



श्री. अशोक कोठारे

व्यावहारिक  
निसर्गशेती

अभ्यासक्रम

भाग ५ व ६

# व्यावहारीक निसर्ग शेती अभ्यासक्रम

लेखक : श्री अशोक कोठारे

ashokkothare@gmail.com

या पुस्तकातील लेखनाचे सर्व हक्क लेखकाकडे सुरक्षित असून पुस्तकाचे किंवा त्यातील अंशाचे पुनर्मुद्रण किंवा इतर रूपांतर करण्यासाठी लेखकाची लेखी परवानगी घेणे आवश्यक आहे. तसे न केल्यास कायदेशीर कारवाई होऊ शकते.

ई साहित्य प्रतिष्ठान

G1102, Eternity, Eleventh floor

Eastern Express Highway. Thane, 400604

**www.esahity.com**

**esahity@gmail.com**

©esahity Pratishtan®2018

- विनामूल्य वितरणासाठी उपलब्ध.
- आपले वाचून झाल्यावर आपण हे फॉरवर्ड करू शकता.
- हे पुस्तक वेबसायटवर ठेवण्यापुर्वी किंवा वाचनाव्यतिरिक्त कोणताही वापर करण्यापूर्वी साहित्य प्रतिष्ठानची लेखी परवानगी घेणे आवश्यक आहे.

व्यावहारीक निसर्ग शेती

अभ्यासक्रम

भाग पहिला

विषय: वनस्पतीचे काया शास्त्र

धडे ५ व ६

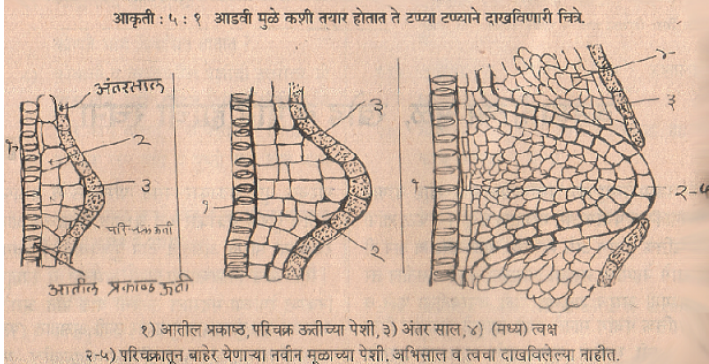
# धडा ५ वा

धडा पांचवा

## वनस्पतीच्या मूळ, खोड व पाने ह्यांची रचना

वनस्पतीच्या पांच पंचांगातील मूळ, खोड व पाने ह्यांना **नित्य पंचांगे** असे म्हणतात. उरलेल्या दोन म्हणजे फुल व फळ ही **नैमित्तिक पंचांगे** समजली जातात. मूळ, खोड व पाने ही नेहमीच असावी लागतात कारण त्यांच्या शिवाय वनस्पती असू शकत नाही म्हणून त्यांना नित्य असे समजले जाते. फुले व फळे कधी असतात अथवा नसतात सुद्धा म्हणून त्यांना नैमित्तिक असे समजले जाते. नित्य पंचांगांची माहिती व्यवस्थितपणे झाली तर वनस्पतीचे व्यवस्थापन करणे सोपे होते म्हणून ती ह्या धड्यात आपण करून घेणार आहोत. वनस्पतीत एकदल व द्विदल असे दोन प्रमुख प्रकार आढळतात व ते त्यातील उगवतांना बाहेर येणाऱ्या पानाच्या संख्येवर अवलंबून असते. **एकदल** प्रकारच्या वनस्पतीत अंकूर फुटतांना मोडातून एकच दल (पान) बाहेर येते म्हणून त्यांना एकदल म्हणतात इंग्रजीत त्यांना **मोनोकोटिलेडॉन** म्हणतात. कॉटिलेडॉन म्हणजे दल अथवा पहिले पहिले पान. **द्विदल** प्रकारच्या वनस्पतीत उगवताना मोडातून दोन दल बाहेर येतात. इंग्रजीत त्यांना **डिकॉटिलेडॉन** म्हणतात. सर्व गवते एकदल प्रकारात येतात आणि इतर सर्व द्विदल प्रकारात येतात. ह्या दोन प्रकारच्या वनस्पतीत असलेले भाग वेगळ्या रचनेचे असतात. तसेच संजीवकांचे प्रभावा बाबतसुद्धा त्यात फरक असल्याचे आढळून येते.

### द्विदल वनस्पतीच्या बुंध्याची रचना —



अशा वनस्पतीत खोडांगाचे विविध भाग जसे जड, बुंधा, मुख्य फांद्या, उपशाखा, डाहळ्या हे सर्व एकमेकात असे काही मिसळलेले असतात किं, त्यांच्यातील सांधा ओळखता येत नाही. सर्व एकरूपच असे वाढत असतात. त्यामुळे त्यांची अंतर्गत

रचना सारखीच असते. त्यात दिसणारा भाग सालीचा असतो. तीच कात अथवा बाह्यसाल (एपिडर्मिस) असते. त्याच्या आत त्वक्षाच्या ऊतीचे अनेक थर असतात. त्यातील बाह्यसालीला लागून जो थर असतो त्याला आंतरसाल (हायपोडर्मिस) म्हणतात. त्वक्षाच्या एकंदर जाडीचे स्थूलमानाने तीन विभाग दिसून येतात. बाहेरील भागास अंतरसाल, मधील भागाला मध्यत्वक्ष व आतील भागाला अभिसाल असे म्हणतात. जेव्हा फक्त त्वक्ष असा उल्लेख होतो तेव्हा त्यात ह्या सर्व तिनही भागांचा समावेश आहे असे समजावे. त्वक्षाच्या ऊती थराच्या आत परीचक्राचे ऊती थर असतात. परीचक्रात प्रामुख्याने परिकाष्ठ व प्रकाष्ठ ऊती असतात. निरनिराळ्या द्विदल वनस्पतीत ह्या रचना विविध असतात त्यामुळे त्या बद्दल एवढाच ठोकताळा मांडता येईल. तरीसुद्धा एक गोष्ट कायम असते किं, परिकाष्ठ बाहेरच्या बाजूस व प्रकाष्ठ आतल्या बाजूस असतात. परीचक्र पूर्ण चकराकार असते. परिकाष्ठ व प्रकाष्ठ ऊतींचे पुंजके चक्राकार सर्व बुंध्यात त्वक्षाच्या आत रचलेल्या अवस्थेत असतात.

दोन पुंजक्यात जी जागा असते त्यात निकाषाच्या ऊती असतात. त्यांतून निकाष रेषांच्या मृदुसाल ऊतींच्या पेशींची वाढ होत असते. परीचक्राच्या पुंजक्याना लागून वाहिनी ऊतीचे पुंजके असतात. त्यात पुष्टकार ऊती असतात. पहा तिसऱ्या धड्यातील आकृती ५ व धडा ४ मधील आकृती ५. वरील रचने वरून द्विदल वनस्पतीतील बुंध्यात तसेच फांद्यात निरनिराळे भाग कशा क्रमाने असतात ते समजते. बाहेरून आत क्रम पाह्या, बाह्यसाल, आंतरसाल, मध्यत्वक्ष, अभिसाल, परीचक्र, त्यातील मोकळ्या जागेत गाभा व त्यात निकाष रेषा त्यानंतर आतल्या भागात वाहिनी ऊती व पुष्टकार ऊती असा क्रम असतो.

ही रचना वर्ध्निष्णू भागातील असते. अक्रिय भागात बाह्यसालीचे कातेत रुपांतर झालेले दिसते. बाकीच्या बाबतीत विशेष फरक नसतो. परीचक्रातील प्रकाष व परिकाष ऊती बारीक असतात. परंतु, वाहिनी ऊतीतील प्रकाष व परिकाष ऊती मोठ्या रुंद असतात. त्यांतून अन्नरस व पोषकरसाचा मुख्य स्रोत असतो. परीचक्रातील प्रकाष व परिकाष ऊतीतून स्थानिक भाग जसे पाने, डहाळ्या इत्यादींचा पुरवठा होत असतो. म्हणून त्या बारीक असतात.

## द्विदल वनस्पतीच्या मुळाची रचना —

मुळाच्या सालीला त्वचा म्हणतात. खोडाच्या सालीला वातावरणापासून संरक्षण देण्याचे काम असते परंतु, मुळातील त्वचेला त्यापेक्षा जास्त महत्वाचे काम असते. त्वचेतून लोमुळं (केशमुळ्या) असतात. त्यांच्या पृष्ठभागाच्या विशिष्ट रचनेमुळे मातीतील पाणी व त्यात विरघळलेले खनिज आणि इतर पदार्थ शोषले जातात. इंग्रजीत त्वचेला **एपिब्लेमा** किंवा **पिलिफेरस लेअर** असे म्हणतात. खोडाच्या सालीत बहुधा क्युटीन नांवाचा तेलकट पदार्थ असतो. त्यामुळे तो पृष्ठभाग प्रकाशात चकाकतो. त्याच्या ओषटपणामुळे त्या पृष्ठभागातून पाण्याचे आदान प्रदान होण्यास विरोध होतो. त्या उलट मुळात ते नसल्यामुळे पाण्याचे आदान प्रदान सहजपणे होऊ शकते. आकृती ५:१ पहा.

एरव्ही इतर सर्व साधारणपणे खोडाप्रमाणेच असते. नवीन बनलेल्या मुळीत पुष्टकार ऊती नसतात. परंतु, जून मुळात त्या असतात. पुष्टकार ऊतींतून पुष्ट करणारे पुष्टक संजीवक तयार होऊन मुळात पसरत असते. मुळातील त्वक्षाचे काम खोडापेक्षा थोडे वेगळे असते. त्वक्षातील पेशीत फिकट लवके असतात व पानाकडून आलेल्या अन्नरसातील जादा साखरेचे पिष्टात रुपांतर करण्याचे काम तेथे चालते. त्वक्षात असलेल्या आंतरपेशीय शिरांतून त्या वनस्पतीचे मूत्र जमा होते आणि रात्रीच्या प्रहरी ते जमिनीत सोडले जाते. त्वचेतील पेशीत पाण्याच्या विविध प्रकारांचे आदान प्रदान व्यवस्थित करण्याची रचना असते. त्यामुळे जेव्हा काही पेशी मातीतून पाणी शोषत असतात तेव्हा इतर काही पेशी मूत्र मातीत सोडत असतात. आंतरपेशीय शिरांतून जादा अन्नाचा साठा केला जातो. त्वक्षाच्या आंतरसालीत काष्ठशिरा पेशी असतात त्यामुळे विशेष मजबूती येते. मुळातील परीचक्रात अनेक हालचाली होत असतात. लोमुळांनी शोषलेले द्रव्य परीचक्रातील पेशीत पचवले जाते. म्हणजे त्या निर्जीव खनिजाचे पाणी, प्राणवायू व इतर पदार्थांचा संयोग वितंचकांच्या मदतीने करून त्या वनस्पतीस पोषक अशा सेंद्रीय पदार्थात रुपांतर होते. ही कामे परीचक्रातील ऊतीतील अनेक पेशी टप्या टप्याने करीत असतात.

परीचक्रातील ऊतीतून आडवी शाखामुळे तयार होतात. खोडाच्या बाबत आपण पाहिले आहे किं, तेथे फांद्या त्वक्षाच्या आंतरसालीतून बाहेर येतात म्हणजे फांद्यांचे व मुळातील शाखांची उगमस्थाने भिन्न आहेत. परीचक्रातील सक्रिय पेशी जमिनीतील नत्र वापरून अमिनो अम्ले व काही संजीवके, वितंचके तयार करतात. ती नंतर पोषकरसाच्या माध्यमाने इतर भागांना पुरवितात. परीचक्राच्या आत संधान ऊती मृदुसाल पेशींच्या असतात. पुष्कळदा प्रकाष व परिकाष ऊतींची गर्दी झालेली असते म्हणून तेथे निकाष दिसून येत नाही. वाहिनी ऊती मध्ये प्रकाष व परिकाष ऊतींचे वेगवेगळे गुच्छ तयार झालेले असतात. ते त्रिज्येत रचलेले असतात. मूळं जून झाल्यावर त्यांमध्ये पुष्टकार ऊती तयार होऊ लागतात. मुळातील त्वक्षाच्या ऊती पोषकरसाला प्रकाशात दाब

देऊन एकाद्या पंपाप्रमाणे ढकलत असतात. मुळ जेथे खोडाला मिळते (ह्या भागाला जड म्हणतात) तेथे पुष्टकार ऊतींची संख्या जास्त आढळते. संधान ऊतीचे रुपांतर पुष्टकार ऊतीत मुळं जून झाल्यावर होत असल्याचे आढळून येते.

## एकदल वनस्पतीतील खोडाची रचना —

बाह्यसालीतील पेशीत हिरवी लवके मोठ्या प्रमाणात असतात. त्याशिवाय क्युटीन हे तेलकट व चमकणारे द्रव्य बऱ्यापैकी असते. बाह्यसालीत श्वसन रंध्रे दिसून येतात. त्यामुळे एकदल वनस्पतीचे बुंधे सुद्धा प्रकाश संश्लेषण व कर्बग्रहण ही पानाची कामे करू शकतात. म्हणून तत्वतः एकदल वनस्पती द्विदलापेक्षा अन्न निर्मितीत जास्त कार्यक्षम असतात. बाह्यसालीच्या आतील बाजूस काष्ठशिरांचे थर असतात. त्या व्यवस्थेमुळे बुंधा मजबूत होतो. त्याच्या आंत मध्यवर्ती ऊती संस्था असते. त्यात मृदुसाल ऊतींचा गाभा तयार होतो. त्याचा परिणाम असा दिसतो किं, काही वेळा मध्यत्वक्ष बनत नाही. त्याचे काम मृदुसाल ऊती करतात. अभिसालीच्या आधाराने वाहिनी ऊतीचे गुच्छ पसरलेले असतात. त्यात प्रकाष्ठ व परिकाष्ठ ऊतीचे गुच्छ वेगवेगळे समुह करून त्रिज्येच्या रचनेत न रहाता एका बाजूस असे विभागून राहिलेले दिसतात. मृदुसाल ऊतींच्या गाभ्यात असंख्य पेशीशिरा असतात, त्यातून जादा अन्नाचा साठा केलेला आढळून येतो. एकदल वनस्पतीत पुष्टकार ऊती नसतात. त्या ऐवजी, मृदुसाल पेशी आढळतात. प्रकाष्ठ ऊतीतून काही नलिका ऊती आढळ्या पसरलेल्या असतात. त्या पोषकरसाचे वहन बाजूच्या भागात करतात. त्याशिवाय काही मृदुकाष्ठ ऊती असतात. प्रकाष्ठ ऊतीच्या भोवती काही अन्नांठी असतात. त्यांमध्ये अन्नरसयुक्त पाणी साठवलेले असते. परिकाष्ठ ऊती जाळीमय प्रकारच्या असतात. मृदू परिकाष्ठ खोडात आढळत नाहीत. अशा रचनेमुळे एकदल वनस्पतीचे बुंधे जास्त रसाळ असतात.

## एकदल वनस्पतीच्या मुळांची रचना —

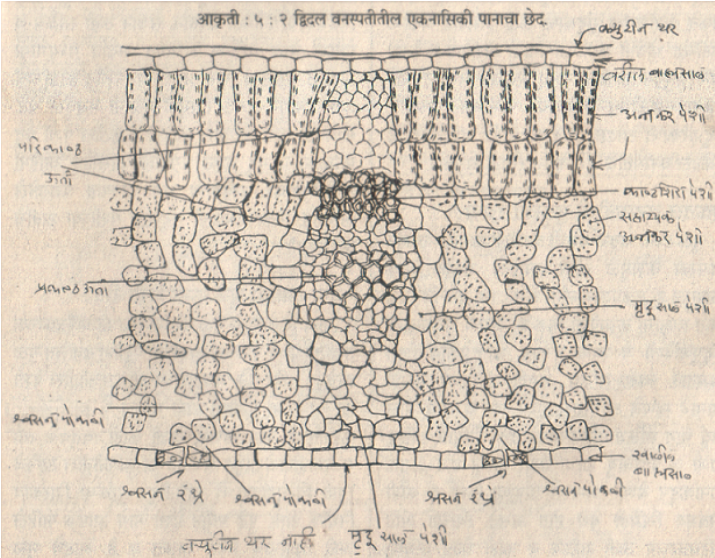
मूळत्वचा पातळ थरांची बनलेली असते. त्यातून असंख्य केशमुळं बाहेर आलेली असतात. एक केशमुळ ही एकपेशीय ऊती असते. मूळत्वचेच्या आंत त्वक्षाचा बऱ्यापैकी जाड थर असतो. मृदुसाल व मृदूपूर्णा पेशी व त्यात बऱ्याच आंतरपेशीय शिरा असतात. त्वक्ष सक्रिय असतो. त्वक्षाचे तीनही भाग म्हणजे अभिसाल, मध्यत्वक्ष व अंतरसाल हे सर्व सक्रिय असून पोषक द्रव्य निर्मिती, मातीतून घेतलेले खनिज, पाणी व वापशाच्या हवेतील प्राणवायू वापरून होत असते. दुसऱ्या शब्दात सांगावयाचे म्हणजे तेथे शोषलेल्या पदार्थांचे पचन होत असते. पानांकडून आलेला अन्नरस वापरून उर्जा उत्पन्न होत असते. त्यातून काही अवयव निर्मिती येथे होत असते. त्यांच्या आंत परीचक्राच्या ऊती सक्रिय व बऱ्याच वेळा वर्धिष्णू असतात, त्या बारीक असतात. प्रकाष्ठ व परिकाष्ठ ऊतींच्या बेचकित मृदुसाल ऊती असतात. त्यांना **संधान ऊती** असे म्हणतात. मुळ जर लहान असेल तर तेथे फक्त संधान ऊती असतात. ह्या संधान ऊतीतून मुळं काही वितंचकांची निर्मिती करत असतात. संधान ऊती सक्रिय व बऱ्याच वेळा वर्धिष्णू असतात. मध्यभागी निकाष्ठ असते. निकाष्ठात असलेल्या पेशींत काष्ठांगाचे प्रमाण भरपूर असते. त्यामुळे मुळांना मजबूती येते. मध्यवर्ती ऊती संस्थेतील वाहिनी ऊतीतील पेशी मृदु परिकाष्ठ व मृदु काष्ठ वर्गातील असतात. वाहिनी ऊतीचे गुच्छ भरपूर व सर्व गाभ्यात पसरलेले असतात. निकाष्ठाभोवती मृदुसाल पेशींच्या ऊतींचे कडे असते.

