वायूचा आकार ?

लेखक : सुरजित सेनगुप्ता • अनुवाद : आरती शिराळकर

भौतिक किंवा रसायनशास्त्राच्या अगदी प्राथमिक पुस्तकात तीन विधाने आपल्याला नक्की सापडतील -

१) वायुरूप पदार्थाला विशिष्ट आकार (shape) आणि ठराविक आकारमान (volume) नसते.

२) द्रवरूप पदार्थाला ठराविक आकार नसतो पण निश्चित असे आकारमान (volume) असते.

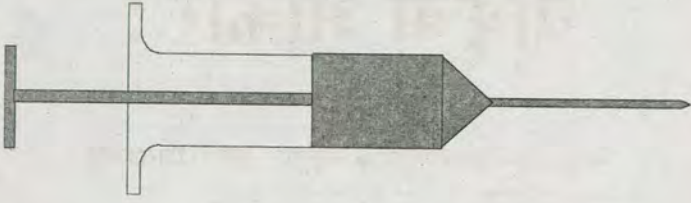
३) सर्व घन पदार्थांना विशिष्ट आकार आणि विशिष्ट आकारमान हे दोन्ही असते.

ही सारी विधानं मला तरी गोंधळात टाकणारी वाटतात. आपल्या स्वयंपाकाच्या गॅसचेच उदाहरण घेऊ या. त्याला तर विशिष्ट आकार, आणि आकारमानही असतं. म्हणजेच त्या गॅसला तो ज्या भांड्यात ठेवला जातो त्या वस्तूचा आकार त्याला प्राप्त होतो. हे तर आपणा सर्वांनाच माहित आहे की, जर आपण सिलिंडरचा व्हॉल्व (कळ) सोडला तर आपलं पूर्ण घर त्यातल्या गॅसने भरून जाईल. दारं खिडक्या उघड्या असतील तर त्या गॅसच्या दुर्गंधीने सगळे

शेजारी आपल्या घरी गोळा होतील. तो गॅस जर विषारी असेल तर लोकांना त्याचा त्रास होईल. भोपाळ वायू-दुर्घटना आठवत असेल तुम्हाला. म्हणूनच पुस्तकात दिलेली ही विधानं मला पटत नाहीत.

आपल्या नेहमी पहाण्यात असलेल्या इंजेक्शनच्या सुईसारखा पण खूप मोठा दंडगोल समजा आपण तयार केला. त्याला दड्याही लावला आणि त्यामध्ये वायू भरून टोपण लावलं. इथे वायू गळती होऊ द्यायची नाही. आता तो वायू त्यात भरताना नक्की काय होतं बघा हं! जसजसा वायू त्या नळीत भरला जाईल तसतसा वायूच्या कणांना जागा करून देण्यासाठी तो दड्या वर वर सरकेल. वायूचा पुरवठा आपण जर थांबविला तर दड्या तिथेच राहील. आता वायूचं आकारमान वाढणार नाही. जर वायुरूप पदार्थांना विशिष्ट आकारमान नसेल तर नळीमधल्या वायूचं आकारमान अजूनही वाढू शकतं. मग ते तसं कां बरं वाढत नाही ? ते ठराविक का रहातं ?

ज्या भांड्यात आपण वायू भरू, त्याच्या सर्व बाजूंना हे वायूचे अणू रेणू सतत



धडका देत असतात आणि साहजिकच त्यावर आपटून उसळतात. या प्रत्येक उसळीच्या वेळी त्या भांड्याच्या बाजूंवर जोर पडतो. एका कणाचा जोर हलका असतो पण अनेक कणांचा जोर एकवटल्यावर (container) हे कण त्या भांड्याच्या भिंतींना बाहेर ढकलायला लागतात. जर त्या भांड्याच्या भिंती (बाजू) बाजूला सरकू शकत असतील, तर त्या सरकून भांड्याचा आकार वाढेल, आणि त्याच्यावर पडणारा आतील कणांचा जोर कमी कमी होईल. कारण आतील एकेका कणाला उपलब्ध असलेली जागा वाढलेली असेल. नेमकी हीच गोष्ट वरील इंजेक्शनच्या सिरिंजच्या बाबतीत घडते. एकीकडे त्या नळीच्या कडांना आतील वायूचे कण जोराने ढकलत असतात, आणि दुसऱ्या बाजूने त्याचा दड्या आपण दाबत असतो. हे दोन्ही प्रकारचे जोर जेव्हा समान होतात तेव्हा दड्याची हालचाल (वर सरकण्याची क्रिया) थांबते.

आतील वायूच्या कणांच्या जोराला भांड्याच्या क्षेत्रफळाने भागले तर भांड्याच्या

भिंतीवरचा दाब (प्रेसर) मिळतो. वायूचा दाब आणि वायूचे आकारमान यांचा गुणाकार नेहमी, वायुकणांची संख्या आणि त्यांचा वेग यांच्या प्रमाणात असतो. वायुकणांचा वेग त्यांच्या तापमानावर अवलंबून असतो. तापमान जसजसं वाढतं तसतसा वायुकणांचा वेगही वाढतो. (तापमान जसजसं वाढतं तसतसा वायुकणांचा वेगही वाढतो) 'वायुकणांची संख्या, त्यांच्यावर असणारा दाब आणि त्यांचे तापमान जर ठराविक असेल तर त्यांचे आकारमानही ठराविकच असते.' भौतिक आणि रसायन शास्त्राच्या नियमांपैकी अगदी मूलभूत असा हा एक नियम आहे. आयझॅक न्यूटनच्या काळात इंग्लंडमध्ये रहाणाऱ्या रॉबर्ट बॉईल याने चारशे वर्षांपूर्वी हा नियम शोधून काढला.

आता वायूचे आकारमान किंवा आकार ह्याबद्दल बोलू या. हे तर नक्कीच की, वायुरूप आणि द्रवरूप पदार्थ ज्या भांड्यात भरले जातात त्या भांड्याचा आकार त्यांना प्राप्त होतो. निदान कोणत्याही भांड्याच्या आधाराशिवाय अस्तित्वात असलेला वायुरूप ठोकळा किंवा द्रवरूप गोळा कोणी

पाहिलेला तरी नाही. म्हणजेच द्रव आणि वायुरूप पदार्थांना स्वतःचा आकार नसतो तर ते ज्या भांड्यात ठेवले जातात त्यांचा आकार त्यांना प्राप्त होतो.

हं! पण एक मिनिट थांबा हं! मी, खरोखरच द्रवरूप पदार्थांचा एक गोळा अधांतरी तरंगताना पाहिला आहे. कुठे म्हणता? अर्थातच डिस्कव्हरी चॅनेलवर. त्या बदल थोडी अधिक माहिती घेऊ या.

ह्या पृथ्वीतलावरील कोणत्याही पदार्थांच्या आकारावर (द्रवरूप, वायुरूप किंवा घन) गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव असतो. म्हणून ह्या द्रव किंवा वायुरूप पदार्थांचा स्वतःचा आकार नक्की कसा आहे हे जाणून घेण्यासाठी आपल्याला अशा ठिकाणी जावे लागेल, जेथे गुरुत्वाकर्षण अजिबात अस्तित्वात नाही. उदा. अंतराळातील एखादी प्रयोगशाळा. जिथे गुरुत्वाकर्षणच अस्तित्वात नसेल तिथे पाण्यासाठी ग्लासची आवश्यकता उरणार नाही. ते आपलं आपणच उठून उभे राहिल आणि त्याचा पारदर्शक चेंडू तयार होईल. त्या पाण्याचा ग्लासच्या आकाराशी काहीही संबंध राहणार नाही. एक टिचकी जरी मारली तरी तिच्या कंपनामुळे त्या पाण्याचे बरेच लहान लहान चेंडू होतील. त्या पाण्याला धक्का लावला नाही तर मात्र त्याचा एक छान गोल तयार होईल. गोल हा प्रवाही पदार्थांचा नैसर्गिक आकार आहे. कारण त्या रूपात त्यातील



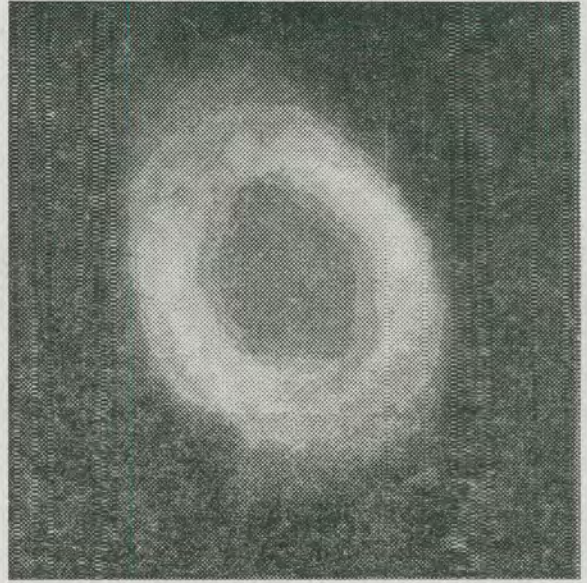
अणू एकमेकांच्या सर्वात जास्त-जवळजवळ असतात आणि या आकारात असताना त्याचे क्षेत्रफळ सर्वात कमी असते.

वायूसुद्धा, त्याला धक्का दिला नाही तर गोलाकार धारण करतो. पण असा गोल दिसण्याकरता तो खूपच मोठ्या प्रमाणात अस्तित्वात असावा लागेल. गुरुत्वाकर्षणामुळे खूप मोठ्या प्रमाणात जर वायू एकत्रित झाला तर त्याचा एक गोळा तयार होईल. मी खरोखरच प्रचंड मोठ्या प्रमाणाबद्दल बोलतोय. आपल्या गुरू, शनी, युरेनस किंवा नेपच्यून यांच्याएवढ्या! हे ग्रह म्हणजे दुसरे तिसरे काही नसून केवळ प्रचंड मोठे असे वायुगोल आहेत. एवढंच नव्हे तर आपला सूर्यदेखील केवळ एक वायुगोलच आहे. वायूचं प्रमाण जर खरोखरच प्रचंड असेल तर गुरुत्वाकर्षणामुळे ते एकमेकांच्या

इतके जवळ येतील की त्यांच्या दाटपणामुळे त्यांचे तापमान वाढू लागेल.

एका ठराविक मर्यादेनंतर तापमान इतकं वाढते की, हायड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर होते. या क्रियेमध्ये मोठ्या प्रमाणात उष्णता निर्माण होते आणि प्रकाश बाहेर फेकला जातो. वायुगोलाचे आता ताऱ्यामध्ये रूपांतर झाले असे आपण म्हणतो. कालांतराने अशा प्रकारे तयार झालेल्या ह्या

ताऱ्यांचे (उदा. आपला सूर्य) बाहेरील आवरण प्रसरण पावते व थंड होते. परंतु अधिक दाट असलेला अंतर्भाग मात्र आकुंचन पावतो. त्यालाच आपण 'श्वेत बटू' (white dwarf) असे म्हणतो. या वायुगोलाच्या बाहेरील वर्तुळाकृती आवरणातून नयनमनोहर असा प्रकाश बाहेर फेकला जातो. त्यालाच आपण तेजोमेघ (Planetary Nebula) म्हणतो. अभिजित तारकासमूहातील अशाच एका तेजोमेघाचा फोटो येथे पहायला मिळेल. द्रवरूप आणि घनरूप पदार्थापेक्षा वायुरूप पदार्थ खूपच भुसभुशीत, भुरभुरीत (floppy) असतात. त्यामुळे प्रचंड आकाराच्या वायुगोलांवर जे



आपल्या आकाशगंगेतील मॅसियर ५७ तेजोमेघ

अनेक प्रकारचे जोर परिणाम करत त्वावर त्यांचा आकार अवलंबून असतो. आपण उदाहरण म्हणून धूमकेतू घेऊ. जेव्हा तो गोलक दूर अंतराळात असतो तेव्हा तो प्रामुख्याने वायू आणि गोठलेले बर्फ अशा स्वरूपात असतो. त्याने सूर्यमल्लेत प्रवेश केल्यानंतर मात्र, तेथील सूर्य प्रकाश आणि विद्युतभारित कणांचा प्रवाह या वायुगोलातील अणूंना अक्षरशः ढकलतात आणि त्यामुळेच त्यांना लांब शेपटो सारखा आकार प्राप्त होतो. तुम्ही असे काही धूमकेतू किंवा त्यांची चित्रे पाहिली असतील. गेल्या काही वर्षात भारतातून असे काही धूमकेतू दिसले होते. एप्रिल २००२ मध्ये नुझा अगदी



आपल्या आकाशगंगेतील हर्क्युलिस स्तंभ (मेसियर १६ तेजोमेघ)

पहाटे एक धूमकेतू दिमत होता. त्याचे नाव होते - Ikeya-Zharg.

कधी कधी या वायुगोलांना खूपच चित्र-विचित्र आणि अश्चर्यकारक असे आकार प्राप्त होतात. पुढे दिलेल्या फोटोमध्ये आपल्याला असाच 'हर्क्युलिस स्तंभ' (Pillars of Her'culus') नावाचा तेजोमेघ दिसतो. ह्या स्तंभातील एक गडद

किंवा अपारदर्शक आहे तर दुसरा फिका किंवा पारदर्शक आहे. हे स्तंभ मध्येच एकमेकात मिसळलेत. त्यांच्यावर असलेले विविध जोर, त्यांचा आकार असा गुंतागुंतीचा बनवतात. त्याचा अभ्यास करून शास्त्रज्ञ वायूंचे गुणधर्म, त्यांच्यावर असणारे जोर याबद्दल माहिती मिळवतात.

म्हणून आपल्या क्रमिक पुस्तकातील

विधाने आपण खालील प्रमाणे दुरुस्त करावीत असे मला वाटते -

वायुरूप, द्रवरूप आणि घनरूप पदार्थांना ठराविक असा आकार आणि आकारमान असते, परंतु ते त्यांच्यावर परिणाम करणाऱ्या जोरांवर अवलंबून असते. वायूचा आकार बदलण्यासाठी अगदी कमी जोर लागतो. त्या मानाने द्रव पदार्थांचे कण एकमेकांच्या जवळ असतात म्हणून त्याचे आकारमान बदलण्यासाठी त्या मानाने जास्त जोर लागतो. पण तरी देखील ह्या दोन्हीचे आकार बदलण्यासाठी गुरुत्वाकर्षणाचा जोर पुरेसा असतो. त्याच्या साहाय्याने भांड्याच्या आकारमानानुसार द्रव आणि वायुरूप पदार्थ आकार घेऊ शकतात.

घनरूप पदार्थांतील अणूंनी मात्र एकमेकांचे हात जणू घट्ट धरलेले असतात आणि ते एकमेकांच्या अगदी जवळ असतात. म्हणूनच घन पदार्थांचे आकारमान सहजासहजी बदलता येत नाही. परंतु त्यांचे आकार बदलणे अशक्य मात्र नक्कीच नाही. उदा. लोखंडी पत्र्याचा आकार बदलूनच कारचा (मोटर) सांगाडा तयार करतात. एवढंच की, पत्रा घन असल्यामुळे त्याला पाहिजे तो आकार देण्यासाठी जास्त शक्तीची आवश्यकता भासते.

एखाद्या गोष्टीचे आकारमान (मग ती द्रव, वायु किंवा घनरूप कोणतीही असो.) ठराविक प्रमाणात बदलण्यासाठी जेवढ्या



वायुगोलाभोवती धुलिकणांचे कडे

शक्तीची आवश्यकता असते त्याला आपण 'Bulk modulus' असे म्हणतो. आणि वस्तूचा आकार बदलण्यासाठी लागणारी शक्ती 'Shear modulus' मध्ये मोजली जाते. म्हणून अचूक विधाने पुढील प्रमाणे होतील.

१) वायुरूप पदार्थांचा 'Shear modulus' (कर्तन मापांक) शून्य असतो. तर 'Bulk modulus' कमी असतो.

२) द्रव पदार्थांचा 'Shear modulus' शून्य असतो. पण 'Bulk modulus' मोठा असतो.

३) घनरूप पदार्थांचा 'Shear modulus' आणि 'Bulk modulus' दोन्हीही खूप जास्त असतो.



