अध्याय-7
वाष्पोत्सर्जन व बिन्दुस्त्राव
(Transpiration and Guttation)

पौधे मृदा से जल का अवशोषण कर रसारोहण द्वारा इसको विभिन्न अंगों तक पहुँचाते हैं। पौधों द्वारा जल की अवशोषित मात्रा उसकी अपनी आवश्यकता से बहुत अधिक होती है। पौधे अपनी उपापचयी क्रियाओं में अवशोषित जल की कुछ मात्रा का उपयोग कर शेष जल को वाष्प के रूप में उड़ा देते हैं। पौधों के विभिन्न वायव अंगों द्वारा जल के वाष्प रूप में त्यागने की क्रिया को वाष्पोत्सर्जन (वाष्प + उत्सर्जन = Transpiration) कहते हैं।

वाष्पोत्सर्जन के प्रकार
(Types of Transpiration)

वाष्पोत्सर्जन पौधे के मूल तंत्र के अतिरिक्त किसी भी अन्य भाग से हो सकता है। वाष्पोत्सर्जन मुख्यत: तीन प्रकार के होते हैं:-

1. रंध्रीय वाष्पोत्सर्जन (Stomatal transpiration) :- पत्तियाँ वाष्पोत्सर्जन के प्रमुख अंग हैं। पत्तियों की सतह पर **रंध्र** (Stomata) उपस्थित होते हैं, जिनसे **रंध्रीय वाष्पोत्सर्जन** होता है। वाष्पोत्सर्जन की कुल मात्रा का 50-97% भाग इसी विधि द्वारा होता है।

2. उपत्वचीय वाष्पोत्सर्जन (Cuticular transpiration) :- अधिकांश मरूद्भिद पौधों की पर्णे उपत्वचा या क्यूटिकल (Cuticle) से ढकी होती हैं। क्यूटिकल सामान्यत: जल के प्रति अपारगम्य होती है। कुछ स्थानों पर यह बहुत पतली अथवा टूटी हुई होती है जहाँ से जल की वाष्प रूप में थोड़ी मात्रा में हानि होती है। इस प्रकार होने वाले वाष्पोत्सर्जन को **क्यूटिक्यूलर वाष्पोत्सर्जन** भी कहते है। वाष्पोत्सर्जन की कुल मात्रा का 3-10% इस विधि से होता है।

3. वातरंध्रीय वाष्पोत्सर्जन (Lenticular transpiration):- काष्ठीय स्तम्भों व कुछ फलों की सतह पर छोटे-छोटे छिद्र होते हैं जिन्हें **वातरन्ध्र** (Lenticels) कहते हैं। कुछ वातावरणीय दशाओं में वातरन्ध्रों से भी जल वाष्प निकलती है जिसे **वातरन्ध्रीय वाष्पोत्सर्जन** कहते हैं। यह कुल वाष्पोत्सर्जन का केवल 0.1% होता है।

जैसा कि ऊपर के वर्णन से स्पष्ट है, पौधों में अधिकांश वाष्पोत्सर्जन रन्ध्रों से होता है अत: यहाँ पर रन्ध्री वाष्पोत्सर्जन का विस्तृत अध्ययन करेंगे।

रन्ध्री वाष्पोत्सर्जन
(Stomatal transpiration)

रन्ध्री वाष्पोत्सर्जन को समझने के लिए पत्ती व रंध्र की संरचना समझना आवश्यक है। पत्ती की ऊपरी व निचली सतह **अधिचर्म** या **बाह्यत्वचा** (Epidermis) कहलाती है। दोनों अधिर्चमों के मध्य भाग में **पर्णमध्योतक** (Mesophyll) ऊतक स्थित होता है। द्विबीजपत्री पर्णों में यह **खम्भ मृदूतक** (Palisade) व **स्पंजी मृदूतक** (Spongy parenchyma) में विभेदित होता है।

रन्ध्र की उपस्थिति बाह्यत्वचा का प्रमुख लक्षण है। रन्ध्र पत्ती की एक अथवा दोनों सतहों पर पाए जाते हैं। इनकी उपस्थिति के आधार पर पत्तियाँ तीन प्रकार की होती हैं :-

(i) अधोरन्ध्री पत्ती (Hypostomatic):-रंध्र जब पत्ती की केवल निचली सतह तक सीमित रहते हैं तो ऐसी पत्तियाँ अधोरन्ध्री