## नवीन आडवी मुळं फुटण्याची रीत –

मूळांतून जी आडवी मुळं निघतात ती परीचक्राच्या ऊतीतून फुटतात. त्वक्षाच्या पेशींना ढकलत ती मुळं त्वचे बाहेर येतात. सुरुवातीला अंतरसालीतील पेशी ह्या कोवळ्या मुळांची टोपी म्हणजे, मुळागाचे काम करतात. हे काम म्हणजे, अशी काही वितंचके त्या मुळागातील पेशींतून स्रवतात किं, जमिनीतील खनिजे त्यात विरघळतात आणि त्या कारणाने ही मुळागे जमिनीतील दगडातसुद्धा सहजपणे घुसत पसरत जातात. ते होत असतांना विरघळवून जे रस तयार होतात ते ही मुळं शोषून घेत त्यातील आवश्यक ते खनिज पचवून आत्मसात करीत असतात. त्या मागेमागे नवीन पेशी बनत असतात व हे आडवे मूळ जमिनीत घुसत पुढे जात रहाते. परीचक्रातील पेशी जी प्रेरक संजीवके तयार करते व खोड, मूळ ह्यांच्या जोडातील पेशींकडून जी पुष्टक संजीवके व जीवनसत्त्वे उपलब्ध होतात त्याच्यामुळे ही आडवी मुळं तयार होण्याचे काम सतत चालू रहाते. समजा, जमिनीची जडणघडण अशी आहे किं, मुळागातील वितंचके त्यांतील खनिजे अथवा जे अडचण करणारे असेल ते विरघळवू शकत नाहीत तर, अशा परिस्थितीत मुळांना विरोध होऊन वाढ थांबते, अंतरिक विरोध सुरु होतो आणि त्यामुळे कधी मुळांची वाढ बंद पडून ती वनस्पती मरून जाण्याची शक्यता असते. त्यासाठी जमिनीची घडण पिकाला सुयोग्य आहे ते पहाणे जरूरीचे असते. नांगरणी व इतर मशागतीची कामे त्यासाठी आवश्यक असतात. कधी असे खनिज मातीत असते किं, त्याचे शोषण होण्यामुळे वनस्पतीला विषबाधा होण्याची सुद्धा शक्यता असते. अशी खनिजे शेतातून काढून टाकावी लागतात. ते काम मशागतीत केले जाते. जर न विरघळणारा पृष्ठभाग मुळाच्या आड आला तर मुळं दिशाबदलून त्या पृष्ठभागाला टाळतात व बाजूने वाढत जातात. असे प्लास्टीकच्या पिशवीत दिसून येते. जेव्हा रोपवाटिकेत मुळं तशा पिशवीत वाढतात तेव्हा त्यात मुळांचा गोळा झालेला दिसून येते. शेतात सुद्धा पिकांची मुळं शेताबाहेर वाढू नयेत म्हणून जाड (किमान ३ मीमी) प्लास्टीकच्या पदराचा वापर भुमिगत भिंती प्रमाणे करण्याची शिफारस असते. तसेच बाहेरील झाडांची मुळं शेतात घुसून शेतातील पोषक पदार्थ खाऊन टाकू नयेत म्हणूनसुद्धा अशी जाड प्लास्टीकची भुमिगत भिंत टाकावी लागते.

## एकदल व द्विदल वनस्पतींच्या पानांची रचना –

एकदल व द्विदल ह्यांच्या पानांच्या रचनेतसुद्धा बराच फरक असतो. द्विदलच्या पानांना एकनासिका पाने



असे म्हणतात. कारण, ती पाने त्यांच्या एकाच बाजू कडून प्रकाश संश्लेषण करतात. एकदलच्या पानांना दोनासिका पाने असे म्हणतात कारण, ती पाने त्यांच्या दोनही बाजूने ते काम करतात. म्हणून एकदलची पाने उभी रहातात जेणेकरून त्यांच्या दोनही बाजूंना सारखाच सूर्यप्रकाश मिळावा. द्विदलची पाने आडवी असतात व सक्षम पृष्ठभाग वरच्या बाजूस सूर्याला समोर असा असतो. इंग्रजीत एकनासिका पानाला डॉरसिक्ट्रल लिफ असे म्हणतात. दोनासिका पानाला बिलॅटरल लिफ असे म्हणतात. आकृती ५:२ पहा.

## एकनासिका पान रचना —

द्विदल वनस्पतीत अशी पाने असतात. आधी दिल्याप्रमाणे एक बाजू प्रकाश संश्लेषण करीत नाही त्या बाजूत श्वसन व इतर कामे जसे कर्बग्रहण करावे लागते. तिथे बाह्य सालीला **श्वसन रंध्रे** असतात. दुसरी बाजू जिला **सूर्यबाजू** असे म्हणतात ती प्रकाश संश्लेषण करते. एकनासिका पाने जमिनीला समांतर रहावीत जेणे कारणे सूर्याचा प्रकाश वरील सूर्यबाजूवर चांगला पडावा हा उद्देश असतो. पानाच्या दोनही सपाट पृष्ठभागावर क्युटीनचा थर असतो. परंतु, श्वसन रंध्रे असलेल्या भागावर तो बेताचाच असतो. प्रकाश संश्लेषण करणाऱ्या पृष्ठभागावर तो जाड असतो. म्हणून ती बाजू भरपूर चमकते. ह्या चमकण्यावरून वनस्पतीचे आरोग्य ओळखता येते. म्हणजे चांगली चमक असणे चांगले समजले जाते. रोगट पानावरील हा थर बिघडलेला असतो. हे चमकणे सूर्यप्रकाशातील उष्णता लहरींना परावर्तित करून झाडाला थंड ठेवण्यास मदत करतो. आपल्या येथील परिस्थितीत हे जरूरीचे असते. आकृती ५:३ पहा.

एकनासिका पानाचा छेद घेतल्यास त्याच्या अंतरंगाचे चार प्रमुख भाग असल्याचे दिसून येते. सूर्यबाजूची



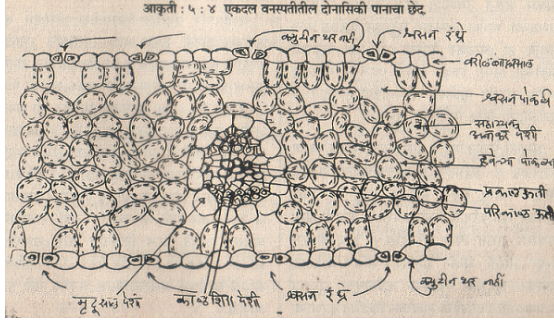
साल पारदर्शक असते. त्यावर क्युटीनचा थर (वरचा थर) असल्यामुळे प्रकाश लहरी आत जातात परंतु, उष्णता लहरी व पाणी त्या बाजूने पानात फारसे शिरू शकत नाही. तसेच पानातील पाण्याचे बाष्पीभवन तेथून होत नाही. क्युटीन असलेले हे बाह्यसाल पातळ असते व त्यात हिरवी लवके नसतात. पानांच्या खालील सपाट बाजूस (खालचा थर) **नासिका बाजू** असे म्हणतात कारण तेथे श्वसन रंध्रे असतात. हा थर सुद्धा बऱ्यापैकी पारदर्शक असतो व त्याच्या पेशी जाडसर असतात. श्वसन रंध्रे असलेली ही एक पेशी असते. अशा पेशी त्या थरात ठिकठिकाणी आढळून येतात. त्यांचे विशेष असे किं, त्या बंद व उघडी होत असतात. त्या क्रियेमुळे हवेतील कर्बवायू अथवा प्राणवायू पानात खेचला

जात असतो. जेव्हा दिवसा प्रकाश संश्लेषण होत असते तेव्हा त्यानुसार ह्या श्वसन पेशी हवेतून केवळ कर्बवायू शोषत असतात व तो आतील सक्रिय पेशींमुळे कर्बग्रहण क्रियेत वापरला जातो. जेव्हा ते होत नाही तेव्हा (बहुधा रात्रीच्या वेळी व अंधून मधून दिवसा सुद्धा) त्यातून प्राणवायू शोषला जातो व तो वनस्पतीच्या जैविक क्रियांसाठी वापरला जातो तसेच अन्नरसात मिसळून वनस्पतीच्या इतर भागांकडे पाठविला जातो. म्हणजे, वनस्पतीत दोन प्रकारचे श्वसन होत असते. एक कर्बवायुचे व दुसरे प्राणवायुचे, दोनही क्रिया एकाच अवयवातून (श्वसन रंध्रे) होत असतात. ज्या पेशींतून प्रकाश संश्लेषण होते त्या पेशी मधल्या थरात असतात व त्यांत हिरवी लवके असतात. ज्यांच्यामुळे पानांना त्यांचा वैशिष्ट्यपूर्वक हिरवा रंग प्राप्त झालेला असतो. पानाच्या छेदात असे दिसते किं, मधील भागात वाहिनी ऊतीचे गुच्छ पसरलेले असतात. त्यातील मुख्य शिरा पानाच्या पृष्ठभागावर स्पष्टपणे दिसतात. त्या शिरांत प्रकाश वर्गातील मृदुकाष्ठ ऊती व नलिका ऊती असतात. ह्या नलिका ऊतीसुद्धा सर्व पानभर आडव्या पसरलेल्या स्पष्टपणे दिसतात. त्यांतून मूळाकडून येणारा पोषकरस पानातील सर्व भागाला पुरविला जात असतो. त्याशिवाय परिकाष्ठ वर्गातील जाळीमय मृदुकाष्ठ ऊती वाहिनींचे गुच्छ दिसतात. त्यांतून पानात तयार झालेले अन्नरस झाडाकडे वाहून नेण्याचे काम होत असते. त्यात काष्ठशिरा असतात. ह्या काष्ठशिरांमुळे पानाला एक प्रकारचा ताठरपणा येतो व ते ताठपणे आपला आकार राखून वाऱ्याला सामोरी जाऊ शकते. चौथ्या गाभ्याच्या थरात ज्याला **पानाचा गाभा** असे म्हणतात त्यात **अन्नकर मृदुसाल पेशी** संचाने असतात.



हा अन्नकर पेशींचा संच त्या पानाच्या जाडीच्या निम्मा इतका जाड असतो. अन्नकर मृदुसाल पेशींना इंग्रजीत **पालीसेड पॅरेन्चाईमा** असे म्हणतात. पानाच्या गाभ्याला **मेसोफिल** म्हणतात.

अन्नकर पेशींचे प्रमुख कार्य असते प्रकाश संश्लेषण व कर्बग्रहण करणे. त्याशिवाय शर्करेचे पिष्टात रुपांतर करणे व त्या अवस्थेत ते साठवून ठेवणे ही कामे अन्नकर पेशी करतात. अन्नकर पेशी ही एक पानाची खास व्यवस्था असते. त्यात **हरितद्रव्य** ज्याला इंग्रजीत **क्लोरोफिल** असे म्हणतात ते व इतर जीवरस भरपूर असतात. अन्नकर पेशी मृदुसाल वर्गातील असतात. त्या सक्रिय असतात. त्यांना कर्बवायुचा पुरवठा करण्यासाठी ज्या रंध्रपेशी असतात त्यांत हालचाल नियमित करणाऱ्या व इतर काम जसे, पिष्ट साठविणे ह्यासाठी **सहायक अन्नकर ऊती** असतात. पानाच्या जाडीचा मोठा हिस्सा त्यांचा असतो. साधारणपणे सहायक अन्नकर ऊती वाहिनी ऊतीला बिलगून असतात. त्यांत हवेच्या पोकळ्या असतात. ह्या पोकळ्या म्हणजे एका प्रकारच्या आंतर



पेशीय पोकळ्या असतात. श्वसन रंध्रातून आत आलेली हवा त्यात साठवलेली असते. ह्याला वनस्पतीची फुफ्फुसे म्हणता येईल. आकृती ५:३ पहा. आपल्या फुफ्फुसात ज्या जोराने आपण श्वास घेतो व सोडतो त्या मानाने येथे फारच हळूवारपणे ते काम होत असते. म्हणजे पाने फार सावकाशपणे श्वसन करीत असतात. जर शेतात वारे वहात असतील तर पानांना श्वसन व्यवस्थितपणे करता येत नाही म्हणून चांगले श्वसन होण्यासाठी शेतात वारे नसावेत असा एक नियम आहे.

अन्नकर पेशी व सहायक अन्नकर पेशी ह्यांची रचना व एकंदर कार्य पद्धती फारच गुंतागुंतीची असते. त्यांच्या सर्व हालचालीत श्वसन रंध्रांतील स्पंदन महत्वाचे असते. ते व इतर सर्वच क्रिया जीव-रसायनिक प्रकारातील असतात आणि त्यांचे नियमन वित्तचके करीत असतात. विशेष म्हणजे ही वित्तचके सुद्धा येथेच बनत असतात. त्यात ऊर्जागातील व परिकलातील डिएने व आरेने सुचना देण्याचे काम करतात. आकृती ५:२ पहा.

## दोनासिका पानांची रचना —

अशी पाने द्विदल वनस्पतीला असतात. अशा पानात दोनही सपाट बाजू सारख्याच रंगाच्या असतात. त्यात श्वसन रंध्रे व क्युटीन दोनही बाजूंना सारखेच विभागलेले असतात. ह्या पानात अन्नकर पेशींच्या ऐवजी सहायक अन्नकर पेशी असतात व त्या सर्व पानात भरपूर प्रमाणात पसरलेल्या असतात. त्यात हरित द्रव्य जास्त असते. त्यातील हवेच्या पोकळ्या सर्व गाभ्यात सारख्याच प्रमाणात पसरलेल्या असतात. प्रकाश व परिकाश ऊतींचे गुच्छ सारखेच सर्व भागात विखूरलेले असतात. ही पाने जमिनीला काटकोनात उभी रहावीत अशी व्यवस्था असते. कारण त्याच्या दोनही बाजूंवर सूर्यप्रकाश चांगला पडावा हा त्या मागील उद्देश असतो. अशा दुहेरी व्यवस्थेमुळे दोनासिका पाने जास्त कार्यक्षमतेने प्रकाश संश्लेषण व कर्बग्रहण क्रिया करतात असे दिसून येते. आकृती ५:४ पहा.

पानाचे आन्न निर्मिती कार्य योग्य प्रकारे होण्यासाठी वातावरणातून कर्बवायुचा पुरवठा पुरेशा प्रमाणात होणे जरूरीचे असते. दोनही प्रकारच्या पानांसाठी एकच कार्य पद्धती अस्त्याचे आढळून येते. पानाना आपल्या फुफ्फुसा प्रमाणे जोराने हवा खेचता येत नाही. श्वसन रंध्रात होणाऱ्या सुक्ष्म हालचालीमुळे त्या पेशीतील पोकळ्यात कमीदाबाची परिस्थिती उत्पन्न होते त्यामुळे वातावरणातील जास्त दाबाची हवा त्या पोकळ्यात घुसते. वातावरणातून अशारितीने सहजपणे जी हवा श्वसनरंध्रात घुसते त्यातील कर्बवायू, सहायक अन्नकर पेशीत किंवा अन्नकर पेशीत असलेले विशिष्ट रस स्रवत असतात, त्यात तो विरघळतो. तो विद्राव नंतर प्रकाशातून घेतलेल्या उर्जेच्या सहायाने विशिष्ट प्रक्रिया होऊन त्याद्वारा पहिली शर्करा तयार होते. हवेचे शोषण मंद गतिने होत असते त्याचा साधारण वेग एक तीन सेकंद एवढा असतो. जर हवा स्थिर असेल तर जास्तीत जास्त शोषण

होते. हवेतील कर्बवायू कोरडा असेल तर त्याचे शोषण होत नाही त्या करतां हवेत ओलावा (आर्द्रता) असावा लागतो. म्हणजे कर्बग्रहणाचे श्वसन होण्यासाठी केवळ सूर्यप्रकाश असून भागत नाही तर त्या बरोबर वातावरणातील आर्द्रता व कर्बवायुचे प्रमाण अशा दोन गोष्टी महत्वाच्या असतात.

## प्रश्नावली —

१. द्विदल वनस्पतीच्या बुंध्याची रचना सविस्तरपणे सांगा.
२. द्विदल वनस्पतीतील खोडांमधील निरनिराळ्या भागांचा क्रम बाहेरून आत कसा ते नांवे देऊन सांगा.
३. द्विदल वनस्पतीच्या मुळाची रचना सविस्तरपणे सांगा.
४. मुळातील ऊती संस्था कोणकोणती कामे करतात ते सांगा.
५. मुळातील व खोडातील ऊती संस्थांच्या कामातील फरक काय ते सांगा.
६. द्विदल मुळात संधान ऊती कोठे असतात ते सांगा.
७. एकदल वनस्पतीतील खोडाची रचना समजावून सांगा.
८. मुळातील त्वक्षाच्या ऊती प्रकाश वाहिनीतून पोषकरसाचे वहन कसे करतात ते सांगा.
९. एकदल वनस्पतीचे बुंधे जास्त रसाळ असतात त्याचे कारण काय?
१०. एकदल वनस्पतीच्या बुंध्यात पुष्टकार ऊती असतात कां?
११. एकदल वनस्पतीचे बुंधे कर्बग्रहण व प्रकाश संश्लेषण अशी, काम करतात ते कसे ते सांगा.
१२. एकदल वनस्पतीच्या मुळाची रचना समजावून द्या.
१३. मुळातून आडवी मुळं कोठल्या भागातून फुटतात ते सांगा.
१४. नवीन आडवी मुळं कशी तयार होतात?
१५. नाजूक केशमुळं खडक कसे फोडतात ते समजावून द्या.
१६. जमिनीची जडणघडण ह्याचा मुळांच्या वाढीवर कसा परिणाम होते ते सांगा.
१७. पानांच्या रचनेतील फरकामुळे त्याचे किती प्रकार पडतात? त्यांची नांवे द्या.
१८. एकनासिका पानाची रचना समजावून सांगा.
१९. श्वसन रंध्रे कशाला म्हणतात? त्याची माहिती द्या.
२०. द्विदल वनस्पतीची पाने कोणत्या प्रकारात येतात?
२१. श्वसन रंध्रे व श्वसनांग ह्यातील फरक समजावून सांगा.
२२. पाने वातावरणातील कर्बवायुचे शोषण कसे करतात ते सांगा.
२३. अन्नकर पेशींचे काम काय व त्या पानात कोठे असतात ते सांगा.
२४. सहायक अन्नकर पेशींचे कार्य काय ते सांगा.
२५. दोनासिका पानाची रचना समजावून सांगा.
२६. एकदल वनस्पतीची पाने अन्न निर्मितीत जास्त कार्यक्षम असतात त्याचे कारण काय?
२७. पाने किती प्रकारची श्वसने करतात ते सांगा.

# धडा ६ वा

धडा सहावा

## वनस्पतीचे पर्यावरण

ह्या धड्यात आपण सजीव वनस्पतीचा सजीवपणा ज्या क्रियांमुळे राखला जातो त्यांची व संबंधित असणाऱ्या पर्यावरणातील इतर गोष्टींची थोडक्यात माहिती करून घेणार आहोत. वनस्पतीवर पर्यावरणाचा मोठा प्रभाव असतो तो ह्या माहितीमुळे स्पष्ट व्हावा व वनस्पतीच्या कायाशास्त्रातील महत्वाच्या जीव-रसायनिक क्रियांचा परिचय व्हावा हा उद्देश आहे. ह्या अभ्यासामुळे शेती करतांना जल नियोजन, खत नियोजन व वातावरण नियोजनाचे नियम कोणते असावेत व ते तसे कां? हे समजणे सोपे होईल.