जंतरमंतर जुलै-ऑगस्ट २००२ मधून साभार

लेखक : सुरजित सेनगुप्ता,
अनुवाद : आरती शिराळकर, साहित्यात रस



व्हल्कनायझेशन

लेखक : व्ही. एस. पाटील

मध्यम आकाराच्या शहराच्या बाहेर रस्त्याच्या कडेला मोटारीच्या टायरची चवड आणि दक्षिण भारतीय कारागीर असलेली विविध 'व्हल्कनायझेशन वर्क्स' नजरेत पडतात. आता हे दृश्य अगदी खेड्यापाड्यापर्यंत येऊन पोहचले आहे. हा शब्द मोठा अवघड असूनही सर्रास वापरला जातो. हा शब्द 'रबराशी' संबंधित आहे. फार तर पंचकर काढण्याच्या क्रियेशी एवढेच भावते.

कोलंबसाने अमेरिकेचा शोध लावला. त्याच्या दुसऱ्या (१४९६) सफरीच्या वेळी होती बेटावर एका विशिष्ट झाडाच्या चिकापासून तयार केलेल्या चेंडूने मुले खेळत आहेत असे त्याला आढळले. तो चेंडू टुणटूण उड्या मारत असताना त्याला दिसले. या चिकापासून पुढे पादत्राणे व बाटल्या तयार करता आल्या. १७७० साली जोसेफ

प्रीस्टली याने त्या पदार्थाला 'रबर' असे नाव दिले. कारण शिसपेन्सिलने केलेल्या खुणा तो खोडू शकत असे. दक्षिण अमेरिकेतही अशी चीक देणारी झाडे होती. त्यांना 'काडचुक' अशा नावाने संबोधत. या शब्दाचा अर्थ 'अश्रू गाळणारे झाड' असा आहे. आता अशा रबराच्या झाडाची लागवड, भरपूर उत्पादन देण्याच्या दृष्टीने साधारणतः उष्ण कटिबंधातील प्रदेशात केली जाते. रबराच्या विविध जातींपैकी हेब्रिया ब्राझिलिएन्सिस या शास्त्रीय नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या झाडांपासून जो चीक मिळतो त्यात अंदाजे ९४.१ टक्के चांगल्या प्रकारचे रबर असते. रबर पाण्यात विरघळत नाही व त्याच्यापासून तयार केलेल्या वस्तू पाण्याच्या संपर्कात दीर्घ काळ टिकतात असा खूप जुना अनुभव आहे.

१८२३ च्या आसपास कापडावर रबर



गुडइयर या शास्त्रज्ञाला १८३५ साली अपघातानेच लागला. योगायोगाने एक दिवस रबर, गंधक, काजळी आणि टर्पेटाइन यांचे मिश्रण स्टोव्हवर पडले. ते रात्रभर तसेच गरम होत राहिले. दुसऱ्या दिवशी त्या मिश्रणाचे रूपांतर घट्ट, कातड्यासारख्या पदार्थात झाल्याचे आढळते. या कातडी पदार्थाला थंड केले तरी तो कडक व ठिसूळ बनत नसे अथवा गरम हवेत नरम किंवा मऊ पडत नसे. पुढे रबरात गंधक आणि इतर पदार्थ मिसळून योग्य त्या गुणधर्माचे उपयुक्त

टर्पेटाइनमध्ये विरघळवून त्याचा लेप देऊन रेनकोट अथवा मेणकापड तयार करण्यात आले. याचा जनक होता चार्लस मॅकिन्टोश. हे कापड थंडीत कडक, ठिसूळ बनत असे आणि उन्हाळ्यात मऊ आणि लिबलिबित होत असे. रबरापासून ज्या वस्तू तयार होत, त्या सर्वांना या समस्येला तोंड द्यावे लागे.

या समस्येवर जो टोडगा निघाला तो म्हणजे 'व्हल्कनायझेशन'. हा शोध चार्लस

रबरी पदार्थ तयार करता येऊ लागले. यामुळे रबर उद्योगधंद्यात क्रांती घडून आली. त्याच्या नावाने 'गुडइयर' नावाची एक रबर कंपनीही उभी आहे.

चार्लस गुडइयरचा जन्म २९ डिसेंबर १८०० रोजी एका सधन कुटुंबात झाला. त्यांचा पारंपरिक व्यवसाय होता. चार्लसचे लक्ष मात्र धंद्यात नव्हते, त्याला रबर आणि त्याचे गुणधर्म व त्याच्याशी निगडित प्रयोग



कच्चे रबर कमी ताकदीचे



व्हल्कनायझेशन नंतर ताकद वाढते

याचीच आवड होती. यामुळे त्याच्यावर कर्जबाजारी होण्याची वेळ आली, पण रबराचे त्याचे वेड अखेरपर्यंत सुटले नाही. व्हल्कनायझेशनचा शोध त्याने लावला. ग्रीक पुराणात 'व्हल्कन' हे अग्निदेवतेचे नाव आहे. या क्रियेत तापविण्याचा संबंध असल्याने ते नाव देण्यात आले. रबरधंदा सुस्थिर होण्यात याची फार मोलाची मदत आहे. रबरामध्ये गंधकाचे प्रमाण जर ३२% असेल तर त्यापासून एबोनाइट व्हल्कनाइट अथवा

हार्डरबर मिळते जर कमी असेल तर मोटर, सायकल, विमानं यासाठी लागणारे टायर व ट्यूब तयार करता येतात. गुडइयरने तयार केलेल्या रबरी वस्तूंचे प्रदर्शन लंडनमध्ये १८५१ तर पॅरिसमध्ये १८५५ साली भरविले होते. त्याला या कामगिरीबद्दल 'लिजन ऑफ ऑनर' हा किताब मिळाला. जॉन डनलॉप याने १८८८ साली पोकाळ रबरी धावा तयार करता येतात हे दाखवून दिले हे येथे लक्षात घेतले पाहिजे.

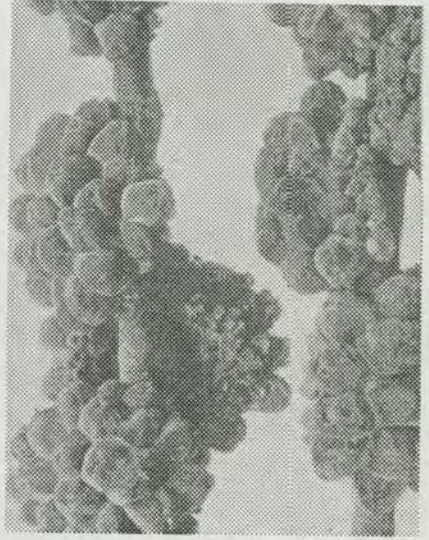


चार्ल्स गुडइयर याची रबरापासून बनवलेली डायरी

त्याच्या नावानेही एक रबर कंपनी आहे.

रबराचे रेणू लांब धाग्यासारखे अथवा साखळीसारखे असतात. या साखळ्या एकमेकांत गुंतलेल्या नसतात. त्यामुळे कच्चे रबर चिकट कमी ताकदीचे व लिबलिबित असते. त्याचा उपयोग करता येत नाही. त्या रबरात गंधक मिसळले तर या साखळ्या अथवा धागे एकमेकात गुंफले जातात. (जसं कापड विणताना उभ्या धाग्याबरोबर आडवे धागे टाकावे लागतात) मागील पानावरच्या आकृतीने हे स्पष्ट व्हावे.

तयार झालेले रबर जास्त ताकदीचे, दणकट, लवचिक, घर्षणाने कमी झीज होणारे, अविद्राव्य, उष्णता-रसायन-हवा यांचा अत्यल्प परिणाम होणारे आणि



रबराची फळे

दीर्घकाळ टिकणारे असते. आता नैसर्गिक रबराच्या बरोबरीने कित्येक कृत्रिम रबरे तयार करता येतात व व्हल्कनायझेशन करण्यासाठी गंधकाप्रमाणे इतरही रसायने वापरली जातात. (गंधक प्रामुख्याने वापरले जाते.)

एक छोटासा अपघात त्यातून आलेला अनुभव, त्यावर झपाटल्यासारखे काम करणारा गुडइयर यातून 'व्हल्कनायझेशन' आता घरोघरी पोहचले आहे.



रबराचा चीक गोळा करताना

लेखक - व्ही. एस. पाटील
संगमनेर कॉलेजमधे रसायनविभाग प्रमुख,
विज्ञानलेखन करतात.

छायाचित्रे नॅशनल जिओग्राफिकमधून साभार

अणुकेंद्राच्या अंतरंगात विहार करणाऱ्या ...

मारिया गोपर्ट मायर

(१९०६-१९७२)

लेखक : अनिल लचके

वैज्ञानिक क्षेत्रातील थोर महिलांमध्ये अग्रणी असणाऱ्या मेरी क्युरी यांचा जन्म पोलंड या देशामध्ये झालेला होता. त्या देशात जन्म झालेली आणखी एक थोर महिला होती. १९६३ साली नोबेल पारितोषिक मिळवलेल्या त्या महिलेचे नाव होते मारिया गोपर्ट. तिच्या आईचे नाव देखील मारिया होते. तिचे वडील डॉ. फ्राईडराईख हे एक नावाजलेले बालरोगतज्ज्ञ होते. मारिया (वोल्फ) आणि फ्राईडराईख यांची ती एकुलती एक कन्या होती. फ्राईडराईख यांचे वडील, आजोबा, पणजोबा आणि इतर अनेक नातेवाईक 'प्रोफेसर' या पदापर्यंत पोचलेले होते. १९१० साली मारियाच्या वडिलांनी (जर्मनी) ग्युटिंगेन येथे नोकरी मिळवलेली होती. त्यामुळे वयाच्या चौथ्या वर्षापासून मारियाला गणित हा विषय अतिशय आवडत असे.

त्या काळात ग्युटिंगेनसारख्या विद्यापीठात प्रवेश घेण्यासाठी 'अबितुर'

नावाची एक कठीण स्पर्धात्मक परीक्षा उत्तीर्ण होणे आवश्यक होते. १९२४ साली मारिया हॅनोव्हर येथे जाऊन त्या परीक्षेत यशस्वी झाली. आश्चर्य म्हणजे हॅनोव्हर येथील अनेक शिक्षकांनी आणि शिक्षिकांनी अजिबात ओळख नसतानाही मारियाचा 'अबितुर' साठी अभ्यास करून घेतला होता! गणित घेऊन ग्युटिंगेन विद्यापीठाची पदवीधर होण्याची मारियाची इच्छा होती - पण पुढे भौतिकीमधला क्वांटम मेकॅनिक्स (पुंजयामिकी) हा नव्याने पुढे येत चाललेला विषय तिला भावला.

पदवी परीक्षेचा अभ्यास चालू असताना एक सत्र तिला क्रेंबिजला जाऊन पूर्ण करावे लागले. त्यामुळे तिला इंग्रजी भाषा येऊ लागली. पदवी परीक्षा मारियाने उत्तम गुणांनी पार पाडली.

माक्स बोर्न यांच्याकडे भौतिकीशास्त्रातील डॉक्टरेट पदवी मिळवण्यासाठी तिने संशोधन सुरू केले.



मारिया गोपर्ट मायर

समस्थानिके (Isotopes)

इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन व न्यूट्रॉन हे कण एकत्र येऊन अणू तयार होतात. अणूच्या मध्यभागी असलेले अणुकेंद्रक प्रोटॉन व न्यूट्रॉन एकत्र बांधले जाऊन तयार होते, तर या केंद्रकांभोवती विविध ऊर्जाकक्षांमध्ये इलेक्ट्रॉन फिरत असतात. प्रोटॉन हे कण धनभारित असतात, तर इलेक्ट्रॉन ऋणभारित असतात. न्यूट्रॉनवर कोणताही विद्युतभार नसतो. अणुकेंद्रकांत जितके प्रोटॉन असतात, तितकेच इलेक्ट्रॉन अणुकेंद्रकाभोवती फिरत असतात. त्यामुळे संपूर्ण अणूचा विचार करता त्यावर शून्य विद्युतभार असतो. अणूच्या केंद्रकातील प्रोटॉनच्या (म्हणजेच केंद्रकाबाहेरील इलेक्ट्रॉनच्याही) संख्येला अणुक्रमांक (Atomic number) म्हणतात. कोणत्याही मूलद्रव्याचे भौतिक व रासायनिक गुणधर्म मुख्यतः त्या मूलद्रव्याच्या अणूतील इलेक्ट्रॉनच्या संख्येवर म्हणजेच अणुक्रमांकावर अवलंबून असतात. अणूच्या केंद्रकातील कणांच्या संख्येला (म्हणजेच प्रोटॉन व न्यूट्रॉनच्या एकूण संख्येला) अणुभारांक (mass number) म्हणतात. प्रोटॉन व न्यूट्रॉनच्या तुलनेत इलेक्ट्रॉनचे वस्तुमान नगण्य

असते. त्यामुळे अणूचे एकूण वस्तुमान हे त्यातील प्रोटॉन व न्यूट्रॉनच्या संख्येवर अवलंबून असते.

एकाच मूलद्रव्याच्या अणूंमध्ये न्यूट्रॉनची संख्या वेगवेगळी असेल तर त्यामुळे मूलद्रव्याच्या भौतिक किंवा रासायनिक गुणधर्मात काहीच फरक पडत नाही, पण अणूचे वस्तुमान मात्र बदलते. अशा प्रकारच्या एकच अणुक्रमांक पण वेगवेगळे अणुभारांक असणाऱ्या अणूंना एकमेकांची समस्थानिके म्हणतात. आवर्तसारणीत सर्व अणू हे त्यांच्या अणुक्रमांकांनुसार एका विशिष्ट क्रमाने मांडलेले असतात. यामध्ये वेगवेगळे अणुभारांक असलेले अणूही अणुक्रमांक एकच असल्यास एकाच स्थानावर मांडले जातात. म्हणून त्यांना समस्थानिके हे नाव देण्यात आले आहे.

बऱ्याच मूलद्रव्यांमध्ये समस्थानिके आढळून येतात. उदा. हायड्रोजन (१ प्रोटॉन, १ इलेक्ट्रॉन), ड्युटेरिअम (१ प्रोटॉन, १ न्यूट्रॉन, १ इलेक्ट्रॉन), ट्रिशिअम (१ प्रोटॉन, २ न्यूट्रॉन, १ इलेक्ट्रॉन) ही तिन्ही हायड्रोजन या मूलद्रव्याची समस्थानिके आहेत. एकाच मूलद्रव्याच्या अनेक समस्थानिकांपैकी एखादे समस्थानिक सर्वात स्थिर (stable) असते, तर इतर समस्थानिके कमी-जास्त प्रमाणात स्थिर असतात. एखाद्या अणूचे अणुकेंद्रक फोडून त्यातून प्रोटॉन व न्यूट्रॉन वेगळे करण्यासाठी किती ऊर्जा खर्च करावी लागते, त्यावर अणूचे स्थैर्य अवलंबून असते. जो अणू फोडायला जास्त उर्जा लागते, तो अणू अधिक स्थिर असतो. वर दिलेल्या उदाहरणातील हायड्रोजन हे सर्वाधिक स्थिर समस्थानिक असल्याने, विश्वातील एकूण हायड्रोजन मूलद्रव्याच्या साठ्यात ड्युटेरिअम व ट्रिशिअमपेक्षा हायड्रोजनचे प्रमाण सर्वाधिक आहे. म्हणजेच एखाद्या मूलद्रव्याच्या निसर्गात सापडणाऱ्या साठ्यात त्याच्या वेगवेगळ्या समस्थानिकांचे प्रमाण किती आहे, यावरून त्या मूलद्रव्याच्या समस्थानिकांच्या तुलनात्मक स्थैर्याबद्दल अंदाज बांधता येतो. हेच तत्व वापरून वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांच्या तुलनात्मक साठ्यांचा (relative abundance) अभ्यास करून मूलद्रव्यांच्या स्थैर्याचीही तुलना करता येते.



माक्स बोर्- १९५४ सालचे 'नोबेल विजेते' होते. मारियाच्या प्रबंधाचे मूल्यमापन करणारे रशियाचे इल्या फ्रान्क हे सुद्धा भौतिकशास्त्राचे १९५८ साल नोबेल पुरस्काराने सन्मानित झालेले शास्त्रज्ञ होते.

