



श्री. अशोक कोठारे

व्यावहारिक  
निसर्गशेती

अभ्यासक्रम  
भाग ७ ते १२

# 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 दुसरा

विषय: वनस्पतीचे काया शास्त्र

धडे ७ ते १२

# धडा ७ वा

धडा सातवा

## मुळाद्वारा पाण्याचे शोषण व इतर संबंधित क्रिया

पेशींची ताठरता –

पेशीसालीतील पापुद्र्यातून पाण्याच्या विद्रावाचे परासरण गुणामुळे शोषण होत असते. त्यामुळे पेशीतील पाण्याची पातळी वाढून सर्व पेशी पोषकरसाच्या पाण्याने भरून निघते. अशा पेशीत त्यामुळे ताठरपणा येतो. जसा फुगा पाण्याने भरला तर त्यात घट्टपणा येतो तसे हे होते. वनस्पतीत जर योग्य प्रमाणात पोषकरसाचा पुरवठा होत असेल तर अशा वनस्पतीत सर्व सक्रिय व वर्धिष्णू पेशी ताठ झालेल्या दिसतात, अक्रिय पेशीत असा फरक होत नाही. जर पुरवठा कमी अथवा अपुरा असेल तर हिरव्या फांद्या, डहाळ्या, पाने मरगळलेली दिसतात. ताठरपणावरून त्या वनस्पतीत पोषकरसाच्या पाण्याचा पुरवठा नीटपणे होतो किं नाही ते समजते. हे पहाण्याची वेळ असते पहाटेची कारण, बऱ्याच वेळा दिवसा सूर्याच्या उष्णतेमुळे हे भाग केवळ उष्णतेमुळे मलूल झालेले असतात जरी पाण्याचा पुरवठा योग्य असला तरी. सूर्य मावळल्यानंतर थोड्याच वेळात ती वनस्पती पुन्हा ताठर होते.

थोडक्यात ताठरपणाची क्रिया अशी असते किं, पोषकरस पेशीत शोषले जातात त्यातील खनिजे व इतर उपयुक्त पदार्थ ह्यांचे पचन झाल्यावर उरलेला रस व त्या बरोबर पेशीने सोडलेले व्यर्थद्रव्य असे सर्व, पेशी बाहेर टाकून देते. हे एकतर दुसऱ्या पेशीत टाकले जाते किंवा पेशीशिरात सोडले जाते. तेथून तो रस पुढे वहात रहातो. पोषक व अन्नरसांचे शोषण व उत्सर्जन सतत चालू असते. त्यामुळे स्पंदनाचा परिणाम होतो व हे रस पुढे ढकलले जातात. अन्नरस परिकाष्ठ ऊर्तीतून खाली व पोषकरस प्रकाष्ठ ऊर्तीतून वर जात रहातो. वनस्पती जोवर सजीव आहे तोवर पेशीत हा व्यवहार होत असतो. हि स्पंदने एकाद्या पंपाप्रमाणे काम करतात. म्हणजे सर्वच सक्रिय पेशी अशारितीने पंपाचे काम करीत असतात. आपल्या हृदयात जसे स्पंदन होते तसे परंतु अतिशय सुक्ष्म असे हे स्पंदन असते. म्हणजे वनस्पतीतील सर्वच पेशी हृदयाचे काम करीत असतात असे म्हंटले तर ते चुकीचे ठरणार नाही.

मुळाद्वारा पाण्याचे शोषण –

मुळाद्वारा पाण्याच्या होणाऱ्या शोषणावर वनस्पतीतील अनेक क्रियांचा तसेच पर्यावरणाचा परिणाम होत असतो. मुळाद्वारा शोषलेल्या पाण्याचे दोन भाग होतात. पहिला भाग वनस्पतीच्या अंगात सामावून घेतला जातो. म्हणजे, ते पाणी वनस्पतीत पचवून वनस्पतीच्या विविध भागांच्या घडणीत वापरले जाते. दुसरा भाग बाष्पोत्सर्जनाचा असतो. ते पाणी मातीतील खनिजद्रव्ये अतिसौम्य द्रावाच्या रूपाने शोषण्याच्या वनस्पतीच्या नैसर्गिक गरजेमुळे शोषलेले असते ही खनिजे पचविल्यानंतर त्या जादा पाण्याचा वनस्पतीला वस्तुतः काही उपयोग नसतो. म्हणून ते बाहेर टाकून दिले जाते. आपण आधी पाहिले आहे किं, मुळातून शोषलेल्या पाण्यात ह्या पाण्याचा हिस्सा ७० टक्के पेक्षा जास्त असतो. वनस्पती बाष्पोत्सर्जनाने किती पाणी बाहेर सोडते त्यावर त्या पाण्याचे प्रमाण असते. खनिजांचे म्हणजे खताचे सुरळीतपणे शोषण होण्यासाठी एक लाख भाग पाण्यात विद्राव्य खताचे प्रमाण फक्त १०० भाग (१हजार लिटर पाण्यात १ किलो खत) असणे योग्य असते. म्हणजे किती सौम्य द्राव असावा लागतो ते लक्षात येईल. त्यासाठी व्यावहारिक निसर्गशेतीत खते सौम्य द्रावाच्या स्वरूपात देण्याचा सल्ला असतो.

ज्यावेळी वातावरणाची सापेक्ष आर्द्रता ७० टक्के किंवा त्याहूनही जास्त असते त्यावेळी मुळांतून शोषलेले जादा पाणी सर्व जैविक कार्य झाल्यावर म्हणजे, हे पाणी त्याबरोबर असलेल्या खते व इतर उपयुक्त पदार्थ संपूर्ण वनस्पतीत पोहोचवल्यावर त्यातील काही भाग पानांतून बाष्पोत्सर्जन क्रियेने बाहेर सोडले जाते व काही भाग अन्नरसाबरोबर पुन्हा मुळाकडे वळते. परंतु, जर हवेत पुरेसे आर्द्र नसेल व हवा कोरडी असेल तर मात्र कमी भागाचे अन्नरसात रूपांतर होते व जास्त भागाचे बाष्पोत्सर्जन होते. म्हणजे हवा जेवढी जास्त कोरडी तेवढी जास्त बाष्पोत्सर्जन व जेवढी दमट तेवढे कमी बाष्पोत्सर्जन असे प्रमाण असते. हवा अनिष्ट प्रकारे कोरडी असेल तर पुरेसे पाणी अन्नरसाच्या निर्मितीत न मिळाल्यामुळे त्या वनस्पतीच्या जैविक क्रिया बिघडतात. सर्व परिभ्रमण झाल्यावर उरलेले पाणी शेवटी व्यर्थद्रव्याच्या रूपाने पुन्हा मातीत सोडले जाते. हवा जेवढी जास्त दमट तेवढे कमी पाणी मुळांना शोषावे लागते. म्हणून हवेच्या दमटपणाचा पिकाच्या वाढीवर परिणाम होत असतो हे लक्षात घेतले पाहिजे. प्रत्येक पिकाची हवेच्या दमटपणाची गरज असते ती समजून त्याप्रमाणे शेतीचे व्यवस्थापन करावयाचे असते. फवारासिंचन, तुषार सिंचन ह्यांच्या मदतीने पावसाळ्या व्यतिरिक्त मोसमात हा दमटपणा राखणे शक्य होते म्हणून त्या सिंचन पद्धतीची शिफारस केलेली असते. बाष्पोत्सर्जनावर परिणाम करणारी कारणे आपण मागील धड्यात पाहिली आहेत ती सर्व कारणे मुळांच्या पाणी शोषण्यावर सुद्धा लागू होतात. त्याशिवाय आणखीन काही कारणे असतात ती आता पाहूया.

### जमिनीतील पाण्याचा परासरण दाब —

जमिनीतील पाण्याचा परासरण दाब मुळांतील पेशींतील परासरण दाबा पेक्षा खूप कमी असावा लागतो. मुळातील परासरण दाब साधारणपणे २ बार असतो परंतु, मुळं तो दाब ८ बार एवढा जीव-वास्तविक गुणामुळे वाढवू शकतात. जमिनीतील पाण्यात खते व इतर उपयुक्त पदार्थ विरघळलेल्या, विरसलेल्या व प्रविसरलेल्या अवस्थेत असतात. त्यामुळे जमिनीतील पाणी कधीच शुद्ध नसते. अशा पाण्यात काही परासरण दाब असतो. जर तो दोन पेक्षा खूप कमी असेल तर मुळं त्यांच्यातील साधारण परासरण दाबाच्या मदतीने त्या पाण्याचे शोषण करू शकतात. परंतु जर तो जास्त असेल तर मात्र मुळांना जीव-वास्तविक गुणाने त्यांचा परासरण दाब वाढवून मगच शोषण करावे लागते. जर ते नाही जमले तर मुळं पाणी शोषण्या ऐवजी माती मुळातील पाणी खेचू लागते व मुळं नष्ट होऊन प्रसंगी रोप मरून जाते. हे बहुधा माती चोपण असेल तर होते. त्यासाठी शेताची माती चोपण नाही ह्याची व्यवस्था करावी लागते. चोपण मातीची माहिती लेखांकाच्या भागात आहे ती पहावी.

### जमिनीतील प्राणवायुची उपलब्धता —

आपण पाहिले आहे किं, मुळातून जे पाणी शोषले जाते त्यात दोन हिस्से असतात. एक हिस्सा वनस्पतीत समावून जाणारा व दुसरा हिस्सा बाष्पोत्सर्जनाचा असे असते. एवढे पाणी खेचण्यासाठी मुळांना काही जास्तचे काम नेहमीच करावे लागते. हे पाणी खेचण्याचे काम प्रामुख्याने केशमुळे करतात. त्यांची त्वचा पेक्टोजची असते. बाकीच्या त्वचेत पेशींतून असतात. हा भाग सक्रिय असतो. ह्या सर्व पदार्थांची परासरण दाबा बाबतची वास्तविक क्षमता नगण्य असते. परंतु, ते भाग सक्रिय असल्यामुळे त्यांची परासरण दाबाची क्षमता वाढलेली असते. म्हणजे मुळांचे पाणी शोषणे ही एक जैविक क्रिया आहे. अधिक संशोधनाने असे स्पष्ट झाले आहे की, मुळांत असलेला निवडक पारगम्यतेचा गुणसुद्धा जीव-वास्तविक आहे. मुळांचा सजीवपणा त्यांच्या श्वसनावर अवलंबून असतो. ही मुळं जमिनीतील हवेतील प्राणवायू वापरून श्वसन करीत असतात. आपण जसे हवेतून प्राणवायू घेतो तसे मुळं करू शकत नाहीत तर त्यांना प्राणवायू शोषण्यासाठी तो प्रथम मुळांच्या पृष्ठभागावर जो ओलसरपणा असतो त्यात विरघळावा लागतो. त्यासाठी मुळांतून काही वितंचके स्रवतात आणि प्राणवायुचे विरघळणे सोपे होते. अशारितीने विरघळलेला प्राणवायू नंतर श्वसनांगातून घेतला जातो. जर मातीत प्राणवायू पेक्षा जास्त कर्बवायू असेल तर मुळांचा कोंडमारा होतो. असे झाले तर जीव-वास्तविक परासरण न होता वास्तविक परासरण होऊन वनस्पतीला नको असलेले पदार्थसुद्धा तिच्यात शिरू लागतात. असे झाले तर वनस्पतीत रोगटपणा येऊन प्रसंगी ती मरून जाते. ह्यासाठी जमिनीत नेहमी वापसा व वातन राखणे किती आवश्यक आहे ते लक्षात येईल. मुळांचे प्राणवायुचे शोषण मुळांच्या पृष्ठभागावरील ओलसरपणावर अवलंबून असते म्हणून तो राखण्यासाठी मुळं नेहमी मातीत गाडलेली रहातील असे पहावे लागते. हा पाण्याचा सुक्ष्म थर

रहाण्यासाठी जमिनीतील हवेची सापेक्ष आर्द्रता किमान ९० टक्के असणे आवश्यक असते. जमिनीचा वापसा योग्य राखणे म्हणजेच जमिनीतील हवेतील सापेक्ष आर्द्रता १०० टक्के असली पाहिजे व कर्बवायुचे प्रमाण अत्यल्प असले पाहिजे, प्राणवायुचे प्रमाण वातावरणातील हवे एवढेच असले पाहिजे. वापसा राखण्या मागील उद्देश वरील तीन गोष्टी साध्य करणे हा असतो हे लक्षात घेतले पाहिजे. वापसा कसा राखावा ह्याचा अभ्यास आपण नंतरच्या भागातून पहाणार आहोत.

### मातीचे तापमान —

महाराष्ट्रातील पिकांच्या दृष्टीने पहाता जमिनीचे किमान तापमान २० अंश व कमाल ३० अंश असे असणे योग्य आहे. येथे घेतल्या जाणाऱ्या पिकांची ती गरज आहे. जर तापमान जास्त झाले तर मुळं आपले काम व्यवस्थितपणे करू शकत नाहीत. कमी झाले तर मुळांचे व्यवहार मंदावतात व वनस्पतीच्या वाढीवर त्याचा अनिष्ट परिणाम होण्याचा धोका संभवतो. आपण जसे रात्री झोपतो तसे वनस्पती कधीच झोपत नाही परंतु, तिचे विविध भाग आळीपाळीने विश्रांती घेत असतात त्यात जर तापमान खूपच कमी म्हणजे ० अंश झाले तर झाड निद्रिस्त अवस्थेत जाते. कमी तापमानामुळे मुळांच्या पेशीत ताठरपणा जास्त होतो व निवडक पारगम्यता तसेंच जीव-परास्परण क्रिया होण्यास विरोध होऊ लागतो. मुळातील पेशींच्या मधील आंतरपेशीय वहन मंदावते. जमिनीचे तापमान काही वेळासाठी जास्त झाले (३०च्या आसपास) तर मुळांच्या क्रिया त्वरीत होऊ लागतात आणि जर ते तसेच राहिले तर संजीवकाच्या जादा मात्रा दिल्यासारखे परिणाम दिसू लागतात. मुळांचे श्वसन कार्य मंदावते. मुळात परिकाष्ठ ऊर्तीतून येणाऱ्या अन्नरसाचे प्राणवायुच्या मदतीने ज्वलन होते त्यातून ऊर्जा मिळते. त्या ऊर्जेमुळे मुळातील विविध क्रिया होत असतात त्या मंदावतात. त्याहूनही जास्त झाले तर वनस्पती मरून जाऊ शकते. जमिनीचे तापमान दिवसा सूर्याच्या उन्हामुळे वाढू शकते ते होऊ नये म्हणून सेंद्रीय कचरा जसे पालापाचेळा आच्छादन म्हणून शेतात पसरून द्यावयाचा असतो. इतर अनेक योजना वापरून सुद्धा हे साध्य करता येते ते आपण नंतरच्या भागांत पहाणार आहोत.

### प्रश्नावली —

१. वनस्पतीला पाण्याचा पुरवठा योग्य प्रकारे होत आहे की नाही हे कसे समजते.
२. वनस्पतीत पाण्याचे वहन कोणत्या कारणाने होते?
३. सक्रिय व अक्रिय पेशींतील महत्वाचा फरक ह्या संदर्भात कोणता ते सांगा.
४. वापसाचे महत्व काय? वापसा राखणे म्हणजे नेमके काय साध्य करणे ते नीटपणे सांगा.
५. मुळांना प्राणवायुचा पुरवठा कसा होते ते सांगा.
६. मुळांना प्राणवायुचा पुरवठा व्यवस्थितपणे नाही झाला तर कोणते दोष निर्माण होतात.
७. जमिनीचे तापमान योग्य राखण्याचे महत्व समजावून द्या.
८. जमिनीवर सेंद्रीय पालापाचेळा ह्याचे आच्छादन का करावे त्याची कारणे सांगा.
९. जमिनीला फार मोठ्या भेगा पडल्यास त्यामुळे वापसा बिघडेल कां? ते सकारण समजावून द्या.
१०. जमिनीतील हवेची सापेक्ष आर्द्रता किती असणे चांगले असते?



# धडा ८ वा

धडा आठवा

## पोषकरस व अन्नरस ह्यांचे वनस्पतीतील वहन

पोषकरसाचे वरवहन अथवा उद्वहन होते आणि अन्नरसाचे अधोवहन होत असते. ह्या दोन रसांचे वहन करण्यासाठी अनुक्रमे प्रकाष्ठ ऊती आणि परिकाष्ठ ऊतींचा उपयोग होत असतो. पोषकरस प्रकाष्ठ ऊतींतून वर चढत असतो व अन्नरस परिकाष्ठ ऊतींतून खाली सरकत असतो. फक्त पानात ते दोन एका क्लिष्ट रचनेने अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशीने जोडलेले असतात.

ह्या धड्यात मुळाने शोषून, पचवून पाण्यासह जी खनिजे (खते) आत्मसात केली त्यांचे म्हणजेच पोषकरसाचे नंतर वनस्पतीत सर्व पंचांगात वहन कसे होते ते पहावयाचे आहे. आधीच्या धड्यातून आपण पाहिले आहे की, मुळे प्रथम जमिनीतून पाणी व त्यात विरघळलेल्या अवस्थेतील पोषक पदार्थ (खते व इतर) मुळांतील त्वक्ष, परीचक्र ह्या भागांतून शोषून व नंतर संधान ऊतींतून पचवून त्या पासून पोषकरस तयार करतात. ही क्रिया पुन्हा एकदा समजून घेऊया.

खनिजांचे शोषण व पचन तीन प्रमुख पायऱ्याने होत असते. पहिली पायरी अशी, मातीतील पाणी व त्यात असलेल्या खनिजांचे व इतर उपयुक्त पदार्थांचे शोषण निवडक पारगम्यतेच्या क्रियेने व जीव-वास्तविक परासरण दाबाने करणे. ह्या क्रिया करण्यासाठी ऊर्जा लागते ती अन्नरसाचे जैविक ज्वलन प्राणवायुच्या मदतीने करून मिळविली जाते. म्हणजे हि पायरी एक जैविक क्रिया असते. दुसरी पायरी अशी किं, जे खनिज जमिनीतून शोषून घेतले जसे, नत्र, पालाश, स्फुरद इत्यादी, ते कोणत्या तरी असेंद्रीय किंवा सेंद्रीय संयुगाच्या स्वरूपात असते त्या संयुगाचे विघटन केले जाते आणि खनिज व त्याला जोडणारे संयुग वेगळे केले जातात. जोडणाऱ्या संयुगात सुद्धा काही खनिज असू शकतात तेव्हा त्यांचेही पुन्हा विघटन होते. थोडक्यात सांगावयाचे म्हणजे शोषलेल्या सर्व खताचे पूर्ण विघटन होत असते. त्यात अतिक्लिष्ट अशा जीव-रसायनिक क्रियांचा समावेश असतो. अशारितीने अशा विघटीत स्थितीत ही खनिजे त्वक्ष, परीचक्रातील ऊती तसेच पुष्टकार ऊती, संधान ऊती ह्यांत नेले जाते. विघटन झालेल्या घटकांची वेगळी रचना करून त्यापासून त्या वनस्पतीला एकरूप अशा पदार्थात रूपांतर होत असते. हे सर्व त्या त्या पेशींच्या व ऊतींच्या वैशिष्ट्यानुसार होते. हे सर्व काम अनेक वितंचके करतात. ते नेले जात असतांना त्यांच्यावर निरनिराळ्या पेशीतील रसांचे विविध संस्कार होत होत ह्या सर्व खनिजांची पुर्नचना होते. आता ती खनिजे त्या वनस्पतीतील एक घटक असे रूप घेतात. म्हणजे शोषलेल्या खनिजाचे पहिले पचन ह्या पायरीला होते. जरी शोषताना ती खनिजे असेंद्रीय किंवा सेंद्रीय परंतु, वेगळ्या रचनेची असली तरी आता ती पूर्णतया त्या वनस्पतीचा भाग बनलेली असतात. ही तयार झालेली संयुगे पाण्यात विद्राव्य अवस्थेत असतात. अशारितीने तीन पायऱ्या म्हणजे **शोषण**, **विघटन** व **पचन** पूर्ण होत असते. अनेक प्रकारे हे होतांना वरून येणारे अन्नरस आणि मातीतील हवेतून प्राणवायू ह्यांची नितांत गरज असते. अशारितीने त्या वनस्पतीचा पोषकरस तयार होत असतो. ह्यासर्व पायऱ्या जीव-रसायनिक क्रिये म्हणून समजल्या जातात. कारण, त्या फक्त जीवंत वनस्पतीत होतात. प्राणवायू आणि अन्नरस व्यवस्थितपणे मिळाला नाही तर ही पचनाची क्रिया बिघडते. तसे नेहमी होत राहिले तर मात्र त्या वनस्पतीत विकृती उत्पन्न होण्याची शक्यता असते. म्हणजे नत्राचा तुटवडा, पालाशाचा तुटवडा, स्फुरदाचा तुटवडा असे होऊन त्याचा दृश्य परिणाम वनस्पतीच्या वाढीवर झाल्याचे आढळते. अशावेळी शेतकरी त्या खताच्या जास्त मात्रा देण्याचा मार्ग अवलंबतो

परंतु, तो हे पहात नाही किं मुळांना प्राणवायू मिळण्यासाठी आवश्यक असलेला वापसा व वातन ठिक आहे कां नाही? जर प्राणवायू नाही मिळाला तर ती मुळं, विघटन केलेले पदार्थ त्या अवस्थेत मुळांद्वारा, पुन्हा मातीत सोडतात. त्यामुळे त्या अर्धवट पचलेल्या पदार्थांचा साठा मुळक्षेत्रात होतो. पुन्हा जसे प्राणवायू उपलब्ध होतो तसे ती मुळं तो सर्व अर्धवट पचवून बाहेर टाकलेला, शोषून त्याचे पचन करून पुढली क्रिया पूर्ण करतात. अन्नरसाचा पुरवठा झाला नाही असे सहसा होत नाही परंतु, जर अयोग्य छटण्या अयोग्य वेळी झाल्यातर तसे होऊ शकते.

तयार झालेल्या पोषकरसाचे पुढे वहन कसे होते ते पाहूया. मुळात बनलेला पोषकरस प्रकाष्ठ पेशींच्या प्रकाष्ठ ऊतींच्या माध्यमाने वर चढवला जातो. पेशीत नवीन पोषकरसाचा पुरवठा आला किं, पेशीतील जुने खराब झालेले घटक पेशीतून बाहेर टाकले जातात. जुने भाग काढून नवीन भाग आपण जसे बसवतो तसेच हे होत असते. वर्धिष्णू पेशींच्या गरजेनुसार ह्या नव्या रसाच्या मदतीने तिची कायिक व शाकीय वाढ होत रहाते. म्हणून साधारणपणे त्या पेशी व्यर्थद्रव्य निर्माण करित नाहीत. सक्रिय पेशीत फक्त नुतनीकरणाचे काम होत असल्यामुळे तेथे जुने भाग बाहेर काढलेले व्यर्थ पदार्थ ज्यांना आपण व्यर्थद्रव्य असे म्हणतो ते परितंतूंच्या मार्गाने परिकाष्ठ ऊतींच्या वाहिन्यामध्ये जातात व अन्नरसा बरोबर खाली जाण्यास सज्ज होतात. ह्यासर्व क्रिया जीव-रसायनिक असतात म्हणून त्यांना लागणारा प्राणवायू अन्नरसा बरोबर व बऱ्याच वेळा श्वसनरंध्रांच्या मदतीने वनस्पती मिळवत असते. काही वनस्पतीत व्यर्थद्रव्य परिकाष्ठात न जाता तेथेच झाडाच्या बाह्यसालीकडे पाठवले जाते व तेथून ते झाडाच्या पृष्ठभागावर पोहोचते. हे आपल्याला घाम येतो तसे असते. तेथे ते इतर सुक्ष्म जीव खाऊन त्यांची वेगळी **जैविकता (मेटाबॉलिझम)** चालू ठेवतात. त्यामुळे बऱ्याच वेळा रोगराईला मदत होत असते. असे बहुधा मोठ्या झाडांच्या बदल होत असते. पेशीत जे होते त्याला पोषकरसाचे पेशीत **सात्मिकरण** झाले असे समजले जाते.

पेशीत पोषकरसाचे सात्मिकरण कसे होते ते पाहूया. वनस्पतीच्या पंचांगातील नित्य पंचांगांत पोषकरस त्या अंगाच्या विशिष्ट परिस्थिती नुसार पचवला जातो म्हणून त्या पचनक्रियेस **विपचन** असे म्हणतात. म्हणजे, विपचन ही पेशीत होणारी त्या पेशीला अनुरूप अशी पचन क्रिया असते. वनस्पतीत असे विपचन अनेक विविध पेशीत विविध वित्तंचकांच्या मदतीने होत असते म्हणून विपचनाचे सुद्धा अनेक प्रकार आढळून येतात. मुळांत खतांचे शोषण झाल्यावर त्यातील नत्र ह्या खनिजाचे पाणी व प्राणवायू ह्यांच्या संयोगाने अमिनो अम्लात रूपांतर होते. स्फुरदापासून ऊर्जासंयुगे बनतात. त्या बरोबर पेशीचे नेहमीचे वर्धन कार्य सुद्धा होत असते. जुने भाग काढून नवीन भाग बसविण्याचे काम आरेनेच्या मदतीने ऊर्जागातील डिएनेच्या सूचनानुसार होत रहाते. सर्वच पंचांगात हे होत असते परंतु, प्रत्येक अंगाचे असे विशिष्ट काम असते त्याचा विचार येथे केला आहे. मुळांत त्यांच्या गरजेची व इतर वित्तंचके व संजीवके तयार होतात. ते सर्व पेशीतून बाहेर येऊन पुन्हा पोषकरसात मिसळून, असा अधिक कार्यक्षम नवा पोषकरस तयार होतो. तो पुढे खोडांगा कडे वहात जाऊ लागतो. बऱ्याच वनस्पतीतील मुळं काही विम्लसा सुद्धा तयार करतात. विम्लसा ही रसायने वनस्पतीचे नैसर्गिक संरक्षण असते.

खोडांगात आणखीन काय होते पोषकरसाचे ते पाहूया. खोडांगातील सक्रिय पेशींचे नुतनीकरण त्याने होते. तेथे पुन्हा नव्याने व्यर्थद्रव्ये तयार होतात व त्यांची विल्हवाट आधी सांगितल्या प्रमाणेच होत असते. मुळाकडून आलेली विम्लसा, संजीवके, वित्तंचके आणि अमिनो अम्ले खोडातील सक्रिय त्वक्ष व पुष्टकार पेशीतील वर्धिष्णू ऊती वापरतात. खोडांगातील सक्रिय पेशी सालार्क व काही नवीन प्रकारच्या विम्लसा उत्पन्न करतात तसेच पुष्टकार पेशीतून पुष्टक संजीवके बनवतात आणि त्याचा वापर करून खोडांग व इतर वरील भागांची रुंदी वाढवण्याचे काम करतात. खोडात बनलेली **सालार्क, विम्लसा** व पुष्टक संजीवके प्रकाष्ठ व परिकाष्ठ अशा दोनही ऊतींत शिरतात व त्या मार्गाने सर्वत्र पाझरत पसरतात. विम्लसा व सालार्क हे दोन घटक वनस्पतीच्या स्वाभाविक संरक्षणाचा भाग असतात कारण ते दोनही पदार्थ पिकावर हल्ला करणाऱ्या किटकांना हानिकारक असतात व जर त्यांचे योग्य प्रमाणात उत्पादन झाले तर त्या वनस्पतीवर सहसा रोग पडत नाहीत. काही वनस्पतीतील हे घटक वेगळे काढून त्या पासून अनेक औषधी तयार केली जातात. आयुर्वेदातील बहुतेक सर्वच



औषधी ह्या विम्लसा आणि सालार्कावरच आधारित आहेत. इंग्रजीत सालार्काला **टॅनीन** असे म्हणतात. विम्लसाला **अल्कलॉईड** असे म्हणतात. सेंद्रीय शेतीत वापरली जाणारी बहुतेक सर्वच किटकनाशके ह्यांच्या पासून बनविली जातात.

खोडातील पेशींचे पोषण करून व त्यातून नवीन द्रव्ये बरोबर घेऊन प्रकाशातून पोषकरस पुढे पानांत शिरतो. पानात असलेल्या सर्व सक्रिय, वर्धिष्णू पेशींची नित्याची गरज पुरवून (म्हणजे नुतनीकरण, कायिक आणि शाकीय वाढ वगैरे) तो आता अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशीत येतो. तेथे तो प्रथम हरित द्रव्याच्या निर्मितीत मदत करतो. अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशीत दिवसाच्या व पुर्व रात्रीच्या म्हणजे संध्याकाळाच्या प्रहरी मोठ्या प्रमाणात अन्न निर्मिती होत असते. उरलेला पोषकरस त्यात मिसळत ते सर्व आता परिकाष्ठ वाहिनींत अन्नरस म्हणून शिरते. ते होताना पोषकरसातील जास्त पाणी पानाच्या श्वसनांगांतून बाष्पोत्सर्जनाने वातावरणात सोडले जाते. येथवरचा प्रवास पोषकरसाचा असतो पुढे त्याचे अन्नरसात रुपांतर होते व तो परिकाष्ठ वाहिनीच्या माध्यमाने आता अधोवहनाने खाली पाझरू लागतो. हे झाले पंचांगातील नित्य पंचांगा बाबतचे आता नैमित्तिक अंगात म्हणजे फुलात, फळात व कोंबात तो काय करतो ते पहावयाचे आहे.

कोंबात अतिवर्धिष्णू पेशी असतात. तेथे पोषकरसाची फारमोठी गरज असते. वर्धिष्णू पेशीत मग ती कोठेही असो पोषकरसाची गरज नेहमीच जास्त असते हे आपण लक्षात घेतले पाहिजे. तेथे व इतर नैमित्तिक अंगात अन्नरस तयार होत नाही म्हणून बाहेरून अन्नरस आणणाऱ्या परिकाष्ठ वर्गातील मृदुसाल पेशीतून तो पोहोचवला जातो. ह्या ठिकाणी फार मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा निर्मिती होत असते. पुष्कळशा कोंबांच्या कोमल बाह्यसालीतून वातावरणातील प्राणवायू निवडक पारगम्यतेच्या क्रियेने शोषला जात असतो. तेथे रस शोषक किटकांचा प्रादुर्भाव जास्त होण्याची शक्यता असल्यामुळे स्वाभाविकपणे तेथे संरक्षणासाठी विम्लसांची निर्मिती किंवा बाहेरून पुरवठा होण्याची व्यवस्था असते. कोंबातून नवीन पाने अथवा कळ्या उगवल्यावर पोषकरसाची गरज कमी होते, तेवढ्यात तो कोंब पुढे सरकलेला असतो.

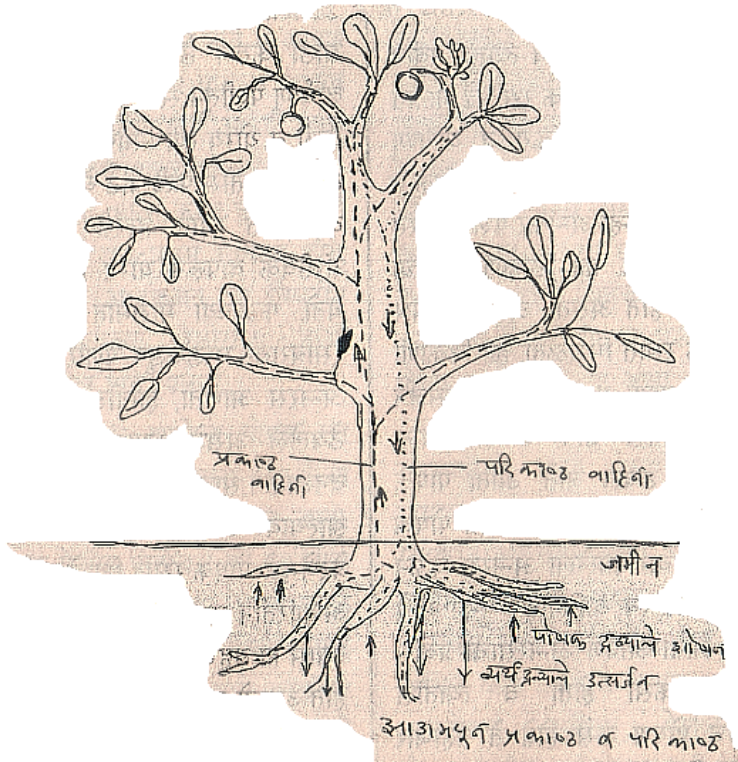
फुलात पोषकरसाचे कार्य मर्यादित असते. मात्र फळात ते जास्त असते. फळात पोषकरसाच्या बरोबरीने साठवलेले अन्न वापरण्याचे काम होत असते. त्यामुळे ह्या नैमित्तिक अंगाची गरज विशिष्ट प्रकारची असते. बहुधा फळांचा मोसम ठरलेला असतो. दोन मोसमांच्या मधल्या काळात वनस्पती जादा अन्नाचा साठा करून पुढच्या मोसमातील येणाऱ्या फळांची सोय करीत असते. वनस्पतीत खोडातील वर्धिष्णू पेशीतून स्तंभक व वर्धक संजीवके योग्य त्या प्रमाणात निर्माण झाली नाहीत तर त्या वनस्पतीस फळे नीट येत नाहीत, फक्त शाकिय वाढ होत रहाते. हल्ली बाहेरून ह्या प्रकारच्या संप्रेरके किंवा कृत्रिम संजीवके वापरून योग्य तो बदल घडवून आणता येतो. फळांच्या मोसमात पानांकडून येणाऱ्या अन्नरसाबरोबर मुळांकडून येणाऱ्या पोषकरसात सुद्धा काही अन्नरस येत असतो. हे प्रकाशातून येणारे अन्न म्हणजे झाडाने आधी साठवलेले अन्न असते. म्हणजे साठवलेले अन्न झाडात पोषकरसाबरोबर सर्वत्र वाहण्याची व्यवस्था असते. म्हणून बऱ्याच वेळा पोषकरस सुद्धा अन्नरस पुरवून विविध अंगांचे पोषण करू शकतो हे लक्षात घेतले पाहिजे. फळांच्या मोसमात स्तंभक किंवा वर्धक संजीवकांच्या मदतीने खोडांगात साठवलेले अन्न प्रकाष्ठ वाहिनीतून फळांच्या कोंबांकडे येते व फळांचे पोषण सुरु होते. हे सर्व व्यवस्थितपणे झाले तर फळे चांगली पोसली जातात व उत्तम उत्पादन होऊ शकते. म्हणजे, फळे बनण्यासाठी वनस्पतीने मध्यंतरीच्या काळात जादा अन्न निर्माण करून ते साठवणे आवश्यक असते. जेवढे जास्त अन्न निर्माण होऊन साठवले जाईल तेवढे जास्त फलोत्पादन होईल.

### अन्नरसाचा प्रवास व कार्य —

अन्नरसात शर्करा वर्गातील द्रव्य प्रामुख्याने असते. त्याशिवाय प्राणवायू, विरघळलेल्या व सुक्ष्म बुडबुड्यांच्या स्वरूपात असतो. त्याशिवाय काही वितंचके, प्रथिने, विम्लसा आणि सालार्क वर्गातील रसायने असतात. निरनिराळ्या वनस्पतीच्या गुणधर्मानुसार हे विविध प्रकारचे असतात. जर, खतांतून अथवा एरवी मातीतून स्वाभाविकपणे गंधकाचा योग्य प्रमाणात पुरवठा झाला तर अन्नरसात शर्करेचे प्रमाण चांगले होते. गंधक बहुधा

सल्फेटच्या रुपात मिळतो. मुलभूत रुपात सुद्धा तो पिकाला देता येतो. जर, क्लोरिन चांगल्या प्रमाणात असेल तर अन्नरसात अम्लता जास्त येते व त्याचा सामु कमी होतो. पेशीत ह्या अम्लकारक पदार्थाचे रुपांतर शर्करेत करण्याचे काम पेशीतील आरेने घटक करतात. असे झाले तर अशा झाडाला येणारी फळे कमी गोड व थोडी आंबट चवीची येतात. क्लोरिनमुळे फळे कमी टिकाऊ होतात. गंधकामुळे फळात तेलाचे प्रमाण वाढते जर ते झाड त्या प्रकारची फळे देत असेल. म्हणजे तेलधारी फळे जसे, नारळ, भुईमूग, तीळ, ऑलिव्ह इत्यादी मध्ये गंधकामुळे शर्करे बरोबर तेलाचे प्रमाण सुद्धा वाढते. गंधकाच्या पुरवठ्यामुळे फळे गोड होण्यास मदत होते कारण, नत्र असलेल्या प्रथिनांचे सुद्धा शर्करेत रुपांतर त्यामुळे होत असते. गंधकाचा पुरवठा पोषकरसातून होत असतो. फळातील काही वित्तंचके ह्यात काम करतात. खतांचा विचार नंतर सविस्तरपणे आपल्याला करावयाचा आहे. आपल्या येथे पालाशाचा पुरवठा करण्यासाठी **म्युरेट ऑफ पोटॅश** म्हणजे **पोटॅशियम क्लोराईड** वापरले जाते त्यामुळे क्लोरिन वनस्पतीला जास्त मिळतो त्यामुळे फळे कमी दर्जेदार होतात. जर **पोटॅशियम सल्फेट** वापरले तर गंधकाचा पुरवठा होतो व फळे चांगली चवदार होतात. गंधकामुळे क्युटीनचा थर चांगला बनून फळे चकाकतात.

अन्नरसाचा प्रवास परिकाष्ठातून पोषकरसाच्या बरोबर उलटा असा खाली होत असतो. अन्नरसातील शर्करा व प्राणवायू ह्यांचा संयोग काही वित्तंचकांच्या मदतीने होत असतो. अशा संयोगामुळे ऊर्जा मिळते तिचा वापर करून पेशी आपले जिवीत कार्य करीत असतात. वर्ध्णू पेशीत शर्करे पासून पेक्टोज, पेशीतंतू व इतर प्रकारच्या घटकांची जसे, काष्टतंतू वगैरे ह्यांची निर्मिती होत असते. संपूर्ण झाड ह्यांच्या पासून अशारितीने बनत असते. ह्यावरून अन्नरसाची निर्मिती व वहन किती महत्वाचे असते ते लक्षात येते. फळांच्या निर्मितीत अन्नरसाचे महत्व वेगळे सांगावयास नको. फळांचा टिकाऊपणा वित्तंचकांवर अवलंबून असतो. अन्नरस मुळात सुद्धा ऊर्जा निर्मिती व पेशींची रचना करणारे घटक जसे, पेक्टोज, पेशीतंतू, काष्टतंतू आणि काष्ठांग असे अनेक घटक बनवण्यास उपयोगी येतो.



आकृती ८:१ (सांकेतिक चित्र) झाडातील प्रकारण व परिकरण वाहिनींचे मार्ग दाखवणारे चित्र

पोषकरस व अन्नरस ह्यांचा एकत्र उल्लेख करतांना **पोषणरस** असा शब्दप्रयोग मी करणार आहे. कारण किं, हे दोन रस झाडात बहुधा एकत्रपणे काम करतात. विशेष करून फळ निर्मितीत हे जास्त लक्षात येते. आता पर्यंत आपण ह्या दोन रसांचा झाडातील प्रवास व त्यातील विविध टप्पे पाहिले आता तिसरा रस ज्याला व्यर्थद्रव्य असे म्हणतात त्याची महिती करून घेऊया.

