Fundamentals of Crop Physiology

Complete Master Guide & Comprehensive Theory Notes

BSc Agriculture (2nd Semester - MJPRU Syllabus)

Includes: Plant Cell, Water Relations, Transpiration, Mineral Nutrition, Photosynthesis (C3, C4, CAM), Respiration, Plant Growth Hormones, Photoperiodism, Seed Dormancy & Plant Taxonomy.

Compiled & Designed by: ***Mushahid Raza***

Platform: Razaagripoint

Chapter 1: पादप कार्यिकी का परिचय एवं पादप कोशिका

पादप कार्यिकी (Plant Physiology) जीव विज्ञान की वह शाखा है जिसके अंतर्गत पौधों के अंदर होने वाली विभिन्न जैविक क्रियाओं (Vital Activities) जैसे—पोषण, श्वसन, प्रकाश संश्लेषण, वाष्पोत्सर्जन और वृद्धि का अध्ययन किया जाता है। **स्टीफन हेल्स (Stephen Hales)** को पादप कार्यिकी का जनक (Father of Plant Physiology) कहा जाता है।

पादप कोशिका (Plant Cell)

कोशिका जीवन की सबसे छोटी रचनात्मक और कार्यात्मक इकाई है। 1665 में **रॉबर्ट हुक (Robert Hooke)** ने सबसे पहले कॉर्क में मृत कोशिका को देखा था। पादप कोशिका के मुख्य अंग (Organelles) निम्नलिखित हैं:

- **कोशिका भित्ति (Cell Wall):** यह केवल पादप कोशिकाओं में पाई जाती है (जंतुओं में नहीं)। यह **सेल्युलोज (Cellulose)** की बनी होती है और पौधे को कठोरता (Rigidity) प्रदान करती है।
- **प्लाज्मा झिल्ली (Plasma Membrane):** यह अर्धपारगम्य (Semi-permeable) होती है जो कोशिका के अंदर और बाहर जाने वाले पदार्थों का नियंत्रण करती है।
- **माइटोकॉन्ड्रिया (Mitochondria):** इसे कोशिका का **'पावर हाउस' (Powerhouse)** कहा जाता है। यहाँ श्वसन की क्रिया होती है और ऊर्जा ATP के रूप में संचित होती है।
- **हरितलवक (Chloroplast / Plastid):** इसके अंदर क्लोरोफिल होता है। यह **प्रकाश संश्लेषण (Photosynthesis)** का मुख्य स्थान है। इसे पौधे की 'रसोई' (Kitchen) भी कहा जाता है।

- **राइबोसोम (Ribosome):** यह RNA और प्रोटीन से बना होता है। इसे कोशिका की **'प्रोटीन फैक्ट्री'** कहा जाता है।
- **लाइसोसोम (Lysosome):** इसे **'आत्मघाती थैली' (Suicide Bag)** कहा जाता है क्योंकि इसमें शक्तिशाली पाचक एंजाइम होते हैं जो मृत कोशिकाओं को नष्ट करते हैं।
- **रिक्तिका (Vacuole):** पादप कोशिका में एक बड़ी रिक्तिका होती है जो जल और अन्य पदार्थों को स्टोर करती है।

Chapter 2: जल संबंध (Water Relations in Plants)

जल पौधों के जीवन का आधार है। पौधे अपनी जड़ों के माध्यम से मिट्टी से जल अवशोषित करते हैं और उसे पत्तियों तक पहुँचाते हैं। इस प्रक्रिया में कई भौतिक और रासायनिक क्रियाएं शामिल होती हैं।

जल अवशोषण की प्रमुख क्रियाएं

1. विसरण (Diffusion)

अणुओं या आयनों का अपनी **अधिक सांद्रता (High Concentration) से कम सांद्रता (Low Concentration)** की ओर गति करना विसरण कहलाता है। (जैसे—कमरे में परफ्यूम की खुशबू का फैलना)।

2. परासरण (Osmosis)