वनस्पतीची सजीवता व्यक्त करणाऱ्या गोष्टी अशा आहेत. श्वसन करणे, जमिनीतून पाणी व खनिजे ह्यांचे शोषण करणे, वनस्पतीची शाकीय व कायिक वाढ होणे, वनस्पतीला फुले व फळे धरणे, बी पासून नवीन तशीच वनस्पती उत्पन्न होणे. वनस्पतीला ह्या सर्व सजीवतेच्या गोष्टी यशस्वीरित्या करण्यासाठी काही पदार्थांची गरज असते तसेच काही क्रिया व परिस्थितींची गरज असते. जर ते पदार्थ, त्या क्रिया व परिस्थिती उपलब्ध नसतील तर वनस्पतीला तिची सजीवता जोपासणे अशक्य होते. ह्या सर्व गोष्टी म्हणजे, आवश्यक पदार्थ, आवश्यक क्रिया आणि परिस्थिती ह्यांना एकत्रितपणे वनस्पतीचे पर्यावरण असे म्हणतात. शेती करणे म्हणजे हे पर्यावरण सुयोग्य राखणे. शेती सातत्याने यशस्वी होत रहाण्यासाठी शेतकऱ्याला जी काही कामे करावी लागतात त्यांना शेतीची कामे असे आपण म्हणतो. जर ती कामे व्यवस्थितपणे झाली नाही तर शेती अयशस्वी होते. ही शेतीची कामे ज्या तंत्रात शिकविली जातात त्याला आपण शेतीचे शास्त्र असे म्हणतो. जरी प्रत्येक पिकासाठी आदर्श पर्यावरण राखणे नेहमीच शक्य नसले तरी जास्तीत जास्त चांगले कसे राखावे त्याची दखल शेतकऱ्याला घेणे आवश्यक असते, ते सर्व आपण ह्या अभ्यासक्रमाच्या सहायाने शिकणार आहोत. जेव्हा शेतकरी दोन अथवा त्याहूनही जास्त पिके एकाच शेतात किंवा नजिकच्या मळ्यात घेत असतात तेव्हा त्या सर्व पिकांची पर्यावरणाची गरज समान नसेल तर अनेक प्रश्न उपस्थित होतात. ते कसे हातळावयाचे ते सुद्धा आपल्याला ह्या अभ्यासक्रमातून पहावयाचे आहे. म्हणजे, मिश्र पीक घेतांना समान पर्यावरणाची गरज असलेली पिके घ्यावयाची असतात.

वनस्पतीला आवश्यक असणारे पदार्थ प्रथम पहावयाचे आहेत. ते असे, पाणी, प्राणवायू, कर्बवायू, खनिज पदार्थ (ह्यात बरेच येतात जसे, पालाश, नत्र, स्फुरद, गंधक, चुना, मँगनीज वगैरे) व काही इतर पोषक पदार्थ. पर्यावरणातील आवश्यक असणाऱ्या परिस्थिती अशा, जमिनीचे तापमान, वातावरणाचे तापमान, वायुवीजन, हवेतील आर्द्रता अथवा वाफसा, वापशाची परिस्थिती, वातनाची परिस्थिती, प्रकाश व अंधार, वारे व हवा. शेती व्यवस्थापनात शेतकऱ्याला ह्या विविध परिस्थितींचे परिणाम पिकावर कसे होतात ते माहीत असावे लागते म्हणजे ते योग्य राखून तो त्याची शेती उत्तमरित्या करू शकतो. शाश्वत शेतीच्या दृष्टीकोनातून ह्या सर्व बाबी एकेक करून पहावयाच्या आहेत. ज्या क्रियांमुळे पिकांचे पोषण होते त्या क्रिया अशा, पारगम्यता, प्रविस्रण, परास्रण दाब, दल विनिमय, बाष्पीभवन, बाष्पोत्सर्जन. ह्यांचा थोडक्यात परिचय करून घेऊया.

## पाणी —

वनस्पतीच्या मुलभूत अंगात म्हणजे पेशीत पाण्याचे प्रमाण साधारणपणे ७५ ते ९५ टक्के असते. म्हणजे वनस्पती बहुतेक पाण्याचीच बनलेली असते असे म्हंटले तर ते चुकीचे ठरू नये. तसे पाहिले तर सर्वच सजीवांच्या शरीरात पाणी स्थुलमानाने ८० टक्के असते. वनस्पतीला पाणी विविध रूपाने मिळत असते. मातीतून मुळांद्वारा थेट मिळते, हवेतून आर्द्राच्या रूपाने वनस्पतीचा काष्ठमय भाग रात्रीच्या प्रहरी शोषून तसे मिळते, काही पदार्थात पाणी रसायनिक संयुगाच्या रूपात धरून ठेवलेले असते अशा पदार्थातून ते पाणी जीव-रसायनिक क्रियांच्या मदतीने वनस्पती काढून घेते, विशेष करून जेव्हा सेंद्रीय खतांचा उपयोग केला जातो तेव्हा ते होत असल्याचे आढळून येते. अशा रीतीने वनस्पती पाणी मिळवत असते. शेतात पाणी देण्याच्या विविध पद्धती आज वापरात आहेत त्यांच्या कार्यक्षमतेनुसार शेताचे उत्पन्न कमीजास्त होऊ शकते म्हणजे पाणी कशाप्रकारे दिले त्यावर शेतीची कार्यक्षमता अवलंबून असते. मोकट सिंचन, अथवा पाटाने पाणी देणे, नेमके सिंचन, फवारा सिंचन, तुषार सिंचन, ठिबक सिंचन, धार सिंचन, झोट सिंचन, खोड सिंचन व पाऊस असे हे प्रकार असतात. सिंचन केवळ पाणी देण्याने साध्य होत नाही तर ते केव्हा दिले हे सुद्धा महत्वाचे असते. म्हणजे पाणी दिवसा देणे रात्री देणे असे फरक असतात. अधिक माहिती तिसऱ्या भागात पहावयाची आहे.

## प्राणवायू —

पाण्यापेक्षा प्राणवायुची गरज अधिक प्रकर्षाने जाणवते. वनस्पतीच्या पेशींना जी ऊर्जा लागते ती निर्माण करण्यासाठी प्राणवायू लागतो. वनस्पतीत प्राणवायू ऊर्जा निर्मिती पुरता मर्यादीत रहात नाही.

वनस्पतीच्या महत्वाच्या घटकांत काष्ठतंतू व काष्ठांग येतात. त्या दोघात प्राणवायुचे प्रमाण ४० ते ४३ टक्के एवढी असते. म्हणजे तिचे अर्धे अंग प्राणवायुचे बनलेले असते. त्यावरून वनस्पतीच्या जीवनात व वाढीत प्राणवायुचे स्थान किती अनन्यसाधारण आहे ते लक्षात येते. हा मुद्दा अधिक स्पष्ट करण्यासाठी आपण एक उदाहरण पाहूया. समजा, १ किलो वजनाचा लाकडाचा तुकडा आहे. त्यात प्राणवायुचे प्रमाण ४२० ग्रॅम आहे ह्यावरून प्राणवायुचे स्थान लाकडात किती आहे ते दिसून येते. अशारितीने मोठ्या प्रमाणात प्राणवायू वस्तुमात्रात बंदिस्त होत असतो.

विशेषकरून मुळांना प्राणवायुचा पुरवठा व्यवस्थितपणे होणे अतिशय आवश्यक असते. मुळात जी अमिनो अम्ले तयार होतात त्यांच्या प्रक्रियेत प्राणवायू लागतो. ह्या अमिनो अम्लांपासून विविध प्रकारची वित्तंचके, संजीवके नंतर त्या वनस्पतीच्या इतर विविध पेशीत तयार होत असतात. त्यापासून सर्व जीव-रसायनिक क्रिया संपन्न होत असतात. वनस्पतीला नैसर्गिक संरक्षण देणारी सालार्क, विम्लसा ह्यांचे उत्पादन मुळात व प्रसंगी खोडांगात होत असते त्यासाठी ही अमिनो अम्ले आवश्यक असतात ती प्राणवायुच्या उपलब्धतेवर अवलंबून असतात. मुळांना लागणारा प्राणवायू जमिनीतील हवेतून मिळतो. त्यासाठी जमिनीत सतत ताजी हवा खेळती रहाणे आवश्यक असते. त्यासाठी जमिनीचा वापसा व वातन चांगले रहाणे जरूरीचे असते. त्याशिवाय पानांतील श्वसनरंध्रांतून व झाडाच्या खोडांगात असलेल्या श्वसनरंध्रांतून प्राणवायू झाडाच्या आतील भागांना श्वसन क्रियेसाठी मिळवावा लागतो. बऱ्याच वेळा मातीतील वापसा व वातन बिघडले तर प्राणवायुची जागा कर्बवायू किंवा इतर वायू घेतो त्यामुळे वनस्पतीची गुदमर होऊन प्रसंगी ती मरून जाते त्यासाठी मातीचे व्यवस्थापन हा एक महत्वाचा विषय शेतीच्या शास्त्रात आहे. त्याचा अभ्यास आपण नंतरच्या भागात करणार आहोत. प्राणवायुला इंग्रजीत **ऑक्सिजन** असे म्हणतात.

## कर्बवायू —

हवेतून ज्याप्रमाणे प्राणवायुचे शोषण पानांतील श्वसनरंध्रांतून व झाडाच्या खोडांगात असलेल्या श्वसनरंध्रांतून होते त्याच प्रमाणे कर्बवायुचे सुद्धा शोषण पानांतील श्वसनरंध्रांतून होत असते. कोरड्या कर्बवायुचे शोषण होत नाही तर तो हवेतील बाष्पात विरघळलेल्या अवस्थेत असावा लागतो. म्हणून कर्बग्रहण व्यवस्थितपणे होण्यासाठी सुयोग्य सापेक्ष आर्द्रता असणे आवश्यक असते. जर हवा कोरडी असेल तर कर्बग्रहण क्रिया होऊ शकत नाही. निरनिराळ्या वनस्पतीसाठी हे प्रमाण भिन्न असते. साधारणपणे ६० पेक्षा जास्त सापेक्ष आर्द्रता असावी लागते.

कर्बवायुला इंग्रजीत **कार्बन डाय ऑक्साईड** असे म्हणतात. कर्बवायुत कार्बनचे प्रमाण ३० टक्के असते व प्राणवायुचे ७० टक्के असते. म्हणजे कर्बवायुचे शोषण होतांना प्राणवायुचे सुद्धा अप्रत्यक्षरित्या शोषण होत असते. कर्बवायू व मुळातून आलेले पोषकरस ह्यांच्या संयोगाने पानातील अन्नकर व सहायक अन्नकर पेशीत शर्करा, पिष्ट असे पदार्थ बनतात. त्यातून वनस्पतीचा अन्नरस तयार होतो. तो वनस्पतीच्या वाढीस पुढे कारणीभूत असतो. म्हणून कर्बवायू हे वनस्पतीचे खऱ्या अर्थाने **वायुरूप खत** असते. शेतीच्या शास्त्रात इतर लोक रासायनिक व सैद्धीय खतांचे फार महत्व सांगतात किं ज्यांचे वनस्पतीच्या वजनाच्या प्रमाणात स्थान केवळ २ ते ३ टक्के एवढेच असते व ज्याचे स्थान ८५ टक्के आहे त्या वायुरूप खताकडे मात्र दुर्लक्ष होत असते. व्यावहारिक निसर्ग शेतीत मात्र ह्या वायुरूप खताकडे पुरेसे लक्ष दिले आहे. हवेच्या व्यवस्थापनात त्याचा विचार आपण नंतरच्या भागातून करणार आहोत. हिवाळ्यात सापेक्ष आर्द्रता ४० पेक्षा कमी होते, तसे झाले तर, त्याकाळात कर्बग्रहण क्रिया मंदावते अथवा बंद झालेली असते. पावसाळ्यात ती वेगाने होते म्हणून पावसाळ्यात वनस्पतीची वाढ जोमाने होत असते. ह्यावरून कर्बग्रहण क्रियेत हवेच्या दमटपणाचे महत्व लक्षात येईल.

पाण्याचा विचार करतांना वनस्पतीत अदमासे ८० टक्के पाणी असते असे म्हंटले तरी चालेल. आणि आता कर्बवायुचा विचार करतांना ८५ टक्के भाग असे लिहिले आहे त्यामुळे ही दोन विधाने परस्पर विरोधी वाटतात. त्यासाठी स्पष्टीकरणाची आवश्यकता आहे ते असे, पाण्याचे प्रमाण सांगतांना सजल अथवा ताज्या वनस्पतीचा हिशोब धरला आहे व कर्बवायुचे प्रमाण सांगतांना सुकलेल्या अजल वनस्पतीचा विचार केला आहे. समजा, १०० किलो वजनाच्या ताज्या वनस्पतीत ८० भाग पाणी आहे व ती सुकल्यावर म्हणजे उरलेल्या २० भाग शुष्क वनस्पतीत कर्बवायुचे प्रमाण ८५ टक्के म्हणजे १७ भाग आहे व ते काष्ठतंतू, काष्ठांग, पेक्टोज, पेशीतंतू, शर्करा वगैरे घटकांच्या रूपात आहे. ह्याचा अर्थ उरलेले ३ भाग जमिनीतून घेतलेल्या खनिजाचे असतात. ही सर्व प्रमाणे साधारण स्वरूपाची आहेत.

पाने वातावरणातून कर्बवायू शोषून घेतात. म्हणून वातावरणातील कर्बवायुचे प्रमाण वनस्पतीच्या वाढीसाठी महत्वाचे असते. आज वातावरणात हे प्रमाण ३२ लक्षांश एवढे आहे. म्हणजे, हवेचे १ लाख भाग केले तर त्यात फक्त ३२ भाग एवढाच कर्बवायू आहे (प्राणवायू २१००० भाग असतो). वनस्पतीच्या उत्तम वाढीसाठी हे प्रमाण ८० भाग असणे जरूरीचे असते. काही वनस्पतीच्या बाबत हे प्रमाण १५० भाग इतके मानले जाते. जर शेतात वारा वहात नसेल तर ह्या प्रमाणात कर्बवायू पानांना उपलब्ध होऊ शकतो. वारे वहात असतील तर ते प्रमाण खुपच कमी होते आणि परिणामतः कर्बग्रहण क्रिया अकार्यक्षम होते. व्यावहारिक निसर्गशेतीत जमिनीवर पालापाचोळ्याचे आच्छादन देण्याची शिफारस असते तसेच सिंचन तुषार अथवा फवारा पद्धतीने करण्याचा सुद्धा सुझाव असते त्या मागील उद्देश हा जास्तचा कार्बवायू शेतातील पिकाला मिळावा असा असतो. तुषार सिंचनाने पालापाचोळा सावकाशपणे शेतात कुजत रहातो व त्यातून जो **शीत कर्बवायू** बाहेर येत असतो तो कर्बग्रहण क्रियेसाठी मिळत रहातो अशा रचनेमुळे इतर वातावरणात जरी कमी कार्बवायू असला तरी शेतातील वातावरणात तो जास्त प्रमाणात उपलब्ध होत रहातो. विशेषकरून जर शेताभोवती आडोसा उभा केला असेल तर त्यामुळे वारे अडतात आणि शेताचे वातावरण अधिक शेती योग्य होते. आडोशांची माहिती लेखांकांतून वनभिंतीच्या संदर्भात दिली आहे ती पहावी.

शेतावर फिरणाऱ्या वाऱ्याची चाचणी केली असता असे आढळून आले किं, जर दिवसात हवा पानावरून सेकंदाला १ फुट वेगाने हलत असेल तर कर्बग्रहण बहुधा थांबते. हवा ३ ते ४ इंच ह्या वेगाने सरकत असेल तर कर्बग्रहण चालू शकते व हवा पूर्णपणे स्थिर असेल तर ते समाधानकारकपणे होत असते. ह्यासाठी शेतावरील वातावरणाचे व्यवस्थापन हा विषय यशस्वी शेतीसाठी अत्यावश्यक असतो. हरित गृहात चौफेर आवरण असल्यामुळे हवा किंचित हलते म्हणून त्यात शेतीचे परिणाम चांगले मिळतात हे लक्षात घेतले पाहिजे. रात्री हवा कशीही असली तरी त्याचा परिणाम होत नाही कारण, रात्री कर्बग्रहण होत नसते.

निसर्गात वारे सतत वहात नाहीत. दोन झुळकीत जेव्हा हवा स्थिर असते तेव्हा पाने कार्बवायू शोषतात. जर वारे सतत न थांबता वहात असतील तर वनस्पतीची वाढ खुरटी होते व जर वाऱ्याचे प्रमाण खूपच जास्त असेल तर प्रसंगी वनस्पती मरून जाते. हे झाले वातावरणातील कर्बवायू बदलचे निरीक्षण, दिवसाच्या परिस्थितीतील. आता मातीतील कर्बवायूचे पाहूया. मातीतील हवेत जर कार्बवायूचे प्रमाण वाढले तर त्यामुळे मुळांची गुदमर होते ते आधी सांगितले आहे म्हणजे मातीतील हवेत कार्बवायू असणे वनस्पतीला हानिकारक असते. मुळं प्राणवायू वापरून कर्बवायू सुक्ष्म प्रमाणात सोडतात त्यामुळे मातीतील पाण्यात तो विरघळतो व त्यातून जे कर्बाम्ल तयार होते त्यात मातीतील खनिजे विरसतात (रासायनिक क्रियेने विरघळण्याला विरसणे असे म्हणतात. त्यामुळे पाणी उडवल्यानंतर मूळ पदार्थपेक्षा वेगळे पदार्थ मिळतात, विरघळण्यामुळे तसे होत नाही) आणि ती खनिजे मुळांना उपलब्ध होतात. ह्याचा अर्थ कर्बवायू मातीत किमान प्रमाणात असणे शेतीसाठी आवश्यक असते. मातीचे व्यवस्थापन असे असावे लागते किं, मुळक्षेत्रात कर्बवायू रेंगाळत रहात नाही, त्यासाठी वातन चांगले ठेवावे लागते. युरियाच्या मात्रा मूळक्षेत्रात देण्यामुळे कर्बवायू मातीत वाढू शकतो म्हणून युरियाच्या सुक्ष्म मात्रा पानांवर फवाऱ्याने देण्याची शिफारस असते.

वरील विवेचना वरून एक गोष्ट लक्षात आली असेल किं, वातावरणात कर्बवायूचे प्रमाण चांगले असणे जितके जरूरीचे असते तितकेच कर्बवायूचे प्रमाण मातीत किमान पातळीवर राहणे जरूरीचे असते.

### खनिज पदार्थ —

साधारणपणे खनिज पदार्थांत विविध धातूंचा उल्लेख केला जातो परंतु, मी ह्या ठिकाणी वनस्पतीला आवश्यक असलेल्या अधातूंचा सुद्धा जसे, नत्र, गंधक व स्फुरद, क्लोरीन, सिलिकॉन, अमोनियम ह्यात समावेश केला आहे. आधुनिक शेतीत ही सर्व खनिजे रासायनिक खतांच्या स्वरूपात पुरविण्याचे तंत्र वापरले जाते. खनिजात येणारे पदार्थ असे, नत्र, गंधक व स्फुरद, अमोनियम कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, लोह, सोडियम, पालाश, बोरोन, मंगल (मॅगनीज), ताम्र, जस्त, क्लोरीन, मॉलिब्डेनम, सिलिकॉन आहेत. कारण, हे सर्व पदार्थ कमी जास्त प्रमाणात वनस्पतीत आढळून येतात. त्यांच्यातील काहींचे प्रमाण अतिअल्प असते परंतु ते त्या प्रमाणात अत्यावश्यक असते. खनिजांचा पुरवठा खताच्या माध्यमाने केला जातो. खनिजात मुख्य खनिजे व मध्यम गरजेची खनिजे आणि सुक्ष्म गरजेची खनिजे असे तीन भाग आहेत. त्यातील नत्र, स्फुरद, पालाश, अमोनियम आणि गंधक हे मुख्य आहेत. कॅल्शियम, क्लोरीन, सोडियम, सिलिकॉन, लोह, मॅग्नेशियम, ताम्र, जस्त, हे मध्यम आहेत व बोरोन, मंगल (मॅगनीज), मॉलिब्डेनम हे सुक्ष्म आहेत. खनिजे पाण्यात विरघळवतांना अति सौम्य विद्राव करावा लागतो कारण मुळं अति सौम्य असेल तरच त्यांचे शोषण करतात.