पोषणरसांचे पचन होतांना तसेच पेशीतील इतर जैविक व्यवहार होतांना पेशीत ज्या काही गंतागुंतीच्या क्रिया होतात त्यामुळे काही कचरा तयार होतो. त्या द्रव्याला वनस्पतीचे **व्यर्थद्रव्य** अथवा **वनस्पतीचे मूत्र** असे म्हणतात. ते जरी द्रव अवस्थेत असले तरी त्यात विरघळलेले, प्रविसरलेले आणि

विरसलेले अशा तीन अवस्थेतील पदार्थ असतात. प्रविसरलेल्या अवस्थेत जे घन कण असतात ते अतिसुक्ष्म स्वरूपात असतात आणि ते पयसाच्या स्वरूपात असतात. म्हणून व्यर्थद्रव्य नेहमीच गढूळ दिसते. अन्नरस जसा खाली सरकत असतो तसे त्यातील व्यर्थद्रव्याचे प्रमाण वाढत असते. शेवटी तो मुळात येतो आणि तेथे तो मातीत सोडला जाता. हे काम मुळातील पेशी, बहुधा केशमुळे थोड्या थोड्या वेळाच्या अंतराने करीत असतात. व्यर्थद्रव्यात सगळेच कुचकामी असते असे नाही तर बऱ्याच वेळा संजीवके, संप्रेरके, प्रथिने, वितंचके, जीवनसत्वे, शर्करा असे बरेच एरव्ही उपयुक्त असलेले पदार्थ वनस्पती काही कारणाने न वापरता बाहेर टाकत असते. बहुधा वनस्पती हे पदार्थ जर जास्त प्रमाणात उत्पन्न झाले तर ते न साठवता बाहेर टाकत असते. वनस्पतीचे आरोग्य किती चांगले आहे त्यावर व्यर्थद्रव्यातील घटक ठरत असतात. उत्तम आरोग्य असेलेल्या वनस्पतीच्या व्यर्थद्रव्यात अशा उपयुक्त पदार्थांचे प्रमाण किमान असते. व्यर्थद्रव्ये साधारणपणे रात्रीच्या प्रहरी म्हणजे जेव्हा कर्बग्रहण व प्रकाश संश्लेषण क्रिया होत नाहीत तेव्हा होत असते. दिवसा ह्या क्रियांबरोबर बाष्पोत्सर्जन सुद्धा मोठ्या प्रमाणात होत असते त्यासाठी बरीच ऊर्जा लागत असते त्यामुळे जेव्हा ही कामे बंद होतात तेव्हा व्यर्थद्रव्याचे विसर्जन होते. सक्रिय पेशी व्यर्थद्रव्य सोडत असतात. वर्धिष्णूतेच्या विविध अवस्थेतील पेशी व्यर्थद्रव्य कमी सोडतात.

व्यर्थद्रव्ये मुळांच्या भोवती साचून रहातात. त्यामुळे वनस्पतीच्या आरोग्याला धोका होण्याची शक्यता असते परंतु, वनस्पतीत असलेल्या निवडक पारगम्यतेच्या गुणामुळे तो टाळला जातो. तरीसुद्धा व्यर्थद्रव्याचा एक दोष ज्याला आपण **जैविक प्राणवायू गरज** अथवा **जैप्रग** मुल्य म्हणतो त्याचा विचार करावा लागेल. कारण ह्या मुल्यामुळे तो मादक होतो आणि त्याचे अनिष्ट परिणाम वनस्पती व तिच्या भोवतीच्या पर्यावरणावर होत असतात. व्यर्थद्रव्यातील घटकांची रचना अशी असते किं, ते पदार्थ जमिनीतील प्राणवायू सतत शोषून नष्ट करीत असतात. म्हणूनच त्यांचे नांव तसे दिले आहे. जर व्यर्थद्रव्याची वेळीच विल्हेवाट लागली नाही तर मुळांना आवश्यक असलेला प्राणवायू नष्ट झाल्यामुळे वनस्पतीला बाधा होत असते. ह्यासाठी जमिनीत वातन चांगले राखावे लागते. त्याशिवाय प्राणवायुचा पुरवठा करणारी खते जसे, अमोनियम नायट्रेट अशा खतांचा वापर करवा लागतो. जमिनीवरील प्लास्टीकच्या एकसंध आच्छादनामुळे बऱ्याच वेळी वातन बिघडते व व्यर्थद्रव्याच्या प्राणवायू नष्ट करण्यामुळे पिकाची हानि होत असते. व्यर्थद्रव्याचे कुजणे व त्यातून हानिकारक जीवाणूंची वाढ होणे हा आणखीन एक दोष आढळतो. तेथे वाढणारे काही किडे नंतर पिकावर हल्ला करून आणखीन नुकसान करू शकतात. काही वनस्पती त्यांचे व्यर्थद्रव्य खोडाच्या पृष्ठभागावर सोडतात हे जास्त करून मोठ्या वाढलेल्या झाडांबाबत (वृक्षांबाबत) होते. झाडे धुण्याने त्याची विल्हेवाट लागते. हे सर्व टाळण्यासाठी ज्या गोष्टी करावयाच्या त्याचा अभ्यास आपण नंतरच्या म्हणजे मातीचे अनुकूलन ह्या भागात पहाणार आहोत.

प्रकाशातून पोषकरसाचे व प्ररिकाष्ठातून अन्नरसाचा प्रवास अतिमंदपणे होत असतो. त्याचा वेग वनस्पतीच्या जातीवर अवलंबून असतो म्हणजे वेगाने वाढणाऱ्या वनस्पतींमध्ये तो जास्त असतो व मंदपणे वाढणाऱ्या वनस्पतीत तो कमी असतो तरी त्याचे प्रयोगाने जे साधारण प्रमाण सिद्ध झाले आहे ते १० सेंटीमीटर प्रति तास असे आहे. पेशीतील सजीवतेमुळे जे स्पंदन होत असते त्यामुळे व त्याच बरोबर निवडक परासरण दाबामुळे हे पोषणरस संपूर्ण वनस्पतीत वहात असतात.

### प्रश्नावली —

१. वनस्पतीत होणाऱ्या खनिजांचे शोषण कसे होते त्याची माहिती द्या.
२. पोषकरसाच्या निर्मितीतील तीन पायऱ्यांची माहिती द्या.
३. शोषण, विघटन, पचन आणि सात्त्विकरण ह्या संज्ञांची माहिती द्या.
४. प्राणवायुचे सात्त्विकरणात काय महत्व आहे ते सांगा.
५. प्राणवायुचा उपयोग शोषण, विघटन, पचन आणि सात्त्विकरण ह्या क्रियांत कसा होतो ते सांगा.
६. शाकीय व कायिक वाढ होत असणाऱ्या वर्धिष्णू पेशींतून व्यर्थद्रव्याचे उत्सर्जन का होत नाही?
७. सक्रिय पेशींतून व्यर्थद्रव्याचे उत्सर्जन होते त्याचे कारण काय?

८. विपचन व पचन ह्यातील फरक काय ते सांगा.
९. पोषकरसाचे खोडांगातील पेशीत काय कार्य चालते ते सांगा.
१०. विम्लासांची निर्मिती व प्रसार वनस्पतीला काय मदत करतो ते सांगा.
११. स्तंभक संजीवके फळ निर्मितीत मदत करतात हे खरे आहे कां?
१२. पोषकरसाचे अन्नरसात रूपांतर कोठे होते ते सांगा.
१३. अन्नरसातील घटक कोणते ते सांगा.
१४. अन्नरसात प्राणवायू कशारितीने सामावलेला असतो ते सांगा.
१५. अन्नरसातील शर्करेपासून कोणते कार्य होते ते सांगा.
१६. गंधक व क्लोरीन ह्यांचे काय परिणाम होतात ते सांगा.
१७. मूळात अन्नरस काय काम करतो व पेशीतील कोणते भाग तयार करतो ते सांगा.
१८. व्यर्थद्रव्य म्हणजे काय? व्यर्थद्रव्ये बहुधा रात्रीच्या प्रहरी मुळं सोडतात असे कां?
१९. वनस्पतीच्या मूत्रात कोणते घटक असू शकतात ते सांगा.
२०. जैविक प्राणवायू गरज अथवा जैप्राग म्हणजे काय?
२२. व्यर्थद्रव्यामुळे जमीन दुषित होते ते कसे ते सांगा.
२३. पोषकरसाचा प्रवासाचा वेग साधारणपणे किती असू शकतो त्याचा अंदाज सांगा.

# धडा ९ वा

धडा नववा

## वनस्पतीचे घटक व त्यांचे कार्य

वनस्पती जेव्हा जीवंत व ताजी असते तेव्हा तिच्यात काही पेशी सक्रिय असतात व काही अक्रिय असतात. मोसमी पिकांचे बाबत पाहिले तर बहुतेक सर्वकाळ सर्वच पेशी सक्रिय असतात. त्यातील अर्ध्या पेशी वर्ध्णूतेच्या विविध अवस्थेत असतात. पीक तयार झाले किं, बहुधा सर्वच पेशी लागलीच मरून जातात. बहुवर्षीय मोसमी पीक (द्राक्ष, तूर वगैरे) असेल तर पहिल्या वर्षी सर्वच पेशी सक्रिय असतात व काही वर्ध्णू असतात. परंतु, दुसऱ्या मोसमात त्यातील १० ते १५ टक्के अक्रिय किंवा मृत असतात. पुढे दरवर्षी हे अक्रियतेचे प्रमाण वाढत जाते व काही वेळा ७० टक्के पेशी अक्रिय अवस्थेत आणि ३० टक्के सक्रिय अशी परिस्थिती आढळून येते. पिकाचे उत्पन्न त्यातील किती पेशी सक्रिय आहेत त्यावर अवलंबून असते. काही विशिष्ट व्यवस्था करून हे सक्रिय पेशींचे कमी होणे थांबवता येते. त्यात योग्य वेळी छोटण्या करून मृत आणि अक्रिय पेशी काढून टाकणे हा नेहमी वापरात येणारा तोडगा आहे. त्याशिवाय संजीवकांच्या सुचक मात्रा देणे हासुद्धा नेहमी वापरला जाणारा उपाय आहे.

मोठ्या झाडात सुद्धा ते जसे वयाने मोठे होत जाते तसे त्यातील एकंदर पेशींतील सक्रिय पेशींची संख्या कमी होत जात असते. कालांतराने ते झाड मृत होत असते. तेथे सुद्धा छोटण्या व संजीवकांच्या सुचक मात्रा देण्याने झाडाचे आयुष्य वाढवता येते. सक्रिय पेशीत त्यातील प्राकल व परिकल ताजे व सक्षम असतात म्हणून त्यात पाण्याचे प्रमाण ८० टक्के असू शकते तर अक्रिय पेशीतील प्राकल व परिकल सुकून गेल्यामुळे त्यातील पाण्याचे प्रमाण २० ते ३० टक्के इतके कमी होते. अशा सक्रिय व अक्रिय मिळून असलेल्या वनस्पतीचे वजन केले तर त्या वजनाला **वनस्पतीचे पूर्ण वजन** असे म्हणतात. परंतु, जेव्हा वनस्पतीतील सर्व पाणी सुकवून नंतर तिचे वजन केले तर त्या वजनाला **वनस्पतीचे सुके वजन** असे म्हणतात.

जेव्हा वनस्पतीचे विविध घटकांचे वजनी प्रमाण विचारात घेतले जाते तेव्हा ते त्या वनस्पतीच्या सुक्या वजनाच्या प्रमाणात घेतलेले असते. प्रत्येक वनस्पतीचे हे प्रमाण वेगळे असते. असे असले तरी आपल्याला येथे अभ्यास करणे सोपे जावे म्हणून मोघम प्रमाणे घेऊन विचार करणार आहोत. त्यामुळे विषय समजणे सोपे होईल ही अपेक्षा आहे. वनस्पतीत वजनाने महत्व असलेल्या घटकांची नोंद येथे पहावयाचे आहे. ते उतरत्या क्रमाने येथे घेतले आहे. म्हणजे सर्वात जास्त महत्वाचा (जास्त वजनाचा) घटक प्रथम व त्याप्रमाणे सर्वात कमी महत्वाचा (कमी वजनाचा) परंतु, तरीसुद्धा आवश्यक घटक शेवटी अशी नोंद आहे. त्यांची यादी ह्याप्रमाणे आहे, कार्बन, प्राणवायू, उदजन, नत्र, पालाश, स्फुरद, गंधक, चुना (कॅल्शियम), मॅग्नेशियम, लोह, मंगल (मॅंगनीज), टांकण (बोरोन), तांबे, जस्त, क्लोरीन, मॉल्लिब्डेनम असे सोळा आहेत. त्यांच्यामुळे वनस्पतीचे सर्व भाग बनतात. त्याशिवाय आणखीन काही घटक काही वनस्पतीत आढळतात ते असे, सोडियम, सिलिकोन, कोबाल्ट, सेलेनियम. ह्यांचा त्यांच्या महत्वाच्या क्रमाने येथे विचार केलेला आहे. मंगल पासून नंतरचे घटक सूक्ष्म घटक म्हणून समजले जातात. हे सूक्ष्म घटक जरी वजनाच्या हिशोबात कमी ठरत असले तरी जैविक क्रियांच्या बाबत ते अति महत्वाचे असतात. त्यात सोडियम, सिलिकोन, कोबाल्ट, सेलेनियम हे सुद्धा काही वनस्पतींच्या बाबत महत्वाचे येतात.

## कार्बन (कब) –

वनस्पतीच्या सुक्या वजनाचा ४४ ते ४५ टक्के भाग कार्बनचा असतो. म्हणजे अर्धी वनस्पती कार्बनचीच बनलेली असते असे म्हणता येईल. ह्यावरून कार्बनचे महत्व लक्षात येते. वनस्पतीच्या सर्वच भागात कार्बन असणे अपरिहार्य असते. हा कार्बन हवेतील कर्बवायू (कार्बन डाय ऑक्साईड) पासून पानांत कर्बग्रहण क्रियेने घेतला जातो. अन्नरसाच्या रूपाने व शर्करेचा एक महत्वाचा घटक म्हणून सर्व वनस्पतीत तो फिरतो आणि पेक्टोज, पेशीतंतू, काष्ठतंतू, काष्ठांग वगैरे सर्वच महत्वाच्या भागात तो त्यांच्या रचनेत असतो. वनस्पतीतून सेंद्रीय रसायने बनतात त्यात हा कर्ब असतो म्हणून सेंद्रीय रसायनाला कार्बनी रसायने असेसुद्धा म्हणतात. आपल्याकडे शेती करतांना नत्र, स्फुरद, पालाश ह्या द्रव्यांचे फार महत्व आहे. परंतु, कार्बन ह्या अतिमहत्वाच्या घटकाकडे महत्व दिले जात नाही ह्या गोष्टीचे मला नेहमी आश्चर्य वाटते. ह्या उणीवेमुळे आपल्या शेतीचे व्यवस्थापन मुळातच सदोष होत गेले. आपण शाश्वत शेतीत वनस्पतीत असणाऱ्या सर्व घटकांना त्यांच्या वनस्पतीतील प्रमाणानुसार विचारात घेणार आहोत. त्या पद्धतीने ही उणीव भरून काढावयाची आहे. असे केल्याने त्या सर्व घटकांचा पुरवठा योग्य प्रकारे करण्याचे तंत्र समजणे सोपे होईल.

हवेतील कर्बवायू पानांतील श्वसनरंधांतून हवेतील बाष्पात विरघळलेल्या अवस्थेत शोषला जातो. हे काम दिवसा जर सूर्यप्रकाश योग्यप्रमाणात असेल तर होते. मुळांकडून आलेल्या पोषकरसातील पाण्याचे अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशींतून विघटन होऊन त्यातील उदजन वायू भारीत स्वरूपात घेऊन तेथेच त्यांचा संयोग कर्बवायू बरोबर घडवला जातो. त्याने प्राथमिक साखर म्हणजे ग्लुकोजचे रेणू बनतात. हे असते वनस्पतीचे मूलभूत अन्न. हे सर्व काम अनेक प्रकारचे जीव-रसायनिक पदार्थ जसे, हरितद्रव्य व वितंचके ह्यांच्या मदतीने सूर्यप्रकाशातील ऊर्जा वापरून केले जाते. ह्याचा अर्थ शेतातील वातावरणात जर योग्य प्रमाणात कर्बवायू आणि आवश्यक त्या प्रमाणात आर्द्रता (ओलावा) नसेल तर कर्बग्रहण क्रिया संपन्न होणार नाही. इतर सर्वकाही योग्य असले तरी त्याचा काही उपयोग होणार नाही. आतापर्यंतच्या आपल्या शेतीतंत्रात असे गृहीत धरलेले असते किं, ह्या गोष्टी असणारच व त्या गृहीतावर सर्व इतर गोष्टींचा विचार केला जात असे परंतु, हे शास्त्रशुद्ध नाही म्हणून येथे आपण काहीही गृहीत न धरता सर्व संबंधित घटकांचा संतुलीत विचार करणार आहोत. कर्बवायुचे हवेतील प्रमाण अतिअल्प असते. हवेतील एकलक्ष भागात कर्बवायू फक्त बन्तीस भाग असतो. म्हणजे मुळातच हवेत कर्बवायू किती कमी आहे ते लक्षात येईल. आणखीन काही गोष्टी लक्षात घ्यावयास हव्यात. त्या अशा, पाने जागच्या जागी राहून कर्बवायू शोषत असतात. ते सुद्धा अति सावकाशपणे ते होत असते. आपण जसे गरज लागल्यास जोराजोराने श्वास घेऊन जास्त हवा शरीरात घेऊ शकतो तसे वनस्पती करू शकत नाही. पानाची हवेतील बाष्पात विरघळलेल्या कर्बवायुची शोषण्याची पद्धत जीव-रसायनिक असते म्हणून ती सावकाशपणेच व्हावी लागते. आपले श्वासोश्वास ही जीव-वास्तविक प्रकारातील क्रिया आहे. म्हणून ती कमी जास्त वेगाने करणे शक्य असते. अनेक प्रयोगाने असे सिद्ध झाले आहे कि, एक एक करून कर्बवायुचे कण पानांना गोळा करतांना कमीत कमी १ सेकंद ते ३ सेकंद एवढा वेळ लागतो. जर कर्बवायुचे शोषण होतांना वारा आला तर ती क्रिया बंद पडते. आपण मधमाशीच्या कष्टाळूपणाची तारिफ करतो परंतु, तिला निदान पंख असतात व ती उडून तिला हव्या त्या फुलावर जाऊन मकरंद शोषू शकते, पानांच्या बाबत हे शक्य नसते. एका ठिकाणी राहून जे मिळतील ते कण गोळा करून वनस्पतीला वाढवायचे असते. एकंदर कर्बवायुच्या उपलब्धतेचा विचार करता एक गोष्ट लक्षात येईल किं, जर व्यवस्थापन चांगले ठेवले व त्याद्वारा शेतातील हवा स्थिर ठेवली व वातावरणातील कर्बवायुचे प्रमाण वाढवले तर त्या वनस्पतीची वाढ वेगाने करणे शक्य आहे. त्याचा विचार आपण हवेचे अनुकूलन ह्या भागात करणार आहोत.

## प्राणवायू – ऑक्सिजन

ह्या घटकाचे हवेतील प्रमाण ४२ ते ४३ टक्के एवढे असते. हवेतून कर्बवायू घेतला जातो त्यातून हा मिळतो त्याशिवाय श्वासोश्वासाने सुद्धा मिळतो. पानाचे सर्व शोषण जीव-रसायनिक क्रियेने होत असल्यामुळे जो त्रास कर्बवायू बाबत आपण पाहिला तो सर्व, प्राणवायू शोषतांना सुद्धा होत असतो. शेतावरील हवा स्थिर असणे हे



प्राणवायू शोषण्यासाठी जरूरीचे असते. प्राणवायुचे प्रमाण वातावरणात २१ टक्के म्हणजे भरपूर असते त्यामुळे प्राणवायुचा पुरवठा करण्यासाठी काही वेगळी व्यवस्था करण्याची आवश्यकता नसते. कर्बग्रहण क्रिया फक्त दिवसा व योग्य सूर्यप्रकाश असेल तरच होत असते तसे श्वासोश्वासाचे नसते. वनस्पती सर्व २४ तास आपल्या प्रमाणे तो करीत असते. पानांप्रमाणे हा श्वासोश्वास मुळांना सुद्धा करावयाचा असतो. त्यासाठी जमिनीत वापसा असणे व वातन होणे आवश्यक असते. श्वसनाने घेतलेला प्राणवायू पेशींच्या जैविक क्रियांत ऊर्जा निर्मितीत वापरला जातो. त्यातून कर्बवायू पुन्हा वनस्पतीतील पेशींत उत्पन्न होतो. त्याला **अंतर्गत कर्बवायू** असे म्हणतात व त्याचे बहुधा (मोठ्या झाडांत ते होते) **अंतर्गत कर्बग्रहण** होत असते त्यासाठी बाह्यसालीतील पेशींतील हिरवी लवके काम करतात. मोसमी पिकांच्या बाबत बहुतेक असा तयार झालेला कर्बवायू वनस्पतीतील श्वसनरंध्रांतून बाहेर टाकला जातो. प्राणवायू वनस्पतीतील सक्रिय पेशी वापरत असल्यामुळे त्याची गरज कर्बवायू पेक्षा नेहमीच जास्त असते. म्हणून मोठ्या व बहुतेक मोसमी वनस्पती हवेतील प्राणवायू नष्ट करीत असतात हे लक्षात घेतले पाहिजे. असा एक मोठा गैरसमज आहे किं, सर्व वनस्पती कर्बग्रहण क्रियेद्वारा प्राणवायू हवेत सोडून हवा शुद्ध करतात. ते खरे नाही. कारण कर्बग्रहणाने जो प्राणवायू तयार होतो तो बहुतेक करून पुन्हा ती वनस्पती श्वसनाने ऊर्जा निर्मितीत वापरत असते. ग्लुकोज मध्ये असलेला प्राणवायू कार्बन प्रमाणेच पेशीतील पेक्टोज, पेशीतंतू, काष्ठतंतू, काष्ठांग वगैरे सर्वच भागात समाविष्ट होऊन स्थिर होत असतो. वनस्पतीत मोठ्या प्रमाणात पाणी असते त्यातसुद्धा प्राणवायू असतो. जमिनीवरील वनस्पती बहुपेशीय असतात. त्यांची श्वसनासाठीच्या प्राणवायुची गरज ती वनस्पती कर्बग्रहणाने जो प्राणवायू तयार करते त्यापेक्षा खूपच जास्त असते म्हणून त्या वनस्पती वातावरणात प्राणवायू सोडत नाहीत परंतु, पाण्यात वाढणाऱ्या एकपेशी वनस्पती, ज्यांना साधारणपणे **प्लवंग** (डायटम) असे म्हणतात त्या अतिसुक्ष्म असतात व त्यांची प्राणवायुची गरज कर्बग्रहणाने बनणाऱ्या प्राणवायू पेक्षा कमी असते म्हणून त्या वनस्पती पाण्यात प्राणवायू सोडत असतात. नंतर तो प्राणवायू तेथून हवेत येतो. मोठ्या वनस्पती हवा शुद्ध करतात असे जे समजले जाते ते ह्या सुक्ष्म वनस्पतींच्या संदर्भात बरोबर आहे.

### उदजन (हायड्रोजन) –

ह्याला इंग्रजीत **हायड्रोजन** असे म्हणतात. वजनाने हा सर्वात हलका आहे परंतु त्याचे प्रमाण वनस्पतीत ६ ते ७ टक्के एवढे असू शकते. सर्व कार्बनीय म्हणजे सेंद्रीय पदार्थात हा असावा लागतो. पाण्यातसुद्धा हा असतो तरी त्याचे वजन फारच कमी असल्यामुळे वजनी प्रमाण कमी ठरते. तरी त्याचा क्रम कार्बन व प्राणवायू नंतरचा आहे. वनस्पती कार्बन व प्राणवायू प्रामुख्याने हवेतून घेतात तर उदजन तिला मुळाद्वारा घेतलेल्या पाण्यातून मिळत असतो. पानातील अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशी मुळाकडून आलेल्या पाण्याचे विघटन करून त्यातून हा उदजन वायू मिळवतात. अन्नरसातील शर्करेत तो असतो आणि त्याद्वारा तो सर्व वनस्पतीत पसरतो. उदजन एक विशेष काम करतो व ते असते विनिमयाचे. दल-विनिमयात तो एक **धन विनिमयक** म्हणून काम करतो. म्हणजे जेव्हा खनिजाच्या संयुगातून ते खनिज मुळं काढून घेतात तेव्हा त्याच्या बदली समप्रमाणात उदजनचा अणू मातीत मुळं सोडत असतात. **ऋण विनिमयक** म्हणून उदप्राणिल हा घटक वापरला जातो त्यातसुद्धा उदजन असतो. उदजन मोठ्या प्रमाणात सर्वत्र सहज उपलब्ध असल्यामुळे त्याच्या उपलब्धतेचा प्रश्न निर्माण होत नाही. उदजनाचे विनिमयक म्हणून जे काम होते ते समजून घेऊया.

विनिमय म्हणजे देवाण घेवाण, बाजारात आपण जेव्हा काही गोष्ट अथवा सेवा खरेदी करतो तेव्हा त्या गोष्टीच्या बदल्यात आपण पैसे देत असतो. म्हणजे पैसे हे एक अर्थ विनिमयाचे माध्यम असते. वनस्पतीची मुळं जेव्हा जमिनीतून खनिजे शोषतात तेव्हा मुळांना त्या खनिजाच्या बदल्यात उदजनचे अणू मातीत द्यावे लागतात. ही क्रिया जैविक आहे कारण वनस्पती सजीव असेल तरच ही क्रिया होऊ शकते. म्हणून ह्या क्रियेला जैविक क्रिया समजले जाते. त्याशिवाय ही क्रिया होण्यासाठी विद्युतभाराची आवश्यकता असते व तो भार मुळं निर्माण करतात म्हणून ही क्रिया वैजिक सुद्धा आहे, म्हणून तिला **जैविक-वैजिक क्रिया** असे म्हणतात. मागे जीव-रसायनिक क्रिया पेशींमध्ये होतात त्या जैविक असतात व त्यांना **जीव-रसायनिक क्रिया** असे म्हणतात. तसेच काही क्रिया जीव वास्तविक असतात. वनस्पतीत होणाऱ्या सर्व क्रिया जीव-रसायनिक, जीव-वास्तविक व जैविक वैजिक ह्या तीन प्रकारात मोडतात. खनिजातील (खतातील) धातु अथवा धन घटक मुळं त्याच्या

बदल्यात त्याच भाराचे उदजन अणू सोडतात व अशामुळे विद्युत संतुलन साधले जाते. तसेच जर मुळांना ऋण घटक हवा असेल तर त्याच्या बदल्यात मुळं उद्‌प्राणिल हा ऋण भारीत घटक सोडतात. अशारितीने एक उदजन व दुसरा उद्‌प्राणिल मातीत आल्याने त्यांचा संयोग होऊन एक पाण्याचा रेणू बनतो. प्रत्येक वेळा खनिजांचे शोषण होतांना ही क्रिया होत असते व त्यामुळे मातीत पाणी वाढत असते. हे पाणी नंतर पुन्हा इतर कामात वापरले जाते. ह्या सर्व विनिमयावर आधारित क्रियेला **दल-विनिमय क्रिया** असे म्हणतात. धडा सहा मध्ये दल-विनिमयाचे सांकेतिक चित्र दिले आहे ते पहावे. जेव्हा उदजन दल-विनिमयात असतो तेव्हा तो विद्युतभारित असतो म्हणून त्याला **दल** असे म्हणतात. इंग्रजीत त्या अवस्थेतील उदजन **आयन** समजला जातो.

खनिजातील काही धन दले पाहुया, पालाश, अमोनियम, चुना (कॅल्शियम), मॅग्नेशियम, लोह, मंगल (मॅग्नीज), टांकण (बोरोन), तांबे, जस्त, मॉलिब्डेनम, सोडियम, सिलिकोन, कोबाल्ट, सेलेनियम हे आहेत. ऋण दले पाहुया, सल्फेट्स, नायट्रेट्स, फॉस्फेट्स, क्लोराईड्स इत्यादी आहेत.

ह्या दल-विनिमयाच्या क्रियेचे महत्त्व वनस्पतीच्या जैविकतेत फार आहे. जेथे जेथे घटकांचे देणे घेणे होते मग ते मुळांत असो अथवा पानात, खोडांगतील पेशीत असो उदजन आवश्यक असतो. त्या शिवाय प्रत्येक दल-विनिमयाच्या क्रियेने पाणी तयार होत असते हे लक्षात घेतले पाहिजे. अशा पाण्याला **सॅद्रीय पाणी** असे समजतात. वनस्पतीच्या अंगरसातील पाणी सुद्धा सॅद्रीय पाणी असते. इतर स्रोतातून मिळणाऱ्या पाण्याला रासायनिक पाणी असे समजले जाते.

### नत्र (नायट्रोजन) —

वनस्पतीच्या सर्व सक्रिय पेशीत नत्राचा अनुभव प्रकर्षाने जाणवतो. पेशीतील प्राकल व परिकलांच्या रचनेत नत्रयुक्त संयुगे असतात. अमिनो अम्ले, प्रथिने, आरेने, डिएने, स्निग्धे, संजीवके, वितंचके अशा असंख्य पदार्थात तो असतो. पानातील हरितद्रव्य बनण्यासाठी नत्र लागतो. वनस्पतीतील वर्धिष्णू पेशीतील सर्व जैविक क्रियांसाठी नत्राची ह्या ना त्या रीतीने गरज असतेच.

नत्राचा पुरवठा प्रामुख्याने जमिनीतील नत्रकारक पदार्थातून होत असतो. त्यात अमोनियम, नायट्रेट्स ही दले येतात. त्या शिवाय सॅद्रीय खतातील नत्रकारक घटक जसे युरिया वगैरे येतात. त्याच प्रमाणे पावसाळ्यात विजेच्या कडकडाटात जे नत्राचे प्राणिल तयार होते ते येते. फार उंचावरून पडणाऱ्या पाण्यात हवेतील नत्र विरघळतो तो नंतर वनस्पतीला मिळतो. मोठे जलाशय सुद्धा हवेतील नत्र शोषून घेतात व जर सिंचनासाठी ते पाणी वापरले गेले तर तो भारीत नत्र मुळांना मिळतो. पावसाळ्यात भारित नत्र पावसा बरोबर वनस्पतीला मिळतो म्हणून त्या काळात परीसर विशेष हिरवागार झालेला दिसतो. काही वनस्पतीच्या मुळांवर काही जीवाणू वाढतात ते हवेतील नत्राचे थेट शोषण करून तो नत्र त्या वनस्पतीस उपलब्ध करतात. जमिनीतील काही नत्रकारक जीवाणू हवेतील नत्र, नायट्रेट्स अथवा सॅद्रीय नत्रकारक संयुगाच्या रूपाने स्थिर करतात. सॅद्रीय खतातील नत्राचे शोषण योग्य नत्रात रूपांतर करून तो मुळांना उपलब्ध करतात. अशारितीने बऱ्याच मार्गाने नत्र वनस्पतीला मिळू शकतो.

नत्राचा अभाव झाल्यास जुनी पाने पिवळी पडतात. कोवळ्या पानात व फांद्यात त्या वर्धिष्णू असतांना हरितद्रव्य असते त्यासाठी नत्र हवा असतो तो जर नाही मिळाला तर हे होते. हरितद्रव्य नीटपणे न बनल्यामुळे अन्नरस बनत नाही व झाडाची उपासमार होऊ शकते. वनस्पतीत एका भागातून दुसऱ्या भागात आवश्यक पदार्थांचे नेणे घेणे होत असते. त्याला त्या द्रव्याचे वनस्पतीतील **द्रव्याचे अंतरवहन** असे म्हणतात. ही व्यवस्था फक्त काही घटकांसाठी असते. नत्र अशारितीने अंतरवहन होणारा घटक आहे. म्हणून जर एका भागात नत्राचा तुटवडा झाला तर तो ज्या भागात जास्त आहे तेथून कमी असलेल्या भागाकडे नेला जातो. म्हणून नत्राचे संतुलन वनस्पती साधू शकते. कार्बन, प्राणवायू, उदजन हे घटक पुन्हा अंतरवहनात येत नाहीत. थंडीत जेव्हा पानझडी होते तेव्हा झडणाऱ्या पानातील नत्र प्रथम काढून घेतला जातो म्हणून ती पाने पिवळी पडतात. काढून घेतलेला नत्र त्वक्षातील पेशीत ठेवला जातो व जेव्हा नवीन पालवी फुटते तेव्हा तो नव्या पानांत वापरला जात असतो. अशारितीने वनस्पती नत्राचा पुनः उपयोग करून त्याची बचत करीत असते. वनस्पतीने एकदा घेतलेला नत्र ती कधीच बाहेर सोडत नाही जसे प्राणवायू, उदजन ह्यांच्या बाबत होत असते. तो सतत अंतरवहनात राहून पुनः पुन्हा

अंतरवहन होत असतो. म्हणून मोठ्या झाडांना नत्र खताच्या मात्रांची फारशी गरज नसते. परंतु, छाटण्या झाल्यातर ते द्यावे लागते.

नत्राचे जरूरीपेक्षा जास्त शोषण होऊ शकते. तसे झाले तर पाने अधिक हिरवीगार व रसदार होतात. जास्त नत्रामुळे वनस्पतीत शर्करेचे प्रमाण वाढून ती जास्त गोड होते. त्याच प्रमाणे जास्त नत्रामुळे सालार्क व विम्लसा ह्या वनस्पतीस संरक्षण देणाऱ्या पदार्थांची निर्मिती मुळात व खोडांगात कमी होते असे झाले किं, त्या वनस्पतीवर रस शोषक किडींचा हल्ला होऊन वनस्पती रोगट होण्याची शक्यता असते. युरियाच्या जास्त मात्रा दिल्यामुळे बऱ्याच वेळा असा अनुभव येतो. ह्यासाठी नत्राच्या विनाकारण जास्त मात्रा देऊ नयेत अशी शिफारस असते. नत्राचे प्रमाण मुळात वाढले तर त्याची निवडक पारगम्यतेची क्षमता कमी होते. असे झाले तर वनस्पती नको ते पदार्थ वास्तविक पारगम्यतेमुळे शोषू लागते त्यामुळे तिला रोगबाधा होण्याची शक्यता निर्माण होते.

निरनिराळ्या वनस्पतीत नत्राचे प्रमाण वेगवेगळे असते. ते १.३ पासून ३ टक्के इतके असू शकते. वनस्पतीतील पेशीच्या सजीवतेच्या विविध अवस्थानुसार नत्राचे तिच्यातील प्रमाण बदलत असते. म्हणजे असे किं, सक्रिय पेशीतील नत्राचे प्रमाण वर्धिष्णू पेशीपेक्षा कमी असते व अक्रिय पेशीतील नत्राचे प्रमाण फारच कमी असते.

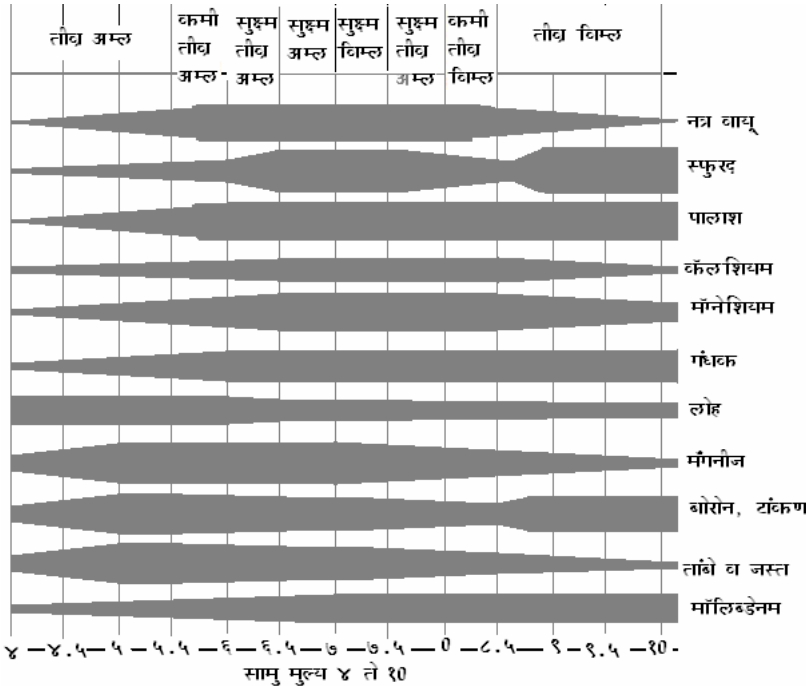
### पालाश (पोटॅशियम) —

सर्व वर्धिष्णू पेशीत हा घटक असतो. बऱ्याच वितंचकात हा असतो. पेशींची शाकीय व कायिक वाढ करणारी संजीवके व अनेक जीव-रसायनिक क्रियात पालाश सहाय्यकाची भूमिका पार पाडतो. साखर व पिष्ट ह्यांची निर्मिती योग्यरितीने होण्यास पालाशाची नितांत आवश्यकता असते. त्यासाठी फळावर येणाऱ्या पिकास फुले येण्या आधीपासून पालाशाची मात्रा वाढवणे चांगले असते. नत्राचे होते तसे पालाशाचे पुनः अंतरवहन होत नाही म्हणून असे मात्रा देणे आवश्यक होते. नत्राचे पुनः अंतरवहन होत असल्यामुळे थोड्या कमी मात्रा दिल्यातरी चालते. फळे बनतांना वनस्पतीने तयार करून साठवलेली साखर व पिष्ट ह्यांचे अन्नरसातून व प्रकाष्ठ ऊर्तीतून वहन होण्यासाठी पालाश युक्त वितंचकांची आवश्यकता असते. पालाशाचा तुटवडा झाल्यास ह्या सर्व क्रियांना हानि होते व फळे योग्यप्रकारे तयार होत नाहीत. मुळांच्या वाढीस तो आवश्यक असतो. पालाशाचा अभाव झाल्यास प्रथिने, शर्करा ह्यांची निर्मितीत बाधा येते. अन्नरसाचे प्रकाष्ठ वाहिन्यांतून वहन होण्यास जे जीव-रसायनिक पदार्थ मदत करतात त्यात पालाश असतो. म्हणून त्याच्या अभावाचा दुष्परिणाम ह्यासर्व गोष्टींवर होतो. परिणामतः पिकाचे उत्पन्न कमी होते. पालाशाच्या अभावाची लक्षणे अशी, जुनी पाने करपल्यासारखी वाळून जातात. पानाच्या कडा रंगहीन होतात. फुले फळे खडून पडतात किंवा लाकडासारखी कडक होतात. असा एक समज आहे की, महाराष्ट्राच्या मातीत पालाश भरपूर आहे व म्हणून त्याच्या मात्रा देण्याचे टाळले जाते. पूर्वीच्या काळी शेती एकबार होत असे त्याकाळात हे ठिक होते परंतु, आज आपण शेती हा उद्योग म्हणून करीत असल्यामुळे सर्वच पोषक द्रव्यांच्या मात्रा देणे ५ वेगवेगळे ठरते. लाकडाच्या राखेत पालाश भरपूर असतो म्हणून राख शेतात मशागत करतांना दिली तर त्यामुळे पालाशाची मात्रा दिल्यासारखे होते. उत्तर मशागतीत काही वेळा उरलेले पिकाचे भाग जसे, धसकटे, कडबा, सुकलेली पाने इत्यादी शेतात जाळून राख करून ती शेतात जिरवली तरी पालाशाची मात्रा होते. काही वेळा सोडियम युक्त खते नत्राच्या अथवा स्फुरदाच्या पुरवठ्या साठी दिली जातात. त्यातील सोडियम वनस्पतीत पालाशाची जागा घेतो व तसे झाले तर फळे व्यवस्थितपणे बनत नाहीत. पीक रोगट झाल्यासारखे दिसू लागते. म्हणून सोडियम युक्त रासायनिक खते देणे शक्यतर टाळावे. जर जमिनीत पुरेशा प्रमाणात पालाश असेल तर असे सोडियमचे शोषण व पचन पेशी करीत नाहीत. म्हणजे जमिनीत पालाश पुरेशा प्रमाणात आहे ह्याची खात्री असेल तर तशी खते दिली तर एकवेळ चालू शकते. एकाच रोपात निरनिराळ्या पेशीत पालाशाचे प्रमाण भिन्न असल्याचे दिसते. ते 0.३ पासून ६.0 टक्के इतके विविध असू शकते. वर्धिष्णू पेशीत ते जास्त व अक्रिय पेशीत ते अत्यल्प असे एकंदर असते.