मारिया गोपर्ट अत्यंत देखणी असल्या कारणामुळे तिला 'ग्युटिंगेनची सौंदर्य सम्राज्ञी' - असेही लोक म्हणत असत. जोसेफ एडवर्ड मायर यांच्याशी ती १९३० साली पीएच.डी. झाल्यावर विवाहबद्ध झाली. जोसेफ मायर हे देखील 'डॉक्टरेट' होते. त्यांचे नार्गदर्शक प्रो. जेम्स क्लॅक 'अमेरिकन रॉकफेलर फेलो' होते. मारिया आणि जोसेफ यांचा विवाह झाल्यावर दोघेही अमेरिकेमधील जॉन हॉपकिन्स विद्यापीठामध्ये नोकरीच्या

निमित्ताने गेले. जोसेफला प्रोफेसरची जागा मिळालेली होती - मात्र मारियाला विनावेतन संशोधन करावे लागले. त्यावेळी तीव्र आर्थिक मंदीचे दिवस होते. प्रोफेसरच्या पत्नीला नोकरी करण्याची परवानगी नव्हती !

जोसेफबरोबर रासायनिक भौतिकशास्त्रात तिने उच्चदर्जाचे संशोधन केले. सेंद्रिय अणूंच्या रंगासंबंधी तिने सखोल संशोधन केले. १९४० साली जोसेफ आणि मारियाने 'स्टॅटिस्टिकल मेकॅनिक्स' हे पुस्तक लिहिले. जॉन हॉपकिन्स विद्यापीठात ९ वर्षे उत्तम अध्ययन आणि अध्यापन करून जोसेफ आणि मारियाने कोलंबिया विद्यापीठातील सारा लॉरेन्स कॉलेजमध्ये नोकरी धरली. या ठिकाणी तिला युरेनियमची समस्थानिके (आयसोटोप्स) अलग करण्याचे आव्हान स्विकारायची इच्छा होती. हॅरोल्ड युरे यांच्या प्रयोगशाळेत तिने भरपूर काम केले. पण तिचे समाधान होईना. अनुभव मात्र भरपूर मिळाला होता.

१९४६ साली अरगॉन नॅशनल लॅबोरेटरी मधील भौतिकशास्त्र विभागात आणि 'इन्स्टिट्यूट ऑफ न्यूक्लियर स्टडीज' मध्ये प्रोफेसर म्हणून मारियाची नेमणूक करण्यात आली.

१९६३ साली मारिया गोपर्ट मायर, योहान्नेस येन्सन आणि युजिन पॉल विग्नर या तिघांना विभागून भौतिकशास्त्रातील नोबेल पुरस्कार बहार करण्यात आला. पुरस्कारातील

जादूई संख्या

असगॉन नॅशनल लॅबोरेटरीमध्ये मारियाने अणुकेंद्रकाच्या संरचनेसंबंधी जे संशोधन केले, त्यामुळे तिला नोबेल पारितोषिक मिळाले.

अमेरिकेतील अणुबाँब व हायड्रोजन बाँब तज्ज्ञ म्हणून ओळखले जाणारे डॉ. एडवर्ड टेलर यांच्या बरोबर मारियाने काही निवडक मूलद्रव्यांच्या समस्थानिकांचा अभ्यास केला. समस्थानिकाचे तुलनात्मक प्रमाण आणि अणूचे स्थैर्य यांच्यातला संबंध तिने दाखवून दिला. तिच्या संशोधनातून असे दिसले, की ज्या अणूंच्या केंद्रकात प्रोटॉन किंवा न्यूट्रॉनची संख्या २, ८, २०, ५०, ८२, १२६,... इतकी असते. ते अणू आवर्तसारणीतील त्यांच्या शेजारी मांडलेल्या इतर अणूंच्या तुलनेत जास्त स्थिर असतात. अणूला अधिक स्थैर्य प्राप्त करून देणाऱ्या या संख्यांसाठी तिने जादूई संख्या (magic numbers) ही संज्ञा वापरली या जादूई संख्या कुठून येतात. याचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी तिने अणुकेंद्रकांचे कक्षा प्रतिरूप मांडले. (shell model of the nucleus)

ज्याप्रमाणे अणुकेंद्रकाभोवती इलेक्ट्रॉन विशिष्ट ऊर्जाकक्षांमध्ये फिरत असतात. त्याचप्रमाणे अणुकेंद्रकात प्रोटॉन व न्यूट्रॉनही विशिष्ट ऊर्जाकक्षांमध्ये विभागलेले असतात, हा मारियाच्या सिद्धांताचा गाभा होता. इलेक्ट्रॉनसाठी ठराविक ऊर्जाकक्षात किती इलेक्ट्रॉन बसू शकतात. यावर मर्यादा आहेत. अणुकेंद्रकांच्या सर्वात जवळच्या ऊर्जा कक्षेत दोनच इलेक्ट्रॉन बसू शकतात. तर त्यानंतरच्या कक्षांत क्रमाने ८, १८, ३२,... अशा संख्येत इलेक्ट्रॉन बसू शकतात. ज्या अणूंची सर्वात बाहेरची कक्षा इलेक्ट्रॉननी पूर्ण भरलेली असते, ते अणू रासायनिक दृष्ट्या आवर्तसारणीतल्या त्यांच्या शेजाऱ्यांपेक्षा कमी क्रियाशील असतात. मारियाने हाच विचार अणुकेंद्रकातील प्रोटॉन व न्यूट्रॉनसाठीही मांडला. ज्याप्रमाणे २, ८, १८, ३२... या इलेक्ट्रॉनच्या संख्या त्या त्या ऊर्जाकक्षांना स्थैर्य प्राप्त करून देतात, त्याचप्रमाणे अणुकेंद्रकातील न्यूट्रॉन व प्रोटॉनच्या ऊर्जाकक्षांना आपल्या जादूई संख्या स्थैर्य प्राप्त करून देतात, असे मत मारियाने मांडले. पुढे १९४८ साली तिने याचे सैद्धांतिक स्पष्टीकरण मांडले. हॅम्बुर्ग विद्यापीठात प्राध्यापक म्हणून काम करणारे योहान्नेस येन्सन यांनीही अशाच प्रकारचा सिद्धांत साधारण याच काळात मांडला होता.



अर्धी रक्कम प्रो. विग्नर यांना आणि उरलेली अर्धी रक्कम मारिया आणि येन्सन यांना समसमान दिली गेली.

हंगेरीमधील शास्त्रज्ञ युजिन विग्नर यांनी अणुकेंद्रकातील प्रोटॉन व न्यूट्रॉन यांच्यातील परस्परक्रिया व यांत्रिकी (interaction and mechanics) याबद्दल मूलभूत संशोधन केले होते. विग्नर यांचे काम व मारिया गोपर्ट मायर आणि योहान्नेस येन्सन यांचा सिद्धांत यांमुळे अणुकेंद्रकाविषयीच्या ज्ञानात मोलाची भर पडली.

शेल मॉडेल सारखी अणुकेंद्र रचना तत्कालीन संशोधकांना सुरुवातीला सहजा सहजी पटणे शक्य नव्हते. अणुकेंद्रासंबंधीच्या मारिया गोपर्टच्या नव्या उपपत्तीवरती त्यांच्याकडून वेळोवेळी टीका केली जात असे. त्यामुळे मारिया उदासीन झाल्या. हे

लक्षात घेऊन येन्सन यांनी त्यांना एक धीर देणारे पत्र लिहिले - 'तू एन्रिको फर्मी यांना शेल मॉडेलची संकल्पना नीटपणे स्पष्ट केली आहेस. त्यांनाही ती पटलेली आहे. त्याच प्रमाणे वेर्नर हायसेनबर्ग यांना मी आपली उपपत्ती पटवून दिलेली असून त्यांनी ती मान्य केली आहे. त्यामुळे इतरांची पर्वा न करता आपण आपल्या शेल मॉडेलच्या संकल्पनेशी चिकटून राहायला पाहिजे!' येन्सन यांच्या पत्रामुळे मारिया गोपर्ट यांचा आत्मविश्वास बळावला.

तरूणपणी बर्फावरील स्केटिंगमध्ये प्रावीण्य मिळविले होते. बागकाम करण्याची त्यांना विशेष आवड होती. शिकॅगो मधील त्यांच्या प्रयोगशाळेतील तिसऱ्या मजल्यासभोवती काचेची तावदाने होती. त्यातून भरपूर सूर्यप्रकाश आत येत असे. हे लक्षात घेऊन तिथे मारियाने विविध वनस्पती वाढवलेल्या होत्या. पुरातन वस्तूसंबंधीचे विज्ञान (पुरातत्व) हा विषय त्यांच्या विशेष आवडीचा होता.

अणुकेंद्रकाचे रहस्य उलगडण्याच्या वैज्ञानिकांच्या प्रयत्नात महत्त्वाचे योगदान देणाऱ्या मारिया गोपर्ट मायर १९७२ साली विश्वाच्या अनंतरंगात विलीन झाल्या.



लेखक - अनिल लचके, राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाळा येथे शास्त्रज्ञ, वर्तमानपत्र, मासिकांत सातत्याने विज्ञान लेखन.

गणित गुणगान

पुस्तक परिचय : अंजली पेंडसे

आपण दैनंदिन जीवनात सर्वत्र गणिताचा वापर करतो. पण शाळेत शिकताना मात्र 'गणित' विषय 'आपला' वाटत नाही. बहुतेक जणांसाठी तर तो समजण्यापलिकडचा आणि त्यामुळे नावडता विषय होऊन बसतो. असं का होतं? या प्रश्नांची उत्तरं आपल्याला 'गणित गुणगान' या पुस्तकात मिळतील.

हे पुस्तक गणित शिकणाऱ्यांसाठी उपयुक्त आहेच पण त्याहीपेक्षा गणित शिकविणाऱ्यांसाठी हे योग्य मार्गदर्शक ठरेल.

गणित खरोखरच सोपं का क्लिष्ट? दैनंदिन जीवनाशी सांगड घालत गणित हा विषय कसा विस्तृत झाला? गणित हा विषय शिकणे म्हणजे नक्की काय? गणिताच्या शिक्षकांनीच हा विषय अवघड केला आहे का? गणित शिकविण्याच्या पद्धतीत काय

बदल केले तर सामान्यांना गणित हा विषय आपलासा वाटेल, त्यांत गोडी निर्माण होईल?

या व अशा अनेक प्रश्नांचा उहापोह लेखकाने पहिल्या चार प्रकरणात केला आहे.

ते म्हणतात, "परीक्षेत मिळणारे गुण हा हुशारीचा एकमेव निकष नाही तर योग्य दिशेने योग्य गतीने, योग्य विचार करण्याच्या पद्धतीत हुशारी दडली आहे. शिवाय वेगळ्या दिशेने, नावीन्यपूर्ण पद्धतीने, मूलभूत संकल्पनांच्या आधारे वा त्यांना छेद देऊन नवनवीन संकल्पनांचा विकास करण्यात हुशारी आहे."

एखाद्या प्रश्नाच्या उकलीसाठी अनेक मार्ग असतात, त्यावर अनेक दिशांनी विचार करता येतो हे लेखकाने सोदाहरण दाखविले आहे. तसेच गणिताच्या निरनिराळ्या ज्ञानशाखांतील परस्परपूरक संबंध हा

'गणित गुणगान' : किंमत रु. ५०/-

लेखक व प्रकाशक : नागेश शंकर मोने

निरनिराळ्या संकल्पनांमागील एकसामायिक सूत्रे समजून घ्यायला मोलाची मदत करणारा ठरतो हे निरनिराळी उदाहरणे देऊन स्पष्ट केले आहे. कलनशास्त्र (calculus) म्हणजे नक्की काय ? व त्याचे निरनिराळे प्रकार कोणते ? हे इथे अतेशय सोप्या पद्धतीने समजावून सांगितले आहे.

कोनमापन करण्यासाठी बहुतांशी आपण अंशात्मक मापनपद्धती वापरतो. पण कोनमापनची आणखी एक पद्धत आहे - ती म्हणजे अरीयमान पद्धत (रेडियन पद्धत). त्रिज्येएवढ्या लांबीच्या वर्तुळकं साने वर्तुळाच्या केंद्राशी केलेला कोन म्हणजे रेडियन. साहजिकच आपल्या मनात प्रश्न उद्भवतो की निरनिराळ्यां त्रिज्यांच्या वर्तुळांत हे माप बदलणार की काय ? पण परीघ व व्यास यांचे गुणोत्तर नेहमी स्थिर असल्याने ही रेडियन मापनपद्धती स्वतंत्र आहे. या पद्धतीबद्दल अतिशय योग्य माहिती आपल्याला या पुस्तकातून मिळते.

तसेच गुणाकार व्यस्त संख्याबद्दलही त्यांना सविस्तर माहिती दिली आहे. मुख्य म्हणजे गुणाकार व्यस्त संख्यांसाठी लेखकाने अंकगणिताबरोबरच त्रिकोणमिती भौतिकशास्त्रातील उदाहरणेही दिली आहेत. उदा. १) क्रांतिक कोनाचे sine गुणोत्तर व हवासापेक्ष पाण्याचा अपवर्तनांक ह्या राशी परस्परांच्या गुणाकार व्यस्त आहेत.

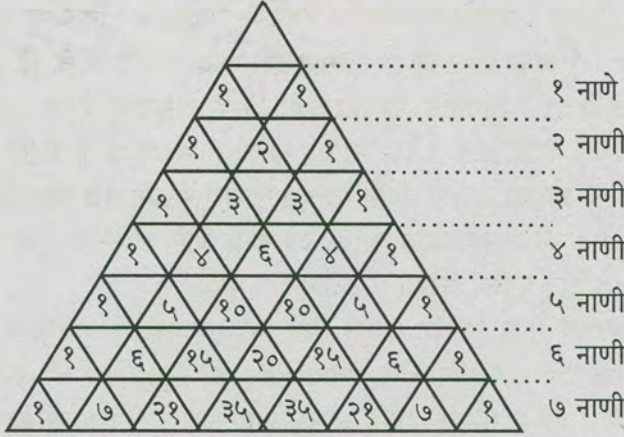
२) sine चा गुणोत्तर व्यस्त म्हणजे cosec गुणोत्तर इ.

लेखकाने प्रकरणांना नाव देताना मनोरंजक कल्पकता दाखविली आहे. घातांकाविषयी माहिती दिलेल्या प्रकरणाला 'अरे, घात झाला' असे नाव दिल्याने ते वाचताना अजूनच उत्सुकता निर्माण होते. पास्कलच्या त्रिकोणाबद्दल मोठी मनोरंजक माहिती या प्रकरणातून मिळते.

माहिती असलेल्या गोष्टी अधिक रोचकपणे सांगितल्या गेल्या तर परत परत वाचताना देखील त्यातील गोडी संपत नाही. तसंच काहीसं या पुस्तकाबाबत म्हणता येईल. मूळ संख्या, घातांक, संख्यांच्या श्रेढी, पायथागोरसचा सिद्धांत, विभाज्यतेची कसोटी अशा विविध गणिती संकल्पनांबद्दल अतिशय उत्तम माहिती या पुस्तकात दिली आहे.

एकूणच हे 'गणित गुणगान' गणिताबद्दल आस्था असणाऱ्यांना रुचेलच, पण गणिताविषयी ज्यांच्या मनात अढी असेल ती दूर करायला पण खचितच मदत होईल. पुस्तक वाचताना एकच लक्षात ठेवायचं. नुसतं वाचणं म्हणजे लेखकाच्या डोळ्यांनी वाचणं. प्रत्यक्ष कागद पेन्सिल घेऊन, वाचलेलं करून पहाणं, म्हणजे ते ज्ञान स्वतःच्या मालकीचं बनवणं. या पुस्तकातील काही अंश चौकटीत देत आहोत.

जाता जाता आणखी गंमत
नाणेफेकीची संभाव्यता



नाणेफेक केल्यावर छाप मिळेल का काटा पडेल, याच्या संभाव्यतेविषयी हा त्रिकोण फारच मदत करतो आपल्याला.

पहिली ओळ पहिल्या नाणेफेकीची, दुसरी ओळ दोन नाण्यांच्या नाणेफेकीची; तिसरी ओळ तीन नाणी फेकली तर काय होईल यासाठी.