दहालाख भाग पाण्यात हजार भाग इतके सौम्य असेल तर ते शोषण होते म्हणून खते सुक्ष्म करून देण्याचा सल्ला व्यावहारिक निसर्गशेतीत केलेला आहे. म्हणजे एक हजार लिटर पाण्यात एक किलोग्रॅम इतके सौम्य विद्राव असावा लागतो. हे प्रमाण प्रत्येक खतासाठी असते म्हणजे जर नत्र, स्फुरद व पालाश असे तीन घावयाचे असतील तर प्रत्येकी १ किलो असे घेता येते. काही वेळा खतात एकापेक्षा जास्त घटक असतात तेव्हा, त्या प्रमाणे करावयाचे असते. प्रचलित शासनमान्य शेती पद्धतीत खते फोकून शेतात देण्याची शिफारस असल्यामुळे खते पिकाला न मिळता तशीच मातीत रहातात व त्यामुळे तणांची वाढ होते. खताच्या मात्रा सुयोग्य प्रकारे नाही दिल्यातर वनस्पतीत कुपोषण अथवा अतिपोषणाचे रोग उत्पन्न होतात. दाणेदार खते फोकून देतांना ती कशी पडतात त्यावरून काही रोपे कुपोषणात व काही अतिपोषणात असे एकाच शेतात आढळून येते. हा दोष फवाऱ्याने खते दिल्यास आढळत नाही.

खनिजांचा पुरवठा बहुधा त्यांच्या रासायनिक संयुगांच्या स्वरूपात खते म्हणून केला जातो. हिं खते पाण्यात विद्राव्य असणे आवश्यक असते. काही संयुगे पाण्यात विद्राव्य नसतात. अशी अविद्राव्य खते मातीतील पाण्यात विरघळलेला कर्बवायू त्याच्या कर्बाम्लाच्या सहायाने विद्राव्य करतो व नंतर त्यांचे शोषण दल विनिमय क्रियेने, निवडक पारगम्यतेच्या गुणाने तसेच परासरण दाबामुळे अशा तीन पद्धतीने मुळांकडून होत असते. काही खनिजे

मातीतील घटक अर्ध-रसायनिक बंधाने धरून ठेवतात व त्याकडून ती गरजेनुसार मुळं सावकाशपणे शोषून घेतात. खते पाण्यात पूर्णतया विरघळलेली असतील तर बऱ्याच वेळा त्यांचे जरूरीपेक्षा जास्त शोषण होण्याची शक्यता असते. तसे झाले तर त्यांच्यामुळे मादकता निर्माण होऊन वनस्पतीत विकृती उत्पन्न होण्याची शक्यता असते. जी खते मातीतील घटकात अर्ध-रसायनिक बंधाने धरून ठेवली जातात ती जास्त काळ वनस्पतीला मिळत रहातात म्हणून तशी खते शेतीसाठी जास्त उपयुक्त ठरतात. त्यात अमोनियम गटातील खते येतात. काही खते पाण्यात विद्राव्य असली तरी मातीतील घटक त्यांच्याशी पूर्ण रासायनिक बंध बनवतात व ती खते वनस्पतीच्या मुळांना मिळत नाहीत. असे झाले किं ते खत मातीत स्थिर झाले असे समजले जाते. स्फुरदाबाबत असे फार होते असा अनुभव आहे. तसे झाले तर सुक्ष्म जीवाणूंच्या मदतीने ती पुन्हा विद्राव्य करता येतात म्हणून शेतीत सुक्ष्म जीवाणूंचा मोठा उपयोग असतो. त्यांच्या मात्रा दिल्या जातात. त्याला **जीवाणू खत** असे म्हणतात. वास्तविक पहाता ती खते नसतात, ती त्या जीवाणूंची विरजणे असतात. थेट हवेतील नत्र मुळांना मिळवून देणारे जीवाणू असतात तेसुद्धा अशारितीने जीवाणू खताच्या मदतीने शेतात पुरविले जातात. शेतावरील हवेत असे जीवाणू असतात व ते पिकांचा मुळ्यांवर बसून नत्रवायुचे शोषण करून मग मुळांना अप्रत्यक्षरित्या पुरवतात. पाण्यात विरघळलेली खते बऱ्याच वेळा जर शेतात मोकटाट सिंचन असेल तर निचरा होऊन शेताबाहेर निघून जाऊन शेतकऱ्याचे मोठे नुकसान होत असते; कदाचित, बाजूच्या शेतकऱ्याला त्याचा फायदा होत असतो. अशा विविध मार्गाने खनिजांचा पुरवठा पिकाला करता येतो. त्याचा अधिक अभ्यास आपण जमिनीच्या अनुकूलनाच्या भागात पहाणार आहोत.

### काही इतर पोषक पदार्थ —

वनस्पती जसे मुळातून पाण्याच्या माध्यमाने खते शोषून घेते तसे काही इतर पदार्थ सुद्धा जमिनीतून शोषून घेते. त्यांची स्वरूपे विविध असतात परंतु, ती सर्व सेंद्रीय असतात. त्यात संजीवके, वितंचके, जीवनसत्वे, अमिनो अम्ले, काही प्रथिने, शर्करा प्रकारातील, सेंद्रीय क्षार, नत्र व फुरदांची सेंद्रीय संयुगे असे येतात. आपल्या अभ्यासाच्या दृष्टीकोनातून एवढा विचार तूर्तास पुरेसा आहे.

पर्यावरणातील परिस्थिती बदल थोडी माहिती पहावयाची आहे.

### वातावरणाचे तापमान —

प्रत्येक वनस्पतीची वाढ होण्यासाठी वातावरणाचे व जमिनीचे विशिष्ट मर्यादित तापमान असणे आवश्यक असते. त्याला वातावरणाची व जमिनीची, कमाल व किमान तापमानाची मर्यादा असे आपण समजतो. महाराष्ट्रात घेतल्या जाणाऱ्या सर्वच पिकांची किमान मर्यादा १५ अंश शतमान आहे. कमाल मर्यादा ४० अंश आहे. हे स्थूलमानाने दिले आहे. जमिनीचे तापमान २० अंश शतमान (सेंटिग्रेड) ते २५ असावे. तापमान कमी झाले तर त्या पिकाची वाढ मंदावते. तसेच त्याची रोग निवारक क्षमता कमी होते. जर तापमान जास्त झाले तर पेशीतील जीवसाचा आकार वाढतो. ह्याला **जीवसाचा विस्तार** असे म्हणतात. त्याचा परिणाम पेशीत होणाऱ्या सर्वच जैविक क्रियांवर अनिष्ट असा होतो. पेशीची आवश्यक वितंचके व संजीवके निर्माण करण्याची क्षमता कमी होते व त्याचा त्याच्या कायिक व शाकीय वाढीवर वाईट परिणाम होतो. म्हणजे पिकासाठी योग्य तापमान असे किं, त्या तापमानाला संजीवके व वितंचके ह्यांची निर्मिती व कार्य सुयोग्य प्रकारे चालू शकते. तापमानाचे सुयोग्य असण्याने पिकाला दिलेल्या खताचे पचन व नंतरचे पेशीतील विपचन उत्तम होते एवढी खनिजांचे शोषण बिघडल्यामुळे पिकात अनेक प्रकारच्या विकृती उत्पन्न होतात. आपल्या येथे साधारणपणे शेताचे वातावरणाचे तापमान २५ ते ३० च्या दरम्यान ठेवणे उचित समजले जाते. ते तसे राखण्यासाठी अनेक क्लुप्त्या शेतकऱ्याला कराव्या लागतात त्याची चर्चा हवेच्या अनुकूलनात पहाणार आहोत.

### प्रकाशाची तीव्रता व कालावधी —

वनस्पतीचे अन्न निर्मितीचे काम प्रकाशाच्या मदतीने होत असते. आपल्याकडे सूर्यप्रकाश विपूल असल्यामुळे युरोपात जसे कृत्रिम प्रकाश वापरावा लागतो तसे होत नाही. कृत्रिम प्रकाशात जेव्हा शेती केली जाते तेव्हा त्या त्या वनस्पतीच्या नेमक्या प्रकाश गरजेनुसार प्रकाश दिला जातो. त्या परिस्थितीत अन्न

निर्मितीची खात्री देता येते तशी खात्री सूर्यप्रकाशात केल्या जाणाऱ्या शेतीत देता येत नाही. सूर्यप्रकाशाचा वापर करतांना प्रकाश किरणांबरोबर ज्या घातक उष्णता लहरी येतात त्यामुळे बऱ्याच वेळा अन्न निर्मितीबाबत खात्री देता येत नाही. सूर्यप्रकाशाचा वापर करतांना त्याच्या सतत बदलणाऱ्या तीव्रतेचा सुद्धा अयोग्य प्रभाव पिकावर पडत असतो. कधी सूर्य जास्त काळ असतो तर कधी तो कमी काळ असतो तसेच पावसाळ्यात सूर्यप्रकाशाचे प्रमाण पूर्णतया अनिश्चित असते. हे सर्व पहाता शेतीचे प्रकाशाबाबतचे व्यवस्थापन अवघड होते. असे असले तरी सूर्यप्रकाश सहज मिळत असल्यामुळे बहुधा शेती त्याच्या मदतीनेच होते. सूर्यप्रकाश दिवसा १० ते १२ तास असला तरी त्यातील फक्त ५ ते ६ तासातील प्रकाश संश्लेषणाच्या दृष्टीने उपयोगाचा असतो. दुपारच्या उन्हात असलेल्या उष्णता लहरीमुळे प्रकाश लहरींचा परिणाम बाद होत असतो. सकाळचे दोन ते तीन तास व मध्यान्ही नंतरचे दोन ते तीन तास एवढ्या अवधीतील प्रकाश प्रामुख्याने उपयोगाचा असतो. प्रकाशाची तीव्रता कमी करणे व उष्णता लहरींना परावर्तित करणे ह्यासाठी विशिष्ट पद्धतीच्या मांडवांचा उपयोग केला जातो तसेच पांढऱ्या पडदीचे आडोसे शेता भोवती उभारून शेतातील प्रकाशाचे प्रमाण सुनियंत्रित करता येते व त्या मार्गाने संश्लेषणाचा कालावधी वाढवता येतो. ते सर्व आपण प्रकाशाच्या अनुकूलनाच्या भागात पहाणार आहोत. थेट सूर्यप्रकाशामुळे वनस्पतीतील पानांतून होणारी श्वसन क्रिया सुधारते.

वनस्पतीच्या पानांच्या आकाराचा व त्यांच्या आडवी अथवा उभी रहाण्याचा सुद्धा परिणाम होत असतो. धडा ५ मध्ये आपण द्विदल वनस्पतीची एक नासिक पाने पाहिली आहेत त्यांच्या एकाच बाजूस प्रकाश संश्लेषण होऊ शकते आणि म्हणून ती पाने स्वाभाविकपणे आडवी असतात. जसा सूर्य उगवतो तसा सूर्यप्रकाश प्रथम तिरपा असतो नंतर यथावकाश उभा होतो व नंतर पुन्हा तिरपा होत जातो. त्यामुळे दिवसाच्या वेगवेगळ्या काळात प्रकाशातील निरनिराळ्या वर्णपटांचा प्रभाव पानावर होऊन त्यानुसार प्रकाश संश्लेषण होत असते. एकदल वनस्पतीत पाने दोनासिक असतात ती पाने साधारणपणे उभी असतात व दोनही बाजूंनी कार्यरत असतात, म्हणून सूर्याच्या कशाही अवस्थेत प्रकाश संश्लेषण चांगलेच होत असते. म्हणून अन्न निर्मितीत एकदल द्विदलापेक्षा जास्त कार्यक्षम असतात.

बिया रुजवल्यावर पहिल्या ८ ते १५ दिवसात जी वाढ होते ती बी मधील साठवलेल्या अन्नापासून होत असते म्हणून त्या काळात होणाऱ्या वाढीस सूर्यप्रकाशाची गरज नसते. प्रकाशाच्या व्यवस्थेचा अधिक अभ्यास आपण नंतरच्या भागात करणार आहोत.

## हवेची अवस्था —

ह्यात बऱ्याच गोष्टींचा विचार करावा लागतो. त्या, स्थिर हवा, हलणारी हवा अथवा झुळूक, वारे, स्थानिक वायुवीजन, आर्द्रता, धुलिकणांचा परिणाम, कर्बवायुचे प्रमाण, प्रदुषित हवा अशा आहेत. अशा निरनिराळ्या परिस्थितींचा प्रभाव वनस्पतीच्या वाढीवर होत असतो. त्यातील काहींचे नियंत्रण शेतकरी करू शकतो, इतर काहींचे नियमन करू शकतो, उरलेल्या काही मानवाच्या नियंत्रणा बाहेर असतात. ह्यांचे जास्तीत जास्त चांगले नियोजन करता यावे म्हणून शेतकऱ्याला त्यांची चांगली माहिती असणे जरूरीचे असते. नियंत्रण म्हणजे, कृत्रिम साधन सामुग्री वापरून हवे तसे घडवून आणणे. नियमन म्हणजे, नैसर्गिक परिस्थितीचा फायदा घेऊन त्यानुसार काम करणे. ह्या धड्यात फक्त ह्या विविध परिस्थितींचा परिचय करणार आहोत.

## दिवसाची स्थिर हवा —

ह्या परिस्थितीत कर्बग्रहण उत्तम होते म्हणून ही परिस्थिती आदर्श समजली जाते.

## दिवसाची हलणारी हवा — झुळूक

सतत हळूवार हलणारी व मध्येच थांबून पुन्हा थोडी हलणारी अशी हवा ह्यात येते. कर्बग्रहणास चांगली असते. हलण्याचा वेग आधीच्या विवेचात दिला आहे त्यावरून त्याचे परिणाम आढळून येतात.



## दिवसाचे वारे —

वेगाच्या प्रमाणावर आणि सातत्यावर ह्या परिस्थितीचा प्रभाव ठरत असतो. वारे फार वेगाने व सतत वहात असतील तर श्वसन क्रिया वेगाने होते कारण श्वसनरंध्रे व खोडातील श्वसनांगे काम करीत असतात. त्यामुळे वनस्पतीतील पाण्याचा बाष्पोत्सर्जनामुळे न्हास होतो हे वनस्पतीच्या आरोग्यास हानिकारक असते. वाऱ्याचा वेग ३ ते ४ किलोमीटरपेक्षा जास्त असेल तर निश्चितपणे हानी होते. कर्बग्रहण क्रिया अशावेळी बंद पडलेली असते. वाऱ्यामुळे वातन क्रिया चांगली होते म्हणून दिवसातून काही काळ किंवा रात्री वारे असणे चांगले असते. वाऱ्यामुळे उन्हातील उष्णता कमी होते म्हणून भर दुपारी जेव्हा, एरवीसुद्धा कर्बग्रहण आणि प्रकाशसंश्लेषण होत नसते तेव्हा, वारे वहाण्याने झाडांचे विशेष नुकसान होत नाही. सकाळी व दुपारनंतरच्या काळात (४ वाजल्यानंतरचा सूर्य मावळेपर्यंतचा काळ) वारे नसावेत. वारा हा शेतकऱ्याच्या हातातील नसल्यामुळे शेताभोवती आडोसे (वनभित्त अथवा पडदी) उभारून त्याचे नियंत्रण करणे शक्य असते.

वारे दोन प्रकारचे असतात. एक प्रकार व्यापक पर्यावरणाचा असतो व त्यात वहाणारे वारे साधारणपणे फार उंचावरून वहाणारे असतात. हे वारे पावसाची ढगे आणतात. मोठी वादळे ह्यात येतात. दुसरा प्रकार आहे स्थानिक वायुवीजनाचा. त्यात दिवसा सूर्याच्या उष्णतेमुळे जमिनीवरील हवा गरम होऊन वर जाते व त्या जागी बाजूच्या परिसरातील थंड हवा येते ह्या हालचालीला **स्थानिक वायुवीजन** असे म्हणतात. त्यामुळे जे स्थानिक वारे तयार होतात ते ह्या प्रकारात येतात. हे वारे बहुधा झुळूक ह्या प्रकारात येतात. ते वनस्पतीला फारसे त्रासदायक नसतात. स्थानिक वायुवीजनासाठी शेतमळ्यात बरीच झाडे असावी लागतात. कारण त्यामुळे थंड हवा त्या भागात उपलब्ध होऊ शकते. जर तसे नसेल तर स्थानिक वायुवीजनाचे स्वरूप घातक होऊ शकते. म्हणजे वावटळी निर्माण होतात व ती शेतीला घातक असतात. म्हणून शेताचा फार मोठा परिसर फक्त छोट्या पिकांचा अथवा ओसाड राहिल असे करू नये. शेताभोवती वनभित्ती अथवा वारघाटीची व्यवस्था असणे चांगले असते. जर शेततळी अथवा मोठे कालवे, नदी किंवा उंचसखल प्रदेश असेल तर सुद्धा वावटळी निर्माण होत नाहीत.

## आर्द्रता — हवेतील ओलावा

वनस्पतीच्या वाढीचा संबंध आर्द्रतेशी निकटचा असतो. प्रत्येक वनस्पतीची आदर्श सापेक्ष आर्द्रता असते. जर ती सांभाळली गेली तर तिची वाढ उत्तम होते कारण त्या हवेतील बाष्पातूनच हवेतील कर्बवायू पाने शोषून घेऊन कर्बग्रहण क्रिया होत असते. जर पुरेशी आर्द्रता नसेल तर कर्बग्रहण नीट होत नाही व तिची वाढ बिघडते. काही उदाहरणे घेऊन हे समजावता येईल. सर्व पालेभाज्या, फुलांची झाडे ह्यांसाठी सापेक्ष आर्द्रता ७० ते ८० असावी लागते. ज्वारी, बाजरी, गहू वगैरे तृणधान्यांसाठी ६० ते ८० असावी लागते, भात, ऊस, केळी ह्यांसाठी ८० पेक्षा जास्त असावी लागते. शेतकरी काही नियंत्रणाच्या योजना करून योग्य आर्द्रता शेताच्या वातावरणात सांभाळू शकतो. त्याची माहिती हवेचे अनुकुलन ह्या भागात पहावयाची आहे. वनस्पतीतील रसवहन वातावरणाच्या सापेक्ष आर्द्रतेवर अवलंबून असते. रसवहन योग्य राखले तर त्या वनस्पतीची वाढ निकोप आणि आरोग्यपूर्ण होते. योग्य आर्द्रता राखून ते साध्य करता येते. हरितगृहात ते साध्य करणे सोपे असते म्हणून तेथे पिकाचा चांगला उतारा मिळतो.