## स्फुरद (फॉस्फरस) —

पेशींच्या शाकीय वाढीसाठी हा अत्यावश्यक असतो. सर्व जैविक क्रियांत स्फुरद फार महत्वाची भूमिका पार पाडत असतो. अन्नरसाचे जैविक ज्वलन करण्याच्या कामात भाग घेणाऱ्या ऊर्जा व प्राकलातील काही घटक ह्यांच्या रचनेत स्फुरद असतो. वाढीव वनस्पतीत ह्याचा पुरवठा होणे अत्यावश्यक असते. स्फुरदाच्या अभावामुळे वनस्पतीत ऊर्जा निर्मिती कमी होते. त्याचा अनिष्ट परिणाम पिकावर होत असतो. मुळांच्या वाढीसाठी हा विशेष आवश्यक असतो. वनस्पतीच्या जैविकतेचा ह्याच्याशी थेट संबंध असतो. वनस्पतीच्या वरील भागांवर (खोडांग, पाने) नत्राचा प्रभाव असतो तसा स्फुरदाचा खालील म्हणजे मातीतील भागांवर असतो. स्फुरदाचे नत्राप्रमाणे पुनः अंतरवहन होऊ शकते परंतु त्याचा वेग नत्राप्रमाणे जलद होत नाही. स्फुरदाची रासायनिक खते मातीत दिल्यास बऱ्याच वेळा ती मातीतील घटकात स्थिर होण्याची भिती असते, म्हणून शक्यतर स्फुरदाची खते सेंद्रीय स्वरूपात देणे चांगले असते. स्फुरदाचे मातीत वहन करण्याचे काम करणारे जीवाणू असतात त्यांच्या मात्रा देऊन मातीतील स्थिर झालेला स्फुरद वनस्पतीस उपलब्ध करणे शक्य असते. पालाशा प्रमाणे स्फुरदाचे प्रमाण एकाच रोपात निरनिराळ्या पेशीत भिन्न (0.0५ ते १.0) असू शकते. वर्धिष्णू पेशीत ते जास्त व अक्रिय पेशीत ते अत्यल्प असे एकंदर असते.

## गंधक —



मातीतील सामु नुसार विविध द्रव्यांचे शोषण कसे कमी जास्त प्रमाणात होते ते दाखवले आहे. जास्त शोषण जाड पट्टीने व कमी शोषणाने पट्टी लहान होते ते पहा.

शर्करेतून स्निग्ध पदार्थ बनण्याच्या क्रियेत तो महत्वाची भूमिका पार पाडतो म्हणून गळीताची पिके (तेल पिके) घेतांना गंधकाचा पुरवठा बरोबर प्रमाणात आहे का ते पहाणे जरूरीचे असते. पानातील हरितद्रव्याच्या निर्मितीत सुद्धा हा असतो. फळात गोडी आणण्यात गंधक असलेली वित्तचके लागतात. गंधकाचा तुटवडा झाला तर गंधकाच्या जागी क्लोरीन काही वेळा वनस्पती चुकून घेते असे झाल्यास फळे गोड न होता आंबट, पाणचट किंवा बेचव होतात. वनस्पतीत शर्करा निर्माण होण्यात व नंतर ती फळात उतरण्यात गंधकाचा हातभार असतो. म्हणून त्याचे व्यवस्थापन शेतकऱ्याने जाणीव पूर्वक केले पाहिजे. पीक फळावर आले किं, म्युरेट ऑफ पोटॅश ऐवजी पोटॅशियम सल्फेटचा उपयोग करावयाचा असतो. म्युरेट ऑफ पोटॅशमध्ये क्लोरीन असतो तर पोटॅशियम सल्फेटमध्ये गंधक असतो. म्हणजे चुकीच्या रासायनिक खताच्या मात्रा दिल्याने उत्पन्नचा दर्जा बदलत असतो हे लक्षात

सल्फेटच्या रूपाने तो जमिनीतून उपलब्ध होतो. गंधक आणि स्फुरद ह्यांची प्रमाणे समान असली तरी खते देतांना त्याचा वेगळा विचार केला जात नाही कारण, बऱ्याच नत्र व पालाश पुरवणाऱ्या रासायनिक खतांत तो एक घटक म्हणून असतो व तो त्यातून पिकाला मिळू शकतो. त्यामुळे त्याच्या वेगळ्या मात्रा देण्याची गरज नसते. वनस्पतीतील काही महत्वाची अमिनो अम्ले व प्रथिने बनण्यात गंधक आवश्यक असतो. काही जीवनसत्वे व वित्तचके बनण्यासाठी हा असावा लागतो. अन्नरसातील

ध्यावे. गंधकाचे पुनः अंतरवहन फक्त वर्धिष्णू पेशीत सावकाशपणे होऊ शकते. असे असल्याने गंधकाचा तुटवडा झाला तर तो ताज्या नवीन उगवलेल्या पानांत चटकन दिसून येतो. पाने हिरवी रहात नाहीत म्हणजे फिक्कट पडतात. वनस्पतीची वाढ खुंटते. अन्नरसातील घटकात गंधक फार मोलाचे काम करतो. मुळांकडून तो रस पानांपर्यंत पोहोचण्यात गंधकाचे वितंचक काम करतात आणि त्याचा अभाव असल्यास ती कामे मंद होऊन वनस्पती रोगट दिसते. गंधकाचा अभाव झाला तर अन्नरसातील नत्र वरील अंगात नीटपणे पोहोचवला जात नाही व तो तेथेच म्हणजे मुळांत राहून मुळांची फाजिल वाढ करण्यात खर्ची होतो. आम्लयुक्त जमिनीत असणाऱ्या पिकांना गंधकाचा तुटवडा जास्त जाणवतो. कारण अशा जमिनीत तिच्या अम्लतेमुळे गंधक असला तरी त्याचे शोषण हवेतसे होत नाही. गंधकाची प्रमाणे वेगवेगळ्या पेशीत भिन्न असतात, त्यांची प्रमाणे 0.0५ ते १.५ टक्के अशी असू शकतात. वरील चित्रात खनिज व इतर पदार्थांच्या शोषणावर मातीच्या सामुचा कसा परिणाम होते ते दाखवले आहे.

### कॅलशियम – चुना

पेशीतील निवडक पारगम्यता हा गुण तिच्या सालीत असलेल्या पालाश व कॅलशियममुळे तिला प्राप्त होतो. वर्धिष्णू पेशीत तो असतो. पेशीसालीतील पेक्टोजला टणकपणा आणण्याचे काम हा करतो व त्यासाठी त्याच्याशी पेक्टोजचा संयोग होऊन एक मजबूत घटक बनतो. वनस्पतीला मजबूती आणण्यात ह्याचा मोठा कार्यभाग असतो. फळातील पेक्टोजमध्ये असे संयुग बनत नाही म्हणून त्यातील पेक्टोज नरम व खाण्यायोग्य असतो. पेशीत होणाऱ्या जीव-रासायनिक क्रियातून बरेच मादक पदार्थ व्यर्थद्रव्याच्या रूपात बनत असतात. त्यांचा संयोग कॅलशियम बरोबर होऊन ती अविद्रव्य होऊन ऊर्तीच्या फटीत साठून रहातात. त्यामुळे वनस्पतीला तिचा विशेष असा आकार धारण करणे सोपे जाते. त्याशिवाय त्या मादक पदार्थांचा (विषारी) अनिष्ट परिणाम त्यामुळे टळतो. कॅलशियम काही वितंचकात व संजीवकात असतो.

कॅलशियमच्या अभावाची लक्षणे अशी, वनस्पती लवचिक होऊन घट्ट ताठ उभी राहू शकत नाही. पानाच्या कडा वेड्यावाकड्या व रंगहीन होतात. नवीन कोंब करपून गेल्यासारखे होऊन मरून जातात. कॅलशियमचे पुनः अंतरवहन फारच मंदपणे होते त्यामुळे वर्धिष्णू पेशीत तो लवकर जाणवतो. कॅलशियमच्या कमी असण्याचे एक प्रमुख लक्षण आहे रोपे मरगळून कोसळणे. कॅलशियमचे प्रमाण १.0 ते ३.५ टक्के एवढे विविध असू शकते. जिप्सम ह्या खनिजाच्या पुरवठ्याने कॅलशियमची उणीव भरून काढतात.

हि झाली एक टक्क्यापर्यंतचे प्रमाण असणाऱ्या घटकांची माहिती. आता सुक्ष्म प्रमाणात असणाऱ्या महत्वाच्या घटकांचा परिचय करून घेऊ या.

### मॅग्नेशियम –

अन्नरस निर्मितीत महत्वाची भूमिका पार पाडणाऱ्या हरितद्रव्यात हा असतो. स्फुरदाचे पचन करण्यासाठी ज्या क्रिया होतात त्यात मॅग्नेशियम असतो. अनेक वितंचकात असतो. प्रथिने बनण्यासाठी अमिनो अम्ले एकमेकांना जोडावी लागतात ते काम करणाऱ्या वितंचकात असतो. मॅग्नेशियम पुनः अंतरवहन होणारा घटक असतो व म्हणून जेव्हा त्याची कमतरता असते तेव्हा तो जुन्या पानातून हव्या त्या जागी हलविला जातो. त्यामुळे त्याचा तुटवडा झाला आहे हे समजते, अशा पानाच्या मधील शिरा पिवळ्या होतात. कर्बग्रहण क्रिया मंदावते. मॅग्नेशियमचे प्रमाण रोपाच्या विविध भागात भिन्न असू शकते. ते 0.0५ ते 0.७ असे असू शकते. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात मॅग्नेशियमसाठी **मॅग्नेशियम क्लोराईड** अथवा **मॅग्नेशियम सल्फेट** (इप्सम सॉल्ट) हे क्षार वापरले जातात.

### लोह –

हरितद्रव्य निर्मितीत लोह मदत करतो परंतु, तो त्याचा घटक नसतो. अनेक वितंचकी क्रियांत हा अत्यावश्यक असतो. काही प्रथिनात त्याचा समावेश असतो. वनस्पतीच्या श्वसन क्रियेत अन्नरस व प्राणवायू ह्यांचा संयोग करून जैविक ज्वलन घडविण्याच्या क्रियात लोह आवश्यक असतो. लोहाचे प्रमाण अत्यल्प म्हणजे

एक लक्षांश ते १०० लक्षांश एवढे सुक्ष्म असते म्हणून तो सुक्ष्म मात्रात येतो. लोह पुनः अंतरवहन न होणारा आहे म्हणून त्याची लक्षणे कोवळ्या भागात दिसून येतात. श्वसन क्रिया बिघडते व फळ झाडांना त्याचा विशेष त्रास होतो. ह्या ठिकाणी हे लक्षात येईल किं, अंतरवहन होणाऱ्या घटकांचा तुटवडा जुन्या पानात दिसून येतो तर अंतरवहन न होणाऱ्या घटकांचा तुटवडा कोवळ्या व नव्या भागात दिसून येतो. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात लोहासाठी **फेरस क्लोराईड** अथवा **फेरस सल्फेट** हे क्षार वापरले जातात.

### मंगल — मँगनीज

श्वसन व नत्रपचन क्रियांत जी वितंचके काम करतात त्यात तो असतो. हरितद्रव्याच्या निर्मितीत इतर घटकांप्रमाणे ह्याचा सुद्धा समावेश असतो. त्याशिवाय प्रकाश संश्लेषण क्रियेत तो महत्वाचे काम करित असतो. मंगलचे प्रमाण लोहा प्रमाणे अतिअल्प असते, ते ०.५ लक्षांश पासून १५० लक्षांश असे निरनिराळ्या वनस्पतीत आढळून येते. अंतरवहन होत नाही म्हणून तुटवडा झाला तर नवीन पानांचा रंग फिकट होतो व पाने खडून पडतात. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात मंगलसाठी **मँगनीज क्लोराईड** हा क्षार वापरला जातो.

### बोरोन — टांकण

हा अधातु असल्यामुळे त्याचे शोषण वेगळ्या प्रकाराने होत असते. बोरोन अधातू म्हणून त्यापासून ऋणदले बनतात जसे बोरेटस्. साखरेचे अंतरवहन व साठवणी ह्या गोष्टीवर बोरोनचा प्रभाव असतो. वर्धिष्णू पेशीत मोठ्या प्रमाणात अन्नरस पोहोचवण्यासाठी जी व्यवस्था असते त्यातील वितंचकांत हा असतो. त्याच प्रमाणे अमिनो अम्लांचे अंतरवहन करणाऱ्या वितंचकात हा असतो. फुलांच्या निर्मितीस मदत करणाऱ्या संजीवकात बोरोन असतो. बोरोनच्या तुटवड्यामुळे साखरेचे व अमिनो अम्ले ह्यांचे वहन व साठवणी चुकीच्या ठिकाणी होण्याची शक्यता असते. त्याचा परिणाम असा होतो किं, वनस्पतीच्या जैविक क्रिया बिघडतात. फुले येत नाहीत आणि नवीन कोंब अन्नरस न मिळाल्यामुळे करपून जातात. बोरोनचे प्रमाण ०.२ ते ७.५ लक्षांश असे अति अल्प असते. अन्नरसाचे वहन व्यवस्थितपणे न झाल्यामुळे ज्या व्याधी पिकाला होतात त्यांची सर्व लक्षणे बोरोनच्या अभावाची असतात. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात बोरोनसाठी **बोरॅक्स** अथवा **टांकणखार** हा क्षार वापरला जातो.

### तांबे —

हा अत्यंत सुक्ष्म प्रमाणात आवश्यक असतो. काही जीव-रसायनिक क्रियांत आवश्यक असतो. काही वनस्पतीत तांबे प्रकाश संश्लेषणाच्या क्रियेत भाग घेणाऱ्या वितंचकात असतो. जीवनसत्वात असतो. लिंबू वर्गीय वनस्पती, तृणधान्ये आणि लेग्युमिनस (शेंगावर्गीय) वनस्पतीत प्रकाश संश्लेषणात आवश्यक असतो. त्याची जास्त मात्रा हानिकारक होऊ शकते. प्रमाण ०.२ ते ७.५ लक्षांश असू शकते. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात तांब्यासाठी **मोरचुद** म्हणजे **कॉपर सल्फेट** हा क्षार वापरला जातो.

### जस्त —

संजीवकांच्या निर्मितीसाठी हा आवश्यक असतो. प्रेरक व पुष्टक संजीवके बनण्यासाठी जस्त जरूरीचा असतो. अनेक वितंचकात असतो. प्रथिने बनवणाऱ्या क्रियेत आवश्यक असतो. जस्त योग्य प्रमाणात असेल तरच बीयांची व फळांची निर्मिती होते. जस्ताचा तुटवडा झाला किं, महत्वाची संजीवके बनत नाहीत. परिणामतः वनस्पतीची वाढ, फळे, फुले वगैरे सर्वच गोष्टी बिघडतात. प्रमाण ०.३ ते १५ लक्षांश असे अति अल्प असते. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात जस्तासाठी **झिंक सल्फेट** हा क्षार वापरला जातो.

### क्लोरीन —

अत्यंत अल्प प्रमाणात हा काही पिकांना चांगला उपयोगी ठरतो. तशा वनस्पतीतील प्रकाश संश्लेषण क्रियेत भाग घेतो. वनस्पतीतील निवडक पारगम्यतेच्या गुणामुळे बहुतेक वनस्पतीत हा अडवला जातो व फारच अल्पसे शोषण होते. बऱ्याच वेळा मातीत गंधक कमी असेल तर त्याच्या जागी म्हणून क्लोरीनचे शोषण निवडक पारगम्यतेत सुद्धा होऊ शकते. असे झाले तर साखर अम्ल स्वरूपात उपलब्ध होते व फळे आंबट बनतात. काही



पालेभाज्यात तसेंच काही सागरी पिकात जसे नारळ, हा आवश्यक असतो. प्रमाण १० ते २० लक्षांश किंवा त्याही पेक्षा कमी असू शकते. बऱ्याच रासायनिक खतांबरोबर त्यातील ऋणदलाच्या स्वरूपात हा हजर असतो त्यामुळे त्याची मात्रा देण्याची गरज सहसा वाटत नाही.

### मॉलिब्डेनम —

नत्र पचनासाठी मदत करणाऱ्या वितंचकात असतो. अत्यंत कमी प्रमाणात असला तरी चालतो. सुक्ष्म मात्रांच्या औषधात मॉलिब्डेनमसाठी **मॉलिब्डेनम क्लोराईड** हा क्षार वापरला जातो.

सुक्ष्म मात्रांसाठी रसायन तयार करतांना वर जी प्रमाणे दिली आहेत त्यांच्या प्रत्येकाचे सरासरी जे मुल्य आहे ते घेऊन काम करावयाचे असते. कोणत्या पिकासाठी सुक्ष्म मात्रा द्यावयाच्या त्याचासुद्धा विचार करावा लागतो.

वरील १६ घटकांनंतर असे काही घटक आहेत किं, ते सर्वच वनस्पतींना आवश्यक नसतात. परंतु, काहीसाठी आवश्यक असतात. असे तीन आहेत ते असे, सोडियम, कोबाल्ट व सिलिकॉन.

### सोडियम —

सागरी वनस्पतीत जरूरीचा असतो. नारळसारख्या पिकांस उपयुक्त असतो. हा पोटॅशियमची जागा घेऊन काम करतो परंतु, त्याचे परिणाम चांगले नसतात. नारळ, सुपारी, ताड, अशा अनेक पिकात मात्र उपयुक्त असतो. ह्याच्या प्रमाणाची विशेष माहिती उपलब्ध नाही.

### कोबाल्ट —

लेग्युमिनस (शेंगावर्गीय) वनस्पतीच्या मुळावरील गाठीत जे जीवाणू तयार होतात त्यात आवश्यक असतो. जीवनसत्व बी१२ मध्ये असतो. हे जीवनसत्व एक वितंचक आहे. सेलेनियमसुद्धा काही शेंगावर्गीय वनस्पतीत असतो. ह्यांच्या प्रमाणाची माहिती उपलब्ध नाही.

### सिलिकॉन —

बांबू, ऊस, भात आणि अनेक पातीची गवते अशा पिकात असतो. हा अधातू आहे म्हणून त्यापासुन ऋणदले बनतात जसे, सिलिकेटस्. ती सर्व अविद्राव्य असतात. त्यांच्या पेशीसालीत मोठ्या प्रमाणात असतो. त्यामुळे वनस्पतीच्या अंगास टणकपणा येतो. उष्ण कटिबंधातील तसेंच वाळवंटी अशा बऱ्याच वनस्पतीत हा असल्यामुळे बाष्पोत्सर्जन कमी होते व वनस्पतीतील पाण्याची बचत होते. कुरतडणाऱ्या किटकांपासून संरक्षण देतो. लोह व मंगल ह्या धातूंच्या जास्त प्रमाणांमुळे जी मादकता (वनस्पतीतील जैविकक्रियांत मंदपणा आणणारा विषारीपणा) येते तिला सिलिकॉन नष्ट करतो. सिलिकॉनची त्या धातूंबरोबर अविद्राव्य संयुगे बनतात व त्या कारणाने त्यांची मादकता नष्ट होत असते.

जमिनीतून वर दिलेली सर्व खनिजे वनस्पतीला पुरविताना कोणत्या गोष्टींची काळजी घ्यावयाची ते थोडक्यात आता पहावयाचे आहे. वरील खनिजे योग्य प्रमाणात मिळाली तर त्यांचे उत्तम परिणाम मिळतात. परंतु, जर त्यांचे शोषण कमी अथवा जास्त झाले तर त्यांच्यामुळे जी मादकता वनस्पतीत येते त्यामुळे तिचे कार्य बिघडू शकते. वनस्पतीत असलेली निवडक पारगम्यता आणि निवडक परासरण दाब ही जर योग्य प्रकारे काम करीत असतील तर असे सहसा होत नाही. त्यासाठी जमिनीचे वापसा व वातन व्यवस्थित असणे जरूरीचे असते. त्यातून जे प्राणवायुचे शोषण होते ते त्यासाठी महत्वाचे असते. मादकतेमुळे वनस्पतीत विविध स्वरूपाचा रोगटपणा दिसतो. त्याला काहीही उपाय होत नाही. म्हणून जर अशी लक्षणे दिसली तर प्रथम जर काय पहावयाचे असेल तर हे पहावयाचे किं, वापसा व वातन योग्य आहे कां? पाण्याचा अनावश्यक प्रमाणात ताण दिला गेला आहे कां? ह्याचे ज्ञान नसल्यामुळे बऱ्याच वेळा नको त्या महागड्या आणि विषारी पदार्थांच्या फवारण्या करून परिस्थिती अधिकच खराब केली जाते. सुक्ष्म मात्रा देऊन ह्या खनिजांचा पुरवठा करण्याचे तंत्र आज सर्वत्र वापरले जाते त्यात विद्राव्य रसायनांचा वापर केला जातो. त्यांच्या फवारण्या पानावर व खोडांगावर केल्या

जातात. तसे झाले तर मुळातील निवडक पारगम्यता व परासरण दाब कितीही व्यवस्थित असले तरी ह्यांचे जास्त शोषण होऊ शकते. ते टाळण्यासाठी बहुधा ह्या सर्व खनिजांचे अविद्राव्य रसायनाच्या स्वरूपात म्हणजे, कार्बोनेट्स, प्राणिले, सल्फेट्स, फॉस्फेट्स अशा स्वरूपात मातीतून देणे जास्त श्रेयस्कर समजले जाते. वनस्पतीच्या मुळांतून स्रवणारी वितंचके व मातीतील जीवाणू ह्या अविद्राव्य पदार्थांना वनस्पतीला पाहिजे त्या प्रमाणात उपलब्ध करून देतात. तसेच सेंद्रीय खतांच्या मधून ती सहज उपलब्ध होऊ शकतात म्हणून त्यांचा वापर करणे अशा मात्रा देण्यापेक्षा जास्त चांगले असे समजले जाते. सकस शेणखत, सोनखत असे जर शेतात वापरले तर सुक्ष्म द्रव्यांचा तुटवडा कधीच होत नाही म्हणून व्यावहारिक निसर्ग शेतीत त्यांचा वापर करण्याचा सल्ला असतो. जर ती उपलब्ध नसतील तर अशा मात्रा सावधपणे दिल्या जाव्यात. ताज्या हिरव्या पालापाचोळ्याचे खत अथवा त्यांचा खतरस (कुणप) वापरूनसुद्धा हे विनासायस साध्य होते.

वरील सुक्ष्म द्रव्यांचा पुरवठा करण्यासाठी त्यांची स्फुरदके (फॉस्फेट्स) वापरावी लागली तर त्यांचे पचन होण्यासाठी स्फुरदी जीवाणूंच्या मात्रा देणे आवश्यक होते. स्फुरदी जीवाणू असे जीवाणू असतात किं ते मातीतील स्फुरदयुक्त पदार्थांचे वनस्पतीला शोषण योग्य करण्याचे काम करतात. जर तसे नाही केले तर ती सर्व मातीत असूनही वनस्पतीला मिळत नाहीत.

वनस्पतीला धातू व अधातू जसे आवश्यक असतात तसे काही सेंद्रीय घटक सुद्धा आवश्यक असतात. त्यातील प्रजैविक हा विशेष महत्वाचा असतो. त्याची माहिती थोडक्यात पाहू या.

### प्रजैविके — प्रोअॅक्टिव्हजस

प्रजैविके वनस्पती सहसा स्वतः बनवत नाही म्हणून ती बाहेरून द्यावी लागतात. सर्व सजीव प्राण्यांच्या पचन क्रियेत अनेक पदार्थ पचनसंस्थेत तयार होत असतात. त्यातील प्रजैविके हे एक आहेत. शेणखतातून, सोनखतातून व हिरवळीच्या खतातून ते शेताला मिळतात. त्यांच्यामुळे मुळांचे कार्य उत्तेजित होते आणि वनस्पतीच्या वाढीला उत्तेजन मिळते. ह्यामुळेच ही खते शेतीत अतिमहत्वाची समजली जातात. शेणखतापेक्षा ताज्या शेणात हे जास्त प्रमाणात असतात म्हणून हल्ली शेणखतापेक्षा ताजे शेण पाण्यात घोळ (साधारणपणे १:५००) करून व गाळून त्याचे पाणी ज्याला आपण **शेणरस** असे म्हणतो ते वापरावयाची शिफारस असते. शेणखत सुद्धा असेच पाण्यात घोळ करून शेतात झारीने मुळक्षेत्रातील मातीला दिल्याने जास्त फायदा होतो हे सिद्ध झाले आहे. अशा घोळाला **शेणखतरस** (साधारणपणे १:२००) असे म्हणतात. नासलेले अथवा चांगले दूध, आंबट ताक, वनस्पतीच्या कोवळ्या हिरव्या भागांचा रस हे पदार्थ सुद्धा प्रजैविके पिकाला पुरवू शकतात. त्यांचा सुद्धा घोळ करावा लागतो त्याचे प्रमाण साधारणपणे १:२०० असावे. सेंद्रीय खते देण्या ऐवजी त्यांचा रस पाण्यात घोळ करून देण्याने जो फायदा होतो तो ती सेंद्रीय खते शेताला देण्यापेक्षा जास्त असतो असे आढळून आलेले आहे. अशा सेंद्रीय खताच्या पाण्याला **खतरस** (साधारणपणे १:२००) असे म्हणतात. **प्रजैविकांच्या** उपलब्धते बाबत असे आढळते किं, ताज्या शेणात जितके असतात त्याच्या पेक्षा कुजलेल्या खतात फक्त २५ ते ३० टक्के उरतात. म्हणूनच ताज्या शेणाचा उपयोग करणे जास्त श्रेयस्कर ठरते. घोळ करतांना त्यासाठी प्रमाणात शेणरसाचा घोळ अधिक सौम्य करून घ्यावा लागतो. वनस्पतीजन्य सेंद्रीय खतात हिरवळीची व सुकी असे दोन प्रकार आहेत. त्यातील हिरवळीच्या खतातून प्रजैविके पिकाला मिळतात व सुक्या खतातून प्रामुख्याने काष्ठप्रथिने मिळतात. अशा शेणरसातून, शेणखतरसातून व खतरसातून इतर उपयुक्त पदार्थ जसे, जीवनसत्वे, प्रथिने, अमिनो अम्ले वगैरे पिकाला मिळतात. प्राणिजन्य सेंद्रीय खताची क्षमता ते खत कोणत्या प्राण्याच्या विष्टेपासून बनवले आहे त्यावर अवलंबून असते. ज्या प्राण्याची पचन व्यवस्था जास्त चांगली त्या प्राण्याच्या विष्टेत कमी प्रमाणात जीवनसत्वे, प्रथिने, अमिनो अम्ले वगैरे असतात परंतु, प्रजैविके चांगली असतात. खते घेतांना गाय, बैल, म्हैस, रेडा असा फरक करण्याची प्रथा आहे त्या प्रथेला कोणताही शास्त्रीय आधार नाही. म्हणजे कोणत्याही प्राण्याचे ते असले तरी चालते. गोमुत्रात प्रजैविके नसतात कारण, ते पचन व्यवस्थेतून येत नाही. वृद्ध व रोगत प्राण्याच्या विष्टेपासून जर खत बनवलेले असेल तर त्यात मात्र प्रजैविके कमी असतात. शाकाहारी प्राण्याच्या विष्टेपेक्षा मांसाहारी प्राण्याच्या विष्टेत जास्त प्रभावी प्रजैविके असतात. म्हणून त्याचा घोळ जास्त सौम्य करावा लागतो. जमिनीत असंख्य बारीक प्राणी असतात व ते जेव्हा मरतात तेव्हा त्यांच्या शरीरातून सुद्धा प्रजैविके मुळांना

मिळतात. सेंद्रीय खतातून स्फुरद युक्त पदार्थ मिळतात जे वनस्पतीची मुळं सहजपणे शोषू शकतात. बऱ्याच प्रजैविकात असे स्फुरद असतात म्हणून सेंद्रीय खते शेतीच्या दृष्टीने महत्वाची ठरतात. प्राणिजन्य परंतु, विष्टे ऐवजी त्यांच्या इतर भागापासून जी खते बनतात त्यात मात्र प्रजैविके नसतात. ती खते इतर पोषक पदार्थांसाठी वनस्पतीस उपयुक्त असतात.

### प्रश्नावली —

१. बहुवर्षीय पिकात दरवर्षी येणारे पीक उत्तरोत्तर कमी कां होते?
२. मोसमी पीक व बहुवर्षीय पिकात सक्रिय व अक्रिय पेशींच्या प्रमाणाचे संबंध काय असतात?
३. सक्रिय व अक्रिय पेशीत फरक काय?
४. वनस्पतीचे सुके वजन कशाला म्हणतात?
५. वनस्पतीतील विविध घटकांची त्यांच्या वजनाच्या प्रमाणात अनुक्रमे नांवे सांगा.
६. कार्बनचे वनस्पतीत स्थान काय ते सांगा.
७. पानातून कर्बवायू शोषण्याचा वेग किती असतो?
८. मधमाशी पेक्षा पाने अधिक कष्टाळू असतात असे का समजले पाहिजे?
९. प्राणवायू किती प्रमाणात असतो?
१०. प्राणवायुचे शोषण कसे होते?
११. प्राणवायुचे पचन कसे होते ते सांगा.
१२. प्राणवायुचे महत्व वनस्पतीच्या घटकांत किती आहे ते सांगा.
१३. उदजन वायू वनस्पतीच्या घडणेत कोठून प्राप्त होते ते सांगा.
१४. उदजनचे प्रमाण वनस्पतीत किती असू शकते ते सांगा.
१५. नत्राचा पुरवठा वनस्पतीस किती प्रकारे होऊ शकतो ते सांगा.
१६. नत्र वनस्पतीच्या कोणकोणत्या भागात आढळतो ते सांगा.
१७. पावसाळ्यात वनस्पती विशेष हिरवीगार दिसते ते कां?
१८. नत्राच्या अभावाचे परिणाम व लक्षणे सांगा.
१९. नत्र जास्त झाला तर कोणते दोष उत्पन्न होतात ते सांगा.
२०. वनस्पतीत नत्राचे प्रमाण किती असू शकते ते सांगा.
२१. पालाश वनस्पतीतील कोणत्या घटकांत असतो ते सांगा.
२२. पालाशाच्या तुटवड्याची लक्षणे कोणती ते सांगा.
२३. पालाशाच्या आवश्यकते पेक्षा कमी मात्रा कां दिल्या जातात?
२४. पालाशाची निरनिराळ्या वनस्पतीतील प्रमाणे सांगा.
२५. स्फुरदाचे वनस्पतीच्या जैविक क्रियांत काय काम असते ते सांगा.
२६. स्फुरदाच्या तुटवड्याचे परिणाम कोणते ते सांगा.
२७. पालाश व स्फुरदाचा प्रभाव वनस्पतीच्या कोणत्या भागावर असतो?
२८. गंधक कोणत्या स्वरूपात वनस्पतीने जमिनीतून शोषून घेणे चांगले ते सांगा.
२९. फलधारणा व फळांच्या वाढीवर गंधकाचा कोणता परिणाम होते?
३०. गंधक व नत्र ह्यांचे वनस्पतीच्या वाढीवर काय परिणाम होतात ते सांगा.
३१. गंधक वनस्पतीच्या कोणत्या घटकांत आढळतो ते सांगा.
३२. गंधकामुळे शर्करेचे पिष्टात रुपांतर न होता, स्निग्धात होते हे विधान खरे आहे कां?
३३. गंधकाचे वनस्पतीत कार्य काय व तुटवड्यामुळे काय होते ते सांगा.
३४. गंधकाची निरनिराळ्या वनस्पतीतील प्रमाणे सांगा.
३५. कॅल्शियमचे वनस्पतीतील कार्य काय ते सांगा.

३६. कॅलशियमच्या तुटवड्यामुळे काय होते ते सांगा.
३७. खनिजाचे वनस्पतीत पुनः अंतरवहन होते त्याची माहिती सांगा.
३८. कॅलशियममुळे कोणत्या प्रकारच्या मादकते पासून वनस्पतीस संरक्षण मिळते ते सांगा.
३९. कॅलशियमची निरनिराळ्या वनस्पतीतील प्रमाणे सांगा.
४०. मॅग्नेशियमचे काम काय ते सांगा.
४१. मॅग्नेशियमचे पुनः अंतरवहन होते कां ते सांगा.
४२. कॅलशियमचा तुटवडा वर्धिष्णू भागात दिसतो, मॅग्नेशियमचा तुटवडा जुन्या भागात दिसतो असे कां?
४३. लोहाची गरज अतिसूक्ष्म प्रमाणात असते हे विधान खरे आहे कां?
४४. लोहाचे कार्य समजावून सांगा.
४५. मंगलचे कार्य काय ते सांगा व त्याचा तुटवडा झाला तर ते कसे समजते?
४६. जैविक-वैजिक क्रिया कशाला म्हणतात.
४७. उदजनचे दल व उदप्राणिलाचे दल वनस्पती सूक्ष्म खनिजाच्या देवाणघेवाणीत वापरते, त्यामागील शास्त्रीय माहिती सांगा.
४८. उदजनाचे दल व उदप्राणिल दल हे वनस्पतीचे पैसे आहेत असे म्हणता येईल कां?
४९. बोरोनची उपयुक्तता काय व तुटवड्याचे परिणाम काय ते सांगा.
५०. तांब्याचे कार्य काय ते सांगा व त्याची प्रमाणे काय ते सांगा.
५१. कोणत्या प्रकारच्या वनस्पतीत तांबे विशेष महत्वाचे असते ते सांगा.
५२. जस्ताचे महत्व काय ते सांगा व त्याचा तुटवडा कसा समजतो ते सांगा.
५३. क्लोरीन व गंधक ह्यांचा फळाच्या गुणवत्तेवर काय परिणाम होते ते सांगा.
५४. मॉलिब्डेनमचा नत्राच्या पचनाशी संबंध असतो हे खरे आहे कां?
५५. वनस्पतीच्या संदर्भात सोडियम, कोबाल्ट, सिलिकॉन व सेलेनियम ह्यांची माहिती द्या.
५६. सूक्ष्म खनिजांच्या मात्रा विद्राव्य रूपाने न देता अविद्राव्य रूपात देणे अधिक श्रेयस्कर कां असते?
५७. स्फुरदी जीवाणूंचा अभाव आपल्या कडील जमिनीतून आढळतो व त्याचा परिणाम काय होतो, त्यावर उपाय कोणता?
५८. प्रजैविकांची माहिती द्या.

# धडा १० वा

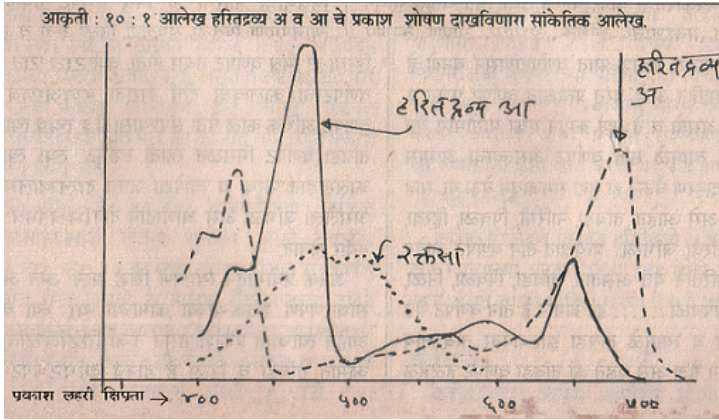
धडा दहावा

## वनस्पतीतील अन्न निर्मितीचे तंत्र

### प्रकाश संश्लेषण, कर्बग्रहण, प्रथिने आणि स्निग्धे ह्यांची निर्मिती

साधारणपणे वनस्पतीत जे अन्न तयार होते ते तिच्या पानांत होते. त्या अन्नाला सामान्यपणे **कर्बोदके** असे म्हणतात. कर्बोदकात ग्लुकोज व तत्सम इतर शर्करा प्रकार येतात त्या शिवाय पिष्ट प्रकारातील अनेक पदार्थ येतात. हवेतील कर्बवायू व जमिनीतून पानात पोषकरसातून आलेले पाणी ह्यांच्या संयोगाने कर्बोदके अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशींच्या मध्ये सुर्यप्रकाशातील प्रकाश लहरींच्या ऊर्जेचा वापर करून वनस्पती बनवते. पुढे त्यांचा वापर करून वनस्पतीतील विविध जैविक कामे होत असतात. त्यातून वनस्पतीचे शरीर घडणे, वाढणे, फुले येणे व फळे धरणे हे सर्व होत असते. कर्बोदके हा अन्नरसातील सर्वात महत्वाचा घटक असतो.

त्याच प्रमाणे कर्बोदकांपासून इतर अन्न प्रकार जसे, प्रथिने व स्निग्धे वनस्पतीच्या इतर भागात बनतात. ही दुय्यम पातळीची अन्न निर्मिती प्रक्रिया असते व ती पानांव्यतिरिक्त इतर भागात होते. शेतकरी साखर, पिष्ट, प्रथिने आणि स्निग्धे (तेले) असे पुरवणाऱ्या पिकांची लागवड करीत असतो. त्यासाठी शेतकऱ्याला ह्या सर्व गोष्टी कशा होतात ते समजणे व त्या गोष्टी उत्तम होण्यासाठी काय व्यवस्था केली पाहिजे हे समजणे आवश्यक असते. हे जर त्याला व्यवस्थितपणे समजले तर तो त्यांचे व्यवस्थापन योग्य प्रकारे करून चांगली शेती करू शकेल म्हणून आपण ह्या धड्यात हे सर्व समजून घेणार आहोत.