यह एक विशेष प्रकार का विसरण है। जब दो अलग-अलग सांद्रता वाले घोल (Solutions) को एक **अर्धपारगम्य झिल्ली (Semi-permeable membrane)** द्वारा अलग किया जाता है, तो विलायक (जल) के अणु कम सांद्रता वाले घोल से अधिक सांद्रता वाले घोल की ओर गति करते हैं।
- अंतः परासरण (Endosmosis): किशमिश को पानी में रखने पर उसका फूल जाना।
- बाह्य परासरण (Exosmosis): अंगूर को चीनी के गाढ़े घोल में रखने पर सिकुड़ जाना।

3. अंतःशोषण (Imbibition)

ठोस पदार्थों (जैसे लकड़ी, बीज) द्वारा बिना घुले जल को सोखना अंतःशोषण कहलाता है। बरसात में लकड़ी के दरवाज़ों का फूलना इसका उदाहरण है। बीज अंकुरण का पहला कदम यही है।

4. जीवद्रव्यकुंचन (Plasmolysis)

जब किसी जीवित पादप कोशिका को अतिपरासरी घोल (Hypertonic solution) में रखा जाता है, तो कोशिका का पानी बाह्य परासरण (Exosmosis) द्वारा बाहर आ जाता है और कोशिका का जीवद्रव्य (Protoplasm) सिकुड़ कर एक कोने में इकट्ठा हो जाता है। इसे प्लाज्मोलाइसिस कहते हैं।

रसारोहण (Ascent of Sap)

जड़ों द्वारा अवशोषित जल और खनिजों का गुरुत्वाकर्षण के विपरीत (ऊपर की ओर) तने से होते हुए पत्तियों तक पहुँचना रसारोहण कहलाता है। यह कार्य **जाइलम (Xylem)** ऊतक द्वारा होता है। इसके लिए 'वाष्पोत्सर्जन खिंचाव सिद्धांत' (Transpiration Pull Theory) सबसे मान्य है जिसे डिक्सन और जॉली ने दिया था।

वाष्पोत्सर्जन (Transpiration)

पौधों के वायवीय भागों (मुख्य रूप से पत्तियों) से अतिरिक्त जल का वाष्प (Vapour) के रूप में उड़ जाना वाष्पोत्सर्जन कहलाता है। इसे **पोटोमीटर (Potometer)** से मापा जाता है।

- **रंध्रीय वाष्पोत्सर्जन (Stomatal Transpiration):** लगभग 80-90% वाष्पोत्सर्जन पत्तियों में मौजूद छोटे छिद्रों (Stomata) से होता है।
- **रंध्रों का खुलना व बंद होना:** रंध्रों को **रक्षक कोशिकाएं (Guard Cells)** नियंत्रित करती हैं। दिन में प्रकाश में ये खुलते हैं और रात में बंद हो जाते हैं। इसके लिए **पोटेशियम आयन (K+)** सबसे महत्वपूर्ण है।
- **एंटी-ट्रांस्पिरेंट (Antitranspirants):** वे रसायन जो वाष्पोत्सर्जन की दर को कम करते हैं। उदा: PMA (Phenyl Mercuric Acetate), ABA, सिलिकॉन ऑयल।

💡 **बिंदुस्राव (Guttation):**

सुबह के समय कुछ पौधों (जैसे टमाटर, घास) की पत्तियों के किनारों से पानी बूंदों (Drops) के रूप में बाहर निकलता है। इसे बिंदुस्राव कहते हैं। यह **मूल दाब (Root Pressure)** के कारण होता है और पत्तियों के किनारों पर मौजूद विशेष छिद्रों **हाइडैथोड (Hydathodes)** द्वारा होता है।

Chapter 3: पादप खनिज पोषण (Plant Mineral Nutrition)

पौधों को अपनी वृद्धि, विकास और जीवन चक्र पूरा करने के लिए कुछ विशेष खनिज तत्वों की आवश्यकता होती है। आर्नोन और स्टाउट (Arnon & Stout) ने 1939 में 'अनिवार्यता की कसौटी' (Criteria of Essentiality) प्रस्तुत की। वर्तमान में पौधों के लिए **17 पोषक तत्वों** को अनिवार्य माना गया है (17वाँ तत्व 'निकल' है)।