## धुलिकणांचा परिणाम —

धुलिकणांचे दोन प्रकार असतात. एक प्रकार नैसर्गिक धुलिकणांचा व दुसरा औद्योगिक कारणाने उत्पन्न होणाऱ्या धुलिकणांचा असतो. नैसर्गिक प्रकारात मातीचे कण, वाळूचे सुक्ष्म कण, घराच्या भिंती व इतर वस्तूंच्या वगैरे पृष्ठभागाची झीज होऊन त्यापासून निर्माण होणारे सुक्ष्म कण असे येतात. त्यांना समाईकपणे **नैसर्गिक धूळ** असे म्हणतात. पाणी जसे वातावरणात बाष्पीभवन होऊन उडून जाते तसे जमिनीवरील मातीचे सुटे कणसुद्धा वाऱ्यामुळे व हवा तापल्यामुळे हवेत उचलले जातात. असे उचललेले कण धूळ बनून नंतर हवे बरोबर वाऱ्यामुळे इतरत्र पसरत जातात. जसे हे कण उचलले जातात, त्याला **धुलिकणांचे संप्लवन** असे म्हणतात. तसेच हवा स्थिर झाली किं, ते कण सावकाशपणे मातीवर उतरतात. म्हणजे धूळीचे हवेत उडणे व पुन्हा खाली

उत्तरणे ह्या दोनही क्रिया सतत होत असतात. आपण घरात नेहमी कचरा काढतो तो ह्या धुलिकणांचाच असतो. दररोज कचरा काढला तरी पुन्हा तो साचतो ह्यावरून धुलिकणांचे संप्लवन व स्थिरीकरण हे सदोदीतपणे होत असते हे लक्षात येईल. शेतात सुद्धा ते होत असते. वारे कसे व किती वाहतात त्यावर ते अवलंबून असते. जेव्हा प्रयोग केले तेव्हा असे आढळले किं, हवास्थिर असली तरी, प्रति चौ.मी. प्रतिदिन १० ग्रॅम धुलिकण सांचतात. ह्यावरून शेतात दररोज किती धूळ सांचत असेल ते पहिले (अदमासे एकरी ४५ किलो) तर शेतात नवीन माती सातत्याने स्वाभाविकपणे कशी तयार होते ते लक्षात येईल. जर हे केवळ नैसर्गिक धुळीचे होत असेल तर काही बिघडत नाही परंतु, जर कृत्रिम धूळ शेतात पडत असेल तर तिच्यामुळे शेतात नुकसानकारक पदार्थ सांचण्याची मोठी शक्यता असते. विशेषकरून जेथे रसायनिक उद्योग आहेत त्या परिसरातील शेतांवर त्यांचा घातक परिणाम आढळून येतो. कृत्रिम धुळीचे नियंत्रण शेतकरी कोणत्याही मार्गाने करू शकत नाही. आकाशात ढगे बनण्यासाठी धुळिकणांचा उपयोग होतो. कृत्रिम धुळीवर जर ढगे बनली तर त्यापासून जो पाऊस मिळतो तो नुकसानकारक ठरू शकतो.

औद्योगिक प्रकारात, वाहनांच्या व इतर उद्योगांमुळे जे सुक्ष्म कण उत्पन्न होतात व वातावरणात मिसळतात ते येतात. त्यात प्रामुख्याने कार्बनचे कण येतात. त्याशिवाय इतर घातक रसायनांचे कण व वाफा जसे गंधकाचे कण, स्फुरदाच्या घातक रसायनाच्या वाफा, विषारी रसायने, क्लोराईडस् असे धुलिकण रसायनिक उद्योगांतून येतात. त्यांना समाईकपणे **कृत्रिम धूळ** असे म्हणतात. धुळीकणांवर हवेतील बाष्प चिकटते व ते कण दमट होतात. त्यामुळे ते चिकट होतात व सर्व पृष्ठभागांवर चिकटून रहातात. धुलिकण केवळ घन पदार्थाचे असतात असे नाही तर द्रव पदार्थाचे सुद्धा असतात. विविध तेले ह्यांत येतात. वनस्पतीच्या पानांवरसुद्धा ते चिकटून रहातात. त्यातील काही कण विषारी असतात. ते वनस्पतीत रोगराई निर्माण करण्यास कारणीभूत ठरतात. विशेषकरून प्रकाश संश्लेषणास त्यांच्या पानावर चिकटण्यामुळे बाधा होते व बऱ्याच वेळा ते बिघडते. नैसर्गिक धूळ कमी त्रासदायक असते कारण तिचे निराकरण स्वाभाविकपणे होते परंतु, कृत्रिम धूळीकण तिच्यातील काही दोषामुळे वनस्पतीच्या अनेक जैविक क्रियांत बाधा आणू शकतात. फवारा, तुषार सिंचनाने वनस्पती धूत गेली तर धुळीचा त्रास कमी होतो. जर इतर प्रकारचे सिंचन असेल तर मात्र धूळ वनस्पतीच्या विविध भागांवर चिकटून राहिल्यामुळे तिच्या जैविक क्रिया बिघडू शकतात.

वनस्पतीच्या वाढीवर परिणाम करणाऱ्या पदार्थ व परिस्थिती ह्यांची थोडी माहिती आपण पाहिली आता, वनस्पतीच्या वाढीवर परिणाम करणाऱ्या वास्तविक स्वरूपाच्या क्रियांचा परिचय करून घेऊया. त्यात मुलभूत सहा क्रिया गुण येतात. पेशीत काम करणाऱ्या जीव-रसायनिक क्रिया आपण पहिल्या धड्यात पाहिल्या आहेत. वास्तविक स्वरूपाच्या क्रियांची नांवे पारगम्यता, प्रविसरण, परासरण दाब, बाष्पीभवन, बाष्पोत्सर्जन आणि दल विनिमय क्रिया अशी आहेत. ह्या सर्व क्रिया गुणांमध्ये केवळ वास्तविक व जीव-वास्तविक असे दोन प्रकार आढळून येतात. हे सर्व गुण पेशीच्या सजीवतेवर अथवा निर्जीवतेवर अवलंबून असतात. हे बहुतेक करून पेशीच्या सालीशी निगडीत असतात. पेशीच्या अंतर्गत क्रियांचा अभ्यास आपण आधीच्या धड्यात केलेला आहे.

### पारगम्यता —

एकादा पापुद्रा जर पाण्याला त्याच्या एका बाजूकडून दुसऱ्या बाजूकडे पाझरू देत असेल तर त्या त्याच्या गुणधर्माला पारगम्यता असे म्हणतात. पारगम्यता म्हणजे त्या पापुद्र्याची पाझरवण्याची क्षमता. इंग्रजीत ह्याला **परमिअॅबिलिटी** असे म्हणतात. काही वेळा काही पापुद्रे काही विद्रावाना पाझरू देतात व इतर काही विद्रावाना पाझरू देत नाहीत, अशा पापुद्राना **अर्ध पारगामी पापुद्रे** असे म्हणतात. पेशीची साल अशाप्रकरच्या पारगामी पापुद्र्याची असते. निर्जीव पापुद्र्यात जसे, रबराचा किंवा कागदाचा ह्यांत असे गुण आढळून येतात. सजीव पेशीच्या सालीतील पारगम्यता थोडी वेगळी असते. पेशीच्या पेशीरसाच्या गरजेनुसार बदलत असते. कधी ती पूर्ण पारगामी तर कधी अर्ध पारगामी होते. कधी ती विशिष्ट पदार्थाला विशेष पारगामी होते व जर तो पदार्थ पेशीला नको झाला तर त्या पदार्थास ती अपारगामी होते. हे ती पेशी सजीव असल्याचे चिन्ह असते. अशा बदलणाऱ्या पारगम्यतेला **निवडक पारगामी** असे म्हणतात. हे एकाद्या दरवाज्यावर बसलेल्या द्वारपाला सारखे असते. जे पदार्थ

पाहिजेत तेच शिरू शकतात व इतर नाही. हे निवडणे पेशीच्या गरजेनुसार सतत बदलत असते. हा गुण वनस्पतीला जे हवे ते निवडून घेणे शक्य करतो. जमिनीत बरेच पदार्थ असतात ते सर्वच पेशीच्या पृष्ठभागाला लागून असतात परंतु त्याचा त्रास वनस्पतीला ह्या निवडक पारगम्यतेमुळे होत नाही. पेशी मेली तर मात्र तिची साल पूर्ण पारगामी होते व कोणताही पदार्थ केवळ परासरण दाबाच्या नियमानुसार पेशीत शिरू शकतो. हा गुण वनस्पतीला एक प्रकारचे संरक्षण देतो. कारण, वनस्पतीची मुळं एकाच जागी उपयुक्त पदार्थांचे शोषण व नको असलेल्या व्यर्थद्रव्याचे उत्सर्जन करीत असतात. म्हणजे मुळांच्या भोवती आवश्यक व अनावश्यक असे दोनही पदार्थ असतात. जर निवडक पारगम्यता मुळांच्या पेशीत नसती तर मोठा गोंधळ उडाला असता. अशारितीने वनस्पतीला संरक्षण मिळत असते. निवडण्याच्या ह्या प्रक्रियेत दल विनिमय क्रियेचा उपयोग होत असतो. निवडक पारगम्यतेत शुद्ध पाण्याचा अपवाद असतो म्हणजे ते नेहमीच शोषले जाते. जर अशुद्ध पदार्थ विरघळलेले असतील तर ते पदार्थ दल विनिमय क्रियेने वेगळे ठेवून केवळ चांगले पाणी तेवढेच पेशी ह्या गुणामुळे शोषून घेऊ शकते. निवडक पारगम्यतेला समजून त्यानुसार खतांचा पुरवठा करण्याची शिफारस व्यावहारिक निसर्ग शेतीत केलेली असते. पेशीची साल अतिसौम्य द्रावांचे शोषण करू शकतात म्हणून रासायनिक खताच्या मात्रा त्यांचे अतिसौम्य द्राव करूनच देण्याची शिफारस असते. खताचे तीव्र द्राव दिले तर त्याचे शोषण होत नाही व नंतर ते खत मोकट सिंचनात वाहून जाऊन शेतकऱ्याचे नुकसान होत असते. जरी वाहून नाही गेले तरी ते जमिनीत असूनही पिकाच्या मुळांना मिळत नाही. शेतकरी समजतो किं त्याने खते दिली परंतु वास्तविक परिस्थितीत ते पिकाला मिळालेले नसते. अशाने शेतकऱ्याचा अंदाज चुकतो. वनस्पतीतील हा निवडक पारगम्यतेचा गुण ती जोवर सजीव आहे तोवरच असतो म्हणून त्याला **जीव-वास्तविक गुण** असे समजले जाते. एरव्ही जेव्हा हा गुण कोणत्याही पापुद्र्यात आढळतो तेव्हा त्याला **वास्तविक गुण** असे समजले जाते.

### प्रविसरण —

पारगम्यतेप्रमाणे हा सुद्धा एक महत्वाचा जीव-वास्तविक गुण आहे. प्रविसरण म्हणजे विशिष्ट प्रकारे पसरणे. म्हणून त्यासाठी हा वेगळा शब्द वापरला आहे. इंग्रजीत ह्याला **डिफ्यूजन** असे म्हणतात. द्रव अथवा हवेत निरनिराळे घटक असतील तर ते सर्व भागात सारखे पसरण्यासाठी प्रयत्न करतात. एक उदाहरण पाहूया. एक पातेले घ्या. त्यात स्वच्छ नितळ पाणी घ्या. एक नीळ्या अथवा लाल रंगाची शाई असलेली बाटली घ्या व त्यातील शाईचे काही थेंब त्या पाण्यात अलगद सोडा. पहात रहा. तुम्हाला असे दिसेल किं, शाई सावकाशपणे सर्व पाण्यात पसरत आहे. कालांतराने सर्व शाई त्या पाण्यात इतकी मिळून जाईल किं तिचे स्वतंत्र अस्तित्व जाणवणार नाही व त्या बदल्यात स्वच्छ नितळ पाणी थोडेसे रंगीत झालेले दिसेल. ह्या शाईच्या पाण्यात पसरण्याच्या गुणाला प्रविसरण असे म्हणतात. प्रविसरण व विरघळणे ह्या दोन क्रियांत बरेच लाक्षणिक साम्य आहे. फरक असा किं, विरघळण्याच्या क्रियेत दल विनिमय क्रिया होत असते म्हणजे असे, विरघळण्याच्या क्रियेत विघळणाऱ्या पदार्थांचे धन व ऋण दलात विभाजन होऊन ते पाण्याशी अर्ध-रसायनिक बंधाने धरलेले असतात. तसे प्रविसरणात होत नाही. मीठ जेव्हा पाण्यात विरघळते तेव्हा त्यातील फार थोडा भाग प्रत्यक्ष विरघळतो व उरलेला बराच भाग प्रविसरणाने पाण्यात धरून ठेवला जात असतो. जेव्हा साखर पाण्यात विरघळली असे म्हणतो तेव्हा खरे तर ती पाण्यात प्रविसरलेली असते परंतु, प्रघातामुळे आपण ती विरघळली असे म्हणतो एवढेच. म्हणून विरघळण्याची क्रिया विद्युत रासायनिक स्वरूपाची असते तर प्रविसरण्याची क्रिया गतिक स्वरूपाची असते. गतिक स्वरूपाची म्हणजे, संबंधित पदार्थांच्या अणूरेणूंत एक प्रकारचे स्पंदन करण्याची गती असते. ह्या गतीला त्या पदार्थांचे तापमान कारणीभूत असते. म्हणजे जेवढे तापमान जास्त तेवढे स्पंदन जास्त वेगवान. हे स्पंदन अथवा थरथरणे त्याचे स्वता भोवती होत असते परंतु, जसे तापमान वाढते तसे तो अणु अथवा रेणू स्वता भोवती थरथरतांना थोडा आवती भोवतीसुद्धा हिंदकळत हिंदकळत सरकत थरथरतो. त्यामुळे त्या कणाला त्या प्रमाणात जास्त जागा लागते ह्यामुळे तो पदार्थ प्रसरण पावला असे म्हणतो. जर तो पदार्थ द्रव अथवा वायू असेल तर ते थरथरकणे जास्त व्यापक असते. म्हणून द्रव व वायुंच्या मिश्रणात प्रविसरण अधिक वेगाने होत असते. विरघळण्याची क्रिया फक्त द्रव अवस्थेत व विशेषकरून पाण्यात होत असते. प्रविसरण सर्व प्रकारच्या द्रव व वायूंत होत असते. मेणाचे तेलात मिसळणे ह्याला आपण जरी विरघळणे असे

साधारणपणे म्हणत असलो तरी ते प्रत्यक्षात प्रविसरण असते. अनेक घन पदार्थ अनेक प्रकारच्या द्रवात अशारितीने प्रविसरत असतात. ही क्रिया बहुधा वास्तविक स्वरूपाची असते. परंतु, काही पेशीत ती निवडक स्वरूपाची असल्याचे दिसते, विशेष करून ऊर्जागात ते आढळून येते. म्हणून त्या ठिकाणी ती जीव-रसायनिक असते एरवी ती बहुधा केवळ वास्तविक असते.

हवेत होणाऱ्या प्रविसरणामुळे वातावरणात अनेक वायू पसरत सर्वदूर विखूरले जातात. अन्तराचा सुवास ह्यामुळे पसरतो हे आपल्याला माहित आहे. वायूत घन पदार्थ सुक्ष्म कणांच्या रूपात प्रविसरू शकतात. तसेच, द्रव पदार्थसुद्धा त्यांच्या बाष्प रूपात वायूत प्रविसरू शकतात. म्हणून एका वायूचे प्रमाण एका भागात जास्त झाले तर ते तसे फारकाळ रहात नाही, तो जास्त वायू सावकाशपणे सर्व भागात पसरून तो फरक नाहीसा होत असतो. हे होण्यास बराच वेळ लागते व ते त्या वायूच्या तापमानावर अवलंबून असते. वनस्पतीतील श्वसनक्रिया ह्यामुळे शक्य होते. कर्बग्रहण क्रिया सुरळीतपणे होण्यासाठी सुद्धा प्रविसरण आवश्यक असते. मातीत मुळांजवळील व्यर्थद्रव्ये तेथून दूर हटवण्यात हा गुण उपयोगी असतो. जमिनीतील हवेचे नुतनीकरण होणे, पेशीतील अनेक रसात ह्यामुळे वितंचके व संजीवके पसरणे तसेच अनेक जीव-रसायनिक क्रिया संपन्न होण्यास हा गुण कारणीभूत असतो.

### परासरण —

वरकरणी पहाता, पारगम्यता, प्रविसरण, विरघळणे आणि परासरण ह्या तीनही त्यांच्यातील लक्षणिय साम्यामुळे एकच आहेत असा गैरसमज होऊ शकतो. परासरण क्रिया पारगम्यतेचा एक प्रकार आहे ते कसे ते पाहूया. एका पारगामी पापुद्र्याच्या एका बाजूस जास्त तीव्रतेचा द्राव आहे व दुसऱ्या बाजूस कमी तीव्रतेचा द्राव आहे, दोनही द्राव एकाच प्रकारचे आहेत. अशा परिस्थितीत असे दिसते किं, कमी तीव्रतेचा द्राव जास्त तीव्रतेच्या द्रावाकडे खेचला जातो. हे असे सतत होत असते जोवर दोनही बाजूस द्रावांची तीव्रता समान होत नाही. जेवढा फरक जास्त तेवढा खेचण्याचा जोर जास्त असतो. त्या जोरास **परासरण दाब** असे म्हणतात. इंग्रजीत परासरणास **ऑस्मोसिस** असे म्हणतात. **परासरण दाब** म्हणजे इंग्रजीत **ऑस्मोटिक प्रेशर** असे समजतात. वास्तविक परासरण दाबात द्रावाच्या तीव्रतेचा फक्त संबंध असतो परंतु, जेव्हा तो जीव-रसायनिक असतो तेव्हा पेशीतील पेशीरसाच्या गरजेनुसार तो दाब तीव्रतेवर अवलंबून न रहाता ऊर्जागातील डिएनेच्या सुचनेनुसार बदलत असतो. म्हणून परासरण दाब वास्तविक व जीव-रसायनिक अशा दोनही प्रकारचा असू शकतो.

वास्तविक दाबाचे उदाहरण पाहूया. एक बेदाणा घ्या. तो स्वच्छ पाण्यात ठेवा. रात्रभर तो तसा राहू द्या. दुसऱ्या दिवशी पहाल तर तो फुगून त्याचे द्राक्ष झालेले दिसेल. हे असे झाले कारण, बेदाण्यातील द्राव अतितीव्र होता व पाणी शून्य तीव्रतेचे होते. त्यामुळे पाणी (कमी दाबाचा द्राव) बेदाण्याच्या पापुद्र्या सारख्या सालीतून बेदाण्यात खेचले गेले. जोवर बेदाणा पूर्ण भरला जाईल तोवर हे होत होते. ह्याची दुसरी बाजू आता पाहूया. एक साखरेचा तीव्र द्राव (साखरेचा पाक) घ्या व त्यात एक ताजे टपोरे द्राक्ष बुडवून ठेवा. रात्रभर ते तसे ठेवा. दुसऱ्या दिवशी पहाल किं, त्या द्राक्षाचा बेदाणा झाला आहे. असे झाले कारण, साखरेचा पाक जास्त परासरण दाबाचा होता व द्राक्ष कमी परासरण दाबाचे होते. म्हणून द्राक्षातील रस बाहेर खेचला गेला आणि हे जोवर दोनही बाजूस समान परासरण दाब होत नाही, बेदाणा बनल्यावर बहुतेक तसे झाले व म्हणून ती क्रिया थांबली.