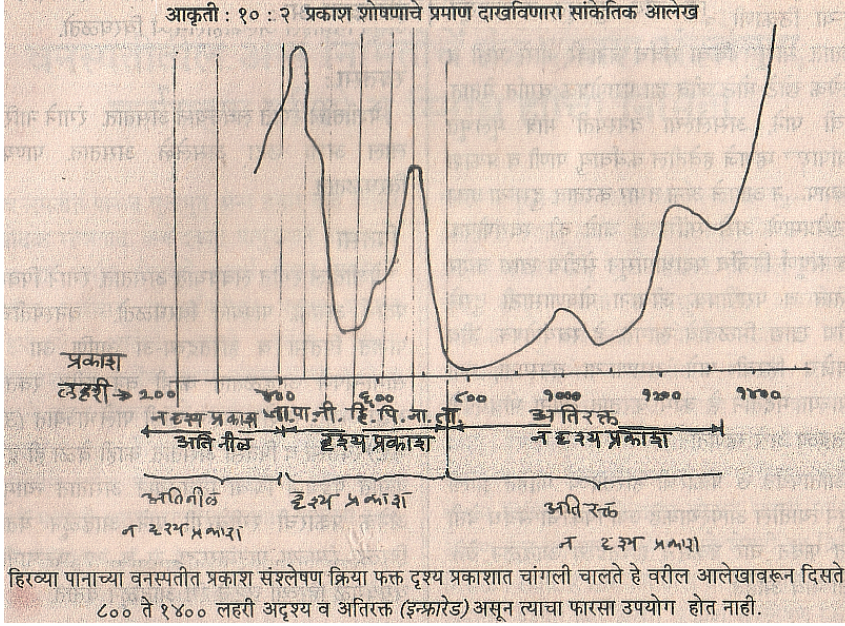


### प्रकाश संश्लेषण व कर्बग्रहण

ह्या दोनही क्रिया एकमेकांशी निगडीत असतात. जेव्हा योग्य प्रमाणात प्रकाश उपलब्ध असतो तेव्हा प्रकाश संश्लेषण क्रिया संपन्न होत असते व तेव्हाच कर्बग्रहण ही दुसरी क्रिया सुद्धा होते. प्रकाश संश्लेषणात प्रकाशातील ऊर्जा वापरून मुळाकडून पानांत आलेल्या अन्नरसातील पाण्याचे अंशतः (काही प्रमाणात, सर्व पाण्याचे नाही) विघटन होऊन विद्युत भारित उदजन व प्राणवायू वेगळे होतात. त्यातील प्राणवायू

वनस्पती परिकाष्ठ वाहिनींतून वनस्पतीत आतील पेशींच्या श्वसनसाठी सोडते. असा प्राणवायू थेट मुळांपर्यंत पोहोचत असतो. आणि विद्युत भारित असा उदजन कर्बग्रहण क्रियेसाठी पाठविला जातो. कर्बग्रहण क्रियेत पानांतील श्वसनरंध्रांतून वातावरणातील कर्बवायू, जो वातावरणातील बाष्पात मिसळलेला आहे, तो शोषला जातो. तेथे त्यावर काही वित्तचकांच्या प्रक्रिया होतात त्यामुळे प्रकाश संश्लेषणातून मिळालेला भारित उदजन ह्याचा तेथे संयोग होतो व त्यातून विविध रसायने बनत बनत शेवटी प्राथमिक शर्करा म्हणजे ग्लुकोज तयार होतो. हा ग्लुकोज अन्नरसात मिसळत रहातो. हे सर्व पानातील अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशींत होत असते. प्रकाश संश्लेषणात हरितद्रव्ये प्रकाशातील ऊर्जा संपादन करण्याचे काम करीत असतात. त्यासाठी सूर्यतील दृश्य

प्रकाशामधील काही वर्णांचा उपयोग होत असतो. सूर्यप्रकाशातील **अदृश्य लहरी** (अतिनील) व **उष्णता लहरी** ह्या कामात विरोध करीत असतात. आकृती १०:२ पहा. योग्य प्रमाणात संश्लेषण होण्यासाठी प्रकाशाची तीव्रता समाधानकारक असावी लागते. त्यापेक्षा जास्त अथवा कमी असेल तर ही प्रक्रिया समाधानकारक होत नाही अथवा बिलकूल होत नाही. साधारण ठोकताळा असा आहे किं, आपण वाचन करू शकू इतक प्रकाश असला तर ह्या संश्लेषणाच्या क्रिया होतात व जर प्रकाश त्याहूनही कमी असेल तर होत नाहीत. निरनिराळ्या



वनस्पतीची ह्या बदलची क्षमता भिन्न असते असे आढळून आलेले आहे. हरितद्रव्याचे सुद्धा अनेक प्रकार आहेत व त्याप्रमाणे हे ठरत असते. अन्न निर्मितीतील प्रकाश संश्लेषण क्रियेत हरितद्रव्य भाग घेते ते कर्बग्रहण क्रियेत भाग घेत नाही. म्हणून कर्बग्रहण ही दुसरी प्रक्रिया अंधारात होऊ शकते. म्हणजे पहिल्या प्रक्रियेस प्रकाश आवश्यक असतो तर दुसऱ्या प्रक्रियेस तो नको असतो.

ह्या दोन क्रियांना संयुक्तपणे **अन्नकरण क्रिया** असे म्हणतात. ह्या सर्व क्रिया होणासाठी अनेक उपक्रिया होत असतात. त्यासाठी ह्या क्रियांत भाग घेणाऱ्या रसायनांचा प्रथम परिचय करून घेणे योग्य ठरेल. त्यानंतर ह्या सर्व अन्नकरण क्रिया व त्यातील उपक्रिया समजून घेणे सोपे होईल. रसायनांप्रमाणे काही विशिष्ट परिस्थितींचा परिचय होणे अगत्याचे आहे तेव्हा ते सर्व आता आपण पहाणार आहोत.

### हरितद्रव्य -

हिरवी पाने असणाऱ्या सर्व वनस्पतींना **स्वयंपोषक जीव** असे समजले जाते. ह्याकरतां सजीवांचे दोन प्रकार लक्षात घेतले आहेत, एक **स्वयंपोषक** व दुसरा **परापोषक** असे ते आहेत. स्वयंपोषक जीव मूलभूत द्रव्यांपासून स्वतःचे अन्न स्वतः निर्माण करतात व परापोषक जीव दुसऱ्याने (बहुधा स्वयंपोषक जीव) इतरत्र बनविलेले अन्न खाऊन उपजिविका करतात. माणूस व सर्वच प्राणी जगातील पशू, पक्षी, मासे इत्यादी छोटे मोठे जीव परापोषक वर्गात येतात. हिरवी (काही वेळा तांबडी व इतर रंगीत पाने असतात) पाने असलेल्या वनस्पती आपले अन्न मूलभूत द्रव्ये जसे उदजन, पालाश, स्फुरद, प्राणवायू इत्यादी पासून जीव-रसायनिक क्रियांच्या मदतीने करतात म्हणून त्या सर्व स्वयंपोषक वर्गात येतात. दुसऱ्या एका व्याख्ये प्रमाणे असे सांगितले आहे किं, स्वयंपोषक जीव पूर्णतया निर्जीव पदार्थांपासून सेंद्रीय पदार्थ उत्पन्न करतात व परापोषक जीव ते सेंद्रीय पदार्थ खाऊन जगतात. स्वयंपोषक जीव सूर्य प्रकाशातून ऊर्जा मिळवू शकतात तसे परापोषक जीवांना जमत नाही. साधारणपणे ज्या द्रव्याच्या माध्यमाने सूर्य प्रकाशातील ऊर्जा मिळवली जाते त्या सर्व द्रव्यांना **हरितद्रव्य** असे समजले जाते. म्हणजे नेहमी हरित द्रव्य हिरवेच असेल असे नाही, तरी बहुधा ते हिरवे असते. आकृती १०:१ पहा.

आता पर्यंत सात प्रकारची हरितद्रव्ये माहित झालेली आहेत. त्यातील आपल्या येथे ज्या पिकांचा संबंध येतो त्यात फक्त चार प्रकारचे हरितद्रव्य आढळून येते. त्यांना **हरितद्रव्य-अ**, **हरितद्रव्य-आ**, **रक्तसा** आणि **पितसा** अशी नावे दिली आहेत. त्यातील नांवाप्रमाणे रक्तसा तांबडी व पितसा पिवळी असतात. काही वनस्पतींच्या



पानांत ह्यांच्या मिश्रणांचा अनुभव येतो आणि त्यामुळे ती पाने रंगीबेरंगी दिसतात. अशा पानाच्या ह्या रंगाचा संबंध कोणत्याही घटकाच्या अभावाशी नसतो हे विशेष लक्षात घ्यावयाचे असते.

### हरितद्रव्य-अ

हे द्रव्य रंगाने नीळसर काळे असते व हा पदार्थ घन असून खनिज तेलात विद्राव्य असतो. हे असलेली पाने जास्त गडद हिरवी दिसतात. फक्त दृष्य प्रकाश लहरींचा उपयोग करते व अदृष्य लहरीमुळे नष्ट होते.

### हरितद्रव्य-आ

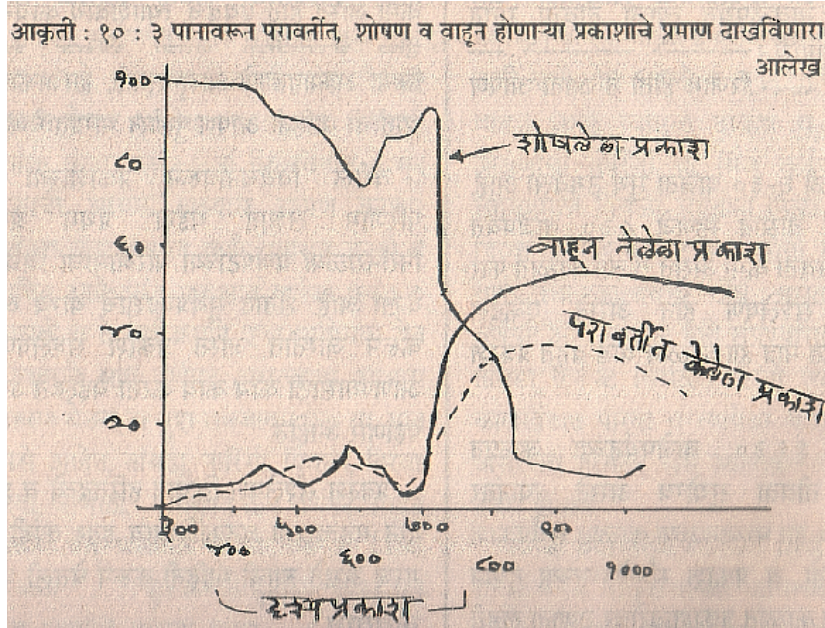
हे द्रव्य रंगाने हिरवे काळसर असते, तो घन असतो आणि तो मिथाईल अल्कोहोल मध्ये विरघळतो. तो असलेली पाने हलकी हिरवी दिसतात. फक्त दृष्य प्रकाश लहरींचा उपयोग करते व अदृष्य लहरीमुळे नष्ट होते.

### रक्तसा -

पेशीतील रंगीत लवक्यात असतात. रंगाने नारिंगी, लाल, तांबडा अशा छटा असतात. हे पाण्यात विरघळतात. पानांशिवाय इतर भागात सुद्धा आढळतात. ह्याचा "अ" जीवनसत्वाशी संबंध असतो.

### पितसा -

पेशीतील रंगीत लवक्यात असतात. हा रंगाने पिवळा असतो, पाण्यात विरघळतो. वनस्पतीच्या पानात पितसा व हरितद्रव्य-अ आणि आ हे सुद्धा असते. विशेषकरून काही पालेभाज्यात (उदा. माट) रक्तसा व पितसा असतात. काही वेळा ही द्रव्ये पानात पट्ट्यांच्या अथवा ठिबक्यांच्या स्वरूपात असतात. त्यामुळे अनेक प्रकारची रंगीबेरंगी पाने आढळून येतात. हिरव्या रंगाच्या पानांतसुद्धा अ व आ प्रकारातील हरितद्रव्य कमी



जास्त प्रमाणात असल्याने वेगवेगळ्या हिरव्या रंगाच्या छटा आढळून येतात. प्रकाश संश्लेषण क्रिया समजून घेण्याआधी प्रकाशाची अधिक माहिती आपण करून घेतली पाहिजे. तसे पाहिले तर प्रकाशाची साधारण माहिती आपल्याला असते परंतु, ह्या ठिकाणी काही विशिष्ट माहिती करून घेणार आहोत. वनस्पती प्रकाशाचा वापर करून ऊर्जा निर्माण करते त्या करता त्या संदर्भात जी माहिती आवश्यक आहे ती येथे आपण पहाणार आहोत. पांढरा प्रकाश सात वर्णपटांपासून बनतो हे सर्वांना माहित असते. परंतु, प्रत्यक्षात वर्णपट फक्त ३ आहेत. ते एका मागेमागे असे दिसत असतात त्यामुळे आधीच्या वर्णपटात नंतरच्या वर्णपटाचे मिश्रण होऊन आणखीन काही वर्णपट तयार होतात. असे कसे होते ते पाहू या. तीन मूलभूत वर्णपट आहेत ते असे, लाल, पिवळा व नीळा. हे जेव्हा एका मागेमागे येतात तेव्हा असे होते, लाल, पिवळा, नीळा, लाल, पिवळा, नीळा... ह्यात लाल वर्णपट संपतो त्या वेळी पिवळा सुरु होतो. हे होतांना लाल व पिवळा ह्यांच्या मिश्रणातून नारिंगी तयार होतो त्याच प्रमाणे पिवळा संपतांना नीळा सुरु होतो व त्यांच्या मिश्रणाने हिरवा तयार होतो. नीळा संपतांना लाल सुरु होतो त्यामुळे त्यांच्या मिश्रणाने दोन रंगपट तयार होतात कारण नीळ्या वर्णपटाची जाडी जास्त असल्याने असे होते.

त्यात सुरुवतील पारवा व नंतर नीळा जास्त व लाल कमी असे झाल्याने जांभळा रंगपट दिसतो. अशा रितीने सात रंग दिसतात, तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, नीळा, पारवा आणि जांभळा. ह्या दिसणाऱ्या वर्णपटांना **दृष्य वर्णपट** असे ओळखले जाते.

अनेक प्रयोगांतून स्पष्टपणे सिद्ध झाले आहे किं, साधारणपणे शेतकऱ्यांच्या कामाच्या ज्या वनस्पती आहेत त्यांच्यात प्रकाशापासून ऊर्जा मिळविण्याच्या कामात तांबडा व नीळा हे दोनच वर्णपट विशेष महत्वाचे असतात. त्यात सुद्धा तांबडा (लाल) अधिक उपयोगाचा असतो. म्हणजे पिवळा ऊर्जा निर्मितीच्या दृष्टीने विशेष महत्वाचा नसतो. सूर्याकडून आणखीन बरेच वर्णपट येत असतात ते **अदृष्य वर्णपट** म्हणून ओळखले जातात. ते बहुधा अदृष्य असतात. त्यात अतिनील व उष्णता लहरी येतात. अदृष्य वर्णपटातील अतिनील हरितद्रव्याचे विघटन करून ते नष्ट करतात म्हणून ते प्रकाश संश्लेषणाच्या दृष्टीने घातक असतात. उष्णता लहरी वनस्पतीचे तापमान वाढवून हरितद्रव्याची क्षमता कमी करतात. जर पानाचे तापमान ३० अंशा पेक्षा जास्त झाले तर हरितद्रव्य-अ नष्ट होते तसेच तापमान ४० अंशापेक्षा जास्त झाले तर हरितद्रव्य-आ नष्ट होते. ह्यासाठी हे दोनही प्रकाशातील घटक वनस्पतीला घातक समजले जातात. काही तुरळक भाजी वर्गातील वनस्पती आहेत ज्यांच्यात पितसा व रक्तसा हरितद्रव्य-अ बरोबर असतात त्या वनस्पती पिवळ्या वर्णपटातूनही उर्जा निर्माण करू शकतात. असे असले तरी एकंदर पहाता शेतकऱ्याला पांढऱ्या प्रकाशातील लाल व नीळा ह्या दोन वर्णपटांचे व्यवस्थापन सुधारून पिकाचे प्रकाश संश्लेषण चांगल्या प्रकारे कसे होईल ते पहावयाचे असते.

प्रकाशापासून ऊर्जा मिळविण्यासाठी प्रकाशाची तीव्रता हा एक महत्वाचा घटक असतो. सकाळी सूर्य उगवल्यापासून मावळेपर्यंत त्याची तीव्रता सतत बदलत असते. ह्या कालखंडाचे स्थूलमानाने चार हिस्से केलेले आहेत. त्या प्रत्येक कालखंडाचा प्रकाश संश्लेषणावर काय परिणाम होते ते पहावयाचे आहे.

समजा, सकाळी ६-३० वाजता सूर्य उगवला आहे. तर पहिल्या २ तासात म्हणजे ८-३० पर्यंत सूर्यप्रकाशाची तीव्रता कमी असते. म्हणून त्या काळात द्विदल वनस्पतीमध्ये फार कमी संश्लेषण होते, परंतु, एकदल वनस्पतीची पाने उभी असल्यामुळे त्यात बऱ्यापैकी होते.

८-३० ते ११-३० वाजेपर्यंतच्या काळात सूर्यप्रकाशाची तीव्रता सुयोग्य असते, त्यानंतर ११-३० ते २-३० ह्या मध्याह्नीच्या काळात सूर्यप्रकाश फारच तीव्र असतो. त्या काळात अदृष्य वर्णपट विशेष जोरदार असल्यामुळे तेव्हा हरितद्रव्य नष्ट होण्याचे काम होत असते. म्हणजे प्रकाश संश्लेषण थांबलेले असते. आकृती १०:३ पहा. ह्या काळात नष्ट झालेले हरितद्रव्य पुन्हा निर्माण करण्याचे काम नंतरच्या काळात व रात्रीच्या प्रहरी होत असते. म्हणून २-३० ते ५-३९ पर्यंतच्या काळात सूर्यप्रकाशाची तीव्रता सुयोग्य झालेली असली तरी संश्लेषणाचे काम मंदपणे होत रहाते. हे सर्व द्विदल वनस्पतीबाबतचे आहे. एकदल वनस्पतीची पाने उभी असतात त्यामुळे दिवसाच्या कोणत्याही प्रहरी सूर्यप्रकाश त्या पानांवर तीव्र स्वरूपात पडू शकत नाही. म्हणून त्यांत प्रकाशसंश्लेषण क्रिया सर्व दिवसभर चांगली होत असते. द्विदल वनस्पतीची पाने आडवी असल्यामुळे त्यांच्या बाबत असा फरक होत असतो. म्हणजे द्विदल वनस्पती प्रकाश संश्लेषणासाठी एकदल वनस्पतीपेक्षा कमी कार्यक्षम असतात. थेट सूर्य प्रकाशापेक्षा परावर्तित प्रकाश त्यात अदृष्य व उष्णता लहरी नसल्यामुळे जास्त चांगला ठरतो.

शेतावर विशिष्ट पद्धतीने सावलीचे मांडव घालून सूर्यप्रकाशाच्या तीव्रतेला नियंत्रित करता येते. त्याची चर्चा आपण प्रकाशाचे अनुकूलन ह्या भागात सविस्तरपणे पहाणार आहोत.

वरील विवेचनावरून प्रकाशाच्या तीव्रतेचा परिणाम लक्षात येईल. प्रथम प्रकाशातील निरनिराळ्या वर्णपटांच्या परिणामांचा विचार आपण आता पहाणार आहोत. त्या अभ्यासामुळे शेतकऱ्याला प्रकाशाचे अनुकूलन करावयाचे म्हणजे काय करावयाचे ते समजेल.

वनस्पतीच्या एकंदर अन्न निर्मितीच्या कामात प्रकाश संश्लेषणानंतर कर्बग्रहण येते. त्यासाठी त्यामध्ये जे वातावरणातील घटक उपयोगी येतात अथवा उपद्रव करतात त्यासर्वांचा आता आपण थोडक्यात विचार करावयाचा आहे.

### कर्बवायू -

हवेत कर्बवायुचे प्रमाण ०.०३२ टक्के आहे. ते ०.१ टक्के एवढे वाढवता येते (शेताच्या वातावरणात). त्यापेक्षा जास्त वाढवले तर हवेत आम्लता येऊन रोगटपणा पिकात उत्पन्न होण्याचा संभव असतो. पानांत

श्वसनरंध्रे असतात त्यांत एकप्रकारचा ओलसरपणा असतो. ह्या ओलसरपणात हवेतील बाष्प मिश्रित कर्बवायू मोठ्या प्रमाणात विरघळला जातो. नंतर तो अन्नकर व सहाय्यक अन्नकर पेशीत शोषला जातो. तेथे कर्बग्रहण क्रिया संपन्न होते. जर हवेत इतर काही विषारी वायू अथवा इतर हानिकारक पदार्थ असतील तर ते सुद्धा त्या ओलसरपणात शोषले जाऊन पानाच्या जैविक कार्यात बाधा होऊ शकते. जसे, हैड्रोजन सल्फाईड, सल्फर डाय ऑक्साईड, क्लोरीन हे विषारी वायू अथवा औद्योगिक कृत्रिम धूळ हे शोषले जाऊ शकतात. असे झाले तर ती पाने निरुपयोगी होतात व वनस्पतीची गुदमर होऊन प्रसंगी ती मरून जाते. ह्यासाठी असे काही असणार नाही ह्याची दक्षता शेतकऱ्याला घ्यावी लागते. काही वनस्पतीच्या पानात निवडक शोषण करण्याची क्षमता असते तेथे फक्त कर्बवायू शोषला जातो, तसेच काही वनस्पतीच्या पानावर लंब असते, त्यामुळे कृत्रिम धूळ पानाच्या श्वसनरंध्रात शिरू शकत नाही. जर कर्बवायुचे प्रमाण 0.१ टक्के पेक्षा जास्त झाले तर आणखीन काही गोष्टी होण्याची शक्यता असते त्या अशा, कर्बवायू हवेपेक्षा जास्त जड असतो म्हणून, तो वातावरणातील सर्वात खालच्या थरात म्हणजे जमिनी लागत रहातो. तसे झाल्याने कर्बवायू मातीतील हवेत मोठ्या प्रमाणात मिसळतो. जमिनीतील हवेत असलेला प्राणवायू त्यामुळे बाहेर निघतो व ती हवा प्राणवायू विरहीत होते, मुळांचा कोंडमारा होतो. प्रकाश संश्लेषण व इतर अनेक जैविक क्रियांसाठी आवश्यक असलेली वितंचके जी मुळात बनतात त्यांना प्राणवायू आवश्यक असतो तो न मिळाल्याने त्या सर्व कामात बाधा येते. म्हणजे कर्बवायू जास्त होणे धोक्याचे असते. तरीसुद्धा त्याचे प्रमाण 0.0९ टक्के इतके राहिले तरी चालते. शेतात सुक्या पालापाचोड्याचे आच्छादन दिल्याने एवढ्या प्रमाणात शीत कर्बवायू पिकाला मिळून कर्बग्रहण क्रिया सुधारता येते. झाडाची पाने कर्बवायू सतत शोषत असल्यामुळे शेतातील कर्बवायू खाली राहू शकत नाही तो सतत उचलला जात रहातो.

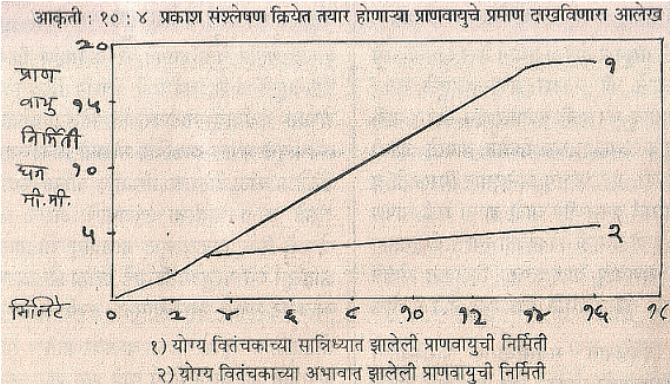
### प्राणवायू —

प्राणवायू प्रत्यक्ष कर्बग्रहण क्रियेत तयार होत असतो. तो तसांच परिकाष्ठ ऊतींतील वाहिन्याने झाडात इतर पेशींना त्यांच्या श्वसनासाठी पोहोचवला जातो. हरितद्रव्याच्या निर्मितीसाठी प्राणवायू लागतो. एकाच वेळी, प्रकाश संश्लेषण होतांना हरितद्रव्याची होणारी झीज व सूर्याच्या अदृश्य लहरीमुळे होणारे हरितद्रव्याचे विघटन असे दोनही भरून काढण्यासाठी प्राणवायू पानांत आवश्यक असतो. प्रयोगशाळेत जादा प्राणवायुच्या वातावरणात संशोधन करतांना असे आढळले किं, जास्त प्राणवायू असल्यास हरितद्रव्याचा नाश होत असतो. म्हणजे प्राणवायू जास्त अथवा कमी झाला तरी हरितद्रव्याचा नाश होत असतो. म्हणजे प्राणवायुचे प्रमाण संतुलित रहाणे हरितद्रव्यासाठी आवश्यक असते. वातावरणातील हे प्रमाण २१ टक्के असते. ते जर २५ टक्क्याहून जास्त झाले तर हरितद्रव्य नष्ट होऊ शकते. प्राणवायू हरितद्रव्याचा नाश करण्यासाठी सूर्यप्रकाशातील अतिनील किरणांची गरज असते. म्हणजे जर ते नसतील तर हा नाश होत नाही. त्यासाठी शेतात सूर्यप्रकाशातील हे किरण वनस्पतीवर थेट पडू नयेत ह्यासाठी व्यवस्था करून हरितद्रव्याचे नष्ट होणे टाळता येते हे लक्षात घ्यावे. त्यासर्व गोष्टींचा अभ्यास आपण नंतर करणार आहोत.

ह्याशिवाय आणखीन वेगळ्या रितीने प्राणवायुचा संबंध जो असतो त्याची थोडी माहिती करून घेऊ या. अन्नकरण क्रियेत पहिला टप्पा असतो व तो पहिल्या दालनात होत असतो, (आकृती १०:५ पहा) पाण्याचे विघटन सूर्यप्रकाशाच्या मदतीने करणे व ह्यात हरितद्रव्य सूर्यप्रकाशा कडून ऊर्जा मिळवून त्याच्या मदतीने, मुळांकडून प्रकाष्ठ ऊतीतून आलेल्या, पाण्याचे विघटन उदजन व प्राणवायूत करते. हा उदजन वायू विद्युत्भारित असतो म्हणजे विशेष उत्तेजित असतो. असा विशेष उत्तेजित उदजन वायू अन्नकर अथवा सहाय्यक अन्नकर पेशीतील दुसऱ्या दालनात नेला जातो. तेथे ओलसर थरात शोषलेल्या कर्बवायुशी त्याचा संयोग होतो, त्या नंतर कर्बग्रहणाच्या पुढील क्रिया पायरी पायरीने पूर्ण होतात. प्रकाश संश्लेषण क्रियेत जो प्राणवायू तयार होतो तो वनस्पती वातावरणात सोडून देते असा एक गैरसमज होता त्याचे कारण जुन्या काळात संशोधन अपुऱ्या साधन सामुग्रीने होत असे. त्यावेळी प्रयोग करतांना वनस्पतीचे पान वेगळे काढून त्याचा देठ पाण्याच्या पेल्यात बुडवला जात असे. तेथे प्राणवायुचे बुडबुडे पेल्यात दिसत ह्यावरून वर उल्लेख केलेला गैरसमज निर्माण झाला परंतु, जसे साधन सामुग्रीत सुधारणा झाली तसे समजले किं, तो प्राणवायू प्रत्यक्षात परिकाष्ठ ऊतीतील वाहिन्यातून वनस्पतीत इतरत्र नेला जात होता. देठ कापल्यामुळे तो बुडबुड्याने बाहेर आला एवढेच, म्हणजे तो प्रयोग चुकीच्या पद्धतीने होत होता. पद्धत चुकली किं, निष्कर्ष कसे चुकतात हे ह्यावरून समजते. परिकाष्ठ ऊतीतून

पाझरणाच्या अन्नरसात तो रेणूच्या अवस्थेत मिसळलेला असतो. एक प्रकारचे पयस तयार होते म्हणून बहुधा अन्नरस सफेद दिसतो. म्हणजे वनस्पती प्राणवायू वातावरणात अजिबात सोडत नाही हे लक्षात येईल. म्हणजे, बहुपेशीय वनस्पती वातावरण प्राणवायूने शुद्ध करतात हा प्रचार साफ खोटा आहे हे समजते. प्रसंगी, ती जमीन शुद्ध करते असे म्हंटले तर ते बरोबर होईल.

हे प्राणवायू बदलचे झाले साधरण विवेचन, ह्याहूनही इतर मुद्दे पहावे लागतील प्राणवायुच्या वागण्याचे ते असे, वनस्पती तिच्या आयुष्यात चार अवस्थात असते हे आपण पाहिले आहे. तेव्हा ह्या प्रत्येक अवस्थेत प्राणवायुचे वितरण वनस्पती कसे करते ते पहावे लागेल. ह्या चार अवस्था अशा, बीजरोपण अवस्था (रोपावस्था), बाल्यावस्था, तरुणावस्था व प्रौढावस्था आहेत. त्यातील बीजारोपण अवस्थेतील वनस्पती कर्बग्रहण करित नाही म्हणजे प्रकाश संश्लेषणसुद्धा करित नाही. म्हणून त्या अवस्थेत ती प्राणवायू निर्माण करित नाही. बाल्यावस्थेत वर्ध्निष्णूता परिपूर्णतेच्या अवस्थेत असते. वनस्पतीचा आकार लहान असतो, नवीन पेशींची निर्मिती जोराने होत असते, ह्या अवस्थेत काही वेळा प्राणवायू मोठ्या प्रमाणात ती बनवत असते. बहुधा त्याचे प्रमाण त्या रोपाच्या श्वसन गरजेपेक्षा जास्त असते. असे असेल तर तो प्राणवायू ती वनस्पती परिकाष्ठ ऊतींच्या माध्यमाने मुळाकडे पाठवते आणि तो तेथे जमिनीत सोडला जातो. म्हणजे त्या अवस्थेतील वनस्पती प्राणवायू देते असे म्हंटले तर ते वावगे ठरणार नाही. तरुणावस्थेत बहुधा कर्बग्रहणातून उत्पन्न होणारा प्राणवायु व श्वसनासाठी लागणारा प्राणवायू ह्यांचे संतुलन होते म्हणजे जास्त प्राणवायू मिळत नाही, म्हणजे ह्या अवस्थेतील वनस्पती प्राणवायू देत नाही. प्रौढावस्थेत कार्बन व प्राणवायू ह्यांचे संतुलन बिघडून वनस्पती वातावरणातून प्राणवायू घेऊ लागते. कर्बग्रहण क्रिया मंद झाल्याने अशा वनस्पती, श्वसन क्रियेतून तयार होणारा कर्बवायू वातावरणात सोडून वातावरणात कर्बवायुचे प्रमाण वाढवत असते म्हणजे अशा अवस्थेतील वनस्पती वातावरण प्रसंगी प्रदुषित करते असे म्हंटले तर ते चुकीचे ठरणार नाही. मोसमी पिकांच्या बाबत प्रौढावस्था फार कमी असते म्हणून ती वातावरण प्रदुषित करित नाहीत. त्यांची बाल्यावस्था जास्त असते तेव्हा त्या काळात वातावरणात (प्रथम जमिनीतील वातावरण व नंतर बाहेरील वातावरण) प्राणवायू देऊन काही प्रमाणात हवा शुद्ध करण्याचे काम होत असते. आकृती १०:४ पहा. वनस्पती वातावरण शुद्ध करते ते प्राणवायू देऊन नाही तर कर्बवायू वापरून हे लक्षात घेतले पाहिजे.



मोठी झाडे जर त्यांच्या छाटण्या वेळोवेळी होत असतील तर काही प्रमाणात हवा शुद्ध करण्याची शक्यता असते. एक ठोकताळा असा धरता येईल किं, वर्ध्निष्णूता असलेली वनस्पती हवा शुद्ध करते व जितकी वर्ध्निष्णूता कमी तितके शुद्ध करण्याची क्षमता कमी असते हे लक्षात घ्यावे.

असे दिसत असले तरी वातावरणात असलेला प्राणवायू वनस्पतीच्या माध्यमातूनच मिळतो मग ती कोणती वनस्पती व ती

कोणती परिस्थिती हे समजले पाहिजे. जर जमिनीवरील वनस्पतीची प्राणवायू सोडण्याची क्षमता कमी आहे मग हे काम कोणत्या वनस्पती करतात ते पहावे लागेल. बाल्यावस्थेतील व काही प्रमाणात तरुणावस्थेतील वनस्पती म्हणजे बऱ्यापैकी अतिवर्ध्निष्णूता असलेल्या वनस्पती प्राणवायू सोडतात हे निश्चित. अशा वनस्पती पाण्यात आढळतात व त्या एकपेशी ह्या वर्गातील असतात. त्यांना शेवाळ वर्गात धरलेले आहे. त्यांची वर्ध्निष्णूता तीव्र असते. त्यांची कर्बग्रहणाची क्षमता त्याप्रमाणे तीव्र असते. परंतु, श्वसनाची गरज कमी असते म्हणून त्या वनस्पती जास्त प्राणवायू निर्माण करतात. तो त्या पाण्यात जेथे त्यांच्या वस्त्या असतात तेथे सोडतात. प्रथम हा प्राणवायू पाण्यात विरघळलेल्या अवस्थेत असतो. ते समुद्रातील पाणी पुढे बाष्पीभवन होऊन उडून जाते तेव्हा त्याबरोबर त्यात असलेला प्राणवायू सुद्धा वातावरणात येतो. अशारितीने शेवाळ वनस्पती प्राणवायुचा सतत पुरवठा करित असते. इंग्रजीत शेवाळ वर्गी वनस्पतीला अलजी असे म्हणतात. त्यांत असंख्य प्रजाती व उपप्रजाती आहेत त्या सर्वच सदैव अतिवर्ध्निष्णू अवस्थेत रहात असल्यामुळे प्राणवायू वातावरणात मिळत असतो. ह्या शेवाळ



अनेक प्रकारचे प्रथिन आणि स्निग्धे तयार करीत असतात ते पुढे समुद्रातील माशांना खाद्य म्हणून उपयोगी येते. त्या एकपेशीय असल्यामुळे त्यांची शाकीय वाढ होत नाही तर त्यांचे विभाजन होऊन थेट पिढी वाढ होत असते. कायिक वाढ होतांना कर्बग्रहण जोराने होते व प्राणवायू मोठ्या प्रमाणात तयार होत असतो त्यामानाने श्वसनास कमी प्राणवायू लागतो अशारितीने हे होत असते.

गांवातील तसेच शहरातील सांडपाण्यावर मोठ्या प्रमाणात शेवाळ वाढते. ते दिसायला घाण असते परंतु, त्यातून प्राणवायू निघत असतो. वस्तुतः अशारितीने शेवाळ सांडपाण्यावर वाढणे निसर्गशास्त्रानुसार चांगले असते. हे शेवाळ त्या सांडपाण्याला शुद्ध करीत असते. अशी शेवाळ नष्ट न करता जर वेळोवेळी काढून सुकवली तर ते एक चांगले खत अथवा पशुखाद्य असते. अशा खतात प्रजैविके असतात म्हणून ती खते शेतात वापरली तर चांगले पीक येते. बऱ्याच वेळा त्यांतील केवळ नत्र अथवा स्फुरद विचारात घेतला जातो हे बरोबर नाही. वनस्पतींचे हे प्रकाश संश्लेषण पर्यावरणाच्या दृष्टीने किती महत्वाचे आहे हे लक्षात येईल.

### तापमान —

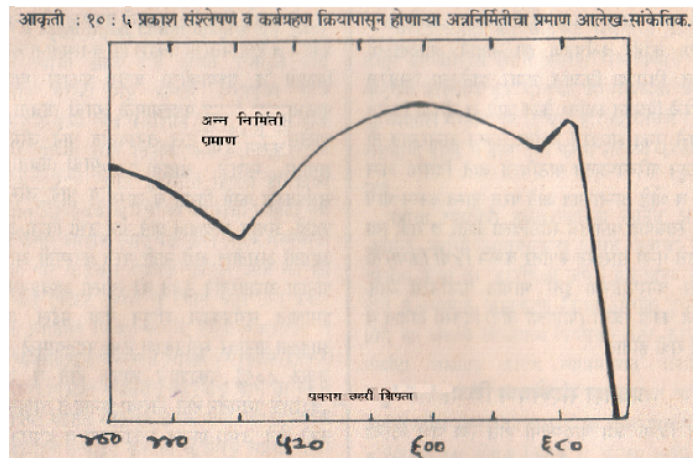
तापमान हि एक परिस्थिती आहे, पदार्थ नाही. कर्बग्रहण क्रियेत तापमानाचे महत्व फार असते. अन्नकरण क्रियेत १० अंश पासून ३५ अंश पर्यंत अशा मोठ्या तापमानाच्या क्षेत्रात व्यवस्थितपणे काम करता येते. त्यापेक्षा कमी अथवा जास्त झाले तर अन्न निर्मिती थांबण्याची मोठी शक्यता असते. तापमानाचा विचार करतांना कर्बग्रहण क्रियेत ज्या अनेक क्रिया होतात त्यांचा अभ्यास करावा लागतो. त्याची माहिती नंतर ह्याच धड्यात आपण पहाणार आहोत. आपल्या महाराष्ट्रातील पिकांची व झाडांची तापमान मर्यादा १० ते ४० अंश अशी आहे. "कार्बन ४" वर्गातील वनस्पती अधिक तापमानाला म्हणजे ३० ते ४५ अंश सुद्धा अन्नकरण करू शकतात. १० अंशाला कर्बग्रहण फार मंदपणे होत असते. पुढे तापमान २५ पर्यंत ते सुधारून कमाल अवस्थेत जाते. त्यापेक्षा जास्त तापमान झाले किं, पुन्हा अन्नकरण मंद होत जाते व शेवटी ४५ अंशाला हरितद्रव्य नष्ट होऊ लागल्यामुळे ती अन्नकरण क्रिया थांबते. एरवी हरितद्रव्याची निर्मिती सतत होत असते व नष्ट झालेला पुनः भरून काढला जातो परंतु, वाढत्या तापमानाला तसेच कमी तापमानाला ते होत नाही म्हणून कर्बग्रहण क्रिया तापमानावर विशेष प्रकारे अवलंबून असते असे दिसते. वाढत्या तापमानात पाने कार्यरत रहावीत असे असेल तर पालाशाच्या मात्रा देणे जरूरीचे असते. पालाशाच्यामुळे वाढत्या तापमानातसुद्धा हरितद्रव्य निर्मिती होत रहाते हे लक्षात घ्यावे. प्रकाशाची व तापमानाची तीव्रता ह्यांचा संयुक्त परिणाम अन्नकरण क्रियेवर होत असतो. पावसाळ्यात सूर्यप्रकाश जरी कमी असला तरी पालाशाचे प्रमाण व्यवस्थित असेल तर काम सुरळीतपणे होते.

### पाणी —

प्रकाश संश्लेषण क्रियेत पाण्याचे विघटन होऊन त्यातून उदजन वायू वेगळा करून तो हरितद्रव्याच्या रचनेत वापरला जातो. म्हणजे पाण्याचा प्रत्यक्ष वापर येथे होत असतो. ग्लुकोज ही साखर ह्या क्रियेत शेवटी बनते.

तिच्यासाठी सहा कर्बवायुचे रेणू व १२ पाण्याचे रेणू लागतात. त्यांतून प्रकाशाची ऊर्जा वापरून अन्नकर पेशीत हा ग्लुकोजचा एक रेणू व सहा रेणू प्राणवायुचे तयार होतात. म्हणजे १ कर्बवायू बरोबर २ पाण्याचे रेणू लागतात. त्याशिवाय हि सर्व क्रिया प्रवाही ठेवण्यासाठी आणखीन २० ते ४० पाण्याचे रेणू लागतात ते वेगळे. वातावरणाच्या, तापमानाच्या व इतर परिस्थितीनुसार हे जादा पाणी लागत असते.

अन्नकरण विधीला हरितद्रव्याची आवश्यकता असते व त्याची निर्मिती पानातच होत असते. हरितद्रव्य प्रकाशाचे शोषण करून त्यातून ऊर्जा देते



त्या प्रक्रियेत ते झीजत असते. म्हणजे प्रकाश तीव्र असो अथवा सामान्य असो हरितद्रव्याची झीज होतच असते. जास्त तापमानात व अतिनील किरणांच्या सानिध्यात ती झीज थोडी जास्त होते एवढेच. हे झीजणारे हरितद्रव्य नव्याने बनवण्यासाठी जे घटक आवश्यक असतात ते पाहू या. त्यात पेशीतील लवके महत्वाची भूमिका पार पाडतात. आपण आधी पाहिले आहे किं, ह्यात फिकट, हिरवी व रंगीत असे तीन प्रकार असतात. त्यातील फिकट लवक्यात तयार झालेली साखर पिष्टाच्या रूपात बदलून घेण्याचे काम होते. नंतर ते पानांत साठवून ठेवली जाते. हिरवी लवके हरितद्रव्याचे उत्पादन करतात व तेथेच त्यांचा वापर सुद्धा होत असतो. ह्या सर्व गोष्टी व्यवस्थित होण्यासाठी पाण्याचा वापर होत असतो. आकृती १०:५ व ६ पहा.

### पालाश —

फिकट लवक्यात पालाशयुक्त वितंचके कार्य करतात आणि ग्लुकोजचे रूपांतर पिष्टात करून ठेवतात. ह्या जीव-रसायनिक क्रियेत तो सहायकाची भूमिका पार पाडतो, त्यात प्रत्यक्ष भाग घेत नाही. म्हणून तो तसाच तेथे न झीजता बराच काळ कार्यरत रहात असतो.