पोषक तत्वों का वर्गीकरण (Classification of Nutrients)

1. संरचनात्मक तत्व (Structural Elements)

ये पौधे का मुख्य ढांचा बनाते हैं। पौधे इन्हें हवा और पानी से ग्रहण करते हैं। **(C, H, O - कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन)**। पौधे का 95% भाग इन्हीं से बनता है।

2. वृहत् पोषक तत्व (Macronutrients)

इनकी पौधों को अधिक मात्रा में आवश्यकता होती है।

- **प्राथमिक (Primary):** नाइट्रोजन (N), फास्फोरस (P), पोटेशियम (K)।
  - N पत्तियों की वृद्धि और हरा रंग (प्रोटीन) बनाता है।
  - P जड़ों के विकास और ऊर्जा (ATP) के लिए ज़रूरी है।
  - K पौधों में सूखा सहन करने की क्षमता और रोगों से लड़ने की ताकत बढ़ाता है। रंध्रों को नियंत्रित करता है।
- **द्वितीयक (Secondary):** कैल्शियम (Ca), मैग्नीशियम (Mg), सल्फर (S)।
  - Mg क्लोरोफिल (हरा रंग) के केंद्र में पाया जाता है।

3. सूक्ष्म पोषक तत्व (Micronutrients)

इनकी बहुत कम मात्रा (PPM में) आवश्यकता होती है। इनमें Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl और Ni शामिल हैं।

कमी के लक्षण और रोग (Deficiency Symptoms & Diseases)

पोषक तत्व	कमी से होने वाले रोग / लक्षण
जिंक (Zinc)	धान का **खैरा रोग (Khaira disease)**। मक्का में व्हाइट बड (White bud)।
मोलिब्डेनम (Mo)	फूलगोभी में **व्हिपटेल (Whiptail)** रोग।
बोरॉन (Boron)	फलों का फटना (Fruit cracking), फूलगोभी में ब्राउनिंग।
तांबा (Copper)	नींबू वर्ग (Citrus) में **डाईबैक (Dieback)** और एक्जेंथेमा (Exanthema)।
लोहा (Iron)	नई पत्तियों का पीला पड़ना (Chlorosis)।

Chapter 4: प्रकाश संश्लेषण (Photosynthesis)

प्रकाश संश्लेषण वह भौतिक-रासायनिक प्रक्रिया है जिसमें हरे पौधे सूर्य के प्रकाश (Sunlight) की ऊर्जा और क्लोरोफिल की उपस्थिति में वायुमंडल से कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) और मिट्टी से जल (H_2O) लेकर अपना भोजन (कार्बोहाइड्रेट/ग्लूकोज) बनाते हैं और ऑक्सीजन (O_2) गैस मुक्त करते हैं।

समीकरण: $6CO_2 + 12H_2O + Light \rightarrow C_6H_{12}O_6$ (ग्लूकोज) $+ 6O_2 + 6H_2O$

प्रकाश संश्लेषण के चरण (Stages of Photosynthesis)

1. प्रकाशिक अभिक्रिया (Light Reaction / Hill Reaction)

यह अभिक्रिया क्लोरोप्लास्ट के **ग्रैना (Grana / Thylakoid)** में प्रकाश की उपस्थिति में होती है। इसमें जल (H_2O) का विखंडन (Photolysis) होता है, जिससे **ऑक्सीजन (O_2) बाहर निकलती है**। साथ ही ऊर्जा के रूप में ATP और $NADPH_2$ का निर्माण होता है।

2. अप्रकाशिक अभिक्रिया (Dark Reaction / Calvin Cycle)

यह अभिक्रिया क्लोरोप्लास्ट के **स्ट्रोमा (Stroma)** में होती है। इसके लिए प्रकाश की सीधे आवश्यकता नहीं होती, लेकिन यह लाइट रिएक्शन के उत्पादों (ATP) पर निर्भर करती है। इस प्रक्रिया में CO_2 का अपचयन (Reduction) होता है और **ग्लूकोज** बनता है। इसे मेल्विन केल्विन (Melvin Calvin) ने खोजा था।