वनस्पतीच्या मुळाच्या पृष्ठभागाच्या पेशींची साल जीव-रसायनिक परासरण दाबाचे उदाहरण आहे. त्याला **निवडक परासरण** असे सुद्धा म्हणतात. वनस्पतीतील विविध रसांचे वहन ह्या निवडक परासरण दाबामुळे होत असते. झाडाच्या शेंड्या कडील पेशींच्या पेशीरसाचा परासरण दाब मुळातील परासरण दाबापेक्षा कित्येक पट जास्त असतो म्हणून पोषकरस खालून वर खेचला जात वर पर्यंत पोहोचतो. अनेक प्रयोगाने सिद्ध झाले आहे किं, मुळात परासरण दाब २ बारच्या आसपास असतो. बार हे परिमाण परासरण दाब मोजण्यासाठी वापरतात. त्याचे प्रमाण असे आहे किं, दर चौरस इंचात १४.७ पौंड एवढा दाब. दोन बार म्हणजे साधारणपणे ३० पौंड

दाब होतो. हा दाब ढकलत नाही तर खेचतो. पानांत हा दाब १० बार एवढा असू शकतो. म्हणून त्या फरकानुसार हे रस वर उचलले जातात. अन्नरस खाली येत असतो म्हणून त्याला कोणत्याही दाबाची गरज नसते. ते काम गुरुत्वाकर्षणामुळे सहजपणे होत असते. परिकाष्ठ वाहिन्यातून गुरुत्वाकर्षणाने रस वाहतात व प्रकाष्ठ वाहिन्यांतून परासरण दाबाने रस वहत असतात. जर झाडाला जखम झाली तर प्रकाष्ठ वाहिनीतील रस बाहेर येत नाहीत परंतु, परिकाष्ठ वाहिनीतील रस मात्र बाहेर वाहू लागतात. ह्या बाहेर वाहण्यावरून तो रस परिकाष्ठातील आहे कां प्रकाष्ठातील आहे ते समजते. बीमध्ये हा दाब फार जास्त म्हणजे १०० बार एवढा असू शकतो. त्यामुळे बी रुजतांना ती जमिनीतील पाणी फार जोराने खेचू शकते. जो परासरण दाब वास्तविक आहे तो पेशी जीवंत असो अगर नसो काम करीत असतो परंतु जर ती पेशी सजीव असेल तर तिच्यातील सजीवते मुळे साध्या परासरण दाबाची जागा निवडक परासरण दाबाने घेतलेली असते व म्हणून तशा पेशीची रस खेचण्याची अथवा फेकण्याची पद्धत त्या जीव-रसायनिक गरजेनुसार होत असते.

### बाष्पीभवन —

पाणी साधारण तापमानाला सुकते तेव्हा आपण म्हणतो किं, पाण्याचे बाष्पीभवन झाले. कपडे धुतले किं, ते वाऱ्यावर सुकत ठेवतो हा नित्याचा अनुभव आहे. शेताला दिलेले पाणी वाळून जाते व जमिनी कोरड्या होतात. ह्या बाष्पीभवनाचा परिणाम वनस्पतीच्या जीवनावर फार मोठा होतो. शास्त्रीय रीत्या पाहिले तर पाण्याच्या पांच अवस्था असतात. पाणी ही द्रव अवस्था बाष्प ही सुद्धा द्रव अवस्था असते परंतु, त्यात पाण्याचे कण रेणूच्या अवस्थेत असतात. पाणी गोठले तर त्याचे बर्फ किंवा हिम ही घन अवस्था, हिम ही अवस्था बाष्पाप्रमाणे रेणूच्या अवस्थेतील असते. पाणी उकळल्यास वाफ तयार होते ही पाण्याची पांचवी वायुरूप अवस्था आहे. वाफ बनण्यासाठी विशिष्ट तापमानाला किंवा त्याहूनही जास्त तापमानाला पाणी तापवावे लागते. बाष्पीभवन कोणत्याही तापमानाला होत असते. जोवर हवा संपृक्त होत नाही तोवर ते होत असते. म्हणून बऱ्याच वेळा आपण बर्फावर वाफा तरंगताना पहातो. उकळणाऱ्या पाण्याच्या वर दिसणाऱ्या वाफेच्या लहरी तसेच, बर्फावर दिसणाऱ्या लहरी बाष्पाच्या असतात तरी प्रघाताने आपण त्याला वाफ असे म्हणतो. खरे तर ती वाफ नसते तर ते बाष्प असते. वाफ अदृश्य असते.

पाणी सुकते म्हणजे काय होते ते पाहूया. हवेतील तापमानामुळे जी स्पंदने हवेच्या कणांत उत्पन्न होतात त्यामुळे जर पाण्याचा पृष्ठभाग त्यांच्या संपर्कात आला तर पृष्ठभागावरील पाण्याचे रेणू हवेत उचलले जातात. ह्याला पाण्याचे बाष्पीभवन असे म्हणतात. आपण धुळीचे संप्लवन आधीच्या भागात पाहिले आहे ते घन कणांचे हवेत उचलले जाणे असते. म्हणजे धुळीचे संप्लवन व पाण्याचे बाष्पीभवन ह्या क्रिया एकाच कारणाने होत असतात. जर तापमान जास्त झाले तर अधिक पाणी बाष्पीभवनाने उचलले जाते. बाष्पीभवन हवेच्या तापण्याने जसे होते तसे हवा जोराने वाहण्याने सुद्धा होते. जेवढा जोरदार वारा तेवढे जास्त बाष्पीभवन होते. बाष्पीभवन होतांना ज्या पाण्याच्या साठ्यातून ते उचलले गेले त्यातील उष्णता ते बाष्पीभवन होणारे कण खेचून घेतात व म्हणून बाष्पीभवनामुळे त्या पाण्याचे तापमान कमी होत असते. बाष्पीभवन ही क्रिया केवळ पाण्यात होते असे नाही तर सर्वच द्रव पदार्थांचे बाष्पीभवन होत असते. आपल्या घरातील रेफ्रिजरेटर हे थंडावा निर्माण करणारे साधन तसेच वातानुकूलन करणारी व त्याद्वारा खोली थंड करणारी साधने अशाच कोठल्यातरी द्रावाच्या जलद बाष्पीभवनाने काम करतात. साध्या मडक्यातील पाणीसुद्धा ह्याच कारणामुळे थंड होते. जेव्हा वनस्पतीतील पानांतून सूर्याच्या उष्णतेमुळे पोषकरसातील जादा पाण्याचे बाष्पीभवन होते तेव्हासुद्धा वनस्पतीला थंड करण्याची क्रिया होऊन झाडे उन्हातसुद्धा न तापता उभी रहातात. बऱ्याच वेळा बाष्प व वाफ ह्यांत गळूत होते. म्हणजे ते दोन एकच आहेत असा गैरसमज असतो. परंतु, ते तसे नसते. वाफेत पाणी उकळल्यामुळे जशी सुप्त उष्णता धरून ठेवली जाते तशी बाष्पात उष्णता धरून ठेवलेली नसते. वाफ हवेत आल्यावर त्यातील ही सुप्त उष्णता आजूबाजूच्या हवेला मिळते व त्या वाफेचे बाष्पात रूपांतर होते. वाफ हवे प्रमाणे अदृश्य असते तर बाष्प दृश्य असते. बाष्पाच्या असंख्य कणांपासून ढगे तयार होतात. वावटळीमुळे घन कणांचीसुद्धा ढगे तयार होतात ते

वावटळीत आपण पहातो. बाष्पामुळे हवा जड होते व तशा बाष्प भरलेल्या वाऱ्यात मोठी ताकद असते, म्हणून बाष्पाने भरलेले वारे जास्त नुकसान करतात. पावसाळ्यातील वादळांत त्याचा अनुभव येतो.

शेतातील पाण्याचे बाष्पीभवन हा एक मोठा प्रश्न आहे. कारण, शेताला दिलेल्या पाण्यातील साधारणपणे ७० टक्के पाणी केवळ बाष्पीभवनाचे नष्ट होते व त्यामुळे गरजेपेक्षा जास्त पाणी घ्यावे लागते. जर हे उडून जाणारे पाणी वाचवता आले तर शेती कितीतरी कमी पाण्यात करणे शक्य असते. शेतावर वहाणारे वारे अडवून हे बाष्पीभवनाचे होणारे पाण्याचे नुकसान टाळता येईल. बाष्पीभवनाचे नियंत्रण हा एक महत्वाचा विषय शेतीशास्त्रात समजला जातो. बाष्पाचा विचार करतांना सापेक्ष आर्द्रता ही संज्ञा नेहमी वापरली जाते. तिचा परिचय करून घेऊया. हवेच्या बाष्प धरून ठेवण्याच्या क्षमतेला आर्द्रता असे म्हणतात. हवा थंड असली तर ही क्षमता कमी असते व जास्त गरम असेल तर ती जास्त असते. म्हणजे हवेच्या तापमानावर आर्द्रता अवलंबून असते. एका विशिष्ट तापमानाला किती आर्द्र हवेत धरून ठेवता येते ते ठरलेले असते. जर हवेत त्याप्रमाणे आर्द्र पूर्णपणे भरलेले असेल तर त्या अवस्थेला हवा संपृक्त झाली असे म्हंटले जाते. बहुधा हवेत आर्द्र पूर्णपणे भरलेले नसते व जे गुणोत्तर असते त्याला त्या हवेची **सापेक्ष आर्द्रता** असे म्हणतात. एक उदाहरण घेऊन हे समजून घेऊया. समजा, हवेचे तापमान ३६ अंश शतमान (सेंटिग्रेड) आहे. ह्या तापमानाला दर घनमीटर व्यापाच्या हवेत ४३ ग्रॅम एवढे बाष्प धरून ठेवले जाते. परंतु, त्यात जर फक्त २८ ग्रॅम बाष्प असेल तर त्या हवेची सापेक्ष आर्द्रता  $28/43 = 65\%$  आहे असे समजले जाईल. समजा हवा गरम आहे व म्हणून त्यात बरेचसे बाष्प धरून ठेवलेले आहे. आता ती हवा थंड झाली तर त्याप्रमाणे त्यात किती बाष्प राहिल तेवढे राहून जास्त बाष्प असेल तर ते हवेतून दंवाच्या रूपाने बाहेर टाकले जाते. सकाळी दंव पडते ते ह्याच कारणाने हे लक्षात येईल. दिवसा सूर्याच्या उन्हामुळे हवा गरम होते व पाणी उडून ते बाष्प त्या गरम हवेत धरून ठेवले जाते. रात्री हवा थंड होते व जास्त बाष्प धरलेले असेल तर ते दंवाच्या रूपाने बाहेर येते व आजूबाजूच्या वस्तूंवर सांचते. जर दिवसाच्या जास्त झालेल्या गरमीमुळे हवा संपृक्त होण्या इतके बाष्प हवेत उडले नाही तर दंव पडत नाही. दंव पडण्यासाठी दिवसाच्या व पहाटेच्या तापमानात निदान २० अंशाचा फरक असावा लागतो. जर हवा बाष्पाने संपृक्त झालेली असेल तर त्या वातावरणात पाणी उडत नाही म्हणून पावसाळ्यात जेव्हा हवा बाष्पाने संपृक्त असते तेव्हा कपडे वाळत घातले तरी सुकत नाहीत हा आपला नेहमीचा अनुभव आहे. महाराष्ट्रात साधारणपणे हवेची सापेक्ष आर्द्रता ६० ते ७० टक्के असते. पावसाळ्यात ती ९७ ते १०० टक्के होते.

कर्बग्रहण क्रिया यशस्वीरित्या होण्यासाठी हवेची आर्द्रता तेवढी असावी लागते. निरनिराळ्या वनस्पतीची ही गरज भिन्न असते. काही पिकांना जास्त आर्द्रता लागते व काही पिकांना कमी असली तरी चालते. वाळवंटात कोरड्या वातावरणात ती ३० ते ४० असू शकते. तशा परिस्थितीत फक्त त्याप्रकारची वनस्पती तेथे तग धरू शकते. वातावरणातील कर्बवायू प्रथम हवेतील बाष्पात विरसलेला असतो, त्या स्थितीत तो पानांत शोषला जातो. म्हणून शेताच्या वातावरणाची आर्द्रता योग्य राखणे शेती यशस्वी होण्यासाठी अत्यावश्यक असते.

## बाष्पोत्सर्जन —

बाष्पीभवन फक्त पृष्ठभागावर होत असते व ती एक वास्तविक क्रिया आहे. बाष्पोत्सर्जन सजीवांच्या (वनस्पती व इतर सर्व सजीव) शरीराच्या सर्व भागातून व विशेष करून श्वसनातून होत असते. सजीवांच्या आतील पेशी जे पाणी जैविक क्रियामुळे बाहेर सोडतात ते यथावकाशपणे श्वसनातून शरीराबाहेर टाकले जाते व ती एक जीव-वास्तविक क्रिया आहे, त्याला बाष्पोत्सर्जन असे म्हणतात. वनस्पतीतील बाष्पोत्सर्जन पानातील श्वसनरंध्रांतून होते. इतर सजीवांचे बाष्पोत्सर्जन बहुधा त्यांच्या नाकातून उच्छ्वासा द्वारा व त्वचेतून घामाच्या रूपाने होत असते. बाष्पोत्सर्जन क्रियेवर हवेच्या सापेक्ष आर्द्रतेचा परिणाम होत असतो. १०० टक्के सापेक्ष आर्द्रता असेल तर बाष्पीभवन थांबते तसे बाष्पोत्सर्जन मात्र थांबत नाही. त्यामुळे बऱ्याच वेळा पानांवर पाण्याचे सूक्ष्म थेंब जमलेले दिसतात ते ह्या बाष्पोत्सर्जनाचा परिणाम असतात. उन्हाळ्यात आपल्याला सुद्धा घाम येतो व जरी हवा संपृक्त असली तरी घाम मात्र येतच असतो. वनस्पतीत होणाऱ्या बाष्पोत्सर्जनाचे कारण असे असते किं, मुळांतून खनिजे शोषतांना ती अतिसौम्य विद्रावाच्या स्वरूपात शोषली जातात. ती खनिजे पेशीत जिरवल्यावर जे

जास्त पाणी उरते ते बाहेर टाकणे आवश्यक असते. ते पाणी पोषकरसांच्या बरोबर पानांपर्यंत पोहोचते, तेथे ते बाष्पोत्सर्जनाच्या रूपाने वनस्पती बाहेर टाकते. त्यामुळे सूर्याच्या उष्णतेचे सुद्धा निवारण होत असते. बाष्पोत्सर्जन क्रिया वनस्पतीच्या जैविक क्रिया यथायोग्य होण्यासाठी अत्यंत आवश्यक असते. त्यासाठी पिकांला योग्य प्रमाणात सिंचन होणे जरूरीचे असते. जर पाण्याचा ताण विनाकारण दिला गेला तर पेशीतील पेशीरस घट्ट होऊन तिचे कार्य बिघडून ती वनस्पती मरून जाण्याची शक्यता असते.

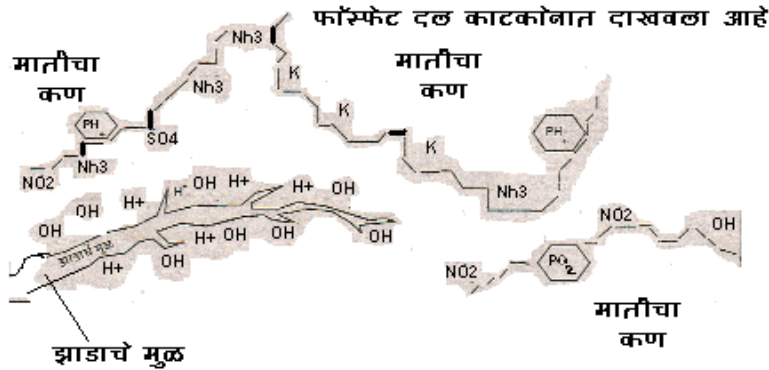
- बाष्पोत्सर्जन क्रिया नियमित करणारी स्वाभाविक कारणे अशी आहेत –
- सूर्यप्रकाश किती वेळ उपलब्ध आहे तितके जास्त बाष्पोत्सर्जन होत असते.
- सापेक्ष आर्द्रता जास्त असेल तर बाष्पोत्सर्जन प्रमाणाने कमी होते.
- वातावरणाचे तापमान कमी जास्त त्याप्रमाणे बाष्पोत्सर्जन कमी जास्त होत असते.
- मंदपणे वहाणारे वारे ते वाढवतात व जोराने वहाणारे वारे त्याला कमी करतात. ह्याचे कारण जोराने वहाणाऱ्या वाऱ्यामुळे कर्बग्रहण क्रिया थांबते परिणामतः मुळांतून कमी पोषकरस खेचला जातो व म्हणून कमी पाणी बाष्पोत्सर्जनासाठी उपलब्ध होते.
- जमिनीतील पाण्याची उपलब्धता
- वनस्पतीच्या पानाचा आकार लहान तर कमी व मोठा तर जास्त असे प्रमाण असते.
- वनस्पतीचा आकार मोठा तर बाष्पोत्सर्जन जास्त होते.
- तरुण वनस्पतीत जास्त व वयस्कर मध्ये प्रमाणाने कमी होते.

## दल विनिमय क्रिया –

दल विनिमय क्रिया समजण्यासाठी येथे एका प्रयोगाचे उदाहरण घेतले आहे ते पाहूया.

ह्या प्रयोगातील तत्व प्रथम आपण समजून घेऊया. मातीतील कण निरनिराळ्या असेंद्रीय रसायने (येथे रासायनिक खते), त्यांच्या ऋण व धन दलांच्या रूपात धरून ठेवतात. ह्या क्रियेला रसायनशास्त्रात "दल विभाजन" असे म्हणतात. ही दले

**मातीतून दल विनिमय कसे करतात ते दाखवले आहे**



(इंग्रजीत, आयन्स), पाण्याच्या माध्यमात मिसळून विद्युत रसायनिक क्रियेत भाग घेतात. त्यामुळे ज्या क्रिया होतात त्यांना "दलविनिमय क्रिया" (इंग्रजीत, आयन एक्सचेंज) असे म्हणतात. मातीचे कण ही दले मोठ्या प्रमाणात साठवून ठेवू शकतात. ह्याला जशी गरज लागेल तशी त्यांचा पुरवठा ते कण मूळांना करू शकतात. अशा रितीने खत

मातीत धरण्याच्या क्रियेला "अर्ध-रसायनिक बंध" असे म्हणतात. अशा रितीने दल विभाजन होऊन साठवलेल्या रासायनिक खताचा साठा मातीत करता येतो तसा सेंद्रीय खतांचा साठा करता येत नाही. उदाहरणार्थ, युरिया हे एक सेंद्रीय खत बाजारात मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते, त्याचे घेता येईल. युरियाचे दल विभाजन होत नाही. त्यामुळे ते मातीत साठवून ठेवता येत नाही. ते सतत पाण्यात राहते. पाण्याचा निचरा होतो तसे ते खत त्या बरोबर वाहून जाते. चांगल्या शेतीसाठी निचरा होणे व त्याद्वारा जमिनीत पुन्हा वापशाची परिस्थिती निर्माण होणे आवश्यक असते. अशा कारणाने शेतात दिलेला युरिया बराचसा फुकट जातो. तसे अमोनियम सल्फेटचे अथवा अमोनियम नायट्रेटचे होत नाही, त्यांचे दलविभाजन होते व त्या द्वारा ती खते मातीत टिकून राहतात.