### प्रकाश —

हरितद्रव्याच्या निर्मितीत प्रकाश आवश्यक असतो. वनस्पती अंधारात असेल तर तिच्या पानात हरितद्रव्य निर्माण होत नाही हे प्रयोगाने सिद्ध झाले आहे. तसेच जर प्रकाश तीव्र असेल तर हरितद्रव्य नष्ट होते हे सिद्ध झाले आहे. म्हणून वनस्पतीला तिच्या गरजे प्रमाणे प्रकाश मिळेल, न जास्त न कमी असे पहाणे चांगल्या शेतीसाठी जरूरीचे असते. सर्व वनस्पतींची प्रकाशाची गरज सारखी नसते. म्हणून त्याप्रमाणे ही व्यवस्था करावी लागते. सकाळी ८-३० ते ११-३० व २-३० ते ५-३० या काळातील प्रकाश बहुतेक सर्वच द्विदल पिकांसाठी सुयोग्य असतो. एकदल वनस्पतीला सर्व दिवस योग्य असतो.

### लोह, मॅग्नेशियम व मंगल (मॅग्नीज) —

पालाशाप्रमाणे ह्यांचा सुद्धा समवेश पोषकरसात असावा लागतो. हरितद्रव्य बनणे व पुढील कामे होण्यासाठी ह्यांची सुक्ष्म प्रमाणात आवश्यकता असते. ह्यांच्यातील मॅग्नेशियम हा धातू हरितद्रव्याच्या रचनेत सामील होतो. इतर दोघे पालाशा प्रमाणे सहायकाची भूमिका पार पाडतात. हे सर्व सुक्ष्म मात्राने देतात तसेच सेंद्रीय खतांतून त्यांचा पुरवठा व्यवस्थितपणे होत असतो.

### नत्र —

नत्राचा समावेश हरितद्रव्याच्या रचनेत असतो. म्हणून त्याची आवश्यकता असते. नत्राचा जादा पुरवठा झाला तर जरूरीपेक्षा जास्त हरितद्रव्य तयार होते त्यामुळे अन्नकरण क्रिया अधिक प्रमाणात होते ह्या अधिक प्रमाणात बनलेल्या ग्लुकोजचे पिष्टात रूपांतर करण्याच्या कामास पालाशाच्या उपलब्धते नुसार मर्यादा असल्यामुळे ती साखर वनस्पतीत अन्नरसाद्वारा तशीच इतरत्र उतरते व ती वनस्पती गोड होते. असे झाले किं, त्या वनस्पतीवर रस शोषक किडी, मावा, तुडतुडे अशा किटकांचा हल्ला होऊन ती वनस्पती रोगट होते. म्हणून नत्राच्या सुक्ष्म मात्रा करून व सावधगिरी बाळगून द्यावयाच्या असतात. जादा नत्राच्या पुरवठ्यामुळे जर असा रोगटपणा आला असेल तर त्यावर उपाय म्हणून किटकनाशकाच्या फवारण्या करणे हा उपाय नसतो. त्यामुळे परिस्थिती अधिकच बिघडत जाते. त्यावर उपाय असा असतो किं, प्रथम नत्राच्या पुरवठ्याचे नियोजन करावे म्हणजे परिस्थिती पाहून नत्राचा तण देणे हा उपाय आहे. नत्राच्या सुक्ष्म मात्रा दिल्या तर अशी वेळ येत नाही.

### स्फुरद —

प्रकाश संश्लेषण क्रियेत भाग घेणाऱ्या अतिमहत्वाच्या वितंचकात स्फुरद असतो. म्हणून त्याचे महत्त्व येथे अनन्यसाधारण असे असते. त्याचे शोषण प्रामुख्याने मुळांतून होते. सर्व शक्तीसंयुगांत हा असतो. म्हणून, वनस्पतीच्या एकंदर जैविकतेत त्याचे कार्य विशेष लक्षात घेण्यासारखे असते.

## कर्बोदके -

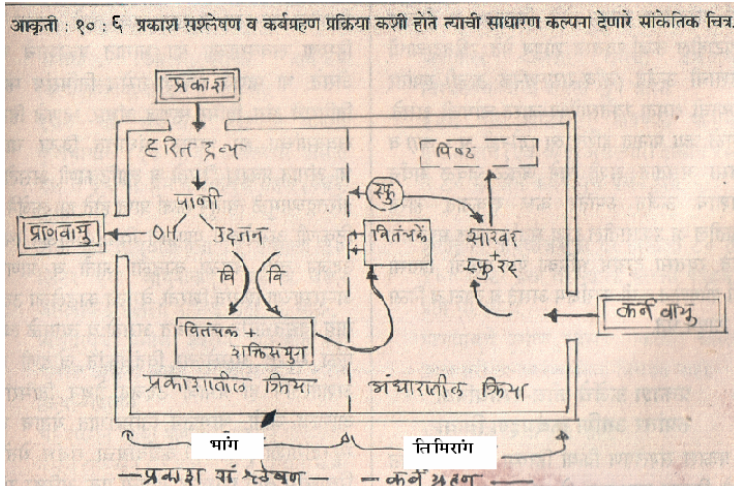
कर्बग्रहण क्रियेत हि बनतात. त्या क्रियेसाठी लागणारी ऊर्जा मिळविण्यासाठी ह्या कर्बोदकापैकी थोडा भाग वापरला जातो. त्यासाठी, कर्बग्रहण क्रियेने बनणारा ग्लुकोज थोडा पुनः पानातील अन्नरसात मिसळतो व अन्नकर आणि सहायक अन्नकर पेशीत शोषला जातो. त्याचे तेथे जैविक ज्वलन होऊन जी ऊर्जा मिळते त्याचा वापर करून हरितद्रव्याच्या निर्मितीची प्रक्रिया कार्यरत होते. जैविक ज्वलनात उष्णता उत्पन्न होत नाही.

अन्नकरण क्रिया ही अनेक जीव-रसायनिक क्रियांच्या एकत्र परिणामाने होते. त्यातील काही क्रिया प्रकाश संश्लेषण अशा नांवाने ओळखल्या जातात. दुसऱ्या काही कर्बग्रहण म्हणून ओळखल्या जातात. तिसऱ्या पायरीवरील क्रियांत ग्लुकोजचे पिष्टात रुपांतर होत असते. त्यानंतर चौथ्या क्रियेत ते पिष्ट पुन्हा साखरेत रुपांतर करून अन्नरसात ती मिसळून परिकाष्ठातून पाठविली जाते. दिवसा ह्या क्रिया होतात व अन्न बनते व थोडे अन्नरसात जाते परंतु, जास्त करून ते पिष्ट स्वरूपात पानातच साठवून ठेवले जाते. रात्री त्या साठविलेल्या पिष्टाचे पुन्हा साखरेत रुपांतर होऊन ती साखर वनस्पतीच्या इतरत्र भागांत पोहोचवली जात असते. म्हणजे पहिल्या तीन क्रिया दिवसाच्या म्हणजे प्रकाशाच्या काळातील असतात व चौथी क्रिया रात्रीची असते. ह्या सर्व क्रियांचा अभ्यास आपण तपशिलवारपणे पुढे पहाणार आहोत. एक गोष्ट येथे लक्षात घेतली पाहिजे ती अशी, परिकाष्ठातून अन्नरसात अविद्राव्य अवस्थेतील पिष्टाचे वहन होत नाही.

## प्रकाश संश्लेषण क्रिया -

ही गुंतागुंतीची प्रक्रिया येथे दिली आहे.

१) प्रकाशाचे शोषण - वनस्पतीच्या पानांवर सूर्यप्रकाश तिरपा पडणे चांगले असते. निसर्गतः एकदल वनस्पतीची पाने उभी असतात व दोनासिकी असतात. त्यामुळे सकाळच्या व दुपार नंतरच्या काळातील प्रकाश ह्या वनस्पतींना चांगला मिळतो. तसेच भर दुपारी सुद्धा सूर्याची किरणे त्या पानांवर तिरपी पडून प्रकाश शोषण उत्तमरित्या होत रहाते. अर्थात् ही पाने नेहमीच अगदी बरोबर उभीच असतील असे नसले तरी बहुतेक त्यांची रचना त्याप्रकारची असते म्हणून परिणाम साधारणपणे तेसेच मिळतात. सूर्यप्रकाश तिरपा पडत असल्यामुळे त्या प्रकाशातील ८० टक्के प्रकाश शोषला जातो व २० टक्के परावर्तित होऊन वातावरणात फेकला जात असतो. ह्या २० टक्क्यात बहुतेक अतिनील व उष्णता लहरी असतात. द्विदल वनस्पतीत पाने बहुधा आडवी असतात. ती एकनासिकी असतात, त्यांच्यावर सूर्याचा प्रकाश साधारणपणे उभा पडतो. सूर्यप्रकाश उभा पडत असल्यामुळे त्या प्रकाशातील ६० टक्के प्रकाश शोषला जातो व ४० टक्के परावर्तित होऊन वातावरणात फेकला जात असतो. ह्या ४० टक्क्यात बहुतेक अतिनील व उष्णता लहरी असतात. म्हणून एकदल वनस्पती नेहमीच द्विदल पेक्षा जास्त कार्यक्षम असतात. एकदल मध्ये हरितद्रव्याची निर्मिती अधिक व्हावी लागते त्यासाठी जास्त पालाश त्यांना पुरवावा लागतो.



आपण पाहिले आहे किं, प्रकाशाचे तीन वर्णपट असतात. त्यातील लाल व नीळ ह्या दोन वर्णपटातील ऊर्जा हरितद्रव्य शोषून घेते. पिवळ्या व निळ्या वर्णपटातील ऊर्जा रक्तसा शोषून घेते. हरितद्रव्याची प्रकाशाचे ऊर्जेत (जीव-रसायनिक ऊर्जा) रुपांतर करण्याची क्षमता रक्तसा पेक्षा जास्त चांगली असते. म्हणून ज्या पानांत हरितद्रव्य अ, आ आणि रक्तसा असे सर्व असतात ती पाने बहुतेक सर्वच



प्रकाशाचे ऊर्जेत रुपांतर करतात. अ प्रकारचे हरितद्रव्य सर्वात जास्त कार्यक्षम असते. पितसा सर्वात कमी कार्यक्षम असते.

२) **प्रकाश ऊर्जेचे जीव-रसायनिक रुपांतर आणि कर्बग्रहण क्रिया** – प्रकाश संश्लेषण हिरव्या लवक्यांत होत असते. हिरव्या लवक्यात (हे अति लहान कणासारखे असतात.) दोन भाग पडतात. एका भागाला **भांग** व दुसऱ्या भागाला **तिमिरांग** अशी नावे आहेत. इंग्रजीत भांगला **ग्राना** म्हणतात व तिमिरांगाला **स्ट्रोमा** असे म्हणतात. भांग म्हणजे वस्तुतः भा-अंग असे आहे, म्हणजे ज्या अंगात प्रकाशाचे काम होते. तिमिरांग म्हणजे तिमिर-अंग असे आहे. तिमिर म्हणजे अंधार म्हणून त्याचा अर्थ असे अंग ज्यात अंधारातील क्रिया होत असते. आकृती १०:६ पहा. भांगात प्रकाश शिरतो व त्याठिकाणी असलेल्या हरितद्रव्यामुळे त्यातून ऊर्जा प्राप्त होते. ह्या ऊर्जेने त्याठिकाणी असलेल्या पाण्याचे विघटन होऊन त्यातून उदजन वायू वेगळा काढला जातो व प्राणवायू त्यामुळे जो मिळतो तो अन्नरसात शिरतो. वेगळा काढलेला उदजन वायू विद्युतभारीत अवस्थेत असतो. त्याची एका स्फुरद असलेल्या वित्तचकाशी जोडणी होते. अशारितीने हा प्रभावी उदजन तेथून तिमिरांगात आणला जातो. भांगातून तिमिरांगात येताच एका स्फुरदांगाशी (फॉस्फेट) कर्बवायुचा संबंध येतो आणि **रिब्युलॉस बाय फॉस्फेट** नांवाचा एक अस्थिर संयुग तयार होतो. ह्या संयुगात कार्बनचे दोन अणू असतात म्हणून, त्याला **क२** संयुग असे थोडक्यात म्हणतात. कर्बवायूत एकच कर्ब अणू असतो म्हणून तो **क१** समजला जातो. अशारितीने **क१** पासून ह्या कर्बग्रहणाच्या क्रियेला प्रारंभ होत असतो. सुरुवातील **क२** तिमिरांगात बनतो. त्यानंतर उदजन व **क२** ह्यांच्यात संयोग होऊन **क३** बनतो, त्याचे रासायनिक नांव आहे **फॉस्फोग्लिसेरिक अम्ल** किंवा थोडक्यात **पि-जी-ए** असे समजतात. **क३** हे एक स्थिर संयुग आहे. अशा प्रकारे आणखीन काही गुंतागुंतीच्या क्रिया तिमिरांगात होऊन त्यामुळे **क४** हे संयुग बनते, त्याला **मॅलेट-आस्पराटीक** असे म्हणतात. त्यानंतर **क५** बनतो. त्याला **झायलॉज पेन्टा फॉस्फेट** म्हणतात. शेवटी **क५** पासून **ग्लुकोज** किंवा **हेक्सोज** ह्यांचा रेणू तयार होतो. वनस्पतीच्या स्वभावानुसार हे शेवटचे ठरत असते. अशारितीने कार्बन १-२-३-४-५-६ अशा पायऱ्याने, क्रमाने एक एक कार्बनचा अणू जोडला जाऊन शेवटी पहिली साखर बनत असते व कर्बग्रहण क्रिया पूर्ण होते. आपल्या अभ्यासाच्या दृष्टीने एवढी माहिती पुरेशी आहे. आणखीन जास्त खोलात जाऊन माहिती पाहिली तरी ती शेतकऱ्याच्या कामाच्या दृष्टीने उपयोगाची नाही म्हणून आपण अन्नकरण क्रियेच्या एवढ्या वरच थांबणार आहोत.

आता ह्या क्रियात काही वनस्पतीबाबत फरक असल्याचे दिसते त्यावरून वनस्पतीत **कार्बन३** व **कार्बन४** असे वनस्पतींचे दोन उपविभाग करावे लागतात. त्याची माहिती शेतकऱ्याला असणे जरूरीचे असते म्हणून ती पाहावाची आहे.

**कार्बन ३** वर्गातील वनस्पतीमध्ये कर्बवायू पासून साखर बनण्याच्या पायऱ्यात **क२** व **क३** ह्या दोन पायऱ्यांनंतर एकदम **क५** व **क६** ह्या पायऱ्या घेतल्या जातात व साखर बनते. म्हणजे **क४**, मॅलेट-आस्परेट ही पायरी घेतली जात नाही. म्हणून त्या वनस्पतींना **कार्बन३** वर्गातील वनस्पती असे समजले जाते. ह्या वर्गात सर्वात जास्त वनस्पती येतात. **कार्बन४** वर्गातील वनस्पतींमध्ये सर्व पायऱ्या घेतल्या जातात म्हणजे त्यात **क४**, मॅलेट-आस्परेट बनते. **कार्बन४** वर्गातील वनस्पती प्रामुख्याने उष्ण कटिबंधातील असतात. त्यांना भरपूर सूर्यप्रकाश लागतो. ऊर्जेच्या दृष्टीने पाहिले तर **कार्बन३** वर्गातील वनस्पती जास्त कार्यक्षम असल्याचे आढळून आलेले आहे. असे म्हणण्याचे कारण कमी तीव्रतेच्या प्रकाशात म्हणजे सावलीतसुद्धा त्या व्यवस्थितपणे कर्बग्रहण क्रिया करू शकतात. **कार्बन३** मधील भांग जास्त कार्यक्षम असते ते कमी प्रकाशात सुद्धा पाण्याचे विघटन करून उदजन पुरवत असते. ह्या दोन वर्गातील वनस्पतीतील फरक आता आपल्याला पहावयाचे आहेत. त्या साठी काही सजांचा परिचय प्रथम करून घ्यावा लागेल. त्या पाहू या.

### बन्ती फुट –

प्रकाशाची तीव्रता मोजण्यासाठी हे परिमाण वापरले जाते. १ ज्योत (मेणबन्तीची असते) १ फुट अंतरावर असेल तर प्रकाशाची जी तीव्रता असते त्याला **१ बन्ती फुट** असे म्हणतात. तुलनेत १०००ज्योती १ फुटावर असतील तर जो प्रकाश मिळतो १ फुटावर तो १००० बन्तीफुट असेल. इंग्रजीत त्याला **कॅंडल पॉवर** असे

म्हणतात. येथे हे व्यस्त गुणाकारचे मुल्य असते. म्हणजे प्रकाशाची तीव्रता मोजतांना १ फुट अंतर प्रमाण धरलेले असते. जर समजा १ ज्योत १००० फुटावर असेल तर जो प्रकाश मिळतो तो १/१००० बत्ती फुट असतो.

### भा-श्वसन —

**कार्बन३** वर्गातील वनस्पतीत ही क्रिया होत असते. त्यात **क२** बनविणारे वितंचक कर्बवायू बरोबर प्राणवायुशी सुद्धा संयोग करून **क३** संयुग (फॉस्फोग्लिसेरिक अम्ल) बनण्यास विरोध करते. त्या ऐवजी दुसरेच नको असलेले संयुग बनते. असे झाल्यास साखर बनण्याची क्रिया बिघडते. हे तेव्हाच होते जेव्हा सुरक्षित मर्यादेपेक्षा जास्त प्राणवायू असेल. अशी परिस्थिती तेव्हाच निर्माण होते जेव्हा पाण्याच्या विघटनाने तयार झालेला प्राणवायू अन्नरसात शोषला जात नाही, एरव्ही नाही. वातावरणाचे तापमान सुरक्षित मर्यादेपेक्षा जास्त झाले तर हे होऊ शकते. प्राणवायुचे अशारितीने चुकीचे शोषण (अन्नरसा ऐवजी इतरत्र) होणे ह्याला भा-श्वसन असे म्हणतात.

प्रमुख अन्न निर्मिती क्रिया म्हणजे प्रकाश संश्लेषण व कर्बग्रहण ह्यांचा संयुक्त परिणाम आपण पाहिला. बनलेली साखर परिकाष्ठ वाहिनींतून वनस्पतीत सर्वत्र वाहून नेली जाते. त्याचे गरजेनुसार पिष्ठात, प्रथिनात अथवा स्निग्धात रूपांतर होत असते. त्या क्रियांची माहिती आता पहावी लागेल.

### पिष्ठाची निर्मिती —

दोन ठिकाणी प्रामुख्याने पिष्ठाची निर्मिती होत असते. प्रथम कर्बग्रहण क्रियेत ग्लुकोज बनल्यावर त्याला साठविण्यासाठी अन्नकरण पेशीतील फिकट लवके, त्यांच्यातील पालाशयुक्त वितंचकांच्या मदतीने, ह्या नव्याने बनलेल्या ग्लुकोजचे पिष्ठात रूपांतर करून ठेवतात. तसेच **कार्बन४** वर्गातील वनस्पतीत तिमिरांगात पिष्ठ तयार होऊन साठा होत असतो. **कार्बन३** वर्गातील वनस्पतीची पाने साधारणपणे एका दिवसात १०० चौ.सें.मी. क्षेत्रफळात ०.२ ग्रॅम साखर म्हणजे हेक्टोज किंवा ग्लुकोज अशा रूपात तयार करू शकतात. त्याला साठवण्यासाठी पानात जागा नसते. त्यासाठी निसर्गाने हि पिष्ठ व इतर वेळा स्निग्ध बनवण्याची व्यवस्था केली आहे. ते कसे ते पहा, ३०० ते २००० ग्लुकोजचे रेणू मिळून एक पिष्ठाचा रेणू बनतो. त्यामुळे साखर साठविण्यास जेवढी जागा लागते त्यापेक्षा खूपच कमी जागा पिष्ठ साठविण्यास लागते हे स्पष्ट होते. पिष्ठाचे तसेच स्निग्धांचे अनेक प्रकार असल्याने त्या प्रमाणात ग्लुकोजचे कमी जास्त रेणू होतात. उदाहरणार्थ, भाताच्या पिष्ठात ग्लुकोजचे कमी रेणू लागतात व मक्याच्या पिष्ठास ग्लुकोजचे जास्त रेणू लागतात. ह्या पिष्ठ निर्मितीला **प्राथमिक पिष्ठ निर्मिती** म्हणतात. रात्री हे सर्व पिष्ठ स्फुरदाशी संयोग करून पुन्हा विद्राव्य होते व त्या अवस्थेत ते परिकाष्ठ ऊर्तीतून इतरत्र वाहून नेले जाते. वनस्पतीच्या जीवनक्रमात बऱ्याच वेळा पाने जास्त साखर तयार करतात. ती जास्तची साखरसुद्धा खोडांगे व मुळातील फिकट लवके पिष्ठात रूपांतरित करून खोडांगात व मुळांत साठवून ठेवतात. ह्या पिष्ठ निर्मितीस **दुसरी पिष्ठ निर्मिती** असे म्हणतात. पुढे जेव्हा वनस्पती फल निर्मिती करते तेव्हा हा साठी उपयोगी येतो. तसेच जर पोषकद्रव्यांचा ताण बसला तर हा साठा खपवून वनस्पती जगू शकते. तिची उपासमार होत नाही. म्हणून शेतकऱ्याच्या दृष्टीने ही दुसरी पिष्ठ निर्मिती महत्वाची असते. जी वनस्पती जास्त साठा करते व संजीवकांचा प्रभाव मिळाला तर ती वनस्पती चांगले फलोत्पादन देत असते.

**कार्बन४** वर्गातील वनस्पती **कार्बन३** पेक्षा दोन ते तीन पट जास्त साखर तयार करतात त्यामुळे त्यांच्यातील हि दुसरी पिष्ठ निर्मिती व्यवस्थितपणे होणे फार महत्वाचे असते. ह्या कामात स्फुरद प्रत्यक्ष भाग घेऊन मदत करतो. पालाश अप्रत्यक्षपणे सहाय्य करून भाग घेत असतो. आणि नत्र हरितद्रव्यात समाविष्ट असतो तसेच नंतर पिष्ठ निर्मितीस पालाश, स्फुरद ठिकठिकाणी उपयोगी येत असतात. म्हणून ह्या तीन द्रव्यांची खते, आधुनिक रासायनिक शेतीत, प्रमुख खते म्हणून शिफारस असते.

### प्रथिन निर्मिती —

वनस्पतीत प्रथिन निर्मिती दोन प्रकारात घेतली आहे. पहिल्या प्रकारातील प्रथिने सर्व पेशींत सारखी पसरलेली असतात व ती त्या पेशीच्या जैविक कार्यात भाग घेत असतात. ही प्रथिने वनस्पतीच्या जीवनासाठी उपयोगी असली तरी शेतकऱ्याच्या दृष्टीने महत्वाची ठरत नाहीत. दुसरी प्रथिन निर्मिती बी मध्ये होत असते. बी मधील प्रथिने अंकुराच्या वाढीसाठी आवश्यक असतात. ही प्रथिने शेतकऱ्याच्या दृष्टीने महत्वाची असतात. एक

गड्डा अशारितीने ती मिळविता येतात. सर्व कडधान्ये, बहुतेक तेलबिया तसेंच मका, गहू, सोयाबीन इत्यादी पिके ह्यात येतात, कारण त्यांत प्रथिने साठविलेली असतात. आपण ह्या दोनही प्रकाराने प्रथिने वनस्पतीत कशी बनतात, त्यासाठी कोणती परिस्थिती आवश्यक असते ह्यांची माहिती करून घेणार आहोत. पहिल्या प्रकारच्या प्रथिन निर्मितीस **पेशींची प्रथिन निर्मिती** असे म्हणतात व दुसऱ्या प्रकारच्या प्रथिन निर्मितीस **बीज प्रथिन निर्मिती** असे म्हणतात.

### पेशींची प्रथिन निर्मिती —

हे काम तीन पायऱ्याने होते.

१) जमिनीतून नत्रयुक्त खताचे मुळांतून शोषण व नायट्रेटचे नायट्राईट मध्ये रूपांतर व नंतर नायट्राईटचे अमोनिया मध्ये रूपांतर करणे. हीला अमोनिया पायरी असे म्हणतात.

२) अमोनिया वायू पासून अमिनो अम्ले बनवणे.

३) अमिनो अम्लांपासून प्रथिने बनवणे.

१) पहिल्या पायरीस **अमोनिया पायरी** असे म्हणतात. जमिनीतून सेंद्रीय अथवा रासायनिक खतांतून असलेल्या नायट्रेट घटकाचे केशमुळं अति सौम्य विद्रावाच्या रूपाने पाण्याबरोबर शोषण होते. मुळात असलेल्या वितंचकांमुळे त्या नायट्रेटचे प्रथम नायट्राईट मध्ये रूपांतर होते व पुढे अमोनिया मध्ये रूपांतर होत असते ह्याला **अमोनियाकरण** असे म्हणतात. ह्या कामास लागणारी ऊर्जा अन्नरसातील साखर (ग्लूकोज, हेक्टोज वगैरे) जैविक ज्वलनाने मिळविली जाते. त्यासाठी लागणारा प्राणवायू, मातीतील हवेतून अथवा सिंचनाच्या पाण्यात विरघळलेल्या अवस्थेतील, घेतला जातो. ह्यासाठी मातीतील हवा शुद्ध (प्राणवायू युक्त) असणे जरूरीचे असते. शेतीत वापसा व वातन कां आवश्यक असते ते ह्यावरून समजते. पावसाळ्यात पावसाच्या पाण्यात प्राणवायू विरघळलेला असतो म्हणून पावसाळ्यात पिकांची वाढ अधिक जोमदारपणे होत असते. ह्या विवेचनावरून हे स्पष्ट होते किं, नत्राचा पुरवठा नायट्रेटच्या स्वरूपात मुळांना होणे अमोनिया बनण्यासाठी आवश्यक असते. सेंद्रीय खतांतून अमोनिया थेट मिळू शकतो. तसा मिळाला तर नत्र शोषण अमोनियाच्या स्वरूपात होते व पुढील काम कमी झाल्यामुळे प्रथिनाची निर्मिती कमी ऊर्जेत होते. म्हणून प्राणिजन्य खते (कलेवर खते) प्रथिनयुक्त बियाण्यांच्या पिकासाठी (सर्व कडधान्ये, बहुतेक तेलबिया तसेंच मका, गहू, सोयाबीन इत्यादी) जास्त फायदेशीर ठरतात. मातीतील हवेतून प्राणवायू, नत्र खतातून असे सर्व व्यवस्थितपणे मिळाले तर हे व्यवस्थित होते एरवी अमोनिया न बनल्यामुळे प्रथिन निर्मिती न होऊन वनस्पतीच्या जैविक क्रिया बिघडतात. त्याच प्रमाणे जर नत्राचा पुरवठा जास्त झाला तरसुद्धा काही दोष उत्पन्न होत असतात. जास्त नत्राचे, नायट्रेट म्हणून अथवा अमोनिया म्हणून, मुळात शोषण होऊ शकते तसे झाले तर मुळांतील पेशींतील परिकलात व रिक्तसामध्ये नायट्रेटचे अथवा अमोनियाचे प्रमाण वाढल्याने पेशींचा सामु बिघडतो (अम्ल किंवा विम्ल होतो). ह्याला **अतिपोषणाचे दोष** असे म्हणतात. वनस्पतीत **कुपोषणाचे** व **अतिपोषणाचे** असे दोन प्रकारचे प्राकृतिक दोष उत्पन्न होत असतात त्यामुळे पिकाला रोग लागला आहे असे वाटते त्यासाठी ह्या दोनही गोष्टी टाळणे शेतकऱ्यास आवश्यक असते. त्यासाठी खतांच्या मात्रा सुक्ष्म करून घ्यावयाची शिफारस असते. आणखीन एक गोष्ट शेतकऱ्याने लक्षात घ्यावयाची असते ती ही किं, नत्राचे अथवा अमोनियाचे प्रथिनात रूपांतर करण्याचे काम एका विशिष्ट गतिनेच होत असते तो वेग त्या त्या वनस्पतीचा ठरलेला असतो. जर नत्राचा पुरवठा नेमक्या त्या वेगाने होत राहिला तर हे काम उत्तम प्रकारे होते व पीक चांगले होते. त्यासाठीसुद्धा सुक्ष्ममात्रा महत्वाच्या ठरतात. सेंद्रीय खतात प्राणिजन्य खते व रासायनिक खते नत्रासाठी वानस्पतीक सेंद्रीय (शेणखते, हिरवळीची खते इत्यादी) खतांपेक्षा जास्त योग्य कां असतात तेसुद्धा ह्या विवेचनामुळे स्पष्ट होते. अमोनिया पायरीत सर्व काही नीट झाले तर पुढच्या पायऱ्या सुद्धा बिघडतात. मुळांप्रमाणे पानांत सुद्धा अमोनियाकरण होते म्हणून खताच्या फवारण्या पानांवर केल्याने प्रथिन निर्मितीस मदत होते. अमोनियाकरणासाठी पानात काम करणारे वितंचक मुळापेक्षा वेगळे असतात. तेथे थेट अमोनियाची फवारणी झाली तर त्यामुळे फायदा होण्या ऐवजी नुकसान होते म्हणून प्राणिजन्य खताच्या सौम्य घोळाच्या फवारण्या पानावर पडतील असे करू नयेत.

मुळांतून नायट्रेटचे शोषण निवडक पारगम्यतेने होत असते. सेंद्रीय खतातील अमोनियाचे शोषण मात्र सरळ होते. त्यामुळे अशी सेंद्रीय खते जास्त प्रमाणात मातीत दिली असतील तर अमोनियाची बाधा होण्याचा धोका असतो. ह्याचे कारण असे असते किं, पाणी, उदजन वायू, अमोनिया, मिथेन वायू, मद्यार्क, खनिज तेले जसे घासलेट, केरोसीन, पेट्रोल, ह्यांचे मुळाकडून अनिर्बंधपणे शोषण होऊ शकते. त्याला वनस्पतीतील जैविक व्यवस्था आळा घालू शकत नाही.

बऱ्याच वेळा युरिया खताच्या भारी मात्रा दिल्याने मातीत अमोनिया वाढतो व वर उल्लेखिलेले दोष अनुभवात येतात. रासायनिक खतांतून नायट्रेटची भारी मात्रा दिल्याने असे झाल्याचे आढळत नाही कारण त्याचे शोषण निवडक पारगम्यतेने होत असते, म्हणजे जास्त नायट्रेट मातीत रहातो व वनस्पतीस प्रत्यक्ष बाधा होत नाही, परंतु, अशामुळे इतर प्रश्न उपस्थित होतात म्हणून त्यांच्यासुद्धा विनाकारण भारी मात्रा देऊ नये. शासन पुरस्कृत शेतीत भारी मात्रा देण्याचा आग्रह असतो म्हणून तसे करावयाचे असेल तर युरियापेक्षा नायट्रेटची खते घ्यावीत.

## २) दुसरी पायरी, अमिनो अम्ल पायरी -

वनस्पतीच्या रचनेत एकंदर वीस वेगवेगळी अमिनो अम्ले असतात. वनस्पतीत बनणारी सर्व प्रथिने ह्या वीस अमिनो अम्लांच्या विविध जोडण्यातून तयार होत असतात. अमिनो अम्लात कर्बोदकाप्रमाणे कार्बन, उदजन व प्राणवायू ही तीन मुलद्रव्ये व त्याशिवाय नत्र हे मुलद्रव्य असते. म्हणजे अमिनो अम्लात कार्बन, उदजन, प्राणवायू आणि नत्र अशी चार मुलद्रव्ये असतात. काही अमिनो अम्लात जी संजीवके, वितंचके आणि संप्रेरके असतात त्यांच्या रचनेत गंधक व स्फुरद हे सुद्धा असू शकतात.

अमोनियाचे प्राणवायुच्या संयोगाने **ग्लुटामिक अम्ल** होते. श्वसन क्रियेतील एका क्रियेमुळे हे **ग्लुटामिक अम्ल** तयार होत असते. त्यातून पहिले अमिनो अम्ल बनते त्याचे नांव **ग्लुटामिक** असून त्या क्रियेत वितंचकांची गरज असते. मुळांतील वर्ध्निष्णू पेशीत ही क्रिया होते. मुळात ही क्रिया होताना मुळांना श्वसनाची आवश्यकता असते. पानांत ही क्रिया करण्यासाठी लागणारी ऊर्जा प्रकाश संश्लेषणाने व प्राणवायुच्या मदतीने मिळते. ह्याचा अर्थ मुळांत ही क्रिया होतांना जमिनीतून घेतलेल्या नत्रापासून बनलेला अमोनिया, अन्नरसातील द्रव्य व प्राणवायू ह्यांचा वापर होतो. पानात ही क्रिया होताना हवेतील कर्बवायू, प्राणवायू, पोषकरसातून मुळाकडून आलेला अमोनिया किंवा बाहेरून फवारणीने जर नत्र खताच्या मात्रा दिल्या असतील तर त्यातील अमोनिया ह्यांचा वापर करून अमिनो अम्ल तयार होते. म्हणजे अमिनो अम्ले मुळात व पानात अशा दोनही ठिकाणी होत असतात. ह्या सर्व क्रिया जीव-रसायनिक आहेत म्हणजे जोवर वनस्पती जीवंत आहे तोवरच ह्या होऊ शकतात. ह्याचा अर्थ वनस्पतीची सजीवता हा आणखीन एक महत्वाचा घटक असतो. कोणत्याही अमिनो अम्लात नत्राचे वजनी प्रमाण २० टक्के असते. ह्यावरून नत्राचा प्रभाव अमिनो अम्लात किती असतो ते लक्षात येईल. ग्लुटामिक हे मध्यवर्ती अमिनो अम्ल आहे. त्याला इतर अमिनो अम्लांच्या **कार्बोक्षिल** व **अमिनो** अशा दोन अंगाच्या संयोगाने निरनिराळी इतर अमिनो अम्ले तयार होतात. म्हणजे अमिनो अम्ले कार्बोक्षिल व अमिनो अशा दोन अंगाने बनलेली असतात. आपल्या अभ्यासासाठी दुसऱ्या पायरीची एवढी माहिती पुरेशी आहे.

वितंचकी जीव-रसायनिक क्रियेमुळे अमिनो अम्ल बनविणे शक्य होते. विशेष म्हणजे अमोनियाचे वितंचकी पचन करण्याची व्यवस्था फक्त वनस्पतीतील विविध सक्रिय पेशीत असते. म्हणून केवळ वनस्पतीच अमिनो अम्ले बनवू शकतात. पशुपक्षी व मासे असे अमिनो अम्ल बनवू शकत नाहीत. त्यांना त्यांच्या गरजेची अमिनो अम्ले आहारातून वनस्पती अथवा इतर प्राणीजन्य पदार्थांचे सेवन करून मिळवावी लागतात. रवंथन करणारी काही जनावरे जसे गाय ह्यांच्या पहिल्या उदरात सुक्ष्म वनस्पती असतात. त्या तेथे त्यांच्या जीव-रसायनिक क्रियाने अमिनो अम्ले बनवतात. त्यामुळे असे प्रथम दर्शनी वाटते किं, ही जनावरे अमिनो अम्ले बनवू शकतात परंतु, तसे नसते.

## ३) तिसरी पायरी - प्रथिन निर्मितीची तयारी

ह्या तिसऱ्या व शेवटच्या पायरीत अमिनोअम्लांचे संयोग होतात व विविध प्रकारची प्रथिने तयार होतात. पेशीतील रिबोसोम नांवाचे कण, आरेने, डिएने आणि प्राकल आपण पहिल्या धड्यात पाहिले आहेत. प्राकलात (पेशीचा मेंदू) डिनेए नांवाचा घटक असतो. ह्या डिनेएला पेशींचा बुद्धि म्हणतात कारण त्यात कोणते प्रथिन पाहिजे ते ठरविण्याची व ते बनवण्याचे आदेश देण्याची व्यवस्था असते. जेव्हा गरज निर्माण होते तेव्हा पोषकरस

व अन्नरस ह्यांतून येणाऱ्या विविध अमिनोअम्लांचा संयोग रीबोसोमच्या माध्यमाने आरेने करतात. येथे असे काम होते किं, जणू काय, रीबोसोम प्रथिने बनवण्याचे यंत्र आहे तर डिएने सुपरवायझर आणि आरेने विविध कामे (संदेशवहन, हमाली, जोडणी अशी कामे) करणारे कामगार असावेत आणि पेशीतील सर्वच भाग जसे, ऊर्जांगे, परिथरातील शिरा, लवके, प्राकल हे त्या कारखान्यातील जणू काय विविध खाती आहेत. येथे नवीन प्रथिने बनण्या बरोबर जुनी प्रथिने जी नकोत ती तोडून त्यातील अमिनो अम्ले वापरून पुन्हा नवीन दुरुस्ती केलेली प्रथिने बनवणे असे काम सुद्धा होत असते. पेशीच्या जैविक कार्यास आवश्यक ती प्रथिने तसेच कायिक व शाकीय वाढीसाठी लागणारी प्रथिने ज्यात वित्तचके व संजीवके सुद्धा येतात ती सर्व येथे बनत असतात. जणू काय पेशी हा एक कारखाना आहे असे वाटावे.

पुष्कळ वेळा प्रथिनांचे एकाभागाकडून दुसऱ्या भागात वहन करावे लागते त्यासाठी प्रथिनाचे विघटन करावे लागते कारण, प्रथिने पाण्यास विरघळत नाहीत. त्यांचे विघटन अमिनो अम्लात होते जी पाण्यात विरघळतात. प्रथिने बनतांना ज्या जीव-रसायनिक क्रिया होतात त्यांचा क्रम साधारणपणे असा असतो, अमिनोअम्ल – पॉलिपेप्टाईड – पेप्टोन – प्रथिन. विघटन होतांना ती क्रिया उलटी होते व अमिनो अम्ल बनते. ती दुसऱ्या पेशीत गेल्यावर तेथे वर दिल्याप्रमाणे पुन्हा जोडणी दिलेल्या क्रमाने होते असे सतत होत असते. ही महिती झाली पेशीची प्रथिन निर्मिती बाबतची.

दुसरी निर्मिती बियांत होत असते त्याची माहिती पाहूया. तत्त्वतः प्रथिनांची निर्मिती प्राकलातील डिएनेच्या मार्गदर्शनाखाली होत असते. तसे पाहिले तर सर्वच जैविक क्रिया डिएनेच्याच मार्गदर्शनाखाली होत असतात. त्यात प्रथिन बनण्यात आरेने ह्या घटकाचे विशेष सहाय्य होत असते. परंतु, ह्या ठिकाणी, बीजांतील प्रथिनाच्या बनण्यात जी वित्तचके काम करतात ती बिजांकूरातील विविध भागांची प्रथिने वेगवेगळी बनवतात. सर्व बियांत प्रथिनांचे त्यामुळे भरपूर प्रमाण असते. प्रत्यक्ष बिजांकूराच्या भागाचे प्रथिन (बीज प्रथिने) तयार झाल्यावर सहाय्यक अशी प्रथिने बीजांच्या प्राथमिक वाढीस नत्र, गंधक, स्फुरद आणि इतर खनिजे ह्यांचा पुरवठा करतात. म्हणजे ही सहाय्यक प्रथिने अन्नाचे (पोषणाचे) काम करतात. जसे अंड्यात पिवळा बलक पिलाच्या पहिल्या दिवसाचे पोषण करतो तसेच हे असते. बीजरोपणाच्या काळात बीज फक्त पाणी अथवा ओलावा बाहेरून घेते व ह्या सहाय्यक प्रथिनांच्या मदतीने बीज प्रथिने अंकूराची वाढ करतात. अशारितीने बीज प्रथिने व सहाय्यक प्रथिने असे दोघे मिळून बियांतील प्रथिने असतात. शेतकऱ्याला ही प्रथिने महत्त्वची असतात. धान्ये, कडधान्ये, तेलबिया अशा रूपाने ही प्रथिने शेतीमाल म्हणून उपलब्ध होतात.