एक नाणे टाकले तर छाप मिळण्याची शक्यता $\frac{२}{४} = \frac{१}{२}$ दोनपैकी १

म्हणजे $\frac{१}{२}$ दोन नाणी टाकली तर दोन्ही छाप, दोन्ही काटे, अथवा पहिला छाप व दुसरा काटा अथवा उलट. म्हणून दोन्ही छाप अथवा काटे दोन्ही मिळण्याची शक्यता $\frac{१}{४}$ तर एक छाप अन् दुसरा काटा मिळण्याची शक्यता तीन नाणी फेकली तर एकूण स्थिती ८ असल्याने सर्व छाप अथवा सर्व काटे मिळण्याची शक्यता $\frac{१}{८}$, २ छाप वा १ काटा मिळण्याची शक्यता $\frac{३}{८}$, २ काटे व १ छाप मिळण्याची शक्यता $\frac{३}{८}$ याप्रमाणे.

जरा त-हेवाईक बना

तीन क्रमागत नैसर्गिक संख्यांची बेरीज १५६ असल्यास त्या संख्या शोधा. सुरुवातीला 'धोपट मार्गा सोडू नको' या वचनावर अवलंबून राहूया, सामान्यतः ही पद्धत सारे शिक्षक उपयोगात आणतात. पहिली संख्या x मानल्यास त्या पुढील संख्या $x+1$ अन् $x+2$ होणार. क्रमाने वाढणाऱ्या संख्या १ ने पुढे पुढे जातात "आस्ते कदम" नियमाने, अर्थातच या तिन्ही संख्यांची बेरीज आहे. $3x+3$ आणि ती दिली आहे १५६. म्हणजे कोणत्या संख्येच्या ३ पटीत ३ मिळविल्यास १५६ होतात असाच आता प्रश्न आहे तर. संख्या ५० पेक्षा मोठी असणार कारण ५० ची तिप्पट आहे १५०, जी कमी आहे १५३ पेक्षा म्हणजे संख्या झाली ५१ अन् पुढील संख्या ५२ अन् त्या पुढील ५३.

गणिताच्या तासातही मजा निर्माण करता येते असे मानणारे शिक्षक x नंतर $x+1$ ऐवजी अगोदरचे $x-1$ अन् $x-2$ घेतात. अन् $X, x-1, x-2$ ची बेरीज लिहितात फळ्यावर $3x-3$ म्हणून. $3x-3=156$ याचा अर्थ होतो एका संख्येच्या ३ पटीतून ३ वजा केल्यास १५६ येतात म्हणून. मागील अर्थाच्या अगदी विरुद्ध वाटणारा अर्थ आहे इथे. मुलं बुचकळ्यात पडतात इथे अन् $3x+3=156$ व $3x-3=156$ यांचा ताळमेळ कसा लावायचा असा प्रश्न उपस्थित होतो त्यांच्या मनात. पण $3x-3 = 156$ सोडवून पाहिले की येणारे ५३ ही तीन संख्यांपैकी मोठी संख्या आहे व मागील रीतीत ५१ ही लहान संख्या अगोदर येत होती हे लक्षात येते त्यांच्या. किंवा लक्षात आणून द्यावे लागते.

समजा ही पद्धत नामंजूर आहे आम्हाला. का? जरा त-हेवाईक वागण्याची सवय आहे म्हणून! समजा $2x$ ही पहिली संख्या घेतली तर. तर $2x+1$ अन् $2x+2$ या पुढील संख्या येतात अन् त्यांची बेरीज होते $6x+3$ अर्थातच $6x+3=156$ असल्याने x ची किंमत येते २५.५. मुलांना वाटते चुकले उत्तर, झाला घोटाळा. पण नीट विचार करणारा विद्यार्थी $2x$ ची किंमत काढतो ५१ म्हणून अन् वही पालथी ठेवून मजा पाहतो इतरांची. अगदी $3x-1$ ही पहिली संख्या मानूनही

उत्तर मिळते $\frac{x}{3}+1$ अन् $\frac{x}{3}+1$ ने देखील 'मंझिल' गाठता येतेच येते.

x मधली संख्या घेऊन $x-9$ अन् $x+9$ मिळवा त्यात अन् पहां उत्तर बरोबर येते की नाही! अगदी $2x+9$ ने देखील गड सर करता येतो याची जाणीव ठेवा. असल्या त-हेवाईक रीती हव्यात कशाला, असे विचारू नका कृपया. नाकासमोर चालणाऱ्यांनी अन् पायाइतकी वहाण कापणाऱ्यांनी मानवजातीच्या विकासाला हातभार लावलेला नाहीये, हे इतिहास वाचणाऱ्यांना व घडविणाऱ्यांना पुरते ठाऊक आहे!!

या त-हेवाईकपणातही उलटेपणा आणला तर? उलटे चालणाऱ्यांनी, काचा खाणाऱ्यांनी अन् उलटी गीता म्हणून दाखविणाऱ्यांनी विक्रमांच्या पुस्तकात स्वतःचे नाव अजरामर केले आहे.

(गणित गुणगान मधील काही भाग)



वर्ष - उलटे पालटे

1961 हे वर्ष उलटं धरलं तरी

उलटं होतच नाही. शोधा बरं अश्या अजून काही संख्या.

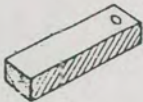
चुंबक

लेखक : यशश्री पुणेकर

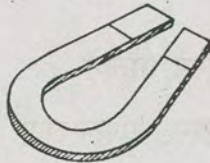
मुलं लोखंडपाणी खेळत होती. मी जवळच वाचत बसले होते. एकदम त्यांच्यात वाद सुरू झाल. “तू आऊट आहेस. हे लोखंड नाहीचए” सौमित्र म्हणाला, “कडी लोखंडार्चच असते. तुलाच माहीत नाही.” आनंद.

मोठ्या माणसाचा आव आणत निरंजन म्हणाला, “चला आता परीक्षाच घेऊया” त्याने खिशातून एक छोटी काळी वस्तू बाहेर काढली. काय आहे ? काय आहे ? करत सगळी मुलं गोळा झाली. “हे लोहचुंबक आहे. याला लोखंड चिकटतं,” कडीला लोहचुंबक लावत निरंजन म्हणाला. लोहचुंबकाला कडी चिकटली नाही. ती लोखंडार्च नव्हती. मग ‘आऊट आऊट’

करत आनंदला सगळ्यांनी भंडावून सोडलं. खेळ बंद पडला आणि सगळे चुंबकाकडे खेचले गेले. चुंबक म्हणजे काय ? त्याला काय काय चिकटतं ? अनेक प्रश्न त्यांच्या मनात घोळत होते. दिसेल त्या वस्तूला चुंबक लावून पाहत होते. लाकूड, काच, रबर, तांब्याचे ताम्हन, अगदी कापडालासुद्धा. मग मीच विचारलं, ‘अरे, काय चाललय ?’ पुन्हा सगळी हकीकत सगळ्यांनी मिळून सांगितली. मी त्यांना म्हणाले, “तुम्हाला एक होमवर्क देऊ ? प्रत्येकाने चुंबक कोठे कोठे चिकटले आणि कोठे नाही याची एक यादी करून आणायची” होमवर्क म्हणताच उतरलेले चेहेरे पुन्हा खुलले, काम आवडीचं होतं ना.



बार



नाल

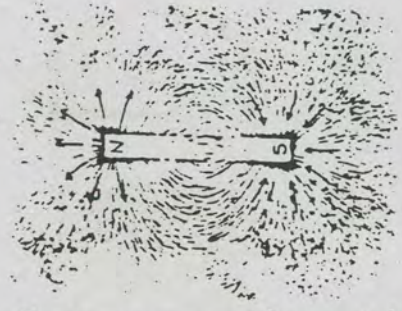


चकती



रिंग

दुसऱ्या दिवशी प्रत्येकाने यादी आणली सगळ्यांच्या लक्षात आलं की फक्त लोखंडीच वस्तू चुंबकाला चिकटतात. पण सुश्रुत म्हणाला “दुसरं एक चुंबकही माझ्या चुंबकाला चिकटतंय.” “बघू बघू” म्हणत मुलांनी भोवती कोडाळं केले. सुश्रुतला म्हटलं. “आता एक चुंबक उलट ठेव पाहू. बघ चिकटतंय का ?” यावेळेला चुंबक चिकटलं तर नाहीच पण ढकलल्यासारखं दूर गेलं. लगेच मुलांचा मोर्चा माझ्याकडे वळला. आज मीपण तयारीत आले होते. चुंबकाचे बार, नाल, चकती, रिंग असे वेगवेगळे प्रकार त्यांना दाखवले. लोखंडाचा कीस आणला होता. प्रत्येक चुंबकाला भरपूर कीस चिकटला पण सर्वात जास्त कीस कुठे चिकटत होता ? तर चुंबकाच्या दोन्ही टोकांना. त्यांना ध्रुव म्हणतात. चुंबक टांगून ठेवला तर तो उत्तर दक्षिण दिशेत स्थिर राहतो. दक्षिण दाखवणारे टोक दक्षिण ध्रुव आणि उत्तर दाखविणारे उत्तर ध्रुव मानले जाते. यावरून सारखे ध्रुव एकमेकांपासून दूर जातात हे दाखवलं. प्रत्येक चुंबकाचा उत्तर आणि

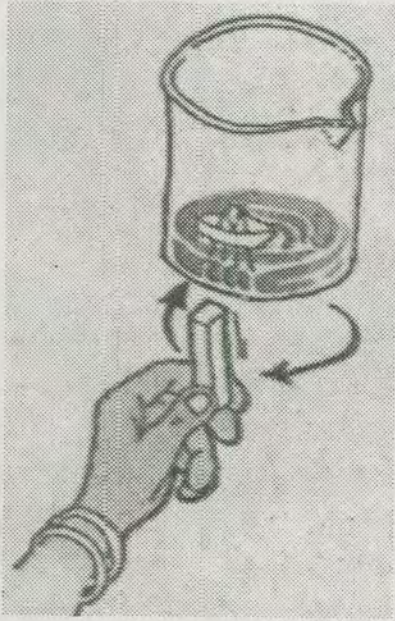


दक्षिण ध्रुव दाखवण्याचा (शोधण्याचा) खेळ मुलं काही वेळ खेळली. त्यांना त्याचा तक्ता करायला सांगितला.

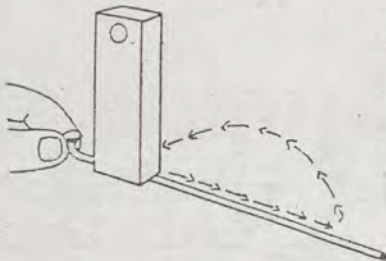
कमलेश, ऋचा आणि नेहाने वेगळाच प्रयोग केला. कागदावर लोखंडी चुऱ्यात चुंबक ठेवले. एका छानदार नक्षी तयार झाली. तुम्ही ओळखा पाहू ते काय असेल ?

असाच चुंबक होड्यांचा खेळही येतो. ॲल्युमिनियमचं भांडं, परात, प्लास्टिकची बादली अशा वेगवेगळ्या वस्तूंमधे पाणी भरायचं आणि छोट्या कागदी होड्या त्यात सोडायच्या. होड्यांना टाचण्या लावून ठेवायच्या आणि भांड्याच्या बाहेरून चुंबक फिरवायचा. या रिमोट कंट्रोलमुळे होड्या फिरतात का ? त्यांची रेस लावून पहा.

चुंबकाचे ध्रुव		आकर्षण / विकर्षण	
१)	द उ	द उ	
२)	द उ	उ द	
३)	उ द	उ द	
४)	उ द	द उ	



चुंबकाचा एक महत्त्वाचा उपयोग म्हणजे चुंबकावरून दिशा ओळखणे. चुंबकाच्या दोन टोकांना दक्षिण आणि उत्तर अशी नावे का आहेत हे आता आपल्याला माहितेय ह्याच वैशिष्ट्यामुळे चुंबकाचा होकायंत्रात वापर करतात. हे होकायंत्र बोटीवर, विमानात, ट्रेकिंगला गेल्यावर आणि वाळवंटात दिशादर्शक म्हणून अतिशय उपयोगी पडतं. अशा कितीतरी गोष्टी सांगत



मी मुलांना चुंबकाची वैशिष्ट्ये, नियम (laws) इत्यादी सांगितले आणि मग विचारलं “आपण आपला चुंबक तयार करू या का?” मग एक सायकलचा स्पोक आणला आणि चित्रात दाखवल्याप्रमाणे चुंबक त्याच्यावरून फिरवत राहिले. बऱ्याच वेळानंतर स्पोकचा चुंबक तयार झाला. मुलांचा उत्साह तर इतका की त्यांनी लगेच या नव्या चुंबकाचा दक्षिण ध्रुव कोणता आणि उत्तर ध्रुव कोणता हे शोधून काढलं, इतर वैशिष्ट्ये तपासली. मग मी ही त्यांना चुंबक बनवण्याचा आणखी एक प्रकार दाखवला.

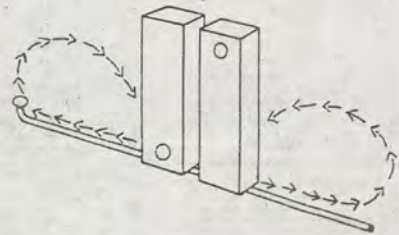
चुंबकाचे कितीतरी उपयोग आहेत. मोटारवर चालणारा पंप, पंखा, टी.व्ही. आणि लाऊडस्पीकरमध्ये चुंबक वापरतात.

विजेच्या गुणधर्माबद्दल आपल्याला माहिती होईल तेव्हा हा उपयोग कसा होतो ते समजावून घेता येईल.

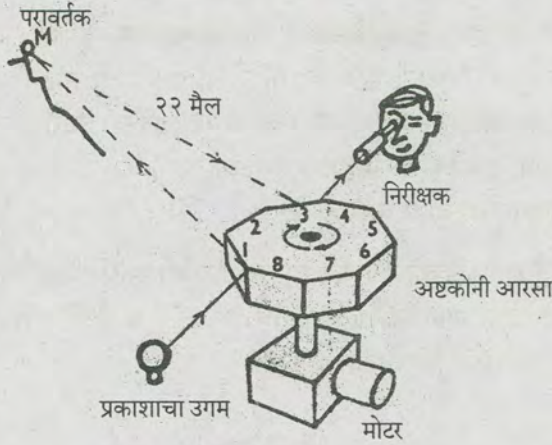


लेखक : यशश्री पुणेकर,

आधार - बालवैज्ञानिक कक्षा ६ वी.
होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम



प्रकाशाचा वेग (पान ३३ वरून)



मायकेलसनचा प्रयोग

चित्रात दाखविल्याप्रमाणे अष्टकोनाकृती आरसा स्थिर असल्यास प्रकाश पृष्ठभाग १ व ३ वरून परावर्तित होणार. समजा अष्टकोनाकृती आरसा फिरवला तर मूळच्या स्थितीपेक्षा इतर स्थितीत निरीक्षकास प्रकाश दिसणार नाही अशीच रचना केली आहे.

आता समजा अष्टकोनाकृती आरसा फिरवला तर पृष्ठभाग १ वरून परावर्तित झालेला प्रकाश या ठिकाणच्या आरशावरून परावर्तित होऊन येईपर्यंत म्हणजे ४४ मैल अंतर पूर्ण करेपर्यंत पृष्ठभाग क्र. २ हा ३ च्या जागी जाईल व निरीक्षकास प्रकाश दिसेल. असे घडण्यासाठी अष्टकोनाकृती आरशाचे किती फेरे प्रतिसेकंद व्हावेत, ते प्रयोगाने काढले. असे अनेकदा करण्यात आले व

त्यावरून प्रकाश सेकंदाला १,८६,००० मैल म्हणजे तीन लाख किमी प्रति सेकंद असे मापन करण्यात आले.

मात्र पाण्यामध्ये प्रकाशाचा वेग १,४०,००० मैल प्रति सेकंद तर काचेत १,२०,००० मैल प्रति सेकंद आहे. द्रवरूप पदार्थात, वायुरूप पदार्थात, पारदर्शक स्थायूंमध्ये प्रकाशाचा वेग कसा ठरवला जातो हे पाहणेही मनोरंजक आहे.