"अर्ध-रसायनिक बंध" पूर्ण रासायनिक बंधापेक्षा खूपच कमजोर असतात. ते तोडणे सहज शक्य असते. त्यासाठी तुलनेने कमी उर्जा लागते. त्यासाठी जो विद्युत जोर लागतो तो वनस्पतीची मुळं निर्माण करू शकतात. अशा जोराच्या मदतीने मूळ त्यांना जो दल हवा असतो तो ते मातीतून खेचून घेऊ शकतात व त्याच्या बदल्यात एक पाण्याचा दल मातीत देतात. जर हवा असलेला दल धन भाराचा असेल तर त्याच्या बदल्यात धन दल अर्थात उदजन ( $H^+$ ) व ऋण असेल तर ( $OH^-$ ) अर्थात् उदप्राणिल मातीत सोडतात. अशा देण्या घेण्याच्या व्यवहारास दल विनिमय असे म्हणतात. अधिक माहिती साठी लेखांक ५६ पहा.

## प्रश्नावली -

१. वनस्पतीच्या पर्यावरणात येणाऱ्या गोष्टींची दोन विभागात वाटणी केली आहे ते भाग कोणते?
२. वनस्पतीच्या पर्यावरणातील महत्वाच्या गोष्टी व परिस्थिती कोणत्या?
३. वनस्पतीच्या जीवनातील पाण्याचे महत्व समजावून द्या.
४. वनस्पती अप्रत्यक्षरित्या पाणी कसे वापरते ते सांगा.
५. वनस्पती पाणी किती प्रकारे शोषण करते ते सांगा.
६. प्राणवायुचे वनस्पतीतील महत्व समजावून द्या.
७. जमिनीचा वापसा नीट कां राखावा लागतो ते सांगा.
८. कर्बवायुचे शोषण कां व कसे होते ते सांगा.
९. कार्बवायूला वायुरूप खत असे कां म्हणतात?
१०. वनस्पतीत कार्बनचे वजनी प्रमाण किती असू शकते?
११. वनस्पतीत प्राणवायूचे वजनी प्रमाण किती असू शकते?
१२. एक किलो वजनाच्या ताज्या वनस्पतीत कर्बवायूचे वजन किती असेल?
१३. वातावरणात हल्ली किती प्रमाणात कर्बवायू असतो.
१४. वनस्पतीसाठी जास्तीत जास्त किती प्रमाणात कर्बवायू असला पाहिजे?
१५. वाऱ्याचा वेग किती झाला तर कर्बग्रहण क्रिया बंद होते?
१६. वातावरणात कर्बवायू असणे वनस्पतीसाठी चांगले समजले जाते व जमिनीतील हवेत तो किमान असावा असे कां?
१७. जमिनीतील कर्बवायू काय काम करतो?
१८. जमिनीतील खनिज पदार्थांची नांवे सांगा.
१९. जमिनीतील खनिजांचे मुळाद्वारा शोषण होण्याआधी त्यावर कोणते संस्कार व ते कोण कसे करतो?
२०. खनिजांव्यतिरिक्त आणखीन कोणत्या प्रकारच्या पदार्थांचे शोषण वनस्पतीची मुळं करतात?
२१. वनस्पतीच्या जीवनांवर वातावरणाच्या व जमिनीच्या तापमानाचा कोणता परिणाम होत असतो ते सांगा.
२२. महाराष्ट्राच्या पिकांसाठी सुयोग्य तापमानाची परिस्थिती कोणती ते सांगा.
२३. सूर्यप्रकाश व कृत्रिम प्रकाश ह्यांच्या नियोजनातील फरक समजावून द्या.
२४. एकदल व द्विदल वनस्पतींच्या पानांच्या रचनेचा परिणाम त्यांच्या अन्न निर्मितीवर कसा होतो?
२५. बीया रुजल्यावर येणाऱ्या रोपाना ८ ते १५ दिवस सूर्यप्रकाशाची गरज नसते त्याचे कारण काय?
२६. हवेच्या कोणकोणत्या अवस्थांचा परिणाम वनस्पतीच्या वाढीवर होत असतो?
२७. शेतात हवा स्थिर असणे चांगले का हलत रहाणे चांगले ते सांगा.



२८. सापेक्ष आर्द्रता वनस्पतीच्या वाढीवर काय परिणाम करते ते सांगा.
२९. जीव-वास्तविक क्रिया कोणत्या ते सांगा.
३०. पारगम्यता म्हणजे काय ते स्पष्ट करा.
३१. पूर्ण पारगामी व अर्ध पारगामी पापुत्रे ह्यांतील फरक काय?
३२. निवडक पारगम्यता म्हणजे काय?
३३. पेशीच्या सजीवतेचे लक्षण तिच्यातील निवडक पारगम्यतेत असते असे कां म्हणतात?
३४. प्रविसरण कशाला म्हणतात? तिला जीव-वास्तविक क्रिया असे कां म्हणतात?
३५. जमिनीतील हवेचे नुतनीकरण व पानांची श्वसन क्रिया ह्या दोन महत्वाच्या क्रिया प्रविसरण गुणामुळे होतात ते कसे ते स्पष्ट करा.
३६. परासरण दाब केव्हा वास्तविक असतो व केव्हा जीव-वास्तविक असतो ते सांगा.
३७. परासरण दाबामुळे वनस्पतीतील रसांचे उद्वहन कसे होते ते सांगा.
३८. वनस्पतीतील निरनिराळ्या भागातील पेशींच्या परासरण दाबाची माहिती द्या.
३९. बाष्पीभवन क्रिया व मातीतील धूळ उडणे ह्यांतील साम्य सांगा.
४०. पाण्याच्या निरनिराळ्या अवस्था कोणत्या ते सांगा.
४१. बाष्प व वाफ ह्यांती फरक काय ते सांगा.
४२. जमिनीतून होणारे बाष्पीभवन नियंत्रित केले तर शेती खूप कमी पाण्यात करता येते ते कसे ते सांगा.
४३. बाष्पीभवन व बाष्पोत्सर्जन ह्यांती साम्य व फरक काय ते सांगा.
४४. वनस्पती मुळांतून जास्त पाणी खेचते त्याचा बाष्पोत्सर्जनाशी काय संबंध ते सांगा.
४५. सापेक्ष आर्द्रता म्हणजे काय?
४६. बाष्पोत्सर्जन क्रिया नियमित करणारी कारणे कोणती?
४७. दंव का पडते ते सांगा. दंव पडण्यासाठी दिवसाच्या कमाल व किमान तापमानातील फरक किती असणे जरूरीचे असते ते सांगा, व असे कां ते स्पष्ट करा.

## लेख संग्रहा वरील प्रस्तावना

उत्तम शेती करण्यासाठी शेतकऱ्याला तो ज्या पिकाची लागवड करतो त्या बद्दल संपूर्ण माहिती असणे आवश्यक असते. त्या वनस्पतीची वाढ कशी होते? कां होते? फळ धारणा कशी व कां होते? रोग कां पडतात? आणि चांगले पीक येण्यासाठी कोणकोणत्या गोष्टी करणे आवश्यक आहे, ते सर्व ह्या माहितीच्या आधारे तो ठरवू शकतो. ही माहिती आणि त्या संबंधीच्या इतर गोष्टी समजून घेण्यासाठी वानस्पतीच्या कायाशास्त्राचा विकास झाला. निरनिराळ्या वनस्पतींच्या अंगरचनेत थोडा बहुत फरक असतो तरी बरेच साम्यसुद्धा असते. त्या साम्याच्या आधारे माणसाने एक साधारण असे वनस्पतीचे कायाशास्त्र तयार केले. त्याच्या आधारे शेतकऱ्याने वनस्पतीच्या जीवनातील अनेकविध घटनांचा अंदाज निश्चितपणे घेऊन त्यानुसार, आपले शेतीतंत्र वापरून फायदेशीर शेती करावी अशी अपेक्षा असते. परंतु, आज परिस्थिती तशी नाही कारण, साधारण शेतकऱ्यास वनस्पतीच्या कायाशास्त्राचा बिलकूल परिचय नाही. त्यामुळे, वनस्पतीच्या जीवनातील घटनांचे निरीक्षण करून त्यांचे योग्य नियंत्रण कसे करावे ते त्याला समजत नाही. बहुतेक करून तो अंदाजानेच व काहीवेळा पूर्व अनुभवाच्या मदतीने सर्व कामे करित असतो. एक प्रकारचा जुगार तो खेळत असतो. परिणाम स्वरूप तो बऱ्याच वेळा नुकसानीत जातो, कर्जबाजारी होतो व बहुधा नेहमीच कर्जाच्या बोज्याखाली दबलेला रहातो. जर ही परिस्थिती बदलावयाची असेल तर आपल्या शेतकऱ्यांना वनस्पतीच्या कायाशास्त्राचा अभ्यास करण्या शिवाय गत्यंतर नाही हे मान्य केले पाहिजे. वनस्पतीच्या कायाशास्त्राचा अभ्यास केलेला शेतकरी त्याची शेती अधिक समजून करेल व त्यामुळे ज्या चुका तो केवळ अज्ञानामुळे करित होता त्या टळतील व किफायतशीर शेतीचा मार्ग त्याला मोकळा होईल. अशा रीतीने जुगाराच्या अवस्थेतून शेती, उद्योगाच्या अवस्थेत जाईल आणि त्याच्या मागे जो कर्जाचा सुळसुळाट आहे तो कायमचा बंद होईल. काही शेतकरी बऱ्याच वर्षांच्या अनुभवानंतर शेतीची उपजत बुद्धि प्राप्त करतात व म्हणून योग्य निर्णय घेऊन शेती यशस्वी करतात असे आपण पहातो. अशांची संख्या २ टक्के पेक्षा जास्त नसते म्हणजे उरलेले ९८ टक्के शेतकरी नुकसानीतच रहातात. अशा उपजत बुद्धि प्राप्त झालेल्या शेतकऱ्यास जर त्याने अमुक एक गोष्ट अशी का केली तर तो उत्तर देण्याचे टाळतो. त्याचे उत्तर तो देऊ शकत नाही. त्यामुळे त्याचे ज्ञान इतर शेतकऱ्यांना उपयोगी येत नाही. एवढेच नाही तर जर नेहमीपेक्षा वेगळी स्थिती असेल तर त्याचे उपजत ज्ञान उपयोगी येत नाही व तोसुद्धा नुकसानीत जातो. म्हणजे, उपजत बुद्धिला तिच्या उपयुक्ततेबाबतच्या मर्यादा आहेत हे स्पष्ट झाले. ही परिस्थिती बदलणे आवश्यक आहे असे मी समजलो. हे सर्व लक्षात घेऊन मी हा अभ्यासक्रम तयार केला आहे.

मी ह्याला शेतीशास्त्र असे नांव न देता कृषीपर्यावरणशास्त्र असे का दिले हे समजणे आता जरूरीचे आहे. शेतीशास्त्रात फक्त पिकाचा विचार होत असतो. तेवढ्याने शेतीशी संबंधीत असलेल्या इतर बाबी ज्यांचा संबंध पर्यावरणाशी असतो ते विचारात घेतले जात नाहीत त्यामुळे, बदलत्या परिस्थितीत काम कसे करावे ते ठरविणे अशक्य होते. कृषीपर्यावरणशास्त्रात शेतीशास्त्रा बरोबर सर्व संबंधीत पर्यावरणाचा जसे, माती, पाणी, हवा, प्रकाश व जीवाणू ह्यांचा रितसर अभ्यास होतो. हे शेतकऱ्याला सर्वच बदलत्या परिस्थितीत काम करावयाचे कसे ते दाखवते. इतर कोणत्याही शेती विषयक अभ्यासात जे विषय सविस्तरपणे विचारात घेतले जात नाहीत ते सर्व आपण येथे अभ्यासणार आहोत. विशेषकरून जेव्हा रोगराईचा अभ्यास करावयाचा तेव्हा माती, पाणी, हवा, प्रकाश व जीवाणू ह्यांचा अभ्यास चांगला उपयोगाचा असतो.

शेतकऱ्याला एक सकारात्मक दिशा मिळावी व त्याचा आत्मविश्वास वृद्धिंगत व्हावा एवढाच उद्देश आहे. ह्या अभ्यासक्रमामुळे शेतकरी अधिक जाणीवपूर्वक आपले शेतीविषयक निर्णय घेऊ शकेल व जी अनिश्चितता त्याला आज भेडसावत आहे ती नष्ट होईल असा विश्वास वाटतो. शेतकऱ्याच्या अज्ञानाचा गैरफायदा घेणारे आज वाढलेले आहेत त्यांपासून बचावणे तो शिकेल ही अपेक्षा आहे.

ह्या अभ्यासक्रमाचा कल निसर्गशेतीकडे आहे कारण, निसर्गाला समजून शेती करण्याचा प्रयत्न ह्यात आहे. शाश्वत शेतीसाठी किमान अनैसर्गिकता शेतीच्या कामात असणे जरूरीचे असते म्हणून हे धोरण मी धरलेले आहे. निसर्गशेती बाबतच्या माझ्या संकल्पनेची माहिती यथावकाश अभ्यासात येईल तेव्हा सर्व गोष्टींचा उलगाडा होईल.

हा अभ्यासक्रम डिसेंबर १९९५ मध्ये मी प्रकाशित केला व त्याचा प्रचार करण्यात माझे बंधुवत मित्र श्री. प्रभाकर भोसले, संपादक मासिक बळीराजा, ह्यांनी मोठी मदत केली. त्यासाठी मी बळीराजा मासिकात एक लेखमाला लिहीत होतो (१९९२ ते २००५). त्यासर्वांचा अपेक्षित परिणाम होऊन शेतकऱ्यांचे प्रबोधन झाले. आज हा अभ्यासक्रम व लेखमाला एकत्रपणे येथे मी देत आहे त्याचा भरपूर फायदा शेतकरी घेतील अशी मी अपेक्षा करतो.

ह्या अभ्यासक्रमाआधी मी बळीराजा मासिकातून पर्यावरणातील आर्द्रता चक्र ह्या प्रकारावर लिहीत होतो. त्यातून हा अभ्यासक्रम लिहीण्याची विमंती बऱ्याच वाचकांनी केली व भोसल्यांनी सुद्धा आग्रह केला व म्हणून हा सर्व प्रपंच उभा झाला.

## अभ्यास करण्याचे नियम

सर्व प्रथम हा अभ्यास कसा करावा म्हणजे शेतकऱ्याला तो सहजपणे लक्षात राहिल ते पहाणार आहोत. शेतकरी अभ्यास एकटा बसून करणार आहे म्हणजे, एकलव्य पद्धतीने करणार आहे असे गृहीत धरले आहे. तरी शक्य असल्यास कुटूंबातील इतर व्यक्तींना समावेत घेऊन एकत्रपणे अभ्यास केल्यास चांगले होईल. प्रथम वाचन नीट लक्ष देऊन करावे, म्हणजे, डोक्यात दुसरे विचार असतांना नुसते नजरेने वाचन केले तर त्याचा उपयोग होणार नाही. विषय संपूर्णपणे अनोखा असल्याने त्यातील पारिभाषिक शब्द नीट लक्षात रहाण्यासाठी हे आवश्यक असते. संपूर्ण श्रद्धेने अभ्यास करणे आवश्यक असते. जर तुमची तशी श्रद्धा नसेल तर नसते शंकाकुशंका मनात येतील व अभ्यास व्यवस्थितपणे होणार नाही. अभ्यासात नवीन विषय, नवीन कार्यपद्धती, पारिभाषिक शब्द इत्यादी नीटपणे परिचित होईस्तोवर हे होईल व जसे विषयाचा परिचय वाढत जाईल तशी परिस्थिती सुधारून अभ्यास सोपा होईल. म्हणून गोंधळून न जाता अभ्यास करावा. त्यासाठी प्रत्येक धडा निदान १५ ते २० वेळा सावकाशपणे वाचून काढावा. नंतर प्रश्न दिले आहेत ते स्वताच्या बुद्धिने शिकलेले आठवून सोडवण्याचा प्रामाणिक प्रयत्न करावा. उत्तर न सुचले तर धडा पुनः सावकाशपणे वाचून त्यात उत्तर कोठे आहे ते पहावे. अशारितीने सर्व प्रश्न सोडवत गेल्यास अभ्यास करणे सोपे होईल. हे सर्व लिहीण्याचे कारण मी असे गृहीत धरून आहे की, अभ्यास करणारा नवशिकार आहे. जर तो अभ्यास करण्याची सवय असणारा असेल तर त्याला ही अभ्यास करण्याची पद्धत माहित असेल व त्याला ह्या मार्गदर्शनाची गरज नसेल असे मी समजतो.