### कार्बन३ व कार्बन४ ह्यांची तुलना दाखविणारा तक्ता

कार्बन३	कार्बन४
१) पहिले स्थिर कार्बन संयुग <b>फॉस्फोग्लिसेरिक अम्ल</b> हे <b>क३</b> चे असते.	१) पहिले स्थिर कार्बन संयुग <b>मॅलेट-आस्पराटीक</b> अम्ल हे <b>क४</b> चे असते.
२) भा-अंग व तिमिरांग अशी वेगळी ढालने हिरव्या लवक्यात असतात. भांगात साखर व तिमिरांगात पिष्ट बनते.	२) भा-अंग व तिमिरांग वेगळे नसतात. तेथेच साखर व पिष्ट बनते.
३) प्रकाश संश्लेषणची तापमानाची मर्यादा १० ते २५ अंश असते.	३) प्रकाश संश्लेषणची तापमानाची मर्यादा २० ते ४५ अंश असते.
४) कमाल प्रकाश तीव्रता १००० ते १२०० बन्ती फुट प्रकाश म्हणजे, सकाळचा ८-३० ते ११-३० व दुपारचे ३ ते ५ वाजण्याच्या काळातील प्रकाश. अतितीव्र प्रकाशात हरितद्रव्य नष्ट होते.	४) अतितीव्र सूर्यप्रकाश चालतो म्हणजे सर्व दिवस प्रकाश संश्लेषण होऊ शकते. हरितद्रव्याचे पुर्नभरण होते म्हणून ते नष्ट होण्याची भिती नसते.
५) पानातील ओलसर थराची कर्बवायू शोषण्याची क्षमता मर्यादीत.	५) पानातील ओलसर थराची कर्बवायू शोषण्याची क्षमता फार मोठी.
६) १०० चौ.सें.मी. क्षेत्रफळ पानाचे पृष्ठभागाची	६) १०० चौ.सें.मी. क्षेत्रफळ पानाचे पृष्ठभागाची क्षमता

क्षमता १५ ते ३५ मिलीग्रॅम कर्बवायू पचवणे.	४० ते ८५ मिलीग्रॅम कर्बवायू पचवणे.
७) शेतातील वायुवीजनाचा दर तासाला ३० लिटर हवा जमिनीकडून वर व वरून जमिनीकडे हलली पाहिजे.	७) शेतातील वायुवीजनाचा दर तासाला ८० ते १०० लिटर हवा जमिनीकडून वर व वरून जमिनीकडे हलली पाहिजे.
८) प्राणवायुचे प्रमाण श्वसन पोक्ळीत जास्त झाल्यास अन्नकरण क्रिया मंदावते.	८) प्राणवायुचे प्रमाण श्वसन पोक्ळीत जास्त झाल्यास काही फरक पडत नाही.
९) भा-श्वसन क्रिया प्राणवायू श्वसन पोक्ळीत जास्त झाल्यास सुरु होते व अन्नकरण क्रिया मंदावते.	९) भा-श्वसन क्रिया होत नाही.

### स्निग्धांची निर्मिती -

प्रथिनांप्रमाणे स्निग्धांच्या बनण्यात सुद्धा दोन प्रकार पडतात. पहिल्या प्रकारात स्निग्धे पेशीत बनतात व अन्न साठविण्याचे काम करतात. त्यासाठी साखरेचे (ग्लुकोज अथवा हेक्टोज) रूपांतर स्निग्धात केले जाते. आपण पाहिले आहे किं, कर्बोदकापेक्षा पिष्ट कमी जागा घेतात. तसेच स्निग्धे पिष्टापेक्षा आणखीन कमी जागा घेतात म्हणजे, अन्न किमान जागेत साठवण्यासाठी स्निग्धे हि पिष्टापेक्षा जास्त सोयिस्कर असतात. निसर्ग स्निग्धांच्या स्वरूपात अन्न साठविण्याचे काम करीत असतो. ऊर्जेच्या दृष्टीने पाहिले तर ज्यात जास्त कार्बनचे अणू व कमी प्राणवायुचे अणू ते जास्त ऊर्जा उत्पन्न करतात हे महीत आहे. म्हणून ऊर्जा निर्मितीच्या दृष्टीने चढता क्रम असा दिसतो, प्रथिन, कर्बोदक, पिष्ट व अखरीस स्निग्ध. पेशीला अशा साठवलेल्या अन्नापासून ऊर्जा बनवून जीव-रसायनिक कामे करावयाची असतात.

दुसऱ्या प्रकारात बीजांमध्ये स्निग्धे असतात तो येतो. ही स्निग्धे सहाय्यक प्रथिनांप्रमाणे पोषण्याचे काम करण्यासाठी असतात. बहुतेक बियांत सहाय्यक प्रथिने, पिष्ट व स्निग्धे असे तिघेही असतात. जसे, गहू, भात, मका, ज्वारी, बाजरी व सर्व कडधान्ये ही आहेत. काही बिजात पिष्ट कमी पण प्रथिने व स्निग्धे जास्त असतात. जसे, एरंडी, सरकी, करडी, सुर्यफुल, राई वगरे आहेत. पहिल्या प्रकारातील स्निग्धांचे वहन पेशीबाहेर होत नाही, ते तेथेच वापरण्यासाठी असते. बी रुजण्यासाठी ज्या बियांना जास्त ऊर्जा लागते अशा सर्वांत स्निग्धांच्या रूपात ऊर्जा साठवलेली असते व कमी ऊर्जा लागते तेथे पिष्टाच्या रूपात साठवली जाते.

कर्बोदकापासून कधी पिष्ट तर कधी स्निग्धे तयार करण्याचे काम परिथरातील शिरांत होत असते. पेशीला जास्त ऊर्जा लागली तर ती ह्या स्निग्धांचे विघटन करून मिळविली जाते. त्या बरोबर आणखीन काही उपयुक्त द्रव्ये तयार केली जातात. अशारितीने पेशीतील जैविक व्यवहार होत असतात. स्निग्धांच्या निर्मितीत जी वितंचके काम करतात त्यात स्फुरद आवश्यक घटक असतो. म्हणून तेलबियांच्या खताच्या मात्रा ठरविताना स्फुरदाकडे दुर्लक्ष करून चालत नाही. स्निग्धे पाण्यात अविद्राव्य असल्यामुळे त्यांचे वहन होत नाही. ती तेथेच बियांच्या रुजण्याच्या कामात वापरली जातात.

वनस्पतीत जी स्निग्धे मिळतात ती तेल स्वरूपात असतात. ग्लिसरोल व मेदाम्ल ह्यांच्या संयोगाने ती बनतात. ग्लिसरोल व मेदाम्ले सुद्धा कर्बोदकांपासून बनत असतात. कर्बोदका प्रमाणे स्निग्धात सुद्धा कार्बन, उदजन व प्राणवायू हे घटक असतात. ह्यात बहुतेक प्रथिनेच व थोडी पिष्ट असू शकतात. बहुतेक तेलबियांत स्निग्ध प्रथिनात वास्तविक पद्धतीने म्हणजे, जसे कापसात पाणी धरून ठेवले जाते तसे, धरलेले असते. ती घाणीत रगडून त्यातून वेगळी करावी लागतात. जे उरते त्याला **तेलपेंड** असे म्हणतात. परंतु, काही तुरळक तेलबियामध्ये स्निग्ध अर्ध-रसायनिक बंधाने प्रथिनात धरून ठेवलेले असते जसे, सोयबीन, त्यामुळे घाणीत रगडून तेल मिळत नाही त्या ऐवजी हेक्सिन सारखे विद्रावक वापरावे लागतात.

### प्रश्नावली -

१. वनस्पतीत मुलभूत अन्न निर्मिती कोठे होते?
२. दुय्यम प्रकारातील अन्न प्रकार कोणते?
३. अन्नकरण क्रिया कशाला म्हणतात?

४. वनस्पतीला स्वयंपोषक जीव असे कां म्हणतात?
५. स्वयंपोषक व परापोषक असे दोन प्रकार सजीवात कोणत्या कारणाने बनतात?
६. स्वयंपोषक सजीव, निर्जीव मुलद्रव्यात जीव घालतात असे म्हणता येईल कां?
७. पांढरा प्रकाश कोणत्या सात वर्णपटांचा बनलेला आहे?
८. पांढरा प्रकाश मुलभूत तीन वर्णपटांचा बनलेला असतो तरी तो सात वर्णांचा बनला आहे असे कां दिसते?
९. आपल्याकडील पिकांसाठी अन्न निर्मितीसाठी कोणते वर्णपट उपयोगी असतात? ते कां?
१०. रक्तसा हे हरितद्रव्य पिवळ्या वर्णपटापासून उर्जा मिळवू शकते हे खरे आहे कां?
११. अतिनील व उष्णता लहरींचा वनस्पतीवर काय परिणाम होतो?
१२. प्रकाशाच्या तीव्रतेवरून दिवसाचे चार कालखंड पाडले आहेत ते कोणते ते सांगा.
१३. आपल्या वातावरणात कर्बवायुचे प्रमाण काय आहे व ते किती वाढवता येते?
१४. कर्बवायुचे सुरक्षित प्रमाण किती व ती मर्यादा ओलांडली तर कोणते दोष निर्माण होतात?
१५. कर्बवायुचे शोषण पानात कसे होते ते सांगा.
१६. प्रदुषण करणारे वायू कोणते व ते हवेत असले तर काय त्रास होतो वनस्पतीला?
१७. कर्बवायुचे प्रमाण ०.१ टक्क्या पेक्षा जास्त झाले तर कोणता धोका होतो?
१८. वनस्पतीच्या दृष्टीने कर्बवायुचे कमाल सुरक्षित प्रमाण कोणते?
१९. प्राणवायुचे प्रमाण सुरक्षित मर्यादे बाहेर गेले तर प्रकाश संश्लेषणात बिघाड कोणता होतो?
२०. प्रकाश संश्लेषणाने तयार होणारा प्राणवायू वनस्पती वातावरणात सोडते हा गैरसमज कां झाला?
२१. प्रकाश संश्लेषणाने मिळणारा प्राणवायू वनस्पती आपल्या श्वसनात वापरण्यासाठी कशारितीने घेते?
२२. वनस्पतीच्या जीवनक्रमात ती कोणत्या अवस्थेत जास्त प्राणवायू तयार करते व असे कां ते सांगा.
२३. वनस्पती जेव्हा जास्त प्राणवायू तयार करते तेव्हा ती कोठे सोडते? त्यामुळे जमीन शुद्ध होते कां?
२४. मोसमी पिके प्राणवायू वातावरणात सोडतात तर प्रौढ झालेली झाडे कर्बवायू सोडतात असे कां होते?
२५. मोठी वाढलेली झाडे वातावरण अशुद्ध करतात हे विधान बरोबर आहे कां?
२६. वातावरणात येणारा प्राणवायू कोणत्या वनस्पती देतात त्याची सविस्तर माहिती द्या.
२७. जगातील असलेल्या प्राणवायुचा प्रकाश संश्लेषणाशी असलेल्या अतुट संबंधाबद्दल लिहा.
२८. अन्नकरण क्रिया कोणत्या तापमानास चांगली होते?
२९. तापमान फार जास्त झाले म्हणजे हरितद्रव्य नष्ट होते, ते तापमान किती ते सांगा.
३०. वाढत्या तापमानाला कर्बग्रहण क्रिया मंद होते ते कां?
३१. अन्नकरण क्रियेवर परिकाष्ठ ऊर्तींचा कसा परिणाम होतो ते सांगा.
३२. प्रकाश संश्लेषण क्रियेशी मुळातून येणाऱ्या पाण्याचा काय संबंध असतो?
३३. कर्बग्रहण क्रियेत जी साखर बनते तिचे कर्बवायू व पाण्याशी काय गुणोत्तर असते ते सांगा.
३४. अन्नकरण क्रियेत प्रत्यक्ष वापरल्या जाणाऱ्या पाण्याशिवाय आणखीन जादा पाणी किती व कां लागते?
३५. प्रकाश संश्लेषण क्रियेमुळे हरितद्रव्याची झीज होत असते ती कशी भरून काढली जाते?
३६. पानात बनलेल्या साखरेचा साठा पिष्ट रूपात करण्याचे काम कोण करते?
३७. अन्नकरण क्रियेत पालाश ह्या खनिजाचे काय काम चालते?
३८. निरनिराळ्या वनस्पतींची प्रकाशाची गरज वेगवेगळी असते हे विधान खरे आहे कां?
३९. लोह, मॅग्नेशियम व मंगल ह्या खनिजांचा अन्नकरण क्रियेशी कसे संबंधित आहेत ते सांगा.
४०. अन्नकरण क्रियेशी नत्राचा संबंध काय ते सांगा.
४१. नत्राचा जास्त पुरवठा झाला तर कोणते विपरीत परिणाम होतात ते सांगा.
४२. नत्र व पालाश ह्यांचा पुरवठा संतुलित केला तर पिकावर पडणाऱ्या किटकांपासून त्याचे संरक्षण होते कां?



४३. प्रकाश संश्लेषण क्रियेत स्फुरद कां महत्वाचा ठरतो?
४४. पानाने तयार केलेली साखर अन्नकरणासाठी अंशतः वापरली जाते हे कसे ते सांगा.
४५. अन्नकरणासाठी चार क्रिया असतात त्यातील कोणत्या दिवसा होतात व कोणत्या रात्री होतात?
४६. पाने सूर्यप्रकाशाचे शोषण कसे करतात ते सांगा.
४७. हरितदव्याचे प्रकार कोणते ते सांगा.
४८. प्रकाश ऊर्जेने संपन्न होणाऱ्या जीव-रसायनिक क्रियेची माहिती द्या.
४९. भांग व तिमिरांग ह्यांची माहिती सांगा.
५०. प्रकाश संश्लेषण पेशीतील कोणत्या भागात होते?
५१. कर्बग्रहण क्रियेत साखर बनण्या आधी ज्या क्रिया होतात त्या समजावून सांगा.
५२. कार्बन३ व कार्बन४ ह्या दोन वर्गातील वनस्पतींच्या कर्बग्रहण क्रियेतील फरक काय ते सांगा.
५३. कार्बन३ व ४ ह्यांच्यातील इतर फरक क्रमवार सांगा.
५४. बत्ती फुट म्हणजे काय? त्याला इंग्रजीत काय म्हणतात?
५५. भा-श्वसन म्हणजे काय व ते कोणत्या परिस्थितीत होते? भा-श्वसन होणे चांगले का वाईट ते सांगा.
५६. वनस्पतीने तयार केलेल्या साखरेचे पिष्टात रुपांतर का करावे लागते?
५७. पिष्टाचे पुनः साखरेत रुपांतर का करावे लागते?
५८. पिष्ट दोन वेळा बनविण्याची गरज असते त्यातील पहिली पिष्ट व दुसरी पिष्ट निर्मिती ह्याची माहिती द्या.
५९. साखरे पासून होणारी पिष्ट ह्यात नत्र, स्फुरद व पालाश कोठे उपयोगी कसे पडतात ते सांगा.
६०. प्रथिन निर्मिती किती प्रकारची असते, त्या बदल माहिती द्या.
६१. पेशीत प्रथिने कशी बनतात, त्यात कोणते घटक कोणत्या स्वरूपात भाग घेतात ते सांगा.
६२. पेशीतील प्रथिन निर्मितीतील तीन पायऱ्या कोणत्या त्यांची सविस्तर माहिती द्या.
६३. प्रथिनाच्या निर्मितीतील अमोनिया पायरीत कोणते घटक व इतर गोष्टी आवश्यक असतात.
६४. अमोनियाचे जादा शोषण मुळांकडून झाले तर काय होते?
६५. युरियापेक्षा नायट्रेट खते कां जास्त चांगली ते सांगा.
६६. अमोनिया पासून अमिनो अम्ले कशी बनतात ते सांगा.
६७. कोठल्याही अमिनो अम्लाला कार्बोक्षिल व अमिनो असे दोन भाग असतात हे विधान योग्य आहे कां?
६८. वनस्पती अमोनियाचे वितंचकी पचन करून अमिनो अम्ले बनवतात तसे प्राण्यात कां होत नाही?
६९. रवंथ करणारे प्राणी निव्वळ शाकाहारावर जगू शकतात त्याचे कारण सांगा.
७०. अमिनो अम्ल पायऱ्यांची माहिती सांगा.
७१. अमोनिया पासून कोणते पहिले अमिनो अम्ल तयार होते त्याचे नांव सांगा.
७२. ग्लुटामिक हे अमिनो अम्ल बनण्याआधी कोणते अम्ल बनते ते सांगा. त्यासाठी प्राणवायू लागतो कां?
७३. अमिनो अम्लापासून पेशीत प्रथिने कशी बनतात ते सांगा.
७४. पेशीतील व्यवहारांची कारखान्यातील कामाशी कां तुलना केली आहे?
७५. अमिनो अम्लापासून प्रथिने बनण्यातील टप्पे कोणते ते सांगा.
७६. बियात आढळणाऱ्या दोन प्रकारच्या प्रथिनांची माहिती सांगा.
७७. शेतकऱ्याला शेतीपासून जी प्रथिने मिळतात ती सहाय्यक प्रथिने असतात असे कां?
७८. वनस्पतीत एकंदर किती प्रकारची अमिनो अम्ले असतात?
७९. पेशीत ऊर्जा कोणकोणत्या पदार्थांच्या रूपात साठविली जाते?
८०. जैविक ज्वलनात प्रथिने सर्वात कमी ऊर्जा देतात व स्निग्धे जास्त देतात असे कां?
८१. बी रुजण्यासाठी ज्या बियांना जास्त ऊर्जा लागते त्यात स्निग्धाच्या रूपात ती साठवलेली असते कां?

८२. प्रथिनाबरोबर स्निग्ध असलेल्या बियांची उदाहरणे सांगा.
८३. स्निग्धांच्या निर्मितीचे दोन प्रकार असतात ते कोणते?
८४. पेशीत तयार झालेले स्निग्ध त्या पेशीतच रहाते असे कां?
८५. कार्बोदकापासून प्रथिने व स्निग्ध ह्यांची निर्मिती पेशीच्या कोणत्या भागात होते?
८६. तेल बी पिकाच्या खताच्या मात्रा ठरवितांना नत्रा बरोबर स्फुरदाचा सुद्धा विचार कां करावा लागतो?
८७. वनस्पतीतील स्निग्ध घटक तेल स्वरूपात असतात, त्यांचे घटक कोणते ते सांगा.
८८. घाणीतून तेल काढल्यावर जो चोथा उरतो तो बहुतेक प्रथिनाचा असतो हे विधान बरोबर आहे कां?
८९. स्निग्धांच्या रचनेत कोणकोणती मुलतत्वे असतात?
९०. कार्बोदके व स्निग्ध ह्यांतील मुळ घटक तेच असले तरी स्निग्ध जास्त ऊर्जा देतात असे कां?
९१. प्रथिने कोणत्या दोन घटकांपासून बनतात? मुळ प्रथिन कोणते त्याचे नांव सांगा.
९२. शेतकरी भात पिकवतो म्हणजे पिष्टाचे उत्पादन करतो, कडधान्ये पिकवतो म्हणजे प्रथिनाचे उत्पादन करतो, तेलबियांचे पीक घेतो म्हणजे तेल व प्रथिने ह्यांचे उत्पादन करतो असे असते. ह्या विधानाची शास्त्रोक्तता स्पष्ट करा.

# धडा ११ वा

धडा अकरावा

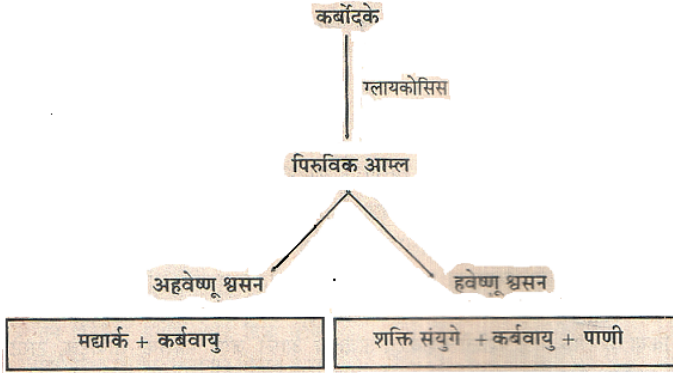
## वनस्पतीची श्वसन क्रिया

वनस्पतीत श्वसनाचे दोन प्रकार आढळून येतात. एक प्रकार वनस्पतीत तिच्या अनेक जीव-रसायनिक क्रियांसाठी असतो. दुसरा प्रकार बियांमध्ये विशेष करून आढळून येतो. पहिल्या प्रकारच्या श्वसनाला **हवेष्णू श्वसन** असे म्हणतात कारण, ती प्राणवायुच्या मदतीने होते व दुसऱ्या प्रकाराला **अहवेष्णू श्वसन** म्हणतात. अहवेष्णू श्वसन क्रिया प्राणवायू शिवाय होत असते, तिचा उद्देश बिया साठवणीच्या काळात जीवंत ठेवणे असा असतो हि एक नैसर्गिक व्यवस्था आहे. अहवेष्णू श्वसन पेशीत हवेष्णू श्वसनाआधी होत असते ते व बीमधील अहवेष्णू श्वसन ह्यात फरक असतो. म्हणजे अहवेष्णू श्वसनाचे दोन प्रकार असतात व श्वसनाचा मात्र एकच प्रकार असतो. ह्या धड्यात आपण ह्या सर्व प्रकारच्या श्वसन क्रियांचा अभ्यास करणार आहोत.

वनस्पतीतील श्वसन क्रिया म्हणजे अशी क्रिया किं, जिच्यामुळे पेशीतील साखरेचे ऊर्जेत रूपांतर होते व कर्बवायू सोडला जातो. कर्बवायुचे उत्सर्जन न होता जर ऊर्जा निर्मिती झाली तर त्या क्रियेला श्वसन मानले जात नाही. वनस्पतीत शाकीय व कायिक वाढ होत असतांना अशा प्रकारे ऊर्जा उत्पन्न होत असते. वनस्पतीत हवेष्णू श्वसन हे प्रमुख श्वसन असते. कारण, वनस्पतीच्या सर्व जैविक क्रिया त्यामुळे संपन्न होतात. पेशीतील अहवेष्णू श्वसन जीवरासाची क्रिया प्राणवायुच्या गैरहजेरीत चालू रहावी म्हणून असते. परंतु, जर वेळीच प्राणवायुचा पुरवठा नाही सुरु झाला तर त्याच अहवेष्णू श्वसनाने जीवरस मरून जातो. म्हणजे अहवेष्णू श्वसन ही एक तात्पुरती व्यवस्था असते. उदाहरणाने अहवेष्णू श्वसन समजून घेता येईल. बिया जर साठवून ठेवल्या असतील तर त्यांच्यात हे श्वसन होत असते. नंतर जर वेळीच ती बी पेरली गेली नाही व पुढची रुजण्याची क्रिया सुरु झाली नाही तर ते बी मरून जाते. हे संगणकातील विजेरी सारखे असते. जर संगणक बंद असेल तर त्यातील काही अत्यावश्यक क्रिया जसे, घड्याळ, चालू ठेवण्यासाठी ही छोटी विजेरी असते पण जर बराच काळ संगणक बंद राहिला तर ती विजेरी निकामी होते व संगणक नंतर चालू करणे शक्य होत नाही असे काहीसे हे होते. संगणकात नवीन विजेरी घालता येते तसे बियांबद्दल शक्य नसते म्हणून असे बराच काळ साठवून ठेवलेले बियाणे मरून जाते ते रुजत नाही. इतर अहवेष्णू श्वसनाची उदाहरणे पहावी लागतील. रसाळ फळे व रसाळ भाज्या ह्यांच्यात प्राणवायुचा पुरवठा थांबल्यास अहवेष्णू श्वसन सुरु होते. त्याकाळात ती फळे ताजी रहातात पण जर त्या त्यांच्या रोपा पासून वेगळ्या केलेल्या असतील तर हे फारकाळ चालू रहात नाही व ती मल्लू होतात आणि नंतर सुरकूतून शेवटी त्याच अहवेष्णू श्वसनामुळे मरून जातात म्हणजे त्यात आसव क्रिया सुरु होते, पुढे त्यातून सडण्याची क्रिया चालू होते. म्हणजे अहवेष्णू श्वसन ही एकापरीने सेंद्रीय पदार्थ नष्ट करण्याची एक प्रक्रिया असते. त्याला **निर्जीवीकरण क्रिया** असे म्हणतात. इंग्रजीत त्याला **कॅटाबॉलीझम** असे म्हणतात. **सजीवीकरण** क्रियेस इंग्रजीत **अॅनाबॉलीझम** असे म्हणतात. कोणत्याही सेंद्रीय पदार्थात ह्यांपैकी कोणती तरी एक क्रिया चालू असते जोवर त्यात पाण्याचा अंश आहे. जर सर्व पाणी त्यातून सुकवून टाकले तर मात्र ह्या दोनही क्रिया थांबतात व तो पदार्थ आहे त्या रसायनिक अवस्थेत स्थिर होतो. भाज्या, फळे कमी तापमानाला सुकवून ठेवून ते टिकवण्यासाठी असे केले जाते.

आता पेशीत काय होते ते पहावे लागेल. वनस्पतीत असलेल्या पेशींना जर, पाहिजे त्या प्रमाणात प्राणवायू नाही मिळाला तर हे अहवेष्णू श्वसन सुरु होते ती पेशी जीवंत ठेवण्यासाठी ही एक आणीबाणीची व्यवस्था

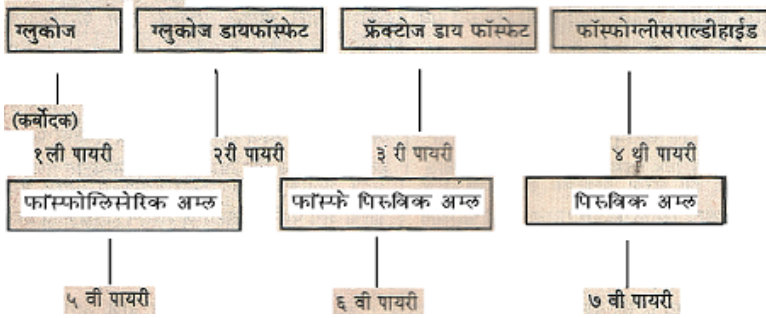
आकृती क्र. ११ : १ अहवेष्णू व हवेष्णू श्वसनांचे परस्पर संबंध दाखविणारा आलेख.  
शाखज फेफर व कोस्टीचोव्ह हांच्या कल्पनेने हा आलेख प्रथम तयार झाला.



आकृती क्र. ११ : २ ग्लायकोसिस ह्या जीव - रासायनिक क्रियेतील विविध पायऱ्या दाखविणारा आलेख.

असतात. जर ही क्रिया मद्यार्का पुरती मर्यादीत राहिली तर तिला **आसव क्रिया** असे म्हणतात. ती मद्य बनविण्यासाठी उपयोगाची असते. पण अहवेष्णू श्वसन तसेच अनियंत्रितपणे चालू राहिले तर इतर अम्ले बनू लागतात. एकदा हे होऊ लागले तर मात्र त्यानंतर जरी प्राणवायू मिळाला तरी पुनः हवेष्णू श्वसन सुरु होण्याची शक्यता नसते व ती पेशी आणि त्या बरोबर ती वनस्पती मरून जात असते. वनस्पतीत जर प्राणवायुचे अंतरवहन व चलन चलन नीटपणे होण्यात काही अडचणी आल्या तर हे अहवेष्णू श्वसन वनस्पतीतील आतील भाग जसे, पुष्टकार ऊती, परीचक्रातील ऊती व काही वेळा त्वक्षातील ऊती ह्यांत होत रहाते. एकदा ह्या अवस्थेत वनस्पती गेली किं, पुढे प्राणवायू मिळूनही त्या भागांचे पुनरुज्जीवन शक्य नसते. म्हणून असे मानले जाते किं, अहवेष्णू श्वसन हे वनस्पतीच्या निर्जीवीकरणाची सुरुवात असते. बियांत मात्र हे अहवेष्णू श्वसन तिला जगत ठेवण्यासाठी असते हा मोठा फरक ह्या दोन अहवेष्णू श्वसनात असतो. वरील विवेचना वरून एक गोष्ट लक्षात आली असेल किं, शेतकऱ्यांने काळजी घेतली पाहिजे म्हणजे असे अहवेष्णू श्वसन वनस्पतीच्या कोणत्याही भागात फारकाळ होणार नाही. निरोगी वनस्पतीत फक्त हवेष्णू श्वसन होत असते. रोगट वनस्पतीत अहवेष्णू श्वसन तिच्या बऱ्याच भागात सुरु झालेले असते. विषाणू बाधा, बुरशीजन्य बाधा अशामुळे प्राणवायुच्या अंतरवहनात अडचणी उत्पन्न होत असते त्यामुळे हे अहवेष्णू श्वसन त्या भागात सुरु होऊन पुढे जर योग्य दक्षता बाळगली नाही तर वनस्पती त्या रोगास बळी पडते. ह्याचा अर्थ निरोगी वनस्पतीत अहवेष्णू श्वसन होतच नाही असे नाही

आकृती क्र. ११ : २ ग्लायकोसिस ह्या जीव - रासायनिक क्रियेतील विविध पायऱ्या दाखविणारा आलेख.



परंतु, ते सुरक्षित मर्यादेत असते. अहवेष्णू श्वसन जर काही तास किंवा त्याहूनही जास्त काळ चालू राहिले तर ते घातक असते. असे लिहीण्याचे कारण ग्लुकोजचे जैविक ज्वलन होते ते दोन पायऱ्यात होत असते. त्यातील पहिली पायरी अहवेष्णू श्वसनाची असते व दुसरी पायरी हवेष्णू श्वसनाची असते. म्हणजे सर्व प्रकारचे जैविक ज्वलन अहवेष्णू श्वसनाने सुरु होते व हवेष्णू श्वसनाने पूर्ण होते. अहवेष्णू ज्वलन शेतकऱ्यांच्या हातात नसते. त्यासाठी काही गोष्टी त्याने करणे एवढ्यावरच शेतकऱ्याची मर्यादा असते. मध्यान्हस सूर्यप्रकाश तीव्र असतो त्यावेळी जरी प्रकाश संश्लेषण होत नसले तरी त्या तीव्र प्रकाशामुळे पानातील श्वसनरंध्रे पूर्ण उघडतात व चांगल्या प्रकारे श्वसन होऊन प्राणवायू वनस्पतीच्या सर्व आतील व बाहेरील भागांना मिळतो. म्हणजे अहवेष्णू श्वसन जास्त होऊ नये ह्यासाठी मध्यान्हीचा लखव सूर्यप्रकाश वनस्पतीला मिळेल असे पाहावे.

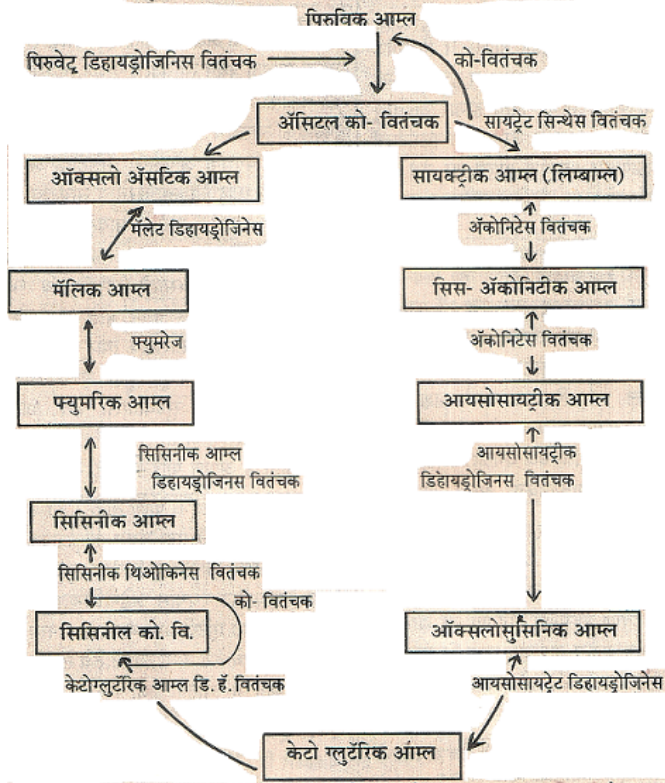
असते. हवेष्णू ज्वलनाने साखरेचे जैविक ज्वलन होते, त्यातून जीवशक्ती निर्माण होत असते कारण, असे ज्वलन वितंचकाच्या मदतीने होत असते. त्यातून व्यर्थ द्रव्याच्या स्वरूपात सेंद्रीय पाणी व कर्बवायू बाहेर पडत असतात. परंतु, जेव्हा अहवेष्णू श्वसन होते तेव्हा ते सुद्धा जरी वितंचकाच्या मदतीने होत असले तरी त्या पासून फार कमी ऊर्जा मिळते व पाण्या ऐवजी मद्यार्क तयार होत असतो. त्या शिवाय काही इतर पदार्थ जसे, मालिक अम्ल, सायट्रिक अम्ल, टारटरेरिक अम्ल व ऑक्सेलिक अम्ल असे तयार होत

असते. म्हणजे सर्व प्रकारचे जैविक ज्वलन अहवेष्णू श्वसनाने सुरु होते व हवेष्णू श्वसनाने पूर्ण होते. अहवेष्णू ज्वलन शेतकऱ्यांच्या हातात नसते. त्यासाठी काही गोष्टी त्याने करणे एवढ्यावरच शेतकऱ्याची मर्यादा असते. मध्यान्हस सूर्यप्रकाश तीव्र असतो त्यावेळी जरी प्रकाश संश्लेषण होत नसले तरी त्या तीव्र प्रकाशामुळे पानातील श्वसनरंध्रे पूर्ण उघडतात व चांगल्या प्रकारे श्वसन होऊन प्राणवायू वनस्पतीच्या सर्व आतील व बाहेरील भागांना मिळतो. म्हणजे अहवेष्णू श्वसन जास्त होऊ नये ह्यासाठी मध्यान्हीचा लखव सूर्यप्रकाश वनस्पतीला मिळेल असे पाहावे.

पेशीत ग्लुकोजचे जैविक ज्वलन ज्या पायऱ्याने होते त्या अशा, १) ग्लुकोज, २) ग्लुकोज फॉस्फेट, ३) फ्रॅक्टोज डाय फॉस्फेट, ४) फॉस्फो ग्लीसराईलड, ५) फॉस्फो ग्लिसेरिक अम्ल, ६) फॉस्फो पिरुविक अम्ल शेवटी ७) पिरुविक अम्ल अशा सात आहेत. आकृती २ पहा.

विशेष म्हणजे प्रत्येक पायरीची क्रिया करणारे वित्तचक वेगळे असते. त्यासाठी स्फुरदाची आवश्यकता असते. ह्या सातही क्रिया अहवेष्णू श्वसनाच्या असतात. त्यांना प्राणवायू लागत नाही. परंतु, कर्बवायू मात्र सोडला जातो. म्हणून त्याला श्वसन असे म्हणतात. ह्या सात क्रिया झाल्यानंतर मात्र पुढील क्रियांसाठी प्राणवायू लागतो. म्हणून त्या क्रिया हवेष्णू श्वसनात मोडतात. जर ह्या सात क्रिया पूर्ण झाल्यानंतर प्राणवायू मिळाला नाही तर पिरुविक अम्लाचे पुढे अहवेष्णू श्वसनाने ज्वलन चालू रहाते व पाण्या ऐवजी मद्यार्क तयार होते. पुढे मेदाम्लात, अमिनो अम्लात, सॅट्रिक, टारटेरिक, ऑक्सेलिक, लॅक्टिक अशा निरनिराळ्या अम्लात रूपांतर होऊन विकृतीस सुरुवात होते. वनस्पतीच्या निरोगी वाढीस पहिल्या सात क्रिया आवश्यक असतात त्यांना **ग्लायकोसिस** असे म्हणतात हे आपण आधी पाहिले आहे. आकृती १ पहा.

आकृती : ११ : ३ क्रेबची चक्राकार क्रिया त्यात भाग घेणाऱ्या वित्तचकांसह.



दोन क्रियातील जोडणारे बाण दोनही बाजूंना आहेत म्हणजे ह्या क्रिया उलटणाऱ्या आहेत. त्यामुळे क्रेबची चक्राकार क्रिया होताना अनेक सेंद्रिय क्रिया सतत होत रहातात.

नंतर **केटो ग्लुटॅरिक अम्ल** होते, पुढे **केटो ग्लुटॅरिक अम्ल**तून **सिसिनिक** त्यातून **प्युमारिक** त्यातून **मॅलिक** त्यातून पुन्हा **ऑक्सलो-ऑसिटिक अम्ल** तयार होते. सुरुवातील हेंच **ऑक्सलो-ऑसिटिक अम्ल** व **ऑक्सलो-ऑसिटिक को-वित्तचकाची** क्रिया झाली होती हे आपण पाहिले आहे. अशारितीने हि क्रिया एकातून एक व त्यातून एक अशी चक्राकार होत रहाते. त्यातून प्रत्येक वेळी कर्बवायू व पाणी बाहेर पडत असते. हे होत असतांना **अँडेनोसिन ट्राय फॉस्फेट** नांवाचे **शक्ती संयुग** बनत असते. ह्यात स्फुरद हे मुलतत्व असते. ह्याला शक्ती संयुग म्हणण्याचे कारण असे किं, ते वनस्पतीतील सर्व क्रियात जेथे जेथे ऊर्जा लागते तेथे तेथे हे वापरले जाते व त्यातून ऊर्जा मिळते. म्हणजे, ह्याचा अर्थ असा होतो किं, **हवेष्णू श्वसनाने प्रत्यक्ष ऊर्जा मिळत नाही तर ऊर्जा देणारे संयुग तयार होते.** त्याला थोडक्यात **एटिपी** असे म्हणतात. वरील दिलेल्या क्रेबच्या चक्राकार क्रियेमुळे एका ग्लुकोजच्या रेणू श्वसनाने ३८ एटिपीचे रेणू व ६ कर्बवायुचे रेणू मिळतात. अशारितीने हवेष्णू श्वसनाने प्रथम

प्राणवायू व्यवस्थित मिळाला तर कोणत्या क्रिया हवेष्णू श्वसनात घेतल्या जातात ते आता पाहूया. येथे ग्लुकोजचे पिरुविक अम्ल आधीच झालेले असते व त्यानंतर प्राणवायुच्या संयोगाने एक एक करून निरनिराळी संयुगे बनत असतात. प्रत्येक क्रियेला विशिष्ट वित्तचक आवश्यक असतो. ह्यां क्रियांत चक्राकारपणा दिसतो. म्हणून ह्या सर्व क्रियांना **क्रेबच्या चक्राकार क्रिया** असे म्हणतात. एका इंग्रज शास्त्रज्ञाने ह्यांची माहिती प्रथम शोधली म्हणून त्याचे नांव दिले आहे. त्या क्रिया अशा, पिरुविक अम्लाचे **ऑक्सलो-ऑसिटिक** होते. हे को-वित्तचक **ऑक्सलो-ऑसिटिक** अम्लाशी प्राणवायुच्या मदतीने क्रिया करते व **सायट्रीक अम्ल** (लिंबाम्ल) तयार होते. त्याचे **सिस-अंकोनिटीक** अम्लात त्यानंतर आयसो-सायट्रीक त्यानंतर **ऑक्सलो-ऑसिटिक** व

एटिपी तयार होते व नंतर हे एटिपी कर्बग्रहण क्रियेत आणि इतर जीव-रसायनिक क्रियेत ऊर्जा लागते तेथे वापरले जाते. पानातील अहवेष्णू श्वसनाने फक्त कर्बोदके (ग्लुकोज) तयार होतात व त्याचा वापर करून एटिपी हे शक्तीसंयुग तयार होत असते. क्रेबच्या चक्राकार क्रियेत एकंदर अकरा संयुगे एका पाठोपाठ एक अशी बनतात व पुनः अकराव्या ऑक्सल अॅसिटीक अम्लाशी क्रिया होऊन दुसरी चक्राकार फेरी सुरु होत असते. ही गुंतागुंतीची क्रिया बरीच क्लिष्ट आहे येथे ती शेतकऱ्यास समजण्यासाठी सोपी करून दिली आहे हे लक्षात घ्यावे. आकृती ३ व ४ पहा.

श्वसन क्रियेवर परिणाम करणाऱ्या घटकांची माहिती पाहू या.