लेखक : नागेश मोने, द्रविड हायस्कूल वार्ड येथे शिक्षक, विज्ञान वाचनालय चालवतात.

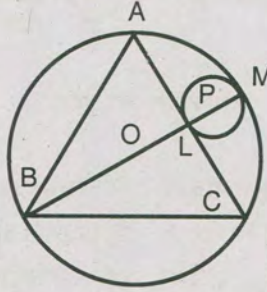
आधार : मराठी विश्वकोश खंड १०, Physics Foundations and Frontiers by George Gamow & John Cleveland.

वर्तुळीच-वर्तुळे

वर्तुळांबरील उदाहरणं तुम्ही विद्यार्थी सोडवताच. पण, तुमच्या फारशी परिचयाची नसलेली अशी काही उदाहरणं पान ३४ वर दिली होती. ती सोडवण्याचा प्रयत्न तुम्ही केलाच असेल. ज्यांनी प्रयत्न केला असेल त्यांना पुढं दिलेल्या उत्तरांची गंमत कळून येईल.

सूचना : सर्वत्र, एकमेकांस स्पर्श करणाऱ्या वर्तुळांची केंद्र आणि स्पर्शबिंदू एकाच रेषेत असतात, या गुणधर्माचा वापर केला आहे.

१) मूळ वर्तुळात (त्रिज्या १) एक समभुज त्रिकोण अंतर्लिखित केला आहे. त्याच्या उरलेल्या तीन मोकळ्या जागांपैकी एका जागेत एक वर्तुळ अंतर्लिखित केलं आहे. (आकृती पहा.) तर ह्या छोट्या वर्तुळाची त्रिज्या किती ?

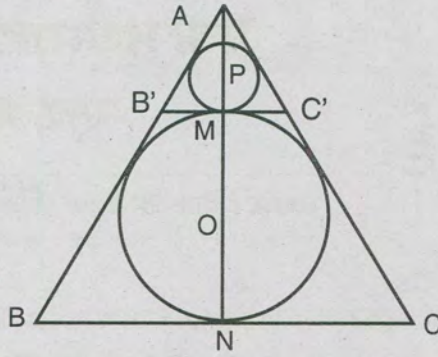


आकृतीत दाखवल्याप्रमाणं नावं द्या. मोठ्या वर्तुळाचं केंद्र O, लहान वर्तुळाचं केंद्र P, लहान वर्तुळ मोठ्याला जिथं स्पर्श करतं त्याला M, त्रिकोणाला जिथं स्पर्श करतं त्याला L. पुढं दिलेल्या पायऱ्यांमागची कारणं शोधा.

$$AM = OA = OM = 1, LM = \frac{1}{2},$$

$$PL = r = \frac{1}{4}$$

२) दाखवल्याप्रमाणं २ त्रिज्येच्या वर्तुळाला समभुज त्रिकोण बहिर्लिखित केला आहे. राहिलेल्या एका जागेत अंतर्लिखित केलेल्या लहान वर्तुळाची त्रिज्या किती ?

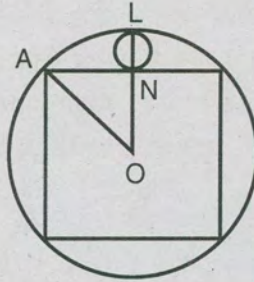


दाखवल्याप्रमाणं नाव द्या. मुख्य वर्तुळाचं केंद्र O, लहान वर्तुळाचं केंद्र P, वर्तुळांचा स्पर्शबिंदू M, आणि वर्तुळ BC ला जिथं स्पर्श करतं त्याला N. स्पर्शिका B'MC' काढा. पुढच्या पायऱ्यांमागची कारणं शोधा.

$$ON = \frac{1}{3} AN. \quad ON = OM = AM.$$

$$\text{त्रिकोण } ABC \parallel \text{त्रिकोण } AB'C'. \quad r = PM = ON/3 = \frac{1}{3}.$$

३) मोठ्या वर्तुळाची त्रिज्या १. त्याच्यात एक चौरस अंतर्लिखित केला आहे. एका मोकळ्या भागात एक लहान वर्तुळ अंतर्लिखित केलं आहे. तर त्याची त्रिज्या किती ?



आकृतीत दाखवल्याप्रमाणं नावं द्या. वर्तुळाचं केंद्र O.

लहान वर्तुळाचं P (इथं दाखवलं नाही.) आता $OL = OA = 1$

$$ON = OA / \sqrt{2} = 1/2$$

$$2r = LN = OL - ON = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \quad r = \frac{\sqrt{2} - 1}{2\sqrt{2}}$$



लेखक : मनोहर राईलकर, गणित विषयावरील अनेक पुस्तके प्रसिध्द. अतिशय रसपूर्ण पध्दतीने गणित शिकवतात.



एक मधमाशी

एक गुलाब

लेखक : पीटर डीरोजा • अनुवाद : यशश्री पुणेकर

बॉबी एक मधमाशी होती. नुकताच वसंत ऋतूत तिचा जन्म झाला होता. तिला तिचं पोळं खूप आवडायचं अभिमान वाटायचा. ती एक कामकरी माशी होती. वेगवेगळ्या फुलांवर उडून त्यांचे पराग गोळा करून आणणं हे त्यांचं काम होतं. कोणीतरी तिला सांगितलं की हे पराग खाऊनच अंड्यामधून येणाऱ्या नवीन माशा मोठ्या होतील आणि स्वादिष्ट मधही तयार होईल.

आज ती प्रथमच पोळ्याच्या बाहेर आली होती. एप्रिल महिना, वसंत ऋतू असल्याने वातावरण प्रसन्न होते. पानाफुलांवर मोत्यांसारखे दवबिंदू चमकत होते. आज ती खूपच खूश होती. आपले नाजुकसे पंख फडफडवत ती इकडे तिकडे बघत होती. तेवढ्यात पोळ्याच्या दारावरच्या रक्षकाने तिला बजावलं. “हे बघ १५,७५३ एक गोष्ट लक्षात ठेव. आपलं आयुष्य अतिशय कमी आहे तेव्हा

सतत काम करत रहा. उपयोगी हो.”

तेव्हा तिचं नाव बॉबी नव्हतं. तिलाच काय पोळ्यातल्या कोणत्याच माशीला नाव नसे, होते ते फक्त नंबर. पोळ्यातल्या अंड्यांच्या गणनेनुसार हे नंबर दिले जात, म्हणून १५,७५३ हेच तिचं नाव झालं.

सकाळीच शोधक माशांनी एक छान बातमी आणली. ‘जवळच एका शेतात दाट झाडीवर पिवळ्या सुवासिक फुलांचे घोंसूच्या घोंस आहेत.’ मग काय सगळ्या माशांचे लक्ष तिकडेच. बॉबीला वाटलं आपण सगळे नियम लक्षात ठेवून नीट काम केलं पाहिजे. कारण आयुष्य खूप छोटं आहे. ती



सारखा एकच मंत्र जपत होती.
‘मला उपयोगी बनलं पाहिजे.’

तिलाही त्याच पिवळ्या फुलांकडे पाठवलं. एका तासात तिनं जवळजवळ शंभर फुलांचे पराग गोळा केले. तिचं पोट परागकणांनी तट्ट भरलं. ती खूश होती. पण त्या परागकणांवर तिचा हक्क नव्हता. ते सगळे परागकण तिला पोळ्यात नेऊन द्यायचे होते.

‘१५,७५३ हजार आहे’ तिनं जोरदार आरोळी दिली. पोळ्याचा कारभारी एका वहीत काही तरी लिहीत होता. त्याने जोरातच विचारले, “किती फुलांचे पराग आणलेस तू?”

“जवळजवळ शंभर” बाॅबीने कौतुकाने सांगितले.

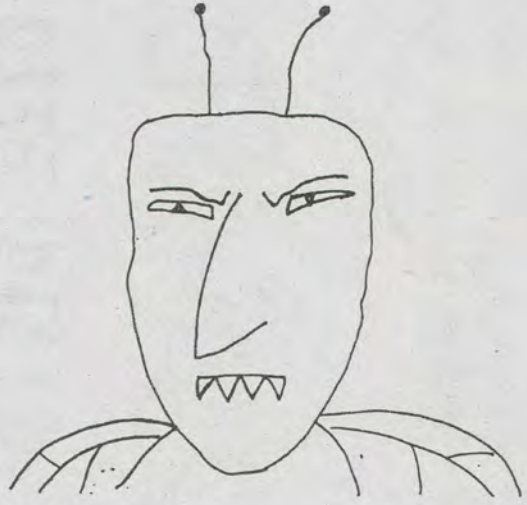
“जवळजवळ?” कारभारी खेकसला “जवळजवळ नाही. नक्की संख्या सांग. मला वाटतंय तू तुझं काम नीट करत नाहीयस.”

“पण मला वाटतं की...” बाॅबी मुटपुटला.

“वाटतं बिटतं काही नाही. विचार करत बसशील तर सरळ खड्ड्यात जाशील. तेव्हा काम कर. विचार नको. समजलं?”

“पुढच्या वेळेला लक्षात ठेवीन.” बाॅबी हिरमुसली.

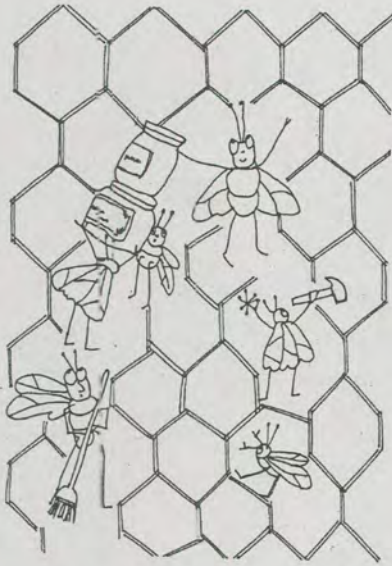
“पुढच्या वेळेस नाही, आज, आत्ताच हा नियम लक्षात ठेव. चल सगळे परागकण



ओत पटपट. आणि आता एका तासात २१० फुलांचे पराग आण.” अशा तऱ्हेने मधमाशांच्या पोळ्यात बाॅबीचं ट्रेनिंग सुरू झालं.

पण तो एप्रिल महिना होता. झाडांवर छोट्या कळ्या भरपूर होत्या. पण फुलं फारशी नव्हती. आणि अशा स्थितीत २१० फुलांचे पराग आणणं काही सोपं काम नव्हतं. पण बाॅबीने अथक परिश्रम करून हे काम पार पाडलं. कारभाऱ्यानी सगळे पराग मोठ्या भांड्यात ओतून घेतले. आणि त्याला पुन्हा जायला सांगितलं. चहा पिण्याची सुद्धा फुरसत मिळाली नाही.

रात्रीच जरा आराम मिळाला. दिवसभर बाहेर मोकळ्या स्वच्छ हवेत राहिल्याने रात्री पोळ्यामध्ये कोंदट वाटत होतं. गुदमरल्यासारखं वाटलं पण तरी देखील ते



तिचं घर तिला खूप आवडलं.

प्रत्येक माशीला पोळ्यात काम नेमून दिलेलं असे. काहीजणी रात्री आपले पंख जोरजोरात हलवून मधातले पाणी वाळवत तर काही माशा पोळ्याची साफसफाई करत. पोळ्याची दुरुस्ती, देखभाल अशा कितीतरी कामं. पोळ्याच्या आत अगदी आडोशाला राणीमाशीचा महाल होता.

प्रत्येक मधमाशीच्या जीवनाचा एकच उद्देश उपयोगी होणं. त्यांना तशीच शिकवण असल्याने प्रत्येक जण उठल्या क्षणापासून काम करत असे. त्यामुळेच तर पोळ्याचे कामकाज सुरळीत चालत होते.

एक दिवस बॉबी आणि तिची मैत्रीण १९,२०१ दूरवर एका फुलांच्या बागेत पराग गोळा करत होत्या. खरं तर पोळ्यामध्ये मैत्री

करायला परवानगी नव्हती. पण गेले तीन आठवडे, रविवारची सुट्टी न घेता ह्या दोघी एकत्रच काम करत होत्या. खूप पराग गोळा करून आता त्या निघणार तेवढ्यात १९,२०१ च्या पायात काटा गेला. एक पंखही मुडपला. तिला फार वेदना होत होत्या. परागांचं ओझं उचलवत नव्हतं. पोळ्याकडे जाताना बॉबीनं तिला मदत केली. तिचे बरेच परागकण स्वतः वाहून नेले. तिला मैत्रीणीबद्दल काळजी वाटत होती. पण पोळ्यामध्ये कोणीच कोणाची काळजी करत नसे. तशी परवानगीच नव्हती. अशा भावनांना तिथे अजिबात थारा नव्हता. भावुकतेने काम करताना अडथळा येतो, कामे होत नाहीत. मग पोळंच नष्ट होण्याची भीती असते.

‘१९,२०१ बाहेरच उभी रहा.’ कारभारी ओरडला. त्याच्या नाकावरचे लांब केस शिंगासारखे दिसत होते. तो बाहेर उभ्या असलेल्या १९,२०१ कडे अगदी तुच्छतेने पहात होता. जणू काही ती शत्रू चोर किंवा भिकारी आहे. १९,२०१ ने परत आत येण्याची परवानगी मागितली.

‘‘नाही. मी तुला आत घेऊ शकत नाही. तू नियमांच्या विरुद्ध वागलीस.’’ कारभारी.

‘‘आई गड! कोणाच्या नियमाविरुद्ध’’ कण्हत कण्हत १९२०१ ने विचारले. तिला फारच त्रास होत होता. नाहीतर असला देशद्रोही प्रश्न विचारण्याची तिची हिंमतच झाली नसती.

कारभाच्याने दुर्लक्ष केलं. तो परत म्हणाला, 'हे नियमांच्या विरुद्ध आहे.' नियमांचे कडक पालन व्हायलाच पाहिजे अशा मताचा पोळ्यातला तो एक निष्ठावान कारभारी होता. त्याच्या या इमानदारीवर बाॅबी खुश होती. पण मनातून त्याला १९,२०१ बदल वाईट वाटत होतं. जेव्हा १९२०१ जबरदस्तीने आत घुसू लागली तेव्हा शिपायांनी तिला उचलून बाहेर टाकलं आणि दार बंद करून घेतलं.

“नियमानुसार कोणत्याही जखमी मधमाशीला पोळ्यात घेत नाहीत.” कारभारी कठोर स्वरात म्हणाला. नंतर बाॅबीकडे वळून तो म्हणाला “१५,७५३ तू १९,२०१ ला मदत केल्याचं कळलं, खरंय का ?

‘हो महाराज, “बाॅबी म्हणाली, “माझं लक्ष फक्त तिच्या परागकणांवर होतं. मला वाटलं की इतके पराग वाया गेले तर काय उपयोग!” बाॅबीला स्वतःलाच कळत नव्हतं की खरं काय अन् खोटं काय ?

“नियम तोडण्याइतकं वाईट दुसरं काहीच नसतं, लक्षात ठेव” कारभारी.

“महाराज अशी चूक मी परत करणार नाही.” बाॅबी थरथरत म्हणाली. ते पाहू कारभारी खेकसला “घाबरतेस काय ?”

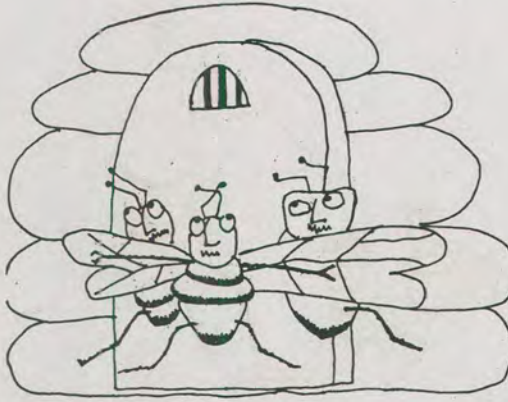
“खरं म्हणजे महाराज येताना मला खूप घाम आला होता. पण आत आल्या आल्या



थंडी वाजू लागली. म्हणून मी थरथरतेय.’ बाॅबी -

“ह्या सगळ्या भावना मनातून काढून टाक. भावना म्हणजे नसतं झंझट. मन साफ ठेव म्हणजे घाबरणार नाहीस. इमानदारी आणि निष्ठेने आपलं काम कर आणि पोळ्याच्या उपयोगी पड.”