## कृषी पर्यावरण शास्त्राची पूर्व पीठिका

हा अभ्यासक्रम तयार करण्यामागील कारणे जाणण्यासाठी कृषिपर्यावरण शास्त्राची पूर्वपीठिका समजणे आवश्यक आहे ती येथे देतो. महाराष्ट्रात शेतकरी तीन प्रकारे शेती करतात. पहिला प्रकार फार पूर्वीचा, परंपरेने चालत आलेला त्याला आपण पारंपारिक पद्धत म्हणतो, काहीजण त्याला कोरडवाहू अथवा खरीपाची किंवा जिराईतीची असे अनेक नांवाने ओळखतात. ह्या प्रकारातील शेती केवळ पावसाळ्यात होते. त्याची रित थोडक्यात अशी, पावसाळ्याआधी शेत नांगरून माती सैल करून त्यानंतर सपाटी मारून जमिनीचा पृष्ठभाग समपातळीला आणला जातो. त्यात शेतातील तण, धसकटे वगैरे जो शेतात कचरा झालेला असतो तो कढून जाळून टाकणे अशी कामे येतात. शेणखत, लेंडीखत ह्यांच्या मात्रा देणे ह्या सर्व कामाला पूर्व मशागत असे

म्हणतात. शेतात कचरा जाळण्याच्या कामाला कोकणात राब करणे अथवा भाजणी असे म्हणतात. महाराष्ट्राच्या निरनिराळ्या भागात वेगवेगळे शब्द वापरले जातात. त्यानंतर बियाणे पेरले जाते व शेतकरी पावसाची वाट पहात बसतो. जर सुदैवाने पाऊस पडला तर बियाणे उगवते व त्यानंतर पुढील कामाला सुरुवात तो करतो. ह्या कामांना आंतर मशागतीची कामे असे म्हणतात. त्यात, उगवणारी तणे व नको ती रोपे (नीटपणे न वाढणारी) काढून टाकणे, पाऊस जास्त झाल्यास शेतात तुंबलेल्या पाण्याला वाट काढून निचरा व्हावा म्हणून सऱ्या, पाट काढणे, माती घट्ट बसल्यास उकलणी करण्यासाठी कुळवे (छोटा नांगर जो दोन सऱ्यात फिरवता येतो) मारणे इत्यादी कामे करावी लागतात. आंतर मशागतीत काढलेला तणांचा कचरा शेतात एका कोपऱ्यात ढीग लावून पावसाच्या पाण्यात कुजत ठेवून त्याचे कुजखत तयार केले जाते. तसेच इतर कामे जसे, खुरपणी, निंदणी, वखारणी, खतावणी (खताच्या मात्रा देणे) ही कामे येतात. पाऊस चांगला झाला तर पीक सोळाआणे व जर नाही झाला तर चर आणे असा एकंदर हिशोब असतो. सर्वकाही नशीबावर अवलंबून असते. हा ह्या पद्धतीचा सर्वात मोठा दोष आहे न म्हणून त्या बदल माणूस नेहमीच असमाधानी राहिला. पीक झाल्यावर काढणी, झोडपणी, धान वेगळे काढणे, कडबा गुरांसाठी काढून तो व्यवस्थितपणे ठेवणे, पुन्हा नांगर मारून रोपाची उरलेली धसकटे उकरून काढणे व जमीन उखडून माती उन्हात भाजण्यासाठी तयार करणे अशी कामे होतात. त्यांना उत्तर मशागत असे म्हणतात. पावसावर अवलंबून असल्यामुळे तिला कोरडवाहू असे म्हणतात. पाऊस संपल्यावर जो ओल मातीत असतो त्यात आणखीन एक पीक घेतात त्याला शरदीय, हिंवाळी अथवा रब्बीचे पीक असे म्हणतात. म्हणजे, तीन पिके घेता येतात. पारंपारिक शेतीत रोग, किटकांचा त्रास अशा गोष्टीवर कोणतेही काम होत नाही. केवळ सेंद्रीय खते वापरली जात असल्याने रोगबाधा सहसा होत नाही. तसेच पिकाचा उतार साधारण असतो मात्र पिकाची चव उत्तम असते. व्यावसायिक दृष्ट्या ही शेती पद्धत नुकसानकारक किंवा कमी फायद्याची असते. अशारितीने पारंपारिक पद्धतीने शेती होते.

दुसरा टप्पा बागायती शेतीचा आहे. विहीरी, तलाव असलेल्या ठिकाणी, जेथे पावसाळ्या व्यतिरिक्त काळात सुद्धा पाण्याची सोय असते अशा ठिकाणी जेव्हा शेती त्या पाण्यात होते तेव्हा त्या शेतीला बागायती अथवा बागाईती शेती असे म्हणतात. थोड्या फार फरकाने पूर्व व आंतर मशागतीची कामे पारंपारिक व बागाईती शेतीत सारखीच असतात. पाणी जर सर्व वर्षभर उपलब्ध असेल तर अशी बागाईती शेती वर्षभर करता येते, म्हणजे वर्षात चार वेळा, पावसाळी, शरदीय, हिंवाळी व उन्हाळी अशी पिके घेता येतात. भाज्यासारखी कमी वेळात होणारी पिके घेत असतील तर त्याहूनही जास्तवेळा पिके घेता येतात. अशा स्थितीत एका पिकाची पूर्व मशागत नंतरच्या पिकाची उत्तर मशागत ठरते. सतत पीक घेत असल्यास शेतातील पोषक पदार्थांची व जैविक कार्बाची मोठ्या प्रमाणात झीज होत असते त्यासाठी खताची विशेष व्यवस्था करावी लागते म्हणजे, जास्त खते द्यावी लागतात.

तिसऱ्या टप्प्यात प्रचलित अथवा शासनाने मान्य केलेली शेती पद्धत येते. ह्या पद्धतीचा विकास गेल्या शतकाच्या सुरुवातीच्या काळात होऊ लागला. रसायनशास्त्र व वनस्पतीशास्त्र ह्या काळात समजू लागली होती त्यामुळे बऱ्याच गोष्टी कशा काम करतात ते शास्त्रज्ञाना कळू लागले. वनस्पतीची वाढ होण्यास केवळ पाणी देऊन चालत नाही तर इतर मुलतन्त्वे जसे, नत्र, स्फुरद, पालाश, चुना, गंधक व इतर अनेक खनिजे योग्य प्रमाणात तिला पुरवावी लागतात. ह्या सर्वांना रासायनिक खते असे एकत्रित नांव दिले गेले. ही मुलतन्त्वे त्यांच्या संयुगांच्या स्वरूपात द्यावी लागतात त्यासाठी नत्र अमोनियम नायट्रेट आणि पोटॅशियम नायट्रेट अशा रसायनांच्या मदतीने पुरवली गेली त्याचे चांगले परिणाम दिसून आले. इतर मुलतन्त्वे त्यांच्या संयुगाच्या स्वरूपात दिली गेली जसे, चुना व गंधक जिप्समच्या, स्फुरद सुपर फॉस्फेट, डाय अमोनियम फॉस्फेट, असे वापरले गेले. पुढे ह्या तंत्रात बरीच प्रगती झाली व अनेक रासायनिक संयुगे रासायनिक खते म्हणून वापरात आली. त्या काळात खनिज तेलाचा उपयोग मोटार गाड्यांसाठी होऊ लागला तेव्हा खनिज तेलाचे शुद्धिकरण करावे लागत होते ते करतांना नाफ्था नांवाचा पदार्थ मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध झाला. त्याचा उपयोग शास्त्रज्ञाने शोधतांना त्यापासून युरिया मिळाले. ते शेतात पिकांना नत्र देण्यासाठी वापरले असता त्याचे चांगले परिणाम मिळाले. तेव्हा युरिया हे आणखीन एक खत वापरात मोठ्या प्रमाणात येऊ लागले. ते खूपच स्वस्त असल्यामुळे त्याचा

प्रचार मोठा झाला व त्याने इतर नत्र देणाऱ्या रासायनिक खतांना मागे टाकले. पुढे नत्र देण्यासाठी फक्त युरियाचीच सर्वत्र शिफारस होत गेली व त्यामुळे आधुनिक शेतीचे अनेक प्रश्न उत्पन्न झाले. ते कस ते थोडक्यात पाहूया.

युरिया हे अमाईड वर्गातील सेंद्रीय रसायन आहे. ते निसर्गात प्राण्यांच्या मुत्रात मोठ्या प्रमाणात असते. म्हणून प्राण्यांचे मुत्र सेंद्रीय खत म्हणून पूर्वीपासून वापरले जात आहे. प्रचलित शेतीत जी खते वापरली जातात ती रसायनिक कारखान्यातून उत्पन्न केली जातात. म्हणून बरेच लोक युरियाला सुद्धा रासायनिक खत समजू लागले ते चुकीचे होते. रासायनिक खतांची नावे अशी, स्फुरदासाठी सिंगल सुपर फॉस्फेट, डाय अमोनियम फॉस्फेट, अमोनियम फॉस्फेट, पोटॅशियम फॉस्फेट, नत्रासाठी अमोनियम सल्फेट, अमोनियम नायट्रेट, पोटॅशियम नायट्रेट, पोटॅशियम क्लोराईड (म्युरेट ऑफ पोटॅश) पालशासाठी. पोटॅशियम नायट्रेट, पोटॅशियम सल्फेट, चुना व गंधकासाठी जिप्सम ह्यांची शिफारस होते. त्याशिवाय काही अनेक मिश्रणे जसे, २२-२२-२२, १९-१९-१९ वगैरे बाजारात खत उद्योगानी आणली त्यांचासुद्धा मोठ्या प्रमाणात वापर होते.

झपाट्याने शेतीचा विकास करण्यासाठी रशियाने हरित क्रांतीचा कार्यक्रम आयोजला व आपल्या शासनाने त्याची नक्कल करण्याचे धोरण अमलात आणले. त्यात शेतीचे पांच नियम केले गेले व सर्व शेती त्या बऱहुकूम करण्याचे सरकारी फर्मान निघले. ते नियम असे,

१. रासायनिक खतांचा भरपूर वापर करणे. ह्यात चुकीने युरियाचा सुद्धा समावेश केला गेला कारण ते इतर रासायनिक खतांप्रमाणे कारखान्यात होत होते.

२. पाण्याचा भरपूर वापर करणे.

३. यंत्रसामुग्री मोठ्या प्रमाणात वापरणे.

४. किटकनाशकांचा भरपूर वापर करणे.

५. संकरित बियाणे वापरणे.

मुख्य म्हणजे हे सर्व नियम ठरवितांना कोणत्याही पिकाचा उल्लेख त्यात नव्हता, म्हणजे हे नियम सर्वच पिकांसाठी म्हणून वापरले जाऊ लागले. सुरुवातीला चांगले परिणाम मिळाल्याने सर्व संबंधित मंडळी खूप होती. परंतु, कालांतराने ह्या पांचही नियमांचे वाईट परिणाम जाणवू लागले. ह्या सर्वांची चर्चा मी माझ्या लेखमालेत विविध लेखांतून केली आहे म्हणून त्यावर येथे काही जास्त लिहीत नाही.

पुढे शास्त्रज्ञाना वनस्पतीच्या जैविक कार्यात, मातीतील जीवाणूंचे व्यवहार, बऱ्याच मोठ्या प्रमाणात प्रभाव पाडतात हे समजले. त्यावर जे प्रगल्भ संशोधन झाले त्यातून एक गोष्ट स्पष्ट झाली किं, हरित क्रांतीचे पांचही नियम पाळल्यामुळे मातीतील जीवाणूंचे व्यवहार बिघडतात व त्याचा पिकावर परिणाम होऊन उत्पन्न कमी व निकृष्ट दर्जाचे होते. ह्याबद्दलची चर्चा लेखमालेत सविस्तरपणे केलेली आहे म्हणून त्यावर येथे काही लिहीत नाही.

शेतकऱ्यांचा हरित क्रांती वरील विश्वास उडाला. त्यात निसर्गवाद व कृत्रिमवाद अशा वादात शेतीचे तंत्र अडकले. जपानमधील फुकुओका नांवाच्या माणसाने निव्वळ नैसर्गिक शेतीचा पुरस्कार केला व त्याला जगभरच्या निसर्गप्रेमींचा मोठा पाठिंबा मिळाला परंतु, प्रत्यक्ष शेतावर त्याचे तंत्र अयशस्वी ठरले. असे बरेच काही घडत असतांना मी व्यावहारिक धोरण आखून त्याप्रमाणे शेतीचे तंत्र असावे असे सुचविले किं, त्यात निसर्गवाद व कृत्रिमवाद ह्यांतील सर्व चांगल्या गोष्टी घेऊन आणि सर्व वाईट गोष्टी टाळून असे जे शेती तंत्र तयार झाले त्याच्या समर्थनार्थ मी व्यावहारिक निसर्ग शेतीचा अभ्यासक्रम लिहीला. त्याला सोवळ्या निसर्गवाद्यांचा विरोध होत असतांना प्रत्यक्ष शेतावर माझे तंत्र खरे उतरले व शेतकऱ्यांचा मला पाठिंबा मिळू लागला. त्यावर बरीच चर्चा अनेक वर्षे होत राहिली व शेवटी शेती कृत्रिम (म्हणजे, हरित क्रांतीचे नियम) वा

नैसर्गिक अशी कोणतीही न असतां केवळ शाश्वत व किफायतशीर असली पाहिजे हे ठरले. शेतकरी जो केंद्रबिंदू होता तो शेतीच्या शास्त्राबद्दल अनभिज्ञ आहे म्हणून हे सर्व प्रश्न व वाद होत आहेत ते मी समजलो व त्यावर उपाय म्हणून माझ्या अभ्यासक्रमाचा प्रचार बळीराजा मासिकाचे संपादक श्री. प्रभाकर भोसले ह्यांना करण्याची विनंती केली. ती त्यांनी स्वीकारली व सतत १५ वर्षे सातत्याने शेतकऱ्यांच्या विविध प्रश्नांवर चर्चा करण्यासाठी मी त्या मासिकात लेख लिहित गेलो, त्यातून शेतकऱ्यांच्या अभ्यास करण्याची गोडी उत्पन्न करण्यात आम्हाला थोडे यश आले. प्रस्तुत पुस्तक माझ्या शेतीविषयक लिखाणाचा संग्रह आहे त्याशिवाय अनेक शिबीरातून मी भाषणे केली तीसुद्धा शेतकऱ्यांच्या संदर्भासाठी येथे दिली आहेत. शेती म्हणजे केवळ पीकपाणी असे नसून शेतीचे पर्यावरण शास्त्र आहे हे शेतकऱ्यास समजावण्यासाठी माझा अभ्यासक्रम व लेख उपयोगी ठरले हे विशेष. आज बहुतेक प्रगत शेतकरी मी दिलेल्या तंत्राचा वापर करित आहेत हे पाहून समाधान वाटते.

आता, हरीत क्रांतीच्या व व्यावहारिक निसर्ग शेतीच्या नियमांची तुलना आपण पहाणार आहोत व त्याद्वारा कोणते दोष हरित क्रांतीचे होते व ते व्यावहारिक निसर्ग शेतीच्या नियमांमुळे कसे सुधारले ते पाहूया. हरित क्रांतीचे नियम पाहिले आता व्यावहारिक निसर्गशेतीचे नियम कोणते ते पाहू या. ह्या नियमांचे पालन करून शेती केल्यास हरित क्रांतीच्या शेतीचे सर्व फायदे मिळतात व तोटे बिलकूल नसतात. हे सर्व नियम कृषिपर्यावरणशास्त्रानुसार आहेत ते असें,

१. रासायनिक खतांचा उपयोग केवळ सुक्ष्म पद्धतीने करणे.

२. जमिनीचा ओलावा पिकाच्या गरजेनुसार तेवढाच राहिल इतकेच पाणी शेताला देणे.

३. आवश्यकतेनुसार साधी व हाताळण्यास सोपी अशी यंत्रे वापरावीत.

४. रोग-पीडा ह्यांपासून संरक्षण मिळविण्यासाठी माती, पाणी व वातावरण ह्यांचे अनुकूलन करून वनस्पतीची स्वाभाविक स्वसंरक्षण शक्ती वाढवण्यावर भर असावा व तरी आवश्यक वाटल्यास सेंद्रीय नाशके व रोधक वापरावेत.

५. संकरित व नैसर्गिक अशा दोनही प्रकारच्या बियाण्यांचा वापर करून शेती किफायतशीर करण्याचा उद्देश ठेवणे.

६. जमिनीतील जैविक कर्बाचे प्रमाण ३ टक्के किमान राहिल अशाबेताने सेंद्रीयखते व सेंद्रीय कचरा शेतात आच्छादनाने द्यावा.

७. वनभिंती अथवा वारघाटीची झाडे शेताभोवती उभारून शेतावरील वाऱ्याचे नियंत्रण करावे व जर झाडे लावणे व्यवहारात बसत नसेल तर पॉलिभिंत किंवा जाळ्याचा आडोसा शेताभोवती किमान २० फुट उंचीचा होईल असा करावा.

८. सेंद्रीयखते विशेष करून शेणखत, रसाच्या स्वरूपात सिंचनातून (शेणरस, शेणखत रस, हिरवळ खतरस असे) द्यावेत. शेतात मशागतीत गाडून अथवा आच्छादनाने ही खते देण्याचे टाळावे. त्या मार्गाने तण व रोगपीडा ह्यांचे प्रमाण कमी करावे.

वरील आठ नियमांचे पालन करण्यासाठी ज्या पांच कार्यपद्धतींचा अवलंब करावा लागतो ते असें,

१. वनस्पतीला पोषक पदार्थ (रासायनिक खते) योग्य प्रमाणात देणे.

२. जमिनीतील **वातन** व **वापसा** कायम राखणे.

३. वनस्पतीला रोगपीडांपासून संरक्षण देण्यासाठी प्रथम प्रतिबंधक व नाहीतर निवारक उपाय वापरावेत.

४. शेतावरील वातावरणाचा **वाफसा** (सापेक्ष आर्द्रता) व कर्बवायुचे प्रमाण योग्य राखण्याचा प्रयत्न असला पाहिजे.

५. पिकाला सूर्य प्रकाश योग्य प्रमाणात मिळेल असे पहावे.

व्यावहारिक निसर्गशेतीच्या नियमांपाठील शास्त्रीय कारणे समजणे आवश्यक आहे व त्यासाठी जे सर्व शिकणे शेतकऱ्याला जरूरीचे आहे ते ह्या प्रस्तुत अभ्यासक्रमात व लेख संग्रहात समाविष्ट केलेले आहे.

## ई साहित्य प्रतिष्ठान -

मराठी भाषा आता झेप घेण्याच्या मूड मध्ये आहे. रडणार्यांकडे लक्ष नका देऊ. मराठीत कधीच नव्हते इतके वाचक आहेत आता. पुर्वी पुस्तकाच्या एका आवृत्तीच्या हजार न हजार प्रती छापल्या जात. पांच हजार म्हणजे डोक्यावरून पाणी! आता ई पुस्तकांच्या जमान्यात एक एक पुस्तक पाच लाख वाचकांपर्यंत जात आहेत. वर्षाला अर्धा कोटी डाऊनलोड होतात. वाचक एकमेकांना परस्पर ऑर्डर करतात. व्हट्स अप, ई मेल, ऍप्प, ब्ल्यु टुथ, वेबसाईट, पेन्ड्राईव्ह, सिडी अशा असंख्य मार्गांनी पुस्तकं व्हायरल व्हायला लागली आहेत. सुसाट सुटल मराठीचं वारू. खेड्यापाड्यांच्या गल्लीबोळांपासून ते जगाच्या पाठीवरील प्रत्येक देशात. रॉकेटच्या वेगांने सुसाट सुटलेल्या मराठीच्या गाडीला आता कोणी थांबवू शकत नाही. या धूमधडक क्रांतीत साहभागी व्हा. आपल्या ओळखीच्या मराठी साक्षरांना यात ओढा. त्यांचे ई मेल पत्ते, व्हाट्सप नंबर आम्हाला पाठवा. तुम्ही कितीही वाचक आणा. ते शंभर आणतील आणि ते हजार आणतील. तुमच्या व्हाट्सप ग्रुपमधून याची जाहिरात करा. आपल्याला कुठली पुस्तकं वाचकांपर्यंत पोहोचवायची आहेत ते आपल्याला टिक्की, पेपरची जाहिरात परवडत नाही. आमचे वाचक हेच आमचे जाहिरात एजंट. तेच आमची ताकद. मराठी भाषेची ताकद जगाला दाखवून देऊ.

ई साहित्यची पुस्तके [www.esahity.com](http://www.esahity.com) वरून डाऊनलोड करा.

[esahity@gmail.com](mailto:esahity@gmail.com) ला कळवून ई-मेलने मांगवा. किंवा 7710980841 हा नंबर सेव्ह करून ठेवा, या नंबरला तुमचे नांवाने Whatsapp करून पुस्तके whatsapp मार्गे मिळवा.

लिंक ई साहित्यचे [app.https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esahity.www.esahitybooks](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esahity.www.esahitybooks) ह्या लिंकवर उपलब्ध आहेत. ते download करा. हे सर्व मोफत आहेत.

धन्यवाद