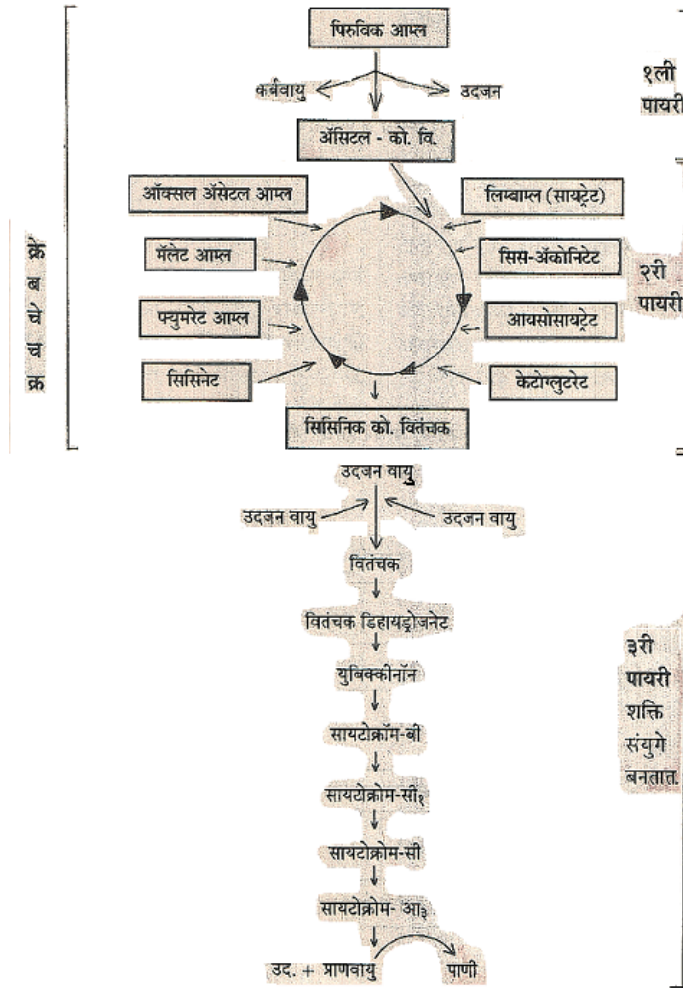
**प्राणवायू** — प्राणवायुची नितांत आवश्यकता असते. वातावरणात तो २१ टक्के असला तरी पेशीत तो

तितका नसतो. प्रयोगाने असे सिद्ध झाले आहे किं, ५ टक्के अथवा त्यापेक्षा कमी असेल तर हवेष्णू श्वसन थांबते. प्राणवायुचे प्रमाण वाढवले तरी ते एका मर्यादेपुढे वाढत नाही. पानातील प्राणवायुचे प्रमाण श्वसनरंध्रे किती उघडली आहेत त्यावर अवलंबून असते.

**तापमान** — तापमाना नुसार श्वसन कमी जास्त होत असते. शून्य तापमानाला ते पुर्णतया थांबते. कारण श्वसन क्रिया प्रवाही पाण्यामध्ये होत असते. शून्य तापमानाला पाणी गोठते व म्हणून ते थांबते. त्याचप्रमाणे ४० ते ४५ अंश तापमानाला जीवरासाचे विघटन होण्याची शक्यता निर्माण होते व श्वसन सुद्धा थांबते.

**प्रकाश** — प्रकाशाचा परिणाम होतो. पानाची श्वसनरंध्रे जास्त प्रकाशात जास्त उघडतात व जास्त प्राणवायू पानात शिरतो. तसेच प्रकाश संश्लेषणाने जो प्राणवायू तयार होतो तो मिळतो. त्या उलट अंधारात श्वसन मंदावते. कारण, श्वसनरंध्रे बंद झाल्या सारखी असतात व हवेतून प्राणवायू पानात शिरू शकत नाही. श्वसनरंध्रे कधीही पूर्णपणे बंद होत नसल्यामुळे थोडे श्वसन चालू रहाते. मोठ्या झाडांना खोडांगावर जी श्वसनांगे असतात त्यातून जो

आकृती ३ : ११ : ४ पिरुविक आम्लाचे प्राणितीकरण (ज्वलन) होत असताना शक्ति संयुगे तयार होतात ते दाखविणारा आलेख



प्राणवायू शिरतो त्यानुसार रात्रीसुद्धा श्वसन चालू रहाते. म्हणून असे आढळून येते किं, दिवसा मोठ्या प्रमाणात श्वसन क्रियेतून भरपूर एटिपी तयार होतात व त्यांचे अन्नरसातून इतरत्र वहन रात्री होते व वनस्पतीची ऊर्जेची गरज भागवली जाते. अशा व्यवस्थेमुळे रात्री जरी श्वसन पूर्णपणे थांबले तरी काही विशेष बिघडत नाही.

**पाणी** — वनस्पतीच्या सर्वच जीव-रसायनिक क्रियांत पाण्याचे स्थान अनन्यसाधारण असते. म्हणून त्याला श्वसन क्रिया अपवाद नसते. पेशीत यथायोग्य असे पाणी असते तेव्हा श्वसन क्रिया उत्तम चालते. ह्या ठिकाणी एक गोष्ट आपण लक्षात घेतली पाहिजे ती हि किं, वनस्पतीतील पेशी बाह्य वातावरणातून किंवा,



मुळांतून पोषकरसाद्वारा आलेले पाणी पारगम्यतेच्या व परासरण गुणानी युक्त अशा पेशीसालीतून शोषून घेत असतात. त्यासाठी पेशीमध्ये पाण्याचा विशिष्ट दाब निर्माण होईस्तोवर पाणी शोषले जात असते. तेवढा दाब किंवा त्याही पेक्षा थोडा जास्त दाब पेशीत निर्माण होईस्तोवर हे पाणी-शोषण सतत चालू असते. त्यामुळे पेशीत एक प्रकारचा ताठरपणा येतो. त्याच प्रमाणे वनस्पतीत होणाऱ्या सर्वच जीव-रसायनिक क्रियांना पेशीतील हा ताठरपणा आवश्यक असतो. ह्या ताठरपणामुळे वनस्पती ताजी तवानी दिसते. जर तो ताठरपणा नसेल म्हणजे पेशीत आवश्यक तेवढे पाणी नसेल, तर जीव-रसायनिक क्रिया पाहिजे तशा होत नाहीत. अपुऱ्या पाण्यामुळे बऱ्याचवेळा चुकीच्या क्रिया होतात व वनस्पतीत रोगटपणा उत्पन्न होऊ शकतो. म्हणजे वनस्पतीस किती पाणी द्यावयाचे ह्याचा ठोकताळा तिच्या ताजेतवाने दिसण्यावर आधारीत असतो. वनस्पती सतत ताजीतवानी व ताठर अशी दिसली पाहिजे. कोमेजलेली, मलूल पडलेली वनस्पती जर एरवी खते देत असले तर त्याचे शोषण करून त्यातून नको त्या पचन क्रिया करू लागते व त्यामुळे तिच्यात काही दोष उत्पन्न होण्याची मोठी शक्यता असते. ताजेतवानेपणाच्या निरीक्षणास काही अपवाद आहेत ते असे, भर दिवसा उन्हाच्या तापामुळे दिवसा वनस्पती मलूल होते. असे दिवसा मलूल होणे हे कमी पाण्याचे लक्षण मानले जात नाही. कारण अशी वनस्पती उन्हे उतरल्यानंतर पुन्हा टपोरी होतात व संध्याकाळी पुनः ताजीतवानी होतात. म्हणजे असे नेहमीच दिसत असेल किं, दिवसा मलूल व रात्री ताठर होत असतील तर त्याचा अर्थ तिला पाणी योग्य प्रमाणात मिळत नाही. तरीसुद्धा असे होणे ह्याचा अर्थ असा सुद्धा होतो किं, त्या वनस्पतीवर रोग पडू शकतो. कारण, दिवसा मलूल होते म्हणजे दिवसाच्या काळात पुरेसे पाणी तिला मिळत नाही. असे नेहमी होत असेल तर प्रकाश संश्लेषण व कर्बग्रहण नीट होत नाही, परिणामतः अहवेष्णू श्वसन वाढणे व त्याद्वारा इतर अनारोग्याची लक्षणे निर्माण होणे हे स्वाभाविक असते. जर सकाळी शेतात फेरफटका मारतांना सर्व पीक मलूल दिसत असेल तर त्याचा अर्थ पाणी कमी पडते आहे हे समजावे. पीक मलूल दिसणे हे एक धोक्याचे लक्षण समजावे. पीक कधीही मलूल होता कामा नये. बऱ्याच वेळा मातीतून सिंचनाने पुरेसे पाणी दिले जाते पण वातावरणाच्या कोरडेपणामुळे असे होत असते. हे टाळण्यासाठी दिवसा फवारा अथवा तुषार सिंचन करण्याची शिफारस असते. उन्हाचा ताप शेताला कमी लागावा ह्यासाठी शेतावर मांडव घालून हा प्रश्न सोडवता येतो. शेताभोवती पडदी उभारून हवेचे नियंत्रण करूनही हे साध्य होते. त्याची विशेष चर्चा आपण प्रकाशाच्या अनुकूलनात पहाणार आहोत.

**पेशीची सचेनता** - श्वसन क्रिया पेशीच्या वर्ध्णूतेच्या प्रमाणात कमी अथवा जास्त होत असते. अतिवर्ध्णू पेशीत फार जोरदार असते व सक्रिय पेशींची श्वसनक्रिया त्यापेक्षा मंद असते. शाकिय तसेंच कायिक वाढीस लागणारी ऊर्जा श्वसनातून उत्पन्न होणाऱ्या एटिपी ह्या शक्तीसंयुगांतून मिळत असते. ही एटिपीची संख्या जेवढी जास्त तेवढी वाढ जास्त असा एकंदर ठोकताळा असतो. म्हणून वर्ध्णू पेशीत व त्या अवस्थेतील पिकासाठी श्वसन क्रिया जोरदार चालणे अत्यावश्यक असते. ह्यालाच पेशीची व वनस्पतीची सचेनता असे म्हणतात.

**कर्बवायुची तीव्रता** - पेशीत श्वसन होतांना कर्बवायू निर्माण होत असतो. त्याचे योग्य वेळी व योग्य प्रमाणात पेशीतून उत्सर्जन होणे आवश्यक असते. जर काही कारणाने ते नीटपणे नाही झाले तर पेशीतील कर्बवायुची तीव्रता वाढते व परिणाम म्हणून श्वसन मंदावते. प्रसंगी पूर्णपणे थांबते. जमिनीचा वापसा बरोबर राखला नसेल तर मुळातील पेशीत कर्बवायू अडकून अशी तीव्रता वाढण्याची शक्यता असते. मुळांची वाढ थांबते. हे असेच फार काळ राहिले तर मुळांत दोष उत्पन्न होऊन मुळकूज सारखे रोग मातीत पाणी जरी योग्य असले तरी होऊ शकतात. एरवी मुळकूज हा रोग पाणबोदड जमिनीत वापसा बिघडल्यामुळे होत असतो.

**अन्नरसाचा पुरवठा** - श्वसन क्रियेत अन्नरसातून आलेली साखर खर्च होते हे आपण पाहिले आहे. त्या साखरेचा पुरवठा योग्य प्रमाणात सतत होणे अर्थातच आवश्यक असते. जर अन्नरसात ग्लुकोजचे प्रमाण बरोबर नसेल तर श्वसन क्रिया बिघडते. अन्नरसात कर्बोदके कमी असतील तर पेशीत साठवलेले पिष्ट सुरुवातीला पेशी खर्च करते, फिकट लवके पिष्टाचे रूपांतर साखरेत करून, काम चालू ठेवते. त्यात प्रथम पिष्टाचे साखरेत रूपांतर होते. त्यासाठी लागणारी वित्तंचके त्या पेशीतच तयार होत असतात हे आपण आधी पाहिले आहे. नंतर त्या साखरेचे जैविक ज्वलन होऊन एटिपी ही शक्तीसंयुगे तयार होतात. काही पेशीत पिष्टाच्या ठिकाणी अन्न स्निग्धाच्या रूपात साठवलेले असते तेथे त्याचे प्रथम पिष्टात व नंतर ग्लुकोज मध्ये रूपांतर वित्तंचकांच्या



सहायाने होत असते त्यानंतर तिचे पचन होऊन त्यापासून एटिपी संयुगे तयार केली जातात. स्निग्धांचे पचन करण्यासाठी काही पेशीत श्वसन क्रिया वापरली जाते, तर काही पेशीत सहाय्यक प्रथिनांचे पचन श्वसन क्रियेने होते. ह्या ठिकाणी पचन ह्या संज्ञेचा अर्थ असा आहे किं, पिष्ठांचे (कबोदके) प्राणवायुच्या मदतीने वितंचकांकडून एटिपी मध्ये रूपांतर करणे. वनस्पतीत पचन ही संज्ञा निरनिराळ्या संदर्भात निरनिराळ्या अर्थाने वापरावी लागते कारण, तेथे आपल्या पोटात जसे एकाच प्रकारचे पचन असते तसे वनस्पतीत नसते. पेशीत अन्नरसातील कबोदके अथवा साठवलेली कबोदके, स्निग्धे ह्यांचे एटिपी मध्ये रूपांतर करण्याला **पचन** म्हणतात व जेव्हा ह्या एटिपीचा उपयोग करून पेशीच्या इतर क्रिया होतात तेव्हा त्याला **विपचन** असे म्हणतात. पेशीतील जैविक ज्वलन व श्वसन हे सुद्धा पचनाचेच प्रकार असतात. प्राणीमात्रातील श्वसन हे पचनापेक्षा वेगळे असते तसे वनस्पतीत नसते. वनस्पतीत अशा अनेक प्रकारच्या पचन व विपचन क्रिया होत असतात.

वरील विवेचनावरून शक्तीसंयुगांचे महत्व लक्षात आले असेल. ह्यासाठी यांची माहिती आता आपण करून घेणार आहोत. वनस्पतीत अशी काही शक्तीसंयुगे असतात किं, त्यांच्याशी सर्व प्रकारच्या जीव-रसायनिक क्रिया निगडीत असतात. म्हणजे, ग्लुकोज पासून परस्पर किंवा प्रथिनातून तसेच स्निग्धांतून परस्पर ऊर्जा मिळत नाही. वस्तुस्थिती अशी असते किं, ह्या पदार्थांपासून प्राणवायुचा संयोग होऊन प्रथम हि शक्तीसंयुगे तयार होतात व ती परिकाष्ठातून सर्व पेशीत पोहोचवली जातात अथवा जशी परिस्थिती असेल त्याप्रमाणे तेथेच ही शक्तीसंयुगे जैविक रीत्या जाळून ऊर्जा मिळविली जाते. ह्या शक्तीसंयुगात रसायनिक ऊर्जा भरपूर प्रमाणात साठवलेली असते. ही सर्व स्फुरदांगे (फॉस्फेटस्) असतात. आजवर अशी पांच संयुगे ओळखण्यात आली आहेत. शक्तीसंयुगांच्या सर्व क्रिया निरनिराळ्या वितंचकांच्या सहाय्याने होत असतात.

**अॅडेनेसिन** ह्यात फारच कमी ऊर्जा असते. **अॅडीनिलिन अम्ल**, ह्यात एकच स्फुरदांग असते. **अॅडीनोसिन डाय फॉस्फेट** हे एक महत्वाचे शक्तीसंयुग आहे. त्यात दोन स्फुरदांगे असतात त्याला थोडक्यात **एडिपी** असे सांगतात. सर्वात महत्वाचा व ३ स्फुरदांगे असलेला **अॅडीनोसिन ट्राय फॉस्फेट** म्हणजेच **एटिपी** आहे. पांचवा व सर्वात जास्त ऊर्जा देण्याची क्षमता असलेला आहे, **अॅडीनोसिन पांच-मोनोफॉस्फेट**, ह्यात पांच फॉस्फेटस् असतात परंतु हा फारसा आढळत नाही. बहुतेक करून एडिपी व एटिपी हेच काम करतांना आढळतात. आता पर्यंतच्या विवेचनावरून एक गोष्ट लक्षात आली असेल ती ही किं, जीव शक्तीचा संबंध स्फुरद ह्या मुलभूत घटकाशी निगडीत असतो. स्फुरद हे जीवाचे मूळ आहे व प्राणवायू व इतर घटक त्याला मदत करून जीव शक्तीची प्रक्रिया पूर्ण करीत असतात. जर स्फुरद नसेल तर तेथे जीव शक्य होत नाही असा अनुभव आहे.

श्वसन क्रियेत शक्ती निर्माण करण्यासाठी साखर (ग्लुकोज वगैरे), प्रथिने व स्निग्ध पदार्थ ह्यांच्याशी प्राणवायुचा संयोग होऊन ही शक्तीसंयुगे बनतात त्यातील साखरेशी कसा संयोग होते ते आधी पाहिले आहे. आता प्रथिने व स्निग्धे ह्यांचे कसे होते ते पहावयाचे आहे. प्रथिनाचे उद्प्राणिली विघटन, म्हणजे **हायड्रोलाईज विघटन**, होते. प्रथिने आपण आधी पाहिले आहे किं, कार्बोक्षिल व अमिनो अशा दोन घटकांचा ग्लुटामिक नांवाच्या प्राथमिक प्रथिनाशी जोड होऊन बनत असतात. आता हा जोड मोडण्याचे काम काही वितंचकांच्या मदतीने होऊन कार्बोक्षिल व अमिनो वेगळे होतात. ह्या मोडण्याच्या क्रियेला **उद्प्राणिली विघटन** असे म्हणतात. त्या क्रियेत केटोग्लुटारिक अम्ल तयार होते. ह्या क्रियेला प्राणवायू लागतो. आपण आधी कबोदकासाठीची क्रेबची चक्राकार क्रिया पाहिली आहे त्यात चक्रकार क्रिया पिरुविक अम्ला पासून सुरु झाली होती. प्रथिनासाठी ती केटोग्लुटारिक अम्ला पासून सुरु होते. आता केटोग्लुटारिक अम्ला पासून एटिपी बनू लागतात. विशेष म्हणजे, प्रथिनातील प्राथमिक ग्लुटामिकचा उपयोग एटिपी बनण्यात होतो व इतर अमिनो अम्ले क्रेबच्या क्रियेतून निर्माण होणाऱ्या रसायनांमुळे प्रभावित होऊन इतर अनेक जीव-रसायनिक क्रियांना मदत मिळते. त्या सर्व विविध वितंचकांच्या मदतीने होत असतात. एकट्या श्वसन क्रियेत निरनिराळी ४० वितंचके कार्यरत असतात. मुख्य म्हणजे, ही सर्व वितंचके स्वतः प्रथिनेच असतात. प्रथिनाच्या श्वसन क्रियेत केवळ एटिपी बनतात असे नसते तर त्या बरोबर इतर बऱ्याच जैविक क्रिया होत राहून त्याद्वारा वनस्पतीची वाढ होते. कबोदकांच्या बाबत आपण पाहिले आहे किं, तेव्हा फक्त एटिपी बनतात. म्हणून एटिपी व तत्सम शक्तीसंयुगांच्या निर्मितीसाठी कबोदके जास्त महत्वाची असतात आणि प्रथिने त्या नंतर येतात. एका दगडात दोन पक्षी मारणे अशी म्हण आहे असे

काहीसे प्रथिनाच्या श्वसनात होत असते. प्रथिनाचे श्वसन व त्यातून कसे वनस्पतीच्या गरजेची व्यवस्था संपन्न होते ते पाहिले, आता स्निग्धाचे श्वसन कसे होते ते पहावयाचे आहे.

स्निग्धाचे पचन श्वसन क्रियेद्वारा होतांना स्निग्धाचे दोन घटक ग्लिसरोल व मेदाम्ल त्यांमध्ये वितंचकांच्या व पाण्याच्या मदतीने प्रथम विभाजन होते. त्यातील ग्लिसरोल वर एका वेळा दोन वितंचके क्रिया करू लागतात. त्याचा क्रम असा, ग्लिसरोल → ग्लिसरोल फॉस्फेट → डाय हायड्रोक्सि अॅसिटोन फॉस्फेट → फॉस्फोग्लिसराईड, असतो. आपण अहवेष्णू श्वसनात पाहिले आहे, ग्लुकोजचे फॉस्फोग्लिसराईड मध्ये रूपांतर होत असते व पुढे पिरुविक अम्ल बनते. तसेच येथे होते व पुन्हा क्रेबची चक्राकार क्रिया सुरु होते व एटिपी इत्यादी शक्तीसंयुगे बनत रहातात.

स्निग्धाच्या पचनात इतर काही गोष्टी होतात त्या पाहूया. मेदाम्लावरील क्रिया पेशीतील ऊर्जागाच्या बाह्य भागात सुरु होते, क्रिया होत असतांना क्रियाशिल द्रव्य ऊर्जागात झिरपून जाते. ह्या क्रिया थोडक्यात येथे देतो, मेदाम्ल व अॅसिटल को-वितंचक ह्यांच्यात संयोग होतो. येथे ऊर्जा निर्माण होत नाही. उलट वापरली जाते. त्यानंतर हे द्रव्य ऊर्जागात झिरपून आत जाते, तेथे होणाऱ्या क्रियांचा क्रम असा, अॅसिटल को-वितंचक → डिहायड्रोजनेज → इनोईल → को-वितंचक → हायड्रेज → हॅड्रोक्सी → असि → को-वि → डिहायड्रोजनेज थिओलेज. ह्या ठिकाणी जी विचित्र नांवे दिली आहेत ती निरनिराळ्या वितंचकांची आहेत. साधारणपणे वितंचकांच्या नावातून त्याच्या जीव-रसायनिक क्रियांचा संक्षिप्तपणे उल्लेख होत असतो, ही अशा संज्ञा लिहीण्याची पद्धत आहे. शेवटी सायट्रीक अम्ल बनते व तेथून पुन्हा क्रेबची चक्राकार क्रिया सुरु होते आणि ऊर्जा निर्मिती चालू रहाते. सर्वात जास्त एटिपी स्निग्धाच्या ज्वलनाने मिळतात. ह्या सर्व क्रिया येथे देण्याचा उद्देश पानात व इतर भागात किती गुंतागुंतीच्या क्रिया सतत होत असतात त्याची कल्पना यावी. ह्यापेक्षा जास्त महितीची शेतकऱ्याला गरज नाही. स्निग्धांतून ऊर्जा निर्माण करण्याचे काम वनस्पतीच्या कोणत्याही पंचांगात होत नाही. ते केवळ बियात त्या रुजतांना होत असते. तेलबियातील अंकूर वाढण्यास जास्त ऊर्जा लागते म्हणून त्यांत स्निग्धाच्या स्वरूपात ती साठवलेली असते. मनुष्य ते तेल आपल्या खाद्यासाठी व इतर औद्योगिक कामासाठी वापरतो म्हणून त्याची माहिती येथे दिली आहे.

## प्रश्नावली –

१. वनस्पतीतून जे श्वसन होते त्याचे दोन प्रकार आहेत ते कोणते?
२. अहवेष्णू श्वसन कसे होते व त्यातून कोणते पदार्थ मिळतात?
३. हवेष्णू श्वसनातून कोणते पदार्थ मिळतात?
४. अहवेष्णू श्वसनाला आणीबाणीची व्यवस्था असे कां समजले जाते?
५. अहवेष्णू श्वसन करण्याची वेळ पेशींवर येऊ नये अशी दक्षता बाळगावयाची असते असे कां म्हंटले आहे?
६. अहवेष्णू श्वसनात आणखीन दोन प्रकार असतात ते कोणते?
७. अहवेष्णू श्वसन सतत करावे लागले तर तशा परिस्थितीत ती पेशी कां मरून जाते ते सांगा.
८. हवेष्णू श्वसनात साखरेचे ज्वलन प्राणवायुच्या संयोगाने होते मग अहवेष्णू श्वसनात ते कसे होते?
९. वनस्पतीतील श्वसन क्रियेची व्याख्या सांगा.
१०. अहवेष्णू ज्वलनात साखरेचे विभाजन किती पायऱ्यात होते? त्या पायऱ्यात बनणारी रसायने कोणती?
११. अहवेष्णू ज्वलनात किती वितंचके वापरली जातात?
१२. अहवेष्णू ज्वलनाच्या सात पायऱ्या झाल्यानंतर सुद्धा प्राणवायू नाही मिळाला तर ज्वलन पुढे तसेच चालू रहाते त्यामुळे कोणती रसायने बनतात त्यांची नांवे सांगा.
१३. अहवेष्णू ज्वलनातील पहिल्या सात पायऱ्यांना काय संयुक्त नांव आहे.

१४. हवेष्णू श्वसनात ज्या जीव-रसायनिक क्रिया होतात त्यांचा शोध लावणाऱ्या शास्त्रज्ञाचे नांव सांगा.
१५. हवेष्णू श्वसनात ज्या जीव-रसायनिक क्रिया होतात त्यांना चक्राकार असे नांव कां दिले आहे?
१६. क्रेबच्या चक्राकार क्रियेत जी रसायने बनतात त्यांची नांवे सांगा.
१७. हवेष्णू श्वसनाने शक्तीसंयुग बनते ते कसे ते सांगा. त्यांना शक्तीसंयुग असे कां म्हणतात?
१८. शक्तीसंयुगांची नांवे सांगा. त्यातील कोणते शक्तीसंयुग जास्त जोरदार असते ते सांगा.
१९. पेशीतील प्राणवायुचे प्रमाण वातावरणातील प्राणवायू पेक्षा कमी असते हे खरे कां?
२०. पेशीत प्राणवायुचे किमान प्रमाण किती असावे लागते.
२१. प्राणवायुचे प्रमाण जास्त झाले तर श्वसन वाढते हे विधान खरे आहे कां? तिची सुरक्षित मर्यादा काय?
२२. तापमानाचा श्वसन क्रियेवर कोणता परिणाम होत असतो?
२३. श्वसनावर प्रकाशाचा काय परिणाम होतो?
२४. रात्री श्वसन क्रिया बंद झाली तरी पेशींना ऊर्जेचा पुरवठा कसा होतो ते सांगा.
२५. एटिपी कशाला म्हणतात?
२६. वनस्पतीत ताठरपणाचे महत्व काय?
२७. दिवसा पाण्याच्या अभावामुळे जर नेहमीच मलूलपणा वनस्पतीच्या पानांत येत असेल तर श्वसनावर व पर्यायाने शक्तीसंयुगांच्या निर्मितीवर काय परिणाम होतो?
२८. वनस्पतीला पुरेशा प्रमाणात पाण्याचा पुरवठा होतो आहे किं नाही ते समजण्याचा सोप ठोकताळा सांगा.
२९. श्वसन क्रियेचा वनस्पतीच्या वर्धिष्णूतेशी काय संबंध असतो ते सांगा.
३०. कर्बवायू पेशीत जर अडकून पडला तर त्याचा पेशीच्या श्वसन क्रियेवर काय परिणाम होतो ते सांगा.
३१. श्वसन क्रियेवर अन्नरसाच्या पुरवठ्याचा काय परिणाम होतो ते सांगा.
३२. अन्नरसाचा पुरवठा नीटपणे नाही झाला तर पेशीत साठवलेले पिष्ट, स्निग्ध तसेच सहाय्यक प्रथिने अशा रूपाने वापरले जाते ते कां?
३४. श्वसनाचा वापर करून कर्बोदके, प्रथिने व स्निग्ध ह्यांचे पचन होते म्हणजे काय होते ते सांगा. श्वसन व पचन ह्यांचे संबंध काय?
३५. श्वसन क्रियेत तयार होणाऱ्या शक्तीसंयुगांची माहिती द्या.
३६. एकंदर किती शक्तीसंयुगे आजवर समजली आहेत.
३७. प्रथिनाचे पचन श्वसन क्रियेत कसे होते ते सांगा.
३८. प्रथिनाच्या पचन क्रियेत प्रथम कोणते अम्ल तयार होते ते सांगा.
३९. प्रथिनाच्या श्वसन क्रियेत किती वितंचके गुंतलेली असतात?
४०. प्रथिनाच्या श्वसनातून एटिपी तयार होते त्या बरोबर इतर उपयुक्त सेंद्रीय रसायने निर्माण होतात ती कशी?
४१. स्निग्धाच्या पचन क्रियेत प्रथम स्निग्धाचे विभाजन होऊन कोणत्या दोन भागात ते जाते ते सांगा.
४२. स्निग्धाच्या पचनातून उद्भवणारी रसायने कोणती व त्यातील वितंचके किती ते सांगा.
४३. प्रत्यक्ष ऊर्जा निर्मिती आधी म्हणजे क्रेबच्या चक्राकार क्रिया सुरु होण्याआधी मेदाम्लाचा कोणकोणत्या वितंचकाशी संबंध येतो व तो पेशीतील कोणत्या भागात ते सांगा.

# धडा १२ वा

धडा बारावा

## वनस्पतीतील चय-अपचय क्रियांची माहिती

वनस्पतीत होणाऱ्या सर्व जीव-रसायनिक क्रियांचे स्थूलमानाने तीन भाग पडतात. जोडणी अथवा निर्मिती, तोडणी व दुरुस्ती (जोडतोडणी) अशा त्या असतात. पहिल्या भागात वातावरण व जमीन ह्यांतून काही असेंद्रीय द्रव्ये जशी, कर्बवायू, प्राणवायू, नत्र स्फुरद, पालाश, गंधक, पाणी वगैरे घेऊन वनस्पती त्यांचे वित्तचकांच्या मदतीने सेंद्रीय घटकांत रूपांतर करून घेते. अशारितीने तिचे शरीर बनत असते. म्हणजे वस्तुमात्रांचे संगठण केले जाते. त्यात सूर्यप्रकाशाची ऊर्जा रसायनिक बंधांच्या स्वरूपात साठविली जाते. ह्याला **चय क्रिया** किंवा **जोडणीची क्रिया** असे म्हणतात. ह्यात अनेक क्रियांचा समावेश होतो. प्रकाश संश्लेषण, कर्बग्रहण, नत्रापासून अमिनो अम्ल बनणे, अमिनो अम्लापासून प्रथिने बनणे, अन्नरसातून पेक्टोज, पेशीतंतू, काष्ठतंतू, काष्ठांग वगैरे बनणे, पेशीची कायिक व शाकीय वाढ अशा बऱ्याच गोष्टी येतात.

सजीवांच्या जीवनात जोडणी बरोबर तोडणीच्या म्हणजे **अपचय क्रिया** असणे आवश्यक असते. त्यात येणाऱ्या क्रियामध्ये श्वसन क्रिया, त्याद्वारा साखर, प्रथिने व स्निग्ध पदार्थांतून ऊर्जा देणारी शक्तीसंयुगे बनवणे, त्यासाठी ह्या पदार्थांची तोडणी प्राणवायुच्या संयोगाने होत असते. दुसऱ्या अपचय क्रियेत पेशींच्या विविध भागांचे नुतनीकरण (दुरुस्ती) येते. पेशींतून व्यर्थद्रव्ये अथवा मूत्र विसर्जित करणे, जुन्या पेशी रद्द करणे, जुन्या फांद्या, डाहळ्या, पाने टाकून देणे व त्यांच्याशी संबंधित असलेल्या सर्व क्रिया येतात. दुरुस्ती नंतरच्या व विसर्जनाच्या सर्व क्रिया तिसऱ्या भागात येतात. सर्व सजीवांचे जीवन ह्या चय (जोडणी, निर्मिती), अपचय (तोडणी) व दुरुस्ती क्रियांच्या सुयोग्य सांगडीनेच साध्य होत असते. जोडणी, तोडणी अथवा दुरुस्ती त्यातील एकच क्रिया असून चालत नाही. चयाला अपचयाची व दुरुस्तीची साथ लागते. तरुण वनस्पतीत म्हणजे नवीन वाढीच्या काळात चय क्रिया विशेष असते. प्रौढ अवस्थेत चय व अपचय समतोलत असावे लागतात. त्याचप्रमाणे दुरुस्तीच्या कामाची सुद्धा गरज सुरु होत असते. वनस्पतीच्या जीवनात ह्या तीन गोष्टींचे कार्य कमीजास्त अशा स्वरूपात सतत चालू असते. जसे वनस्पतीचे वयोमान होते तसे दुरुस्तीचे काम जास्त होत असते त्यात अंतरवहनाच्या अनेक क्रिया येतात. मोसमी पिकांच्या बाबत दुरुस्तीचे काम सहसा निघत नाही, परंतु, बहुवर्षीय वृक्षांच्या बाबत ते एक नित्याची बाब असते. पुढे वनस्पती दुरुस्तीच्या पलिकडे जाते व मरते. तसे पाहिले तर आपण ह्या तीन गोष्टी जीवनातील इतर बऱ्याच गोष्टीत अनुभवत असतो. त्यातील चय क्रिया आपण जास्त खोलात जाऊन पहावयाची आहे कारण, त्यावर शेतकऱ्याचे नियंत्रण असू शकते. अपचय क्रिया चय क्रियेला लागून असतात. इतर क्रिया त्याच्या अखत्यारित येत नाहीत म्हणून त्याचा फक्त येथे उल्लेख करून मी सोडत आहे.

वरील चयापचय क्रियांशिवाय आणखीन काही चयापचय क्रिया होत असतात त्यातील सर्वात महत्वाची क्रिया नत्राची असते. ह्या धड्यात आपण नत्राची चयापचय अभ्यासणार आहोत. नत्र हे एक महत्वाचे पोषकद्रव्य आहे. त्याचा व्यवहार वनस्पतीत कसा होत रहातो ते समजणे निसर्गशेती करणाऱ्यास माहित असणे जरूरीचे असते. नत्रा बदल अनेक समज गैरसमज आहेत त्यांचे निराकरण करण्यास त्यामुळे मदत होईल. नत्राच्या चयापचयात जमिनीतून नत्र मुळांनी शोषल्यापासून तो वनस्पतीत कोणते व्यवहार करतो व त्याचे परिणाम काय होतात ते पहावयाचे आहे. जमिनीत नत्र निरनिराळ्या स्वरूपात उपलब्ध असतो. त्यात नायट्रेट, नायट्राईट, अमोनिया व इतर सेंद्रीय नत्र असे ठोकळमानाने चार प्रकार आढळून येतात. आपल्याला माहित आहे किं, मुळाकडून शोषण निवडक पारगम्यतेच्या गुणाने होत असते. त्यात मुळांची निवड ह्या सर्व घटकांसाठी वेगवेगळी असते. त्यात

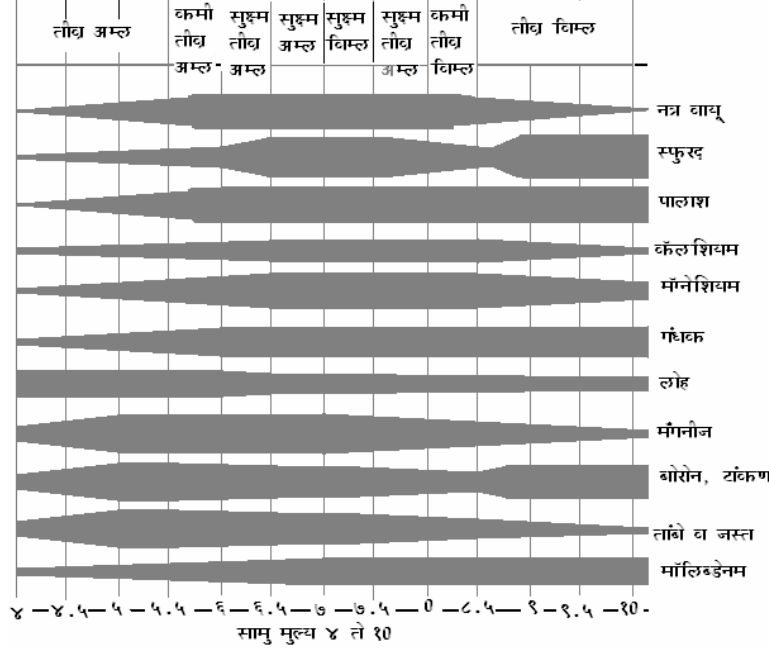
अमोनियाचे शोषण निवडक पारगम्यतेने नियंत्रित करता येणारे असते म्हणजे ते अमर्यादपणे होत असते. त्यानंतर नायट्रेटचा क्रम लागतो. नायट्रेट पेक्षा नायट्राईटचे शोषण अधिक सावकाशपणे होते. सेंद्रीय नत्राचे शोषण प्रत्यक्ष स्वरूपात होत नाही तर मातीतील जीवाणू प्रथम त्याचे पचन करून नायट्रेटच्या स्वरूपात नत्र उपलब्ध करतात व नंतर नायट्रेटच्या प्रमाणे ते होते. मुळांत व त्याच्यातील त्वक्षातील वर्धिष्णू व सक्रिय पेशीत त्या नत्राचे रूपांतर होत शेवटी अमिनो अम्ल होते. नायट्रेट किंवा नायट्राईट नत्राचे अमिनो अम्लात रूपांतर होण्यास थोडा अवधी लागतो. तो निरनिराळ्या वनस्पतींचा निरनिराळ्या परिस्थितीत भिन्न असतो. जर नत्राचे शोषण त्या वेगाने झाले तर ते सुयोग्य होते एरवी समजा कमी झाले तर वनस्पतीची उपासमार होते व जास्त झाले तर नत्र पेशीत साठून राहिल्याने पेशीत मादकपणा उत्पन्न होतो. अशी म्हणजे, जास्त शोषणाची परिस्थिती अमोनियाच्या शोषणामुळे होत असते. इतर प्रकारांचे शोषण निवडक पारगम्यतेमुळे सुरक्षित मर्यादा ओलांडत नाही. जमीन व खत ह्यांचे नियोजन करून हा दोष टाळता येतो. मादकता म्हणजे, पेशीचा सामु जो सातच्या आसपास असावा लागतो तो बदलतो, अशावेळी काही पेशी हा जास्त आलेला अमोनिया व्यर्थद्रव्याच्या स्वरूपात बाहेर टाकतात. तसे न झाल्यास मुळांत विकृती उत्पन्न होण्याची शक्यता असते. अमोनियाला मुळात येण्यास ऊर्जा लागत नाही परंतु, एकदा आत आलेला अमोनिया बाहेर टाकण्यास मात्र बरीच ऊर्जा खर्च होत असते. काही मर्यादीत काळासाठी हे सर्व वनस्पती सहन करते पण ते असेच चालूच राहिले तर मात्र वनस्पतीत अतिपोषणाची विकृती व त्यानुसार रोगटपणा निर्माण होतो. ह्याकरतां शेतकऱ्याने नत्रयुक्त खते सुक्ष्म करून देण्याची शिफारस असते. ते प्रमाण ओल्या जमिनीत १०० लक्षांश (०.००१, १०० लिटर पाण्यात १ किलो) इतके असावे लागते. अशा रीतीने सुक्ष्म करून नत्रखते दिल्यास वनस्पतीत नत्राचे शोषण व पचन असे दोनही संतुलितपणे होत असते व रोगटपणा टाळता येतो.