बाॅबीने असंच वागण्याची शपथ घेतली आणि परागकण ओतले. पुन्हा बाहेर पडून १९२०१ कडे अजिबात लक्ष न देता ती पराग आणायला गेली. ‘मी १९२०१ चा विचार करता कामा नये.’ असं स्वतःला बजावत राहिली. “नियम केलाय म्हणजे तो बरोबरच असणार. म्हणून तर इतकी वर्ष आम्ही मधमाशा जिवंत आहोत. जर नियमाप्रमाणे वागलं नाही तर... बापरे कल्पनासुद्धा करवत नाही.” पण बाॅबी आत्ता जे करत होती ते सुद्धा करायचं नव्हतं - बाॅबी विचार करत होती. पण विचार करणंही कधी तरी उपयोगी पडेल असं तिला वाटलं.



पोळ्याच्या आत हुशार इंजिनियर आणि आर्किटेक्ट माशांनी फारच सुंदर रचना केली होती. आतल्या भिंतीमध्ये कितीतरी सुंदर गॅलऱ्या, खिडक्या, कोनाडे केले होते. त्यांचं पोळं म्हणजे भूमितीचा एक अजब नमुनाच होता. फार छान होतं पोळं. 'कधी तरी, थोडेसे तरी हे नियम बदलता नाही का येणार?' हा विचार जेव्हा

बॉबीला त्यानंतर १९२०१ कधीच दिसली नाही. तिची आठवण येईल की काय अशी बॉबोला भीती वाटली. तिला काहीच कळत नव्हतं. 'आठवण येणं वाईट आहे का? आठवण येईल म्हणून भीती वाटणं बरोबर आहे का चूक? इतके सगळे नियम जेव्हा एकच गोष्ट सांगताहेत तेव्हा ते चूक तर असणारच.' तिनं पंखांबरोबरच विचारही झटकले.

एप्रिल महिना संपला. धंद्याच्या दृष्टीने हा महिना छानच गेला. हजारो छोटे डबे मधाने भरून गेले. बॉबीच्या मनात एक प्रश्न सारखा तोंड वर काढत असे पण ती त्याला दाबून टाकत असे.

हे सगळं कशासाठी? कोणासाठी? तिचं पोट तर दोन-चार फुलांच्या परागांनी भरत असे. तेवढ्यावर ती आरामात जगू शकली असती. म्हा इतकी यातायात कशा करता? आणि आता तर तिचा कोटा ताशी २५० फुलं इतकं केला होता. पण का?

बॉबीच्या मनात येई तेव्हा तिला स्वतःचीच लाज वाटत असे.

मे-जून महिन्यात इतकी उष्ण हवा होती की उन्हामुळे कितीतरी कामकरी माशा काम करता करता मरून पडल्या. मेलेल्या माशांचा ढीग तिथेच पडून वाळून गेला. त्यांना मुंग्या लागल्या. पण कोणीही त्यांचा अंत्यविधी केला नाही. बॉबी एकटी तर त्यांना पानांनी झाकू शकत नव्हती. जे मरून गेले त्यांच्याबद्दल दुःख करण्यात आणि रडण्यात अर्थ नाही हे बॉबीला कळत होतं. पण तरी काहीतरी चुकतंय असं तिला वाटत होतं.

पोळ्याच्या नियमानुसार मधमाशांच्या अंत्यविधीची काहीची व्यवस्था नव्हती. जेव्हा हे सगळे नियम कायदानुसार आहेत तेव्हा ते बरोबरच असणार. आता मधमाशांचा जन्म घेतलाच आहे तर हे सगळे नियम पाळायलाच हवेत. नाहीतर काय करणार?

जुलै महिन्याच्या एका कंटाळवाण्या संध्याकाळी बॉबी उडत उडत एका सुंदर

लाल गुलाबाजवळ गेली. पाकळ्यात शिरून पराग वेचणार तेवढ्यात आवाज आला, “तुला आत यायची परवानगी कोणी दिली?” आजपर्यंत बाँबीला असले प्रश्न विचारायची हिंमत कुठल्याच फुलानं केली नव्हती. ‘मी तुला प्रश्न विचारतोय.’ आवाज पुन्हा ऐकू आला. तेव्हा बाँबीला कळलं की ते गुलाबाचं फूलच त्याच्याशी बोलतंय.

“माफ करा हं. पण आजपर्यंत कुठल्याच फुलानं असं अडवलं नव्हतं.”

“म्हणजे तुझा हा पहिलाच अनुभव आहे तर!”

“आता याबद्दल कारभारी काय म्हणेल?” बाँबीला चिंता वाटू लागली.

“चल ते जाऊ दे. तुझं नाव तरी सांग.”

बाँबीला खुश करण्याकरता गुलाब म्हणाला, “मी १५,७५३ आहे.”

“हे काय नाव आहे! हा तर एक नंबर आहे.”

“पण माझं हेच नाव आहे.” बाँबी रडवेली झाली.

“बरं. मी मात्र तुला बाँबी म्हणेन.” बाँबी घाईने म्हणाली. “असं काही करू नका Please” “आणि हे बघ माझं नाव आहे गुलाब.” गुलाब, असं करू नकोस. बाँबी परत म्हणाली, खरं तर तिला ते फूल, त्याचं नाव खूप खूप आवडलं होतं.

“का करू नको?” गुलाबाने विचारले.



“कारण ते नियमांच्या विरुद्ध आहे.” बाँबी.

“कोणी बनवले हे नियम बाँबी?” गुलाब.

“तुम्ही मला १५,७५३ म्हणा ना.”

“नाही. अजिबात नाही.” गुलाबचा निश्चय ऐकून बाँबीच्या लक्षात आलं की तो काही ऐकणार नाही. “आता मी जाते नाहीतर कारभारी...”

“हा कारभारी म्हणजे राक्षस आहे वाटते.” हसत-हसत गुलाब म्हणाला आणि हसतच सुटला. तेवढ्यात बाँबी पटकन पोळ्याकडे सटकली. ‘हा गुलाब म्हणजे नमुनाच आहे. नियमाप्रमाणे जे माझं काम आहे ते करण्यासाठी म्हणे ह्याची परवानगी घ्या. नियमांची चेष्टा काय करतो, कारभाऱ्याला राक्षस काय म्हणतो, अजबच आहे.’ बाँबी मनात म्हणाली. पोळ्याजवळ गेल्यावर ती एकदम गप्प झाली. पण मनात कुठेतरी तिला गुलाबानं दिलेलं नाव खूप आवडलं होतं. पण त्याचं काही काही बोलणं तिला खटकत होतं. जाऊ दे, खरं तर हे सगळं

तिच्या मनात येऊन गेलं होतं. खूप प्रयत्न करूनही गुलाबाचा विचार तिच्या मनातून जाईना. दुसऱ्या दिवशी भेटून त्याला खडसावून सांगायचं असं ठरवून ती झोपली.

दुसऱ्या दिवशी सकाळीच बाॅबी उडत उडत गुलाबाकडे गेली. ती काहीतरी बोलणार तेवढ्यात गुलाबच म्हणाला, “तुला पाहिजे असेल तर तू आत येऊ शकतेस मला तुझ्याशी खूप बोलायचय.”

बाॅबी लाजत पाकळीवर बसली.

“तुम्हाला कधी सुट्टी असते?” गुलाबाने विचारले. “नाही.” बाॅबी.

“रविवारी किंवा सणाच्या दिवशी सुद्धा तुम्हाला सुट्टी नसते!” “नाही”

“तुला पाहून मला अंदाज आलाच होता. असं वाटतं की तू एक गुलाम आहेस.”

बाॅबी घाईने म्हणाली, “मी आता जाते.”

“तुला कदाचित आवडणार नाही पण हे खरं आहे” गुलाब प्रेमळ स्वरात बोलला. “आता हे सांग की तू नेहमी सरळ रेषेतच का उडतेस?”

“कारण कुठेही जाण्याचा सर्वात जवळचा रस्ता तोच असतो”

“पण लांबून गेलं तर नाही चालणार

का?”

“जवळचा छोटा रस्ता असताना लांबून जाणं म्हणजे मूर्खपणाच आहे”

“हेच तर तुझं चुकतं बाॅबी” गुलाबाने जोरात सांगितलं “कधी फुलपाखरं उडताना पाहिली आहेस तू? किती आनंदात इकडे तिकडे उडत असतात. कधी या फुलावर तर

कधी त्या. कधी पुढे तर कधी मागे. असं बागडताना किती मजा येत असेल त्यांना!”

“मजा? आनंद? हे सगळं काय आहे?” बाॅबीने विचारले.

“जेव्हा तुम्ही एखादी गोष्ट अगदी कारणाशिवाय केवळ गंमत म्हणून करता तेव्हा ती मजा असते. तिच्यामुळे आनंद मिळतो.”

“पण अशी मजा करत बसलं तर मध कसा गोळा करणार?” बाॅबीचा प्रश्न.

“बाॅबी, तू मला आधी एका गोष्टीचं उत्तर दे. कशासाठी इतका सगळा मध गोळा करता तुम्ही?” गुलाबाने विचारले.

“नियमानुसार आम्हाला मध गोळा केलाच पाहिजे.” बाॅबी.

“या नियमांच्या मागे काही कारण असेल ना पण” गुलाब

“हो. कारण तर असणारच. ज्यांनी हे नियम बनवले, त्यांनाच ते माहिती



असणार.”

“हे काही खरं वाटत नाही. मी तर असं ऐकलंय की जेव्हा सगळं पोळं मधानं भरून जातं तेव्हा सगळ्या मधमाशा पोळं सोडून दुसरीकडे जातात आणि दुसरे पोळं तयार करायला घेतात. मग पुन्हा तेच नीरस कंटाळवाणं उडणं आणि मध गोळा करणं. सगळं बकवास!”

“तू आम्हाला सरळ मूर्ख म्हणतोयस?” बॉबीला राग आला. तेवढ्यात कारभाऱ्याचं बोलणं तिला आठवलं. तो म्हणाला होता. ‘मन साफ असलं म्हणजे राग येत नाही’ तिला गुलाबाचं म्हणणं थोडं थोडं पटत होतं.

गुलाब विचारत होता. “ज्या नियमांचं तू पालन करतेस त्यांना बनवणारं आहे तरी कोण?”

“मला माहित नाही” बॉबी म्हणाली. “पण ज्यांनी कोणी हे नियम बनवले ते नक्कीच शहाणे असतील, कारण पोळ्याची सगळी कामं सुरळीत चालतात.”

“पोळातलं काम नेहमी एकाच पद्धतीनं होतं का?” गुलाब.

“हो. प्रत्येक काम ठराविक पद्धतीनंच केलं जातं” बॉबी

“जर प्रत्येक वेळी एकाच तऱ्हेने काम करत राहिलं तर

त्यात सुधारणा होणंच शक्य नाही.”

“पण त्यामुळेच तर तिथं सगळं व्यवस्थित चालू राहतं” बॉबी

“माझा नाही विश्वास बसत” गुलाबाचं हे बोलणं ऐकून बॉबीच्याही मनातला अविश्वास उफाळून येत होता. पण त्याला दाबून टाकण्यासाठी ती जोरात ओरडली “पण माझा विश्वास आहे”, आणि पटकन उडून गेली.

आत्तापर्यंत बॉबीने ज्या गोष्टींवर विश्वास ठेवला होता त्यातला फोलपणा हळू हळू तिच्या लक्षात येऊ लागला होता. ‘जखमी मधमाशांना पोळ्यात येऊ न देणं चांगलं आहे का? आपल्याच मैत्रीणी काम करता करता मेल्या तर त्यांच्यावर साधं पानही झाकायचं नाही हा काय मोठेपणा आहे का? आराम करायचा नाही, सुट्टी घ्यायची नाही, मजा करायची नाही, काही काही नाही. फक्त काम काम आणि काम. एका अंधाऱ्या, कोंदट जागेत हजारो माशांनी एकत्र रहाणं योग्य आहे का?’



प्रश्न! प्रश्न! बॉबीच्या मनात प्रश्नाचं मोहोळ उठलं होतं.

बॉबी कम संपवून पोळ्यात गेली तेव्हा तिने फक्त १२० फुलांतून परागकण आणले होते त्यामुळे कामचोरीच्या आरोपाकाली तिला मुख्य माशीच्या पुढे उभे केले. मुख्य माशी अतिशय कष्टाळू पण तेवढीच भयानक होती.

“१५,७५३ तुला झालंय तरी काय?”

“मला स्वतःलाच समजत नाहीए” बॉबी म्हणालो.

“समजून घ्यायची जरूरी नाही. यात समजण्यासारखं काही नाही. फक्त तुझं काम करत रहा. जेवढी निष्ठेने आणि मन लावून काम करशील तेवढं आपलं भविष्य उज्वल असेल. आता कोणताही प्रश्न नको. एवढासा शब्द ‘का?’ पण सगळी उलथापालथ घडवतो” बॉबीने होकार दिला. मुख्य माशीच्या भाषणामुळे तिला पुन्हा एकदा पोळ्याविषयी प्रेम वाटू लागलं. तिचे डोळे चमकताना पाहून मुख्य माशीला समाधान वाटले.

तिने बॉबीची समजूत घातली, “हे बघ १५,७५३ कोणताही प्रश्न विचारू नकोस. त्यातच शहाणपणा आहे. कारण प्रश्न विचारत बसशील तर तुझ्या हातून चुका होतील. आणि अशा चुका करणं किती घातक आहे हे माहितीच आहे तुला. जा आता आणि पुन्हा अशी वेळ येऊ देऊ नकोस.”

पुढच्या एका तासात बॉबीने ३२३ फुलांचे पराग गोळा केले. पोळ्याच्या नोंदवहीत त्याची सर्वाधिक संख्या म्हणून नोंद झाली. आपल्या कामाबद्दल आणि पोळ्याबद्दल तिचा विश्वास अजूनही टिकून होता. इतकंच नाही तर मुख्य माशीलाही तिच्याकडून चांगल्या अपेक्षा होत्या. मग आपण स्वतःच कशाला संशय घ्यायचा? असा विचार तिने केला.

जवळ जवळ एक आठवडा बॉबी गुलाबाकडे गेलीच नव्हती. आता मात्र तिला सारखं गुलाबाला भेटावंस वाटत होतं. एक गुलाबच तर तिचा मित्र होता. त्यानं तिला छानसं नाव दिलं, कोणत्याही नियमांचा काच न लावता मनापासून गप्पा मारल्या. किती चांगला वाटला तो! रात्री सगळ्या माशा घोरत पडल्या होत्या. पण बॉबीला मात्र झोप येत नव्हती. तिला फार एकटं एकटं वाटत होतं. तिला हे सगळं स्वतःशी सुद्धा बोलता येत नव्हतं. फारच विचित्र वाटलं तिला.

शेवटी आपलं चुकतंय हे समजत असूनही ती गुलाबाला भेटायला गेलीच. एक दिवस पाऊणतासात तिने २९९ फुलांचे पराग गोळा केले. इतकं काम तिनं कधीच केलं नव्हतं. थकली बिचारी. गुलाबाकडे जाऊन तिनं आत येण्याची परवानगी मागितली. गुलाब म्हणाला,

“अग ये ये. मला वाटलंच होतं एक ना एक दिवस तू परत माझ्याकडे येशील” बॉबी

इतकी दमली होती, की थोडा वेळ गुलाबाच्या पाकळीवर शांतपणे पडून राहिली. पाच मिनिटं विश्रांती घेतल्यावर ती म्हणाली, “आता मला कळलं की आराम म्हणजे काय ते.”

“तू आता पहिल्यासारखं वागणार नाहीस” गुलाब हळूच म्हणाला.

“मला तुझा सुगंध खूप आवडला” बॉबी मनापासून म्हणाली.

प्रथमच तिचं लक्ष अशा सुगंधाकडे गेलं होतं.

“एकदा तुला सुंदरतेचं महत्त्व कळलं तर तू पोळ्यात परत जाणारही नाहीस. सौंदर्याला कसलेही नियम नसतात. सुंदरता बघत हिंदायचं तर तुला आयुष्यभर एकटंच फिरावं लागेल” गुलाब म्हणाला.

बॉबीला गुलाबाचं बोलणं अजिबात समजलं नाही पण आयुष्यात प्रथमच ती खूप खूश होती.