पौधों के प्रकार (C3, C4, CAM)

- **C3 पौधे:** इनमें CO_2 स्थिरीकरण का पहला स्थायी उत्पाद 3-कार्बन वाला **PGA (Phosphoglyceric acid)** होता है। (उदा: गेहूं, धान, आलू, सोयाबीन)। इनमें **प्रकाश श्वसन (Photorespiration)** होता है, जिससे ऊर्जा की बर्बादी होती है।
- **C4 पौधे:** इनमें पहला स्थायी उत्पाद 4-कार्बन वाला **OAA (Oxaloacetic acid)** होता है। इन पौधों की पत्तियों में एक विशेष संरचना पाई जाती है जिसे **क्रैन्ज़ एनाटॉमी (Kranz Anatomy)** कहते हैं। (उदा: मक्का, गन्ना, ज्वार)। ये उच्च तापमान पर भी तेज़ी से प्रकाश संश्लेषण करते हैं और इनमें प्रकाश श्वसन नहीं होता।
- **CAM पौधे (Crassulacean Acid Metabolism):** ये रेगिस्तानी पौधे होते हैं (जैसे नागफनी / Cactus, अनानास)। पानी बचाने के लिए इनके **रंध्र (Stomata) केवल रात में खुलते हैं** और दिन में बंद रहते हैं।

Chapter 5: पादप श्वसन एवं एंजाइम (Respiration & Enzymes)

श्वसन (Respiration)

श्वसन एक अपचयी (Catabolic/Destructive) प्रक्रिया है जिसमें पौधों द्वारा बनाए गए भोजन (ग्लूकोज) का ऑक्सीकरण (टूटना) होता है, जिससे ऊर्जा (ATP) मुक्त होती है।

श्वसन के प्रकार (Types of Respiration)

1. **ऑक्सी श्वसन (Aerobic Respiration):** यह ऑक्सीजन की उपस्थिति में होता है। एक ग्लूकोज के पूर्ण ऑक्सीकरण से **36 या 38 ATP** ऊर्जा मिलती है। इसका अंतिम उत्पाद CO2 और जल है।
2. **अवायवीय श्वसन (Anaerobic Respiration / Fermentation):** यह ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में होता है (जैसे यीस्ट में)। इसमें ग्लूकोज के टूटने से **इथाइल अल्कोहल और CO2** बनते हैं। इसमें केवल 2 ATP ऊर्जा मिलती है। मांसपेशियों में O2 की कमी होने पर **लैक्टिक एसिड** बनता है जिससे थकान होती है।

श्वसन के मुख्य चरण (Stages of Aerobic Respiration)

- **ग्लाइकोलाइसिस (Glycolysis):** यह कोशिका के **साइटोप्लाज्म (Cytoplasm)** में होता है। इसमें 1 ग्लूकोज टूटकर 2 अणु **पाइरुविक एसिड (Pyruvic Acid)** बनाता है। इसमें 2 शुद्ध ATP का लाभ होता है।

- **क्रेब्स चक्र (Krebs Cycle / TCA Cycle):** यह **माइटोकॉन्ड्रिया (Mitochondria)** में होता है। यहाँ पाइरुविक एसिड का पूर्ण ऑक्सीकरण होता है और बड़ी मात्रा में ATP का निर्माण होता है।

💡 **श्वसन गुणांक (Respiratory Quotient - RQ):**
श्वसन में निकाली गई CO2 और ली गई O2 गैस के आयतन का अनुपात RQ कहलाता है (RQ = CO2 / O2)।
- कार्बोहाइड्रेट का RQ = 1.0
- वसा (Fats) का RQ = 0.7 (एक से कम)
- कार्बनिक अम्लों का RQ = 1.0 से अधिक (जैसे 1.33)
- अवायवीय श्वसन का RQ = अनंत (Infinity)

एंजाइम (Enzymes)