नत्राचे शोषण व पचन व्हावे लागते. नत्राच्या शोषण-पचनात अनेक वितंचके गुंतलेली असतात. येथे शोषण-पचन असे म्हंटले आहे कारण, वनस्पतीत केवळ शोषण होत नाही तर शोषण होताना त्या पदार्थाचे रूपांतरण होत असते जसे नत्राचे शोषण होतांना त्याचे अमोनियात रूपांतरण होते. त्यानंतरच्या प्रक्रियात केवळ रूपांतरण होते म्हणून तेथे नुसते पचन असे म्हंटले जाते. नायट्रेटचे अमोनियात ही पायरी शोषण-पचनाची असते. त्याच्या पायऱ्या अशा, नायट्रेट → नायट्राईट → हायड्रोनायट्राईट किंवा नायट्रोहायड्रोक्साईड → हायड्रॉक्सिल अमाईन → अमोनिया. काहीवेळा ही क्रिया अशी होते, नायट्रेट → नायट्राईट → नायट्रोसॉक्साईड → नायट्रोहायड्रोक्साईड → हायड्रॉक्सिल अमाईन → अमोनिया. ह्या प्रक्रियेत नायट्रोहायड्रोक्साईड व नायट्रोसॉक्साईड ह्या मध्यंतरीच्या घटकांना स्वतंत्र अस्तित्त्व नसते. जर अमोनिया मुळांना थेट मिळाला तर ह्या शोषणाच्या पायऱ्या टाळता येतात पण ते सहज सोपे नसते. अमोनियम नायट्रेट हे खत वापरल्यास ते शक्य असते म्हणून ते खत नत्रासाठी अत्यंत उपयुक्त असे समजले जाते. असा अमोनिया मिळाला तर वनस्पतीच्या नत्र शोषण-पचनाच्या कामास लागणाऱ्या ऊर्जेत मोठी बचत होते. नत्राचे शोषण अंधारात होत असते. त्यासाठी मुळ मातीत गाडलेली असणे जरूरीचे असते. त्याठिकाणी अन्नरसा बरोबर जी शक्तीसंयुगे (एटिपी व एडिपी वगैरे) येतात त्यांचा ती ऊर्जा मिळविण्यासाठी उपयोग होतो. त्याशिवाय मुळांने शोषलेला प्राणवायू लागतो. शोषणाच्या ह्या क्रियेला लागणारी ऊर्जा मिळविण्यासाठी शक्तीसंयुगे व प्राणवायू ह्यांचा संयोग व्हावा लागतो. म्हणजे नत्राचे शोषण व्यवस्थितपणे होण्यासाठी प्राणवायू आवश्यक असतो. म्हणजे जर नत्र उपलब्ध केला पण वापसा व वातन राखले नाही तर प्राणवायू मिळत नाही व सर्व क्रिया ठप्प होते. ह्यावरून जमिनीतील वापसा व वातन ह्यांचे महत्त्व लक्षात येईल. नत्र उपलब्ध केला पण वापसा व वातन नाही म्हणून शोषलेला नत्र न पचता बाहेर फेकला जातो.

अमोनियाचे पुढे अमिनो अम्लात रूपांतर होते ती शोषण-पचना नंतरची पचनाची पहिली पायरी असते. त्यानंतर अमिनो अम्लाचे विविध प्रथिनात रूपांतर होत असते. ते काम पेशीतील प्राकलातील उर्जागात होते. प्रथिने पेशीतील कामात वापरली जातात व जास्त बनली असतील तर त्यांचे पुन्हा अमिनो अम्लात रूपांतर करून मग ते प्रकाष्ठ ऊतीद्वारा खोडांगात पाठविले जाते. प्रकाष्ठ ऊतींतून व परिकाष्ठ ऊतींतून वहन होण्यासाठी पाण्यात विरघळण्याची आवश्यकता असते व प्रथिने न विरघळणारी असल्याने असे होणे आवश्यक असते.

खोडांगातील विविध पेशी ती अमिनो अम्ले घेऊन त्यापासून त्यांच्यातील विविध भागांची निर्मिती करतात त्याला विपचन असे म्हणतात. वनस्पतीत असे पचन व विपचन सर्व भागांत होत असते त्यातून ती तयार होत असते.

आधीच्या विवेचनात मी सामु ही संज्ञा वापरली आहे तिच्या बाबत आता थोडी माहिती घेऊया. वनस्पतीच्या सर्वच क्रिया प्रक्रियांवर त्या समजण्यासाठी सामुचा परिणाम तपासणे आवश्यक असते. पाण्याच्या मदतीने आपण अनेक विद्राव तयार करीत असतो. त्यातील वैजिक गुणांमुळे त्या विद्रावाला विविध गुणधर्म आपोआपच प्राप्त होत असतात. तसे पाहिले तर सामु हि एक रसायनशास्त्रातील संज्ञा आहे. त्याच्या मुल्यावरून विद्रावाच्या वैजिक गुणाचे मापन करता येते. आपल्याला रसायन शास्त्रातील त्या प्रगल्भ चर्चेत जावयाचे नाही, आपण



मातीतील सामु नुसार विविध द्रव्यांचे शोषण कसे कमी जास्त प्रमाणात होते ते दाखवले आहे. जास्त शोषण जाड पट्टीने व कमी शोषणाने पट्टी लहान होते ते पहा.

समजून घेऊया. थोडे साबणाचे पाणी घेतले व त्याचा सामु पाहिला तो १० होता, आता त्यात थोडा धुण्याचा सोडा घातला व चांगला विरघळवला, नंतर पुन्हा सामु तपासला तो ११ झाला होता म्हणजे, पहिल्यावेळी जेवढे विम्ल होते त्यापेक्षा आता जास्त विम्ल झाले. अशारितीने जर आपण आणखीन सोडा घालू लागलो तर तो द्राव आणखीन विम्ल होत असल्याचे दिसून येते. आता आपण त्यात थोडे मोरी धुण्याचे हैड्रोक्लोरीक अम्ल घातले, तेव्हा सामु तपासला तर तो कमी झाल्याचे दिसले. आणखीन थोडे अम्ल घातले तर द्रावाचा सामु आणखीन कमी झाल्याचे दिसले. अशारितीने जर आपण ते अम्ल द्रावात अगदी थोडे थोडे घालत गेलो तर तो सामु ७ वर आणता येतो. म्हणजे विम्ल असलेला तो द्राव आता साधारण (न्युट्रल) पातळीवर आला आहे. त्यात आणखीन अम्ल घातले तर तो द्राव कमी सामु दाखवू लागतो. सामुच्या मापनाने मातीतील पाण्याची वैजिक अवस्था समजते. निरनिराळ्या खनिजाची वनस्पतीतून शोषण्याची क्षमता सामुनुसार बदलत असते. ती दाखवणारा तक्ता येथे दिला आहे तो पहावा. इंग्रजीत सामुसाठी पीएच संज्ञा आहे.

अधातू खनिजे विम्ल अवस्थेत जास्त सहजपणे शोषली जातात व धातू खनिजे अम्ल अवस्थेत जास्त सहजपणे शोषली जातात हे ह्या तक्त्यावरून समजते. सामु ६.५ ते ७.५ असा राहिल तर सर्व खनिजांचे शोषण चांगले होते हे ह्या तक्त्यावरून दिसते.

सामुच्या परिणामाची आणखीन काही माहिती आता पाहूया. ही माहिती उपयोगाची आहे म्हणून येथे दिली आहे. कोणत्याही सजीवाच्या शरीरात ८० टक्के पाणी असते. म्हणजे संपूर्ण सजीव सृष्टी पाणीमय आहे. आपण स्वतः माणसे म्हणजे तुम्ही आम्ही एकाद्या पाण्याच्या गोळ्या सारखे आहोत हे प्रथम दर्शनी पटणार नाही पण ते

सामुच्या मुल्याचा कसा उपयोग करावयाचा तेवढेच पहाणार आहोत. सामुच्या मुल्यांचे मापन करण्यासाठी अद्ययावत साधने उपलब्ध आहेत त्यांचा वापर करून आपण कोणत्याही विद्रावाचे सामु मापन करू शकतो. सामु मुल्ये ०.१ ते १६ अशी मोजली जातात. मुल्य ७ असेल तर तो विद्राव साधारण समजला जातो. म्हणजे असे द्राव अम्ल अथवा विम्ल अशा कोणत्याही गुणाचे नसतात. सात पेक्षा कमी असेल तर तो द्राव अम्ल समजला जातो. सात पेक्षा जास्त असेल तर तो विम्ल समजला जातो. सात पेक्षा जितका जास्त तितका जास्त विम्ल व जितका कमी तितका जास्त अम्ल असे असते. एक उदाहरण घेऊन हे

निखालस सत्य आहे. कलिंगडात ९२ टक्के पाणी आहे म्हणजे जेव्हा आपण एकादे कलिंगड हातात धरतो तेव्हा प्रत्यक्षात आपण एक पाण्याचा गोळा हातात धरलेला असतो. अशा जलमय अवस्थेची रसायनिक क्रियाशक्ती अजमावणारा गुण असल्यामुळे त्याच्या मदतीने आपली म्हणजे सर्व सजीवांची (ह्यात वनस्पती सृष्टी आली) रसायनिक क्रियाशक्ती तपासण्यासाठी सामु ह्या परिमाणाचा नित्य उपयोग करावा लागतो. सशक्त व निरोगी माणसाचा सामु सातच्या आसपास असतो व जर माणूस आजारी झाला तर तो कमी अथवा जास्त होतो. ह्यात पित्त वाढल्यास जास्त होतो व कफ आणि वातदोष वाढल्यास कमी होतो. म्हणजे माणसाची प्रकृती तपासण्यासाठी सुद्धा सामुच्या मुल्याचा उपयोग करता येतो.

सजीवात काही अम्ल सहिष्णू असतात व इतर काही विम्ल सहिष्णू असतात. विम्ल सहिष्णू जीवाणू अम्ल सहिष्णू जीवात रोग पैदा करू शकतात. मनुष्य व त्याला उपयोगी असलेली सृष्टी अम्लसहिष्णू आहे व रोगकारक जीवाणू व इतर त्या प्रकारातील जीव विम्लसहिष्णू असतात. म्हणजे अम्लसहिष्णू जीवांमुळे इतर तशाच सजीवांना बाधा होत नाही असे नाही त्यांना आटोक्यात आणणे साध्य असते. विम्लसहिष्णू जीव असाध्य व्याधींना वाढवतात एवढाच त्याचा अर्थ होतो. हा नियम वनस्पतीला सुद्धा लागू होतो. अम्ल जीवाणूंना सकारात्मक व विम्ल जीवाणूंना विकारात्मक असे समजले जाते. काही वनस्पती विम्ल प्रकृतीच्या मातीत चांगल्या वाढतात व काही अम्ल प्रकृतीच्या मातीत चांगल्या वाढतात. उदाहरणार्थ चहा हे पीक अम्ल जमिनीत चांगले वाढते तर इतर बरीच पिके विम्ल प्रकृतीच्या जमिनीत चांगली वाढतात. हा फरक सुक्ष्म असतो. सातपे क्षा किंचित् जास्त अथवा किंचित् कमी असा समजावा. पाण्याच्या विद्रावाचा सामु जर ४ अथवा त्याहूनही कमी असेल तर त्यात कोणताही विकारात्मक जीवाणू जगू शकत नाही.

सेंद्रीय खतातून जो नत्र मुळांना उपलब्ध होतो त्याची थोडी माहिती पाहूया. सेंद्रीय खतातून किंवा जमिनीतून मिळणारा नत्र मुख्यत्वेकरून सेंद्रीय पदार्थांचा उरलेला नत्र असतो. तो बहुधा अमाईन किंवा प्रथिनाच्या स्वरूपात असतो. अमाईन ह्या प्रकारच्या रसायनातील सुपरिचित खतात युरिया हे येते. त्याचा खत म्हणून मोठ्या प्रमाणात उपयोग हल्ली होत आहे. जमिनीतील काही जीवाणू अमाईन व इतर प्रथिनांवर वितंचकी क्रिया करतात व त्यामुळे विद्राव्य अवस्थेत अमोनिया मुळांना उपलब्ध होत असतो. अशा अमोनियाचे बहुधा थेट शोषण होते. काहीवेळा अशा अमोनियावर जमिनीत असलेल्या प्राणवायुची क्रिया इतर काही जीवाणूंच्या कारणाने होऊन नायट्रेटस् तयार होतात. अशारितीने जमिनीतील अमोनियाचे → नायट्रेट → नायट्राईट → अमोनिया असे चक्राकार रूपांतर सतत होत असते. ह्यापैकी कोठल्याही अवस्थेत नत्राचे शोषण मुळांकडून होत असते. ह्या क्रियेत मातीतील हवेतील प्राणवायू वापरला जात असतो. हे प्राणवायुचे कार्य मुळांच्या श्वसनापेक्षा वेगळे असते. अशा क्रियांमुळे मातीतील हवेचे नुतनीकरण वातनाने होणे आवश्यक असते. जर ते बिघडले तर शेतात दिलेला युरिया पिकाला उपलब्ध होत नाही. शेतकरी समजतो किं, त्याने युरिया दिला आहे व त्याप्रमाणे अपेक्षा करता परंतु, अपेक्षित फळ मिळत नाही. युरिया हे एक सेंद्रीय खत आहे तसेच इतर सेंद्रीय खते दिल्यास सुद्धा हा अनुभव येतो. म्हणजे शेतातील मातीत वातन राखणे सेंद्रीय खतांचा वापर करणाऱ्या शेतकऱ्याने जरूरीचे असते. जर वातन नसेल तर त्या खतातील प्रथिनाचे वेगळ्याप्रकारे विघटन होऊन विकारात्मक जीवाणूंची वाढ होऊन संपूर्ण जमीन रोगट होते. एक वेळ युरिया सोडून इतर प्रकारची रासायनिक खते वापरात असतील तर ह्या कारणाने प्राणवायू नष्ट होत नाही म्हणून पिकास तेवढा त्रास होत नाही. म्हणजे, सेंद्रीय खते व वातन ह्यांचा संबंध अतूट असतो हे लक्षात घ्यावे. चोपण व पाणबोदड जमिनीत वातन राखणे अवघड असते म्हणून अशा जमिनीत सेंद्रीय खतांच्या ऐवजी रासायनिक खतांचा वापर करावा. विशेष म्हणजे युरियाचा वापर बिलकूल करू नये. अशा जमिनीत अमोनियम नायट्रेट, पोर्टॅशियम नायट्रेट अशी खते वापरावीत.

वरील विवेचनातून काही गोष्टी स्पष्ट होतात त्या अशा, मुळांकडून नत्राचे शोषण नायट्रेट, नायट्राईट अथवा अमोनिया ह्या स्वरूपातच होत असते. म्हणजे नत्र रासायनिक खताचा वापर करून दिला किं, सेंद्रीय खतांचा वापर करून ह्याला काही महत्व नसते. दुसरा मुद्दा नत्राचा पुरवठा वनस्पतीच्या शोषण-पचन वेगानुसार झाला तर ते पोषक असते पण जर जास्त वेगाने दिला गेला तर त्यामुळे मुळांत दोष उत्पन्न होऊ शकतो म्हणजे खते देण्याचा कार्यक्रम वनस्पतीच्या नत्र शोषण-पचन वेगानुसार राखला पाहिजे. हे साध्य करण्यासाठी जमिनीचे व्यवस्थापन हा विषय पहावा लागेल. तो आपण अभ्यासक्रमाच्या दुसऱ्या भागात पहाणार आहोत.



नत्राच्या पचनात अमोनियाचे अमिनो अम्लात रुपांतर होणे ही दुसरी पायरी आहे. त्याची माहिती करून घेऊया. मागील धड्यात आपण श्वसनाचा अभ्यास केला आहे. त्यात कार्बोदकांचे, प्रथिनांचे व स्निग्धांचे असे तीन श्वसन प्रकार पाहिले आहेत. ह्या सर्व क्रियात क्रेबची चक्राकार क्रिया आहे. ह्या क्रिया सर्व सक्रिय व वर्धिष्णू पेशीत श्वसनाबरोबरच सतत चालू असतात. ह्यांत आपण पाहिले आहे किं, केटोग्लुटेरिक, ऑक्सलॉसिटिक, पिरुविक व प्युमेरिक अम्ले सतत बनत असतात. अशावेळी मुळाकडून शोषून व नंतर अमोनियाच्या रुपात नत्र जर पेशीत उपलब्ध झाला तर तो ह्यांपैकी काही अम्ले स्वतः कडे खेचून घेतो. क्रेबच्या क्रियेत को-वितंचक काम करतो तर येथे डिहायड्रोजेनेझ नांवाचा वितंचक काम करतो. हे असे होती कि, ही अम्ले जणूकाय चोरून नेली जातात. त्यांतून अमिनो अम्ले बनताना को-वितंचक सुद्धा तयार होत असते. क्रेबच्या क्रियेत ते आवश्यक असते, त्यामुळे ही चोरी श्वसन क्रियेच्या दृष्टीने सोईस्कर ठरते. कारण, नव्याने तयार झालेला को-वितंचक क्रेबची क्रिया पुढे चालू ठेवण्यासाठी कामी येत असतो. अशारितीने क्रेबच्या क्रियेतून एक उप परिणाम असा जर अमोनिया पेशीत आला तर अमिनो अम्ले तयार होतात. केटोग्लुटेरिक पासून ग्लुटेमिक, ऑक्सलॉसिटिक व प्युमेरिक अम्लापासून आसपार्टिक व पिरुविक पासून अलानिन अम्ल अशी बनण्यास सुरुवात होते. निरनिराळ्या परिस्थिती प्रमाणे ही अम्ले बनत असतात. इतर अमिनो अम्ले दुसऱ्या काही वितंचकांच्या प्रभावाने बनत असतात. एका अमिनो अम्लापासून दुसरे अमिनो अम्ल बनण्याची प्रक्रिया तेथे चालू रहाते ह्यास **विक्रय क्रिया** असे म्हणतात. इंग्रजीत त्याला **ट्रान्समिनेशन** असे म्हणतात. त्या कामात काही स्फुरदांगे असलेले वितंचक मदत करतात. वनस्पतीत असलेल्या वीस अमिनो अम्लांपैकी काही दुसऱ्या पद्धतीने बनतात. त्यात वनस्पतीतील प्रथिनांचे भंजन होते व काही अमाईड यांचा त्या भंजनातून निर्माण झालेल्या उपभागांशी संयोग होऊन ही अमिनो अम्ले बनत असतात. भंजन ही क्रिया पाण्याच्या मदतीने होत असते व त्यात प्रथिनांचे त्यांच्या घटकद्रव्यात काही प्रमाणात विभाजन (म्हणून भंजन) होते. त्यामुळे त्या घटकद्रव्याशी रासायनिक क्रिया करणे शक्य होते. इंग्रजीत भंजनाला **हायड्रोलिसिस** असे म्हणतात. हे प्रथिनाचे भंजन पाण्याच्या मदतीने होते म्हणून हायड्रोलिसिस, मराठीत पाण्याने भंजन असे म्हणत नाहीत कारण भंजन फक्त पाण्यानेच होऊ शकते. पाण्याचा उल्लेख करण्याची गरज नसते, एरव्ही जलभंजन असे म्हणावे लागेल. अशी भंजन क्रिया अनेक जीव-रसायनिक क्रियात काम करित असते.

आपण वरील चर्चा करतांना अमाईड असा उल्लेख केला आहे हे अमाईड म्हणजे काय ते समजले पाहिजे. अमोनियाचे जर जरुरीपेक्षा जास्त शोषण झाले तर एटिपी शक्तीसंयुगाचा वापर करून पेशी त्या अमोनियाचे अमाईड नांवाच्या रसायनांत रुपांतर करते. ही रसायने अमिनो अम्लाची विविध रूपे असतात. रासायनिक दृष्ट्या ती विशेष सक्रिय नसतात. त्यामुळे ही अन्नरसात अथवा पोषकरसात असली तरी त्यात मादकता निर्माण करित नाहीत जसे अमोनियामुळे होत असते. म्हणून ती त्याप्रमाणे निरुपद्रवी असतात. अमोनिया अमाईडच्या रुपात साठवला जातो. प्रथिनाचे वहन करतांना त्याचेसुद्धा अमाईडमध्ये रुपांतर व्हावे लागते. पुढील धड्यात आपण अंतरवहनाची माहिती करून घेणार आहोत. पेशींची अमाईड बनवण्याची क्षमता तिच्यात किती एटिपी उपलब्ध आहेत त्यावर अवलंबून असते. जर प्रकाश संश्लेषण आणि कर्बग्रहण क्रिया पुरेसा एटिपी पुरवत नसतील तर जास्त शोषलेला अमोनिया न पचता मुळाद्वारा पुन्हा मातीत सोडला जात असतो. ह्या विवेचना वरून वनस्पतीत होणाऱ्या निरनिराळ्या जैविक क्रिया कशा पद्धतीने एकमेकांवर अवलंबून असतात ते लक्षात येईल.

आता पर्यंत आपण मूळांतून शोषलेल्या नत्राचे चयापचय कसे होते ते पाहिले. आता पानातून शोषलेल्या नत्राचे चयापचय कसे होते ते पहावयाचे आहे. मुळातून शोषलेल्या नत्राचे पचन मुळातील विविध पेशीतच होते व अमाईडच्या अथवा अमोनियाच्या रूपाने तो नत्र पोषकरसाद्वारा प्रकाष्ठ ऊतीतून इतरत्र पाठवला जातो. पानात हवेतील नत्र शोषण्याची क्षमता असते. ती अशी, प्राणवायू प्रमाणे नत्रवायू सुद्धा अल्पशा प्रमाणात पाण्यात विरघळत असतो. श्वसनाचा अभ्यास करतांना पाहिले आहे किं, पानांतील श्वसनरंध्रामध्ये एक ओलसर थर असतो, त्याच्यात हवेतील कर्बवायू विरघळतो तसेच हवेतील नत्रवायू सुद्धा थोड्या प्रमाणात मिसळतो. नत्र अशारितीने त्यात मिसळण्यासाठी वातावरणाची सापेक्ष आर्द्रता जास्त (६० पेक्षा जास्त) असावी लागते. हा नत्र तिमिरांगात कर्बवायू बरोबर नेला जातो. भा-अंगातून पाण्याचे विघटन झाल्यामुळे मिळालेला उदजन वायू काही प्रमाणात कर्बवायुशी संयोग करून कर्बोदक (साखर) तयार बनते. तसेच नत्राशी संयोग होऊन अमोनिया वायू

बनतो. पुढे त्या अमोनियाचे वितंचकांच्या मदतीने अमिनो अम्ले बनतात. त्यापुढील क्रियात मुळातील व पानातील दोनही सारख्याच असतात. असे असले तरी मुळात काम करणारे व पानांत काम करणारे वितंचक मात्र भिन्न असतात हे अनेक प्रयोगांतून सिद्ध झाले आहे. तरी अंतीम परिणाम एकच व तो असा किं, अमोनियाचे अमिनो अम्लात किंवा अमाईडमध्ये रूपांतर साध्य होणे ते होते. ह्या सर्व क्रियांस लागणारी ऊर्जा एटिपी व एडिपी अशा शक्तीसंयुगांच्या जैविक ज्वलनाने मिळत असते. हे झाले नैसर्गिकरित्या पानातून नत्राचे होणारे शोषणाचे. परंतु, हल्ली पानांवर नत्रयुक्त विद्राव्य खताच्या फवारण्या मारण्याचा प्रघात वाढत आहे त्या नत्राचे शोषण व पचन कसे होते पहावे लागेल. नैसर्गिकरित्या नत्राचे शोषण होण्यासाठी हवेत आर्द्रता खूपच जास्त असावी लागते व तशी पीरस्थिती केवळ पावसाळ्यात असते म्हणजे एरवी म्हणजे कोरड्या मोसमात असे शोषण नगण्य असते. असे समजता येईल किं, पाण्याच्या विघटनाने मिळालेल्या एकंदर उदजन वायुच्या २५ टक्के एवढा अमोनिया बनण्यासाठी वापरला जातो आणि उरलेला कर्बोदकासाठी वापरला जातो. पावसाळ्यात हे जास्त होत असते. हल्ली युरिया हे खत पाण्यात विरघळवून त्याच्या फवारण्या होत आहेत. युरियामध्ये अमोनिया व कर्बवायू ह्यांचे विलक्षण असे रसायनिक मिलन असते व (श्वसनरंध्रातील) ओलसर थरात अशा युरियाचे त्वरीत शोषण होते. त्यातील कर्बवायुचे कर्बग्रहण होते व अमोनियाचे अमाईडमध्ये रूपांतर चटकन होत रहाते. मुख्य म्हणजे प्रकाशसंश्लेषणातून तयार झालेला उदजन वायू अमोनिया बनवण्यासाठी लागत नाही, व तो सर्व साखर बनण्यात वापरला जातो. म्हणून युरियाच्या अशा फवारण्या मारणे पिकासाठी अतिशय चांगले असते. असे म्हणता येईल किं, युरियाचा नत्रासाठी उपयोग करावयाचा असेल तर तो जमिनीतून न देता पानांवर फवारणीच्या रूपानेच द्यावा. त्यासाठी अर्धा किलो युरिया १०० लिटर पाण्यात विरघळवून तो द्राव वापरावा. त्यापेक्षा जास्त तीव्र द्राव असेल तर नुकसान होऊ शकते. युरिया शिवाय इतर नत्र देणारी खतेसुद्धा आहेत त्यांचा कसा परिणाम होते ते पहावयाचे आहे.

अमोनियम सल्फेट ह्या खताचा वापर होतो. ते अमोनियम व सल्फेट अशा दोन दलात असते. सल्फेटचे शोषण ओलसर थरात झाले तर त्याचा नाश होतो म्हणून हे खत फवारणीने कधीही देऊ नये. अमोनियम क्लोराईड म्हणजे नवसागर हे आणखीन एक खत, त्यात क्लोरीन असतो त्याची विषारी बाधा पानांत होते म्हणून हे खत सुद्धा पानांवर फवारणीसाठी अयोग्य ठरते. तिसरे महत्वाचे नत्रकारक खत आहे, अमोनियम नायट्रेट, त्यातील दोनही दल, अमोनियम व नायट्रेट ह्यांचे शोषण उत्तम होते व म्हणून त्याचा उपयोग फवारण्यासाठी करणे चांगले ठरते. हे खत युरियापेक्षा जास्त उपयोगाचे ठरते कारण युरियाचे पचन करण्यासाठी जेवढी ऊर्जा लागते त्याच्या अर्धी ऊर्जा ह्याच्या पचनासाठी लागत असते. वनस्पतीत कर्बोदकाच्या निर्मितीच्या दृष्टीने मात्र हे खत उणे ठरते. ज्या पिकांत प्रथिनांची निर्मिती विशेष महत्वाची (तेलबिया, सोयाबीन इत्यादी) असते अशा पिकांसाठी हे खत चांगले असले तरी ज्या पिकांत (द्राक्ष, ऊस इत्यादी) साखर महत्वाची असते तेथे ह्या खताच्या फवारण्या कमी परिणामकारक ठरतात. फवारणीच्या द्रावाचे प्रमाण २५० ग्रॅम १०० लिटर पाण्यात असे असावे.

म्हणजे युरिया व अमोनियम व नायट्रेट ह्यांच्या फवारणीने मात्रा द्यावयाच्या असतील तर कोणती काळजी घ्यावी ते पहावयाचे आहे.

अशा फवारण्या करतांना विद्रावाचे प्रमाण ५०० लक्षांश किंवा त्यापेक्षा कमी ठेवले तर ते चांगले ठरते. कारण त्यांचे शोषण परासरण दाबाच्या नियमानुसार होत असते. पानांचा परासरण दाब ८ बार एवढा असू शकतो. त्यासाठी खताच्या विद्रावाचा परासरण दाब ४ बार असेल तर त्याचे शोषण विनासायास होते. ४ बार दाबाचा विद्राव तयार करण्यासाठी १ लिटर पाण्यात ५ ग्रॅम युरिया वापरावा लागेल. ८ बारसाठी १० ग्रॅम एक लिटर पाण्यात घालावा लागेल. पानाचा व विद्रावाचा परासरण दाब एकच असेल तर खताचे शोषण होणार नाही. म्हणून तेवढा तीव्र विद्राव वापरावयाचा नसतो. जितका फरक जास्त व विद्रावाचा दाब पानाच्या पेक्षा कमी तेवढे चांगले असते. म्हणजे फवारणीसाठी जो विद्राव वापरावयाचा तो ५ ग्रॅमपेक्षा कमी (प्रति लिटर) असेल तर चांगले असते. हे झाले युरियाचे. अमोनियम नायट्रेट ची परासरण दाबाची परिस्थिती वेगळी असते. ती अशी, ४ बार दाब असण्यासाठी तो ३.५ ग्रॅम प्रति लिटर असावा व ७ पेक्षा जास्त असू नये. युरियाचे पचन होण्यासाठी प्रकाश संश्लेषण क्रिया कार्यरत असणे आवश्यक असते म्हणून ती सकाळी अथवा दिवसा करावी. ते बंधन अमोनियम नायट्रेट बाबत नसते. कारण, त्याचे पचन तिमिरांगात होत असते. त्याला प्रकाश

संश्लेषणाचा संबंध नसतो. काही मोसमी पिकांचे बाबत असे दिसते किं, त्यांच्या पानांचा दाब ४० बार एवढा जास्त करण्याची क्षमता पानात असते. म्हणून अशा पिकांवर ३ टक्के एवढे जास्त तीव्र विद्राव फवारले तरी चालते. जर नेहमीच पानांना सहन होणार नाही अशा तीव्र विद्रावाची फवारणी होत असेल तर पाने निकामी होण्याचा धोका संभवतो. म्हणून शक्यतर वर दिलेल्या प्रमाणेच विद्राव वापरणे श्रेयस्कर असते. वसंतीकरणासाठी ज्या फवारण्या केल्या जातात त्यात खते घालून फवारणी करणे चांगले असते. वसंतीकरणाची माहिती आपण नंतरच्या एक धड्यात (धडा सोळावा) पहाणार आहोत.

मुळांप्रमाणे पानावर सुद्धा वनस्पतीच्या गरजेपेक्षा जास्त प्रमाणात नत्र खताच्या मात्रा दिल्या तर जास्त झालेल्या अमोनियाची बाधा होण्याची शक्यता असते. विशेषकरून अमोनियम नायट्रेटच्या जादा मात्रा धोक्याच्या असतात. मुळांप्रमाणे पानात सुद्धा नत्राचे अमाईड बनण्याची प्रक्रिया चालू असते व तो गोठवण्याचे काम होत असते परंतु, त्याला येथे मर्यादा असतात. म्हणून नत्राच्या पुरवठ्याच्या वेळी विशेष काळजी घेणे चांगले असते.

फवारणी करतांना वनस्पती एकदल आहे कां द्विदल ते पहावे लागते. एकदल पिकांच्या पानांची परासरण दाबाची परिस्थिती तीव्र दाब सहन करण्याची असते म्हणून तेथे जास्त तीव्र दाब असलेले पाणी वापरले तरी चालते. नत्रासाठी सेंद्रीय खते जसे, शेणरस, खतरस ह्यांचे सौम्य विद्राव वापरून काही उपयोग होत नाही म्हणून त्यांची फवारणी न करण्याची शिफारस असते. असे असले तरी इतर काही गोष्टी साध्य करण्यासाठी जसे प्रतिजैविकांच्या फवारण्या करण्यासाठी शेणरसाच्या फवारण्या करणे फायद्याचे असते. ह्यासर्व गोष्टी शेतकरी स्वानुभवाने ठरवू शकतो.

अशा खताचा उपयोग जमिनीतून सिंचनाने करतांना विद्रावाचे प्रमाण १०० लक्षांश किंवा त्यापेक्षा कमी ठेवले तर ते चांगले ठरते. कारण मुळांचा परासरण दाब २ बार पेक्षा कमी असू शकतो. अशा मात्रांना सुक्ष्म मात्रा असे म्हणतात.

नत्राचे चयापचय पाहिले आता स्फुरदाचे चयापचय कसे होते ते पहावयाचे आहे. स्फुरदाचे शोषण स्फुरद प्राणिलाच्या स्वरूपात होत असते. त्याला इंग्रजीत फॉस्फेट असे म्हणतात. ह्यांचे शोषण सेंद्रीय संयुगांच्या निगडीत अवस्थेत सुद्धा होत असते. एकदा स्फुरदांग मुळात आले किं, त्याचा संयोग हेक्सोज नांवाच्या साखरेशी होतो व त्या स्वरूपात स्फुरद सर्व वनस्पतीत प्रकाष्ठ ऊर्तीतून पोहोचवला जातो. पानावर विद्राव्य स्फुरदाच्या फवारण्या, योग्य परासरण दाब राखून, केल्या तर पानातील अॅडिनोसिन ह्या शक्तीसंयुगाशी आणि त्यातून अधिक ऊर्जा देणारे एडिपी व नंतर एटिपी तयार होतात. अशाप्रकारे स्फुरदाचे पचन होते. एडिपी व एटिपी ह्यांच्या योगाने वनस्पतीतील सर्वच जीव-रसायनिक क्रिया संपन्न होत असतात. स्फुरदाचे अंतरवहन होते म्हणून गरजेप्रमाणे त्याचे वहन जेथे तो जास्त पाहिजे तेथे म्हणजे, सक्रिय पेशीत त्याची गरज कमी असते म्हणून, तेथून तो वर्ध्द्विषू पेशीत नेला जात असतो.

पालाश व इतर खनिजांचे पचन वितंचकांच्या संयोगाने मुख्यत्वेकरून होत असते. वितंचकात हे समाविष्ट असतात. जसे वितंचक वापरले जाते तसे ही खनिजे अंतरप्रवाही होऊन वनस्पतीच्या जैविक क्रियांत भाग घेत रहातात. काही वेळा काही खनिजे प्रथिनात अथवा काही क्लिष्ट रचना असलेल्या द्रव्यात समाविष्ट होतात, किंवा साठवणूक करणाऱ्या गांठीत अडकून पडतात. कॅल्शियमचे असे गांठीत अडकून राहणे वनस्पतीला टणकपणा मिळवून देते. म्हणजे हे सर्व जणू काय पूर्वनियोजित आहे असे होत असते. जास्त झालेली खनिजे व्यर्थद्रव्याच्या रूपात मुळाद्वारा बाहेर टाकली जातात.

शेतकऱ्याला व्यवस्थापनाच्या कामात जेवढी माहिती आवश्यक असते तेवढी आपण ह्या धड्यात पाहिली आहे. अपचय क्रियांचा तपशिलात जाऊन अभ्यास आपण येथे केला नाही कारण त्या माहितीचा शेतकऱ्याच्या कामात उपयोग नसतो तरी पुढील धड्यात चयापचयात असणाऱ्या क्रियांचा विचार केला आहे. अपचय क्रिया, वनस्पतीचा पूर्णतया अंतर्गत असा विषय असतो व त्याचे कोणतेही नियंत्रण अथवा नियमन शेतकऱ्याला शक्य नसते.

## प्रश्नावली —

१. चय व अपचय क्रिया कशाला म्हणतात?
२. बाल्यावस्थे पासून मृतावस्थे पर्यंतच्या वेगवेगळ्या अवस्था निर्माण होण्यास चय व अपचय ह्या क्रियांचा कसा संबंध आहे ते सांगा.
३. वनस्पतीतील चय क्रिया कोणत्या ते सांगा.
४. वनस्पतीतील अपचय क्रिया कोणत्या ते सांगा.
५. चय क्रियेला जोडणी व अपचयला तोडणी असे कां म्हणतात?
६. वनस्पतीत नत्राचे पचन कसे होते व त्याचे वनस्पतीवर कोणते बरे वाईट परिणाम होऊ शकतात ते सांगा.
७. नत्राचे चयापचय कां महत्वाचे असते ते सांगा.
८. व्यावहारिक निसर्गशेतीत नत्राच्या सुक्ष्म मात्रा देण्याचा आग्रह कां असतो?
९. नत्राचे नायट्रेट स्वरूपात शोषण झाल्या नंतर किती पायऱ्याने अमोनिया बनतो ते सांगा.
१०. अमोनियाच्या स्वरूपात नत्र मिळाला तर ऊर्जा बचत होते ते कां ते सांगा.
११. अमोनियाचा पुरवठा जास्त झाला तर वनस्पतीवर काय विपरित परिणाम होतो ते सांगा.
१२. अंधारात जमिनीत नत्राचे शोषण व पचन होते अशा परिस्थितीत ऊर्जेचा पुरवठा मुळांना कसा होतो?
१३. जमिनीचा वापसा नीट राखलेला नसेल तर नत्राचे नायट्रेट स्वरूपातील पचन बिघडते त्याचे कारण काय?
१४. सामु ह्या संज्ञेची माहिती द्या.
१५. आपण सर्व जीव-सृष्टी जलमय आहे ह्या विधानाचे समर्थन करा.
१६. माणसाची प्रकृती सामुच्या सहायाने कशी ओळखता येते ते सांगा.
१७. अम्ल सहिष्णू जीवाणू व विम्ल सहिष्णू जीवाणू ह्यांचा वनस्पतीच्या आरोग्यावर कसा परिणाम होतो?
१८. सेंद्रीय खतांतून वनस्पतीला नत्राचा पुरवठा कसा होतो ते सांगा.
१९. सेंद्रीय खतांतून नत्राचा पुरवठा वनस्पतीला अत्यंत सावकाशपणे होत असतो त्याचे कारण काय?
२०. संकरीत व नवीन झपाट्याने वाढणाऱ्या पिकांना केवळ सेंद्रीय खतांने भागत नाही ते कां ते सांगा.
२१. रासायनिक खताद्वारे नत्राचा पुरवठा देतांना सुक्ष्म पद्धतीने केल्याने काय फरक होतो ते सांगा.
२२. नत्राचे शोषण वेग व नत्र पुरवठ्याचा वेग ह्यांत संतुलन राखणे कां आवश्यक असते ते सांगा.
२३. अमोनियापासून प्रथिनाची निर्मिती कशी होते ते सविस्तरपणे सांगा.
२४. सुरुवातीला ग्लुटेमिक अम्ल, आसपार्टिक अम्ल व अलानिन अम्ल अशी मुलभूत अमिनो अम्ले बनतात. त्यानंतर इतर अम्ले ह्यांच्यापासून कोणत्या क्रियेने बनतात?
२५. क्रेबच्या क्रियेशी प्रथिन निर्मितीचा काय संबंध ते सांगा.
२६. भंजन क्रियेची माहिती द्या. इंग्रजीत भंजन क्रियेस काय संज्ञा आहे ते सांगा.
२७. अमाईड कशाला म्हणतात? त्याचे प्रयोजन काय?
२८. नत्रापासून प्रथिने बनण्यास बरीच ऊर्जा लागते हे खरे आहे कां?
२९. पानांतून नत्राचे शोषण कसे होते ते सांगा.
३०. युरियाच्या सौम्य द्रावाचे फवारे पानांवर केल्यास फायदा कां होतो?
३१. अमोनियम सल्फेटच्या फवारण्याने पाने जळून जातात ते कां?
३२. अमोनियम नायट्रेट हे नत्राच्या पुरवठ्याच्या दृष्टीने सर्वोत्तम समजले जाते ते कां?
३३. पानांवर युरिया अथवा अमोनियम नायट्रेट ह्यांची फवारणी करावयाची असेल तर कोणती दक्षता बाळगावी लागते.
३४. युरियाचे द्रावण किती प्रमाणात असावे ते सांगा.

३५. युरियाच्या सौम्य द्रावणाच्या फवारण्या दिवसा करण्याचे फायदे कोणते ते सांगा.
३६. अमोनियम नायट्रेटच्या सौम्य द्रावणाच्या फवारण्या केव्हाही केल्यातरी काही फरक पडत नाही असे कां?
३७. पानावर नत्रखताच्या जादा मात्रा दिल्याने कोणता धोका संभवतो ते सांगा.
३८. स्फुरदाचे चयापचय कसे होते ते सांगा.
३९. इतर खनिज द्रव्याचे चयापचय कसे होते ते थोडक्यात सांगा.
४०. कोणत्या प्रकारच्या पिकावर ३ टक्के इतके तीव्र द्रावण फवारले तरी चालते ते सांगा.

## व्यावहारिक निसर्ग शेती अभ्यासक्रम २

## 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 कोणकेणत्या 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. अशारितीने 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 उलगडा 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 राहण्यासाठी 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. तसेंच 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 गोष्टींवर कोणतेही काम होत नाही. केवळ सेंद्रीय खते वापरली जात असल्याने रोगबाधा सहसा होत नाही. तसेंच 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 मुलतत्त्वे 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 मुलतत्त्वे त्यांच्या संयुगांच्या स्वरूपात द्यावी लागतात त्यासाठी नत्र अमोनियम नायट्रेट आणि पोटॅशियम नायट्रेट अशा रसायनांच्या मदतीने पुरवली गेली त्याचे चांगले परिणाम दिसून आले. इतर मुलतत्त्वे 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 पाह्या.

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 नांवे 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 बरहुकूम 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 खूष 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 लिहीत गेलो, त्यातून शेतकऱ्यांच्यात 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 करीत 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 असे,

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 असे,

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