“गुलाब, माझ्या जीवनाचा एकच उद्देश आहे - उपयोगी बनणे.”

“नाही. जीवनाचा जर खरा काही उद्देश असेल, तर तो आहे आनंद मिळवणे, आनंद देणे” गुलाब म्हणाला. “कसा घ्यायचा आनंद?” बॉबीने भोळेपणाने विचारले.

“आपल्या प्रिय गोष्टीला छानसं नाव द्यावं. तिची काळजी घ्यावी. सुखदुःखात तिला साथ द्यावी”

“मधमाशा कोणाचीच पर्वा करत नाहीत.

जेव्हा दुसऱ्या पोळ्यावर संकट येतं तेव्हा आम्ही त्यांच्या मदतीला जात नाही. आजारी आणि अपंग माशांना आम्ही पोळ्याच्या बाहेर ढकलून देतो. थंडीने बिचाऱ्या मरून जातात.” दुःखी स्वरात बॉबी म्हणाली.

“मग तुम्ही कोणासाठी उपयोगी आहात?”

“मला नाही माहीत.” बॉबी म्हणाली.

“असले प्रश्न विचारायचे नाहीत असं आम्हाला बजावलंय”

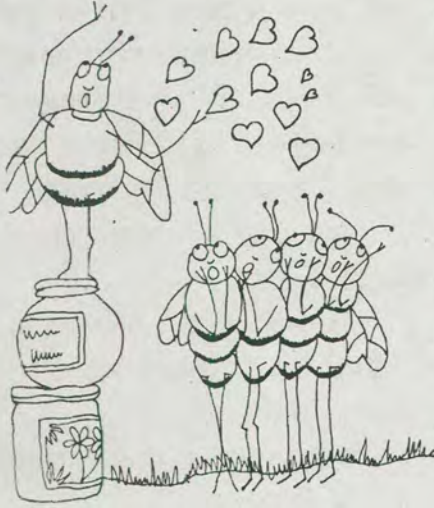
“शांतपणे पडून रहा. मी तुला थोपटतो. मी घेईन तुझी काळजी.”

तेवढ्यात बॉबीच्या लक्षात आलं की एक तास पूर्ण होत आलाय. ह्या सुखद क्षणांना डावलून ती झटकन पोळ्याकडे सटकली.

“किती फुलांचे पराग?” कारभाऱ्यानं कोरडेपणानं विचारलं.

“२९९, नाही नाही ३००” बॉबीलां गुलाबाची आठवण झाली. खरं तर तिने गुलाबाकडून काहीच पराग घेतले नव्हते आणि इतर सगळ्या फुलांबरोबरच गुलाबाला मोजणं तिला योग्य वाटलं नाही म्हणून ती म्हणाली “माझी पहिलीच संख्या बरोबर आहे.”

बॉबीची ही अस्वस्थता कारभाऱ्याच्या लक्षात आली. ती काही हिशोबात गडबडणारी, चुकणारी नव्हती. मग आज काय झालं? कारभाऱ्याने शिपायांना बोलवून



तिला अटक केली.

बॉबीला कोर्टापुढे उभं केलं. मुख्य माशी न्यायाधीश होती. तिचा चेहरा भयानक दिसत होता. ती गुरगुरली.

“माझ्या चांगुलपणाचा असा फायदा घेतलास. आम्हाला संशय आहे की तू शत्रूशी संगनमत केलं आहेस”

“गुलाब काही शत्रू नाही. तो तर एक सुंदर फूल आहे”

“त्या फुलाशी तू गप्पा मारत होतीस, हे तुला कबूल आहे तर”

“हो पण तो शत्रू नाहीये.”

“जो कोणी आमचे कायदे पाळत नाही, तो आमचा शत्रूच आहे. मधमाशीच्या कामात अडथळा आणणारा शत्रू नाही तर कोण?”

“प्रेम. प्रेम हे उपयोगी बनण्यापेक्षा

कितीतरी महत्वाचं आहे” बॉबी किंचाळली.

प्रेम शब्द ऐकताच कोर्टातल्या सर्व माशांनी आपले कान गच्च झाकून घेतले.

मुख्य माशी म्हणाली, “तुला आम्ही वाळीत टाकत आहोत”

“एक वेळ अशी होती की जेव्हा प्रेम आणि आनंद ह्या शब्दांची मला भीती वाटत असे. माझ्या डोळ्यासमोर माझी मैत्रीण १९२०१ ला शिपायांनी मारून टाकलं. काही करू शकले नाही मी.”

“गप्प बस” मुख्य माशी ओरडली.

“नाही गप्प रहाणार मी. मला तर वाटतं की पूर्ण पोळ्याच्या ह्या नियमांवर आणि कार्यपद्धतीवर पुन्हा एकदा विचार करायची वेळ आलीय.” बॉबीला स्वतःला आपल्या बोलण्याचं आश्चर्य वाटत होतं.

इतर मधमाशांना कळावं म्हणून मुख्य माशीनं सांगितलं “पोळ्याच्या कामात थोडा जरी बदल झाला तर अनर्थ ओढवेल. आपण आपलं काम करणार नाही आणि इतर माश्यांसाठी त्याग करायला तयार होणार नाही. मग मानवप्राण्यासारखे आपण एकमेकांनाच मारू. सगळं नष्ट होईल.”

“प्रेमासाठी मला वाटेल तो अनर्थ परवडेल.” बॉबी म्हणाली. तिचं हे बोलणं ऐकताच पोळ्यात हलकल्लोळ माजला. जणू काही प्रेम ह्या शब्दानं पोळ्यावर धुरापेक्षाही मोठं संकट आलं होतं.

शिपाई आपल्या हत्यारांसह बॉबीकडे

येऊ लागले. ते तिला मारणार तेवढ्यात ती ओरडली 'प्रेम-प्रेम'. हे ऐकताच शिपायांनी हत्यारं टाकून कान बंद केले. ते बॉबीला मारू शकले नाहीत. कारण त्यांची सगळी शक्ती प्रेमापासून स्वतःला वाचवण्यात व्यर्थ



गेली. बॉबी पूर्ण पोळ्यात 'प्रेम-प्रेम' अशा आरोळ्या देत सुटली. मुख्य दरवाजापाशी मुख्यमाशी कानावर हात ठेवून उभी होती. "तू आमच्याशिवाय जगू शकणार नाहीस. आम्ही बरोबर आहोत. तू चुकते आहेस. फुकट मरशील." ती म्हणाली. त्यावर बॉबी ओरडली, "काय करायचं असलं जगणं? तुम्ही जिवंत असूनही मेलेल्याच आहात. मी जरा आज मेले तरी थोडा वेळ का होईना मी प्रेमाचं जीवन जगले आहे. प्रेमाच्या एका क्षणाकरता मला मृत्यूही मंजूर आहे" बॉबी तिथून थेट गुलाबाकडे गेली.

आधी तिला फार सुनं सुनं, एकटं वाटायचं. आज खऱ्या अर्थानं तिला जिवंत असल्यासारखं वाटलं.

"गुलाब" ती म्हणाली. "रात्र झालीय, मला फार थंडी वाजतीय आणि भीती ही वाटतेय"

गुलाबाने आपल्या सुगंधी उबदार पाकळ्यांमध्ये बॉबीला जवळ घेतलं.

"बॉबी, मलाही भीती वाटते"

"इतर मधमाशांना तू अजिबात घाबरू नकोस. त्या जवळ आल्या की तू 'प्रेम-प्रेम' म्हण म्हणजे त्या पळून जातील."

"नाही बॉबी" गुलाब कुजबुजला "मला मधमाशांची भीती नाही वाटत. आता तर उन्हाळ्याचे दिवसही संपत आलेत"

"मग?"

"मला वाटतंय माझीही वेळ आता संपत आली" गुलाब म्हणाला.

"मग आपण हे शेवटचे क्षण एकत्रच घालवू. एकमेकांची काळजी घेऊ, प्रेम करू" बॉबी

त्यांनी तसंच केलं. सकाळी जेव्हा सूर्य उगवला, तेव्हा त्याची किरणं जमिनीवरच्या त्या लाल गुलाबावर पडली. त्या गुलाबाच्या पाकळ्यात एक मधमाशी मरून पडली होती.



लेखक : पीटर डीरोजा,
प्रस्तुती : अरविंद गुप्ता
अनुवाद : यशश्री पुणेकर

पाणी साठवणे - काळाची गरज

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

यापुढे जगात युद्ध झालं, तर ते पाण्यावरून होईल, असं म्हटलं जातं. नद्यांच्या पाण्याच्या वाटपावरून शेजारी राष्ट्रांमध्ये तंटे असल्याची अनेक उदाहरणं आहेतच, पण एकाच देशातल्या शेजारशेजारच्या प्रांतांमध्येही अशा प्रकारचे तंटे कित्येक वर्षांपासून चालू आहेत. अलिकडेच कर्नाटक आणि तामिळनाडू दरम्यान कावेरी नदीच्या पाणीवाटपावरूनचा जुना वाद परत उफाळून आल्याच्या बातम्या तुम्ही वर्तमानपत्रात वाचल्या असतीलच. महाराष्ट्र आणि कर्नाटक या राज्यांमध्येही कृष्णा नदीच्या पाणीवाटपावरून कुरबुरी चालू असतात. वाढत्या लोकसंख्येबरोबर पाण्याची गरज वाढत चालली आहे. मात्र गोड्या पाण्याचे साठे मात्र मर्यादितच आहेत. त्यातून हवामानातल्या बदलांमुळे ऋतुचक्र बिनसतं आहे, आणि पावसाच्या कालावधीवर आणि प्रमाणावर त्याचे अनपेक्षित परिणाम होत आहेत. यंदाच्या वर्षी सरासरीइतका पाऊस पडेल असं भविष्य हवामान खात्याकडून

वर्तवण्यात आलं होतं. गेल्या काही वर्षांत हवामान खात्याचे हे अंदाज बऱ्यापैकी बरोबर आले होते. पण यंदा मात्र हा अंदाज साफ चुकला आहे. दक्षिण भारतात बहुतेक ठिकाणी पावसाळ्याच्या सुरुवातीलाच पूर येऊन गेले. महाराष्ट्रात जेव्हा सामान्य पाऊस पडतो तेव्हाही, दरवर्षी उन्हाळ्यात पाणी टंचाई जाणवते, कारण पावसाच्या वेळी पडलेलं पाणी वाहून जाऊन परत समुद्राला मिळतं. महाराष्ट्रभरात कितीतरी गावांना दरवर्षी उन्हाळ्यात टँकरनं पाणी पुरवावं लागतं. याचा त्या भागात किती पाऊस पडला याच्याशी फारसा संबंध नसतो.

या पार्श्वभूमीवर पाणी जेव्हा आणि जितकं उपलब्ध होईल तेव्हा ते साठवून ठेवण्याच्या तंत्रांना अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झालं आहे. जेव्हा उपलब्ध असेल तेव्हा पाणी साठवून ठेवणे हा काही नवा विचार नाही. पाणी साठवण्याच्या आणि उपलब्ध पाणी अधिकाधिक कार्यक्षमतेने वापरण्याच्या अनेक पारंपरिक पध्दती लोकांनी अनुभवातून

विकसित केल्या आहेत. एक कार्यक्षम पारंपरिक पध्दत राजस्थानात बघायला मिळते.

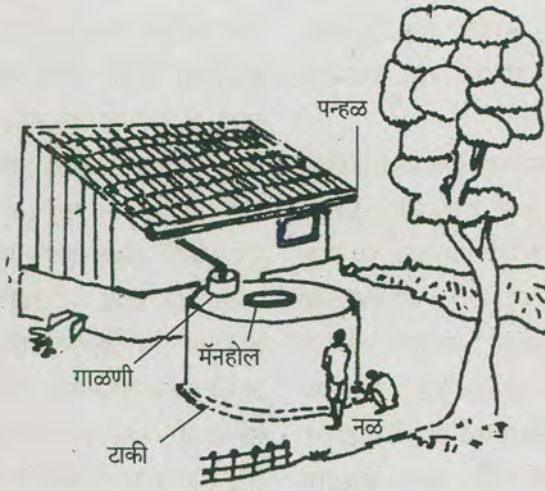
थरच्या वाळवंटात पावसाचं पाणी साठवून वर्षभर वापरता यावं यासाठी स्थानिक लोकांनी कुंड बनवलेली दिसतात. साधारण बशीच्या आकाराच्या खोलगट भागाच्या मध्यभागी जमिनीखाली असलेली पाण्याची गोलाकार टाकी म्हणजे कुंड. कुंडाच्या बाजूच्या जागेचा उतार सर्व बाजूंनी कुंडाच्या दिशेने असल्याने या जागेत पडणारं पावसाचं पाणी चोहो बाजूंनी कुंडाच्या दिशेने वहात येतं. पाणी कुंडात पडण्यासाठी सर्व बाजूंनी जाळ्या लावलेल्या झडपा ठेवलेल्या असतात. जाळीमुळे कचरा अडवला जातो. साप, उंदीर किंवा इतर प्राणीही आत जाऊ शकत नाहीत. कुंड वरच्या बाजूने पूर्ण बंद केलेलं असतं. आत बादली घालून पाणी काढता यावं यासाठी वर एक झडप ठेवलेली असते.

कुंडाच्या आतल्या भिंती सिमेंट किंवा चुन्याने लिंपलेल्या असतात. पावसाळ्यात कुंडात किती पाणी साठवता येईल, हे कुंडाभोवतालच्या बशीचं क्षेत्रफळ आणि उतार या दोन गोष्टींवर अवलंबून असतं. ही बशी नैसर्गिकरित्या उपलब्ध नसेल, तर कृत्रिम उतार देऊन तयार केली जाते. बशी तयार करण्याचंही एक तंत्र आहे. प्रथम निवडलेल्या क्षेत्रफळातील सर्व झाडं, झुडप,

गवत काढून टाकलं जातं. मग या जागेला कुंडाच्या दिशेने २-३ टक्के उतार दिला जातो. हे करताना जवळपासच्या तलावातून किंवा नदीतून गाळाची माती आणून त्याने बशीचा पृष्ठभाग सारवून घेतला जातो. कुंडासाठी निवडलेल्या जागेत मातीच्या पातळ थराखाली चुनखडीचा थर असला, तर त्यात पाणी झिरपून जातं. अशा ठिकाणी आधी मुरूम टाकून घेतला जातो. जमिनीची सच्छिद्रता कमी करण्यासाठी कोळशाच्या राखेचाही वापर केला जातो. पावसाळ्यापूर्वी कुंडाभोवतालची बशी नीट स्वच्छ केली जाते. या जागेवर माणसांच्या आणि गुरांच्या वावराला मनाई असते.

अशा प्रकारची पारंपरिक कुंडे पश्चिम राजस्थानच्या दुष्काळी प्रदेशात जास्त आढळतात. कारण या भागात पाऊस तर कमी पडतोच, पण भूजलही खारट आहे. या भागातील पर्जन्यमानाची आकडेवारी पाहिली असता, इथल्या बहुतेक भागात वर्षातील ४-६ दिवस सरासरी २५ मिमी पाऊस पडतो असं दिसतं. २४६३ चौ. मी. क्षेत्रफळाच्या बशीच्या मध्यावर असलेलं साधारण ५६ मी. व्यासाचं कुंड इतक्या पावसावर २,४६,००० लि. पाणी साठवू शकतं.

राजस्थानातील खेड्यांमध्ये कुंडे बांधण्याची परंपरा खूप जुनी आहे. आज अस्तित्वात असलेलं सर्वात जुनं कुंड १६०७



साली बांधलेलं आहे. पण ही परंपरा त्याहीपेक्षा जुनी असावी असं वाटतं. ही कुंडे नसती, तर या वाळवंटी प्रदेशात मनुष्यवस्ती टिकून राहणं अशक्य होतं.