एंजाइम जैविक उत्प्रेरक (Biological Catalysts) हैं जो जीवित कोशिकाओं में होने वाली रासायनिक प्रतिक्रियाओं की गति को बढ़ाते हैं। **सभी एंजाइम मुख्य रूप से प्रोटीन (Proteins) होते हैं।** 'एंजाइम' शब्द **कुह्ने (Kuhne)** ने दिया था।

- **Lock and Key Model:** एमिल फिशर द्वारा दिया गया।
- **Induced Fit Model:** कोशलैंड (Koshland) द्वारा दिया गया।
- एंजाइम **25-35°C** तापमान पर सबसे अधिक सक्रिय होते हैं। बहुत अधिक तापमान पर ये नष्ट (Denature) हो जाते हैं।

Chapter 6: पादप वृद्धि और पादप हार्मोन (Growth & Phytohormones)

पौधों में वृद्धि एक स्थायी और अपरिवर्तनीय (Irreversible) प्रक्रिया है। इसे **ऑक्जेनोमीटर (Auxanometer)** से मापा जाता है। वृद्धि का वक्र (Growth Curve) हमेशा **S-आकार (Sigmoid Curve)** का होता है।

पादप हार्मोन (Phytohormones)

ये वे रासायनिक पदार्थ हैं जो बहुत कम मात्रा में पौधों के किसी एक भाग में बनते हैं और दूसरे भाग में जाकर वृद्धि और विकास को नियंत्रित करते हैं।

1. **ऑक्सिन (Auxin):**
   खोज: एफ. डब्लू. वेंट (F.W. Went)।
   कार्य: यह पौधों के शीर्ष (Top) पर बनता है और **शीर्षस्थ प्रभाविता (Apical Dominance)** के लिए जिम्मेदार है (यानी पौधे को ऊपर की ओर लंबा करता है और पार्श्व शाखाओं को रोकता है)।
   उपयोग: कलम (Cuttings) में जड़ें निकालने के लिए IBA (Indole Butyric Acid)। **2,4-D** एक कृत्रिम ऑक्सिन है जिसका उपयोग खरपतवार नाशक (Weedicide) के रूप में होता है।
2. **जिबरेलिन (Gibberellin - GA3):**
   खोज: कुरोसावा (धान के बकाने/Foolish seedling रोग से)।
   कार्य: यह तने की लंबाई बढ़ाता है (गन्ने में)। सबसे मुख्य कार्य: **बीजों की प्रसुप्ति (Seed Dormancy) को तोड़ना**। अंगूर के गुच्छों का आकार बढ़ाना।

3. **साइटोकाइनिन (Cytokinin):**
   कार्य: **कोशिका विभाजन (Cell Division)** को प्रेरित करना। यह पौधों में बुढ़ापा (Senescence) आने से रोकता है और पत्तियों को लम्बे समय तक हरा रखता है।
4. **इथाइलीन (Ethylene):**
   यह एकमात्र गैसीय (Gaseous) हार्मोन है।
   कार्य: इसका मुख्य काम **फलों को पकाना (Fruit Ripening)** है। व्यावसायिक स्तर पर आम/केला पकाने के लिए इथरेल (Ethrel) का प्रयोग होता है।
5. **एब्सिसिक एसिड (Abscisic Acid - ABA):**
   इसे वृद्धि रोधक (Growth Inhibitor) और **तनाव हार्मोन (Stress Hormone)** कहते हैं।
   कार्य: सूखे की स्थिति में **रंध्रों (Stomata) को बंद करना** ताकि पानी का नुकसान न हो।
   पत्तियों और फलों को झड़ने (Abscission) के लिए प्रेरित करना।

दीप्तिकालिता (Photoperiodism)

पौधों में फूल आने (Flowering) के लिए दिन के प्रकाश की अवधि (Day length) का प्रभाव दीप्तिकालिता कहलाता है। यह शब्द गार्नर और एलार्ड ने दिया था।

- **SDP (अल्प प्रदीप्तकाली पौधे):** इन्हें फूलने के लिए छोटे दिन (10 घंटे से कम प्रकाश) चाहिए। (उदा: धान, मक्का, बाजरा, सोयाबीन - खरीफ फसलें)।
- **LDP (दीर्घ प्रदीप्तकाली पौधे):** इन्हें फूलने के लिए लंबे दिन (14 घंटे से अधिक प्रकाश) चाहिए। (उदा: गेहूं, जौ, चना, मटर - रबी फसलें)।
- **DNP (दिवस निष्प्रभावी पौधे):** इन पर दिन की अवधि का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। ये साल भर फूल सकते हैं। (उदा: टमाटर, कपास, सूरजमुखी)।

वसंतीकरण (Vernalization): कुछ पौधों में पुष्पन (Flowering) को प्रेरित करने के लिए **कम तापमान (Low temperature / Cold treatment)** से गुजारना वसंतीकरण कहलाता है।

Chapter 7: पादप वर्गीकरण (Plant Taxonomy & Families)

वनस्पति विज्ञान (Botany) का जनक **थियोफ्रेस्टस (Theophrastus)** को माना जाता है। जीवों और पौधों का वर्गीकरण तथा नामकरण करने की विज्ञान को Taxonomy कहते हैं।

द्विनाम पद्धति (Binomial Nomenclature)

स्वीडिश वैज्ञानिक **कैरोलस लिनियस (Carolus Linnaeus)** को वर्गिकी (Taxonomy) और द्विनाम पद्धति का जनक कहा जाता है। इस पद्धति में किसी भी पौधे का वैज्ञानिक नाम लैटिन भाषा में दो शब्दों से मिलकर बनता है: पहला शब्द **वंश (Genus)** और दूसरा शब्द **जाति (Species)** को दर्शाता है। (जैसे: गेहूं का नाम *Triticum aestivum*)।

प्रमुख कृषि फसलें और उनके कुल (Important Families & Crops)

कुल का नाम (Family Name)	फसलों के नाम (Examples of Crops)	महत्वपूर्ण तथ्य (Key Fact)
पोएसी / ग्रेमिनी (Poaceae / Gramineae)	गेहूं (*Triticum aestivum*), धान (*Oryza sativa*), मक्का (*Zea mays*), ज्वार, बाजरा, गन्ना, जौ।	यह घास (Grass) और अनाज (Cereals) का सबसे बड़ा कुल है।
लेग्युमिनोसी / फैबेसी (Leguminosae / Fabaceae)	मटर (*Pisum sativum*), चना (*Cicer arietinum*), अरहर, मूंग, उड़द, सोयाबीन, मूंगफली।	सभी दलहनी फसलें इसी में आती हैं। ये जड़ों में नाइट्रोजन फिक्स करती हैं।
सोलेनेसी (Solanaceae)	आलू (Potato), टमाटर (Tomato), बैंगन (Brinjal), मिर्च (Chili), तम्बाकू।	इन्हें Nightshade family भी कहा जाता है।
मालवेसी (Malvaceae)	कपास (Cotton), भिंडी (Okra/ Ladyfinger), गुड़हल (Hibiscus)।	कपास सबसे महत्वपूर्ण रेशेदार फसल है।
क्रूसीफेरी / ब्रैसिकेसी (Cruciferae / Brassicaceae)	सरसों (Mustard), मूली (Radish), पत्तागोभी, फूलगोभी, शलजम।	इनके फूलों में 4 पंखुड़ियाँ क्रॉस (Cross) के आकार में होती हैं।
कुकरबिटेसी (Cucurbitaceae)	तरबूज, खरबूज, ककड़ी, खीरा, लौकी, कद्दू, करेला।	ये सभी जायद मौसम की बेल (Vine) वाली फसलें हैं।
लिलिएसी / एमरिलिडेसी (Liliaceae / Amaryllidaceae)	प्याज (Onion), लहसुन (Garlic), एलोवेरा।	इनमें एक विशेष गंध (तीखापन) सल्फर यौगिकों के कारण होती है।

***** End of Comprehensive Master Guide *****

Fundamentals of Crop Physiology and Taxonomy

Best of Luck for Your University Examinations!