अर्थात ही पध्दत सर्व ठिकाणी वापरता येणार नाही. अशा प्रकारे पाणी साठवण्यासाठी मोठ्या क्षेत्रफळाच्या मोकळ्या सपाट किंवा सौम्य उताराच्या जागेची आवश्यकता आहे. राजस्थानच्या वाळवंटी प्रदेशासारख्या विरळ लोकवस्तीच्या आणि मैलोन्मैल सपाटी असलेल्या प्रदेशात हे सहज शक्य असलं, तरी महाराष्ट्रासारख्या दाट लोकवस्तीच्या आणि डोंगरदऱ्यांनी भरलेल्या प्रदेशात कुंडासाठी अनुकूल जागा सापडणं अवघडच आहे. पण तरीही कुंडामागची संकल्पना अनुरूप बदल करून वापरणं मात्र शक्य आहे. मोठ्या क्षेत्रफळावर पडणारं पाणी गोळा

करून साठवून ठेवण्याच्या संकल्पनेचं आधुनिक रूप म्हणजे घराच्या छपरावर पडणारं पाणी गोळा करून त्याची साठवणूक करणं. अशा प्रकारच्या यंत्रणेचं प्रातिनिधिक चित्र सोबत दाखवलं आहे.

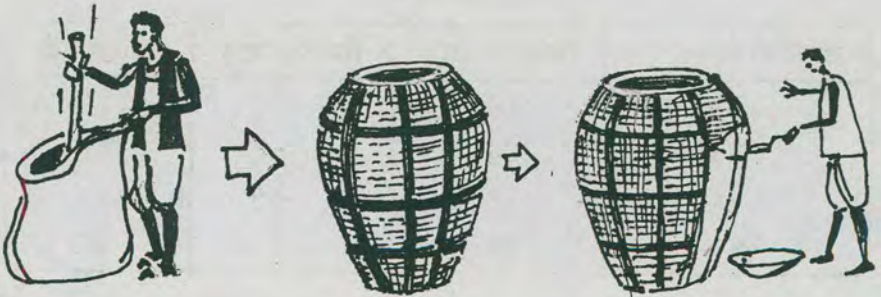
जमिनीवरचे पाण्याचे साठे (तलाव, नद्या, नाले, ओढे, इ.) अपुरे पडू लागल्यावर माणसाने भूजलाकडे मोर्चा वळवला आहे. विंधन विहिरी खणून जमिनीच्या पोटात साठलेले पाणी बाहेर काढून वापरले जात आहे. काही वेळा पावसाचंच पाणी सच्छिद्र खडकांतून आत झिरपून हे पाण्याचे साठे तयार झालेले असतात. पण काही ठिकाणी हे लक्षावधी वर्षांपूर्वी भूपृष्ठाखाली साठलेलं खनिज पाणी असतं. असं पाणी बाहेर काढून वापरलं गेलं, की कायमचं संपून जातं. काही वेळा विंधन विहिरींनी भूमिगत झऱ्यातून पाण्याचा उपसा केल्यामुळे जवळच्या मोठ्या

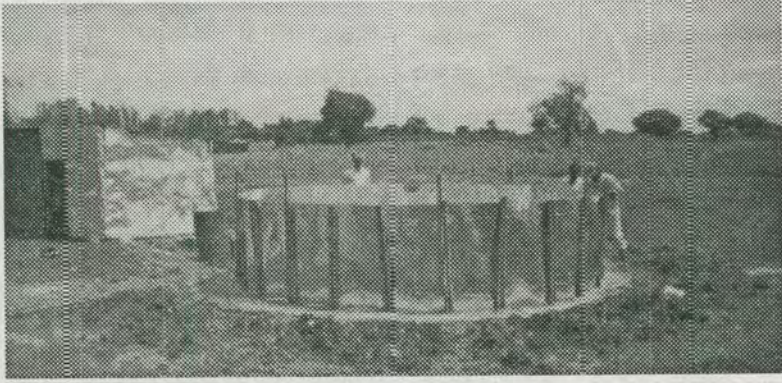
विहिरीचा जलस्रोत बंद पडतो. कोरड्या पडलेल्या विंधनविहिरीचा वापर करून भूगर्भातील पाण्याचं पुनर्भरण करता येऊ शकतं. यासाठीही इमारतींच्या छपरांवर पडणारं पाणी गोळा करून वापरता येतं. पुनर्भरणाची व्यवस्था करण्यासाठी सेंट्रल ग्राऊंड वॉटर अथॉरिटी यांच्या वेबसाईटवर सचित्र उपयुक्त माहिती मिळते. त्यासाठी www.cgwaindia.com/home.htm ही साईट जरूर पहा.

गाझियाबाद पध्दत

पावसाचं पाणी साठवून वर्षभर वापरायचं असेल, तर ते साठवण्यासाठी कशा प्रकारच्या टाक्या वापरायच्या याचा नीट विचार करायला हवा. सर्वसाधारणतः विटा आणि सिमेंटची टाकी बांधायची म्हटली किंवा प्लास्टिकची टाकी वापरायची म्हटली तर त्याचाच खर्च इतका येतो, की नको ते पाणी साठवणं, असं वाटायला लागतं. गाझियाबाद येथील स्ट्रक्चरल इंजिनिअरिंग रिसर्च सेंटरने यावर एक उपाय शोधून काढला आहे. पाणी

साठवण्यासाठी त्यांनी फेरोसिमेंटच्या टाक्या बनवण्याचं तंत्र विकसित केलं आहे. ही टाकी वापरणाऱ्याला पाहिजे त्या आकाराची व आकारमानाची बनवता येते. ही टाकी बनवण्याची पध्दत शेजारच्या चित्रात दाखवली आहे. ही टाकी बनवण्यासाठी एक पोतं घ्यायचं. त्यात पालापाचोळा किंवा पेंढा भरून त्याला हवा तो आकार द्यायचा. मग २२ ते २६ गेजच्या तारेची जाळी या पोत्याभोवती गुंडाळायची. टाकीला मजबुती देण्यासाठी तारेच्या जाळीला ठराविक अंतरावर उभ्या तसंच आडव्या लोखंडी शिगांचा आधार देता येईल. आता सिमेंट-वाळूचं योग्य प्रमाणात मिश्रण बनवायचं. सिमेंट व वाळूचं प्रमाण एकास अडीच ते तीन इतकं घ्यावं आणि त्यात आकारमानाच्या ०.४५ पट पाणी घालावं. पाण्यात कालवलेलं हे मिश्रण तारेच्या जाळीनं बांधलेल्या पोत्यावर थापायचं. मिश्रणाचे दोन थर द्यावे लागतात. दुसरा थर पहिल्या थरानंतर २४ तासांनी द्यावा. टाकीच्या भिंतीची जाडी १० ते १५ मिमी





इतकी येईल याप्रमाणे हे दोन थर द्यावे. टाकीसाठी वापरलेल्या जाळीच्या तारेचं गेज, सिमेंट-वाळूच्या मिश्रणाचं प्रमाण आणि सिमेंटच्या थराची जाडी या तिन्ही गोष्टी टाकीच्या क्षमतेवर अवलंबून आहेत. (कोष्टक १ पहा.) दोन्ही थर देऊन झाल्यावर २४ तासांनी पोत्यातला पालापाचोळा काढून टाकायचा, आणि पोतं काढून घ्यायचं. दहा दिवसांनी टाकी वापरायला तयार होते.

आरतीने विकसित केलेली पध्दत पाणी साठवण्याची टाकी बनवण्याची

आणखी एक सोपी पध्दत अॅप्रोप्रिएट रुरल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूट (आरती) या संस्थेनं विकसित केली आहे. सुमारे दहा हजार लिटर क्षमतेच्या या टाकीचा खर्च फक्त दहा हजार रूपये एवढाच येतो. ही टाकी बांधण्यासाठी सुमारे साडेतीन मीटर व्यासाचा व जमिनीच्या वर सुमारे १५ ते २० सें.मी. उंचीचा सिमेंटचा गोल चौथरा बांधून घ्यावा. हा चौथरा बांधत असतानाच त्याच्या परीघावर दर ३०-३० सें.मी. वर एक याप्रमाणे बांबूच्या काठ्या उभ्या कराव्यात. काठी उपसून येऊ नये यासाठी तिला तळाकडील बाजूला एक

कोष्टक १

टाकीची क्षमता लि.	सिमेंटची जाडी	सिमेंट : वाळू	तारेचे गेज
४००	१०	१ : ३	२६
६००	१०	१ : ३	२४
९००	१२	१ : २.५	२४
१५००	१५	१ : २.५	२२

शैक्षणिक संस्थांसाठी पाणी साठविण्यासाठी योजना

ग्रामीण भागातील कोणत्याही शिक्षण संस्थेने शैक्षणिक संदर्भची एक वर्षाची वर्गणी भरल्यास त्या शाळेला आरती संस्थेची स्वस्त पाण्याची टाकी अगदी मोफत मिळू शकते. यासाठी संदर्भच्या पत्त्यावर ३१ डिसेंबर २००२ पर्यंत अर्ज पाठवावा. अर्जांमध्ये आपली शाळा कोणत्या भागात आहे. याचा स्पष्ट उल्लेख करावा. तसेच अर्जासोबत शैक्षणिक संदर्भच्या एक वर्षाच्या वर्गणीपोटी रु. १२५/- चा डिमांड ड्राफ्ट पाठवावा. आपली चालू वर्गणी भरलेली असल्यास ती संपण्याच्या तारखेपासून पुढील एक वर्षासाठी ही वर्गणी धरली जाईल.

लाभार्थी शाळांची नावे डिसेंबर ०२ - जानेवारी ०३ च्या अंकात प्रसिध्द केली जातील. या योजनेला भारत सरकारच्या वन व पर्यावरण मंत्रालयातर्फे अर्थसहाय्य मिळणार आहे.

आडवं भोक पाडून त्यातून लोखंडाची सुमारे १५ सें.मी. लांब व एक सें.मी. व्यासाची शीग ओवावी. बांबूची एकूण लांबी १५०सें.मी. असून त्यापैकी ३० सें.मी. सिमेंटचा कट्टा व जमीन यांच्यात मिळून गाडलेले असावेत व उरलेले १२० सें.मी. कट्ट्याच्या वर असावेत. अशा तऱ्हेने बनलेल्या बांबूच्या कुंपणाच्या आत १२० सें.मी. पट्ट्याचा गॅल्व्हनाइज केलेला २० गेजचा पत्रा बसवावा. या रचनेत पॉलिथीनचे जलाभेद्य कापड बसवले की झाली टाकी तयार. ज्या ठिकाणी सुमारे १५० सें.मी. पाऊस पडतो. त्या ठिकाणी ही टाकी पावसाच्या पाण्यानेच भरता येईल. पण जिथे कमी पाऊस पडतो, तिथे ही टाकी छपरावरचे

पाणी गोळा करून साठवायला वापरता येईल. टाकी पाण्याने भरल्यावर तिच्यावर काळ्या अपारदर्शक प्लास्टिक कापडाचा दादरा बांधून टाकला, की हे पाणी वर्षभर टिकते.

पावसाचे पाणी गोळा करून साठवून ठेवण्याच्या या आणि अशा तंत्रांना पाण्याचा काटकसरीने वापर करायच्या सवयीची जोड दिली, तर पाणीटंचाईच्या समस्येवर मात करणे अवघड नाही. तुमच्या शाळेत, गावात या तंत्राविषयी माहिती देऊन तुम्ही या कामी हातभार लावू शकाल.



लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे, काशीबाई नवले कॉलेज ऑफ विमेन इंजिनियरिंगमध्ये भौतिकशास्त्र शिकवतात. आरती संस्थेतील संशोधनात सहभाग.

लेख प्रसिध्दीसाठी भारत सरकारच्या वन व पर्यावरण मंत्रालयातर्फे अंशतः अर्थसहाय्य मिळाले आहे.

सभासदत्वाचा नमुना फॉर्म

वार्षिक सहा अंक	किंमत	हवे असतील त्यापुढे ✓ खूण करा.
ऑगस्ट १९ ते जुलै २००२ मधील १५ सुटे अंक	रु. २४०/-*	
वार्षिक वर्गणी ऑगस्ट २००२ ते जुलै २००३	रु. १२५/-	
एकूण	बँक ड्राफ्ट / चेक ⁺ /मनी ऑर्डर	

*(पोस्टेजसाठी रु. ३५/- जादा पाठवावेत.)

शैक्षणिक संदर्भच्या वर्गणीसाठी रु.

बँक ड्राफ्ट/चेक/मनीऑर्डरने संदर्भ च्या नावे पाठविली आहेत.

+(गावाबाहेरच्या चेकसाठी वरील रकमेवर रु. १५/- अधिक पाठवावेत.)

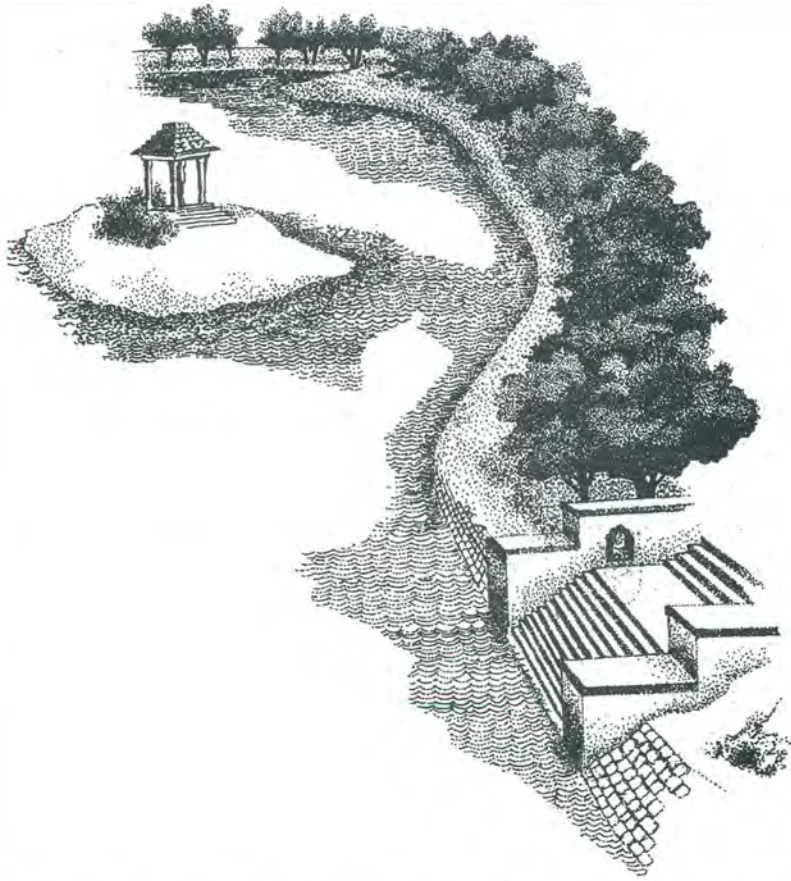
नाव _____

पत्ता _____

सही


तारीख

संदर्भ, द्वारा पालकनीती परिवार,
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.



६ सैंकड़ों हाथ मिट्टी काटते हैं । सैंकड़ों हाथ पाल पर मिट्टी डालते हैं । धीरे-धीरे पहला आसार पूरा होता है, एक स्तर उभर कर दिखता है । फिर उसकी दबाई शुरू होती है । दबाने का काम नंदी कर रहे हैं । चार नुकीले खुरों पर बैल का पूरा वजन पड़ता है । पहला आसार पूरा हुआ तो उसपर मिट्टी की दूसरी तह डलनी शुरू होती है । हर एक आसार पर पानी सींचते हैं, बैल चलाते हैं । सैंकड़ों हाथ तत्परता से चलते रहते हैं, आसार बहुत धीरज के साथ धीरे-धीरे उठते जाते हैं । ७

‘आज भी खरे हैं तालाब’ या गांधी शांती प्रतिष्ठान या संस्थेने प्रकाशित केलेल्या पुस्तकातील हे चित्र. दोनशे वर्षापूर्वीपर्यंत देशभरात असे तलाव बनवले जात. समाजजीवनाशी अन् पर्यावरणाशी या तलावांचं नातं कसं जुळलेलं होतं, ते या पुस्तकात आपल्याला पहायला मिळेल. या अंकातील ‘पाणी साठवणे - काळाची गरज’ या लेखात राजस्थानात बनवल्या जाणाऱ्या तलावाबद्दल उल्लेख आहे.



शैक्षणिक संदर्भ - ऑक्टोबर - नोव्हेंबर २००२ RNI Regn. No. : MAHMAR/1399/3913

मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिमा सहस्रबुद्धे यांनी
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.