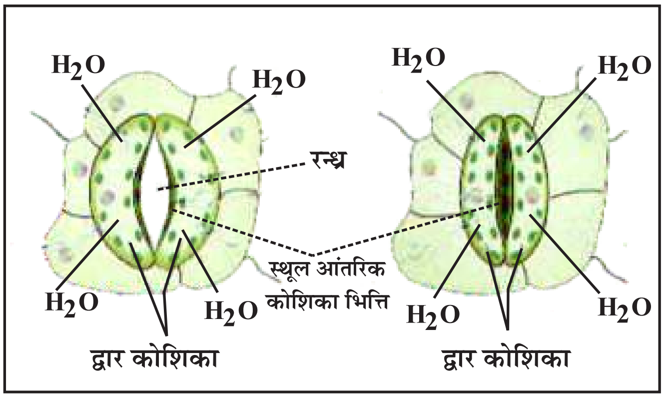
कहलाती हैं। उदाहरण:-सेब, संतरा की पत्तियाँ। इस प्रकार को **सेब प्रकार** (Apple type) भी कहते हैं। अधिकांश द्विबीजपत्री पादपों की पत्तियाँ अधोरन्ध्री होती हैं।

(ii) उभयरन्ध्री पत्ती (Amphistomatic):-जब रन्ध्र पत्ती की दोनों सतहों पर उपस्थित होते हैं तो ऐसी पत्तियाँ **उभयरन्ध्री** कहलाती हैं। उदाहरण: मक्का, जई व अन्य सभी घासें। इसे **जई प्रकार** भी कहते हैं। अधिकांश एकबीजपत्री पादपों की पत्तियाँ उभयरन्ध्री होती हैं। इनमें दोनों सतहों पर रन्ध्रों की संख्या लगभग समान होती है।

(iii) अधिरन्ध्री पत्ती (Epistomatic):-जब रन्ध्र पत्तियों की केवल ऊपरी अधिचर्म पर होते हैं तो ऐसी पत्तियाँ **अधिरन्ध्री** कहलाती हैं। उदाहरण: वाटर लिली तथा अन्य प्लावी पौधे। इसे **कुमुदिनी प्रकार** भी कहते हैं। अधिकांश उत्प्लावी जलोद्‌भिद पादपों (Floating hydrophyes) में पत्तियाँ अधिरन्ध्री होती हैं।

रंध्र की संरचना

अधिकांश पौधों में प्रत्येक रन्ध्र दो वृक्काकार कोशिकाओं से बना होता है जिन्हें **द्वार कोशिकाएं** (Guard cells) कहते हैं। द्वार काशिकाऐं इस प्रकार व्यवस्थित होती हैं कि इनके बीच एक छिद्र बनता है जिसे **रंध्रीय छिद्र** (Stomatal pore) कहते हैं। द्वार कोशिकाओं की भीतरी भित्ति जो रंध्रीय छिद्र की ओर होती है मोटी तथा बाहर की भित्तियाँ पतली होती हैं, जिसके कारण द्वार कोशिकाऐं जब स्फीत या फूली हुई (Turgid) होती हैं तो रंध्र खुल जाते हैं व श्लथ अथवा पिचकी (Flaccid) होती है तो रंध्र बंद हो जाते हैं। स्फीत स्थिति में द्वार कोशिकाओं की बाह्य पतली भित्ति फूल कर बाहर की ओर काफी खिंच जाती है। इससे भीतरी मोटी भित्ति भी थोड़ी बाहर खिंच कर रंध्र को खोल देती है। श्लथ स्थिति में द्वार कोशिकाऐं पूर्ववत होकर रंध्र को बंद कर देती हैं।



चित्र 7.1 रन्ध्री उपकरण A. खुला रन्ध्र B. बंद रन्ध्र

द्वार कोशिकाओं के चारों ओर स्थित काशिकाऐं बाह्यत्वचा की अन्य कोशिकाओं से भिन्न होती है। इन्हें **सहायक कोशिकाऐं** (Subsidiary cells) कहते हैं। पत्तियों में रंध्र की प्रति वर्ग सेमी संख्या 100 से 60,000 तक होती है।

रंध्र गति की क्रियाविधि
(Mechanism of stomatal movement)

रंध्रों के खुलने व बंद होने की प्रक्रिया को रंध्र गति कहते हैं। इस सम्बन्ध में कई परिकल्पनाएं प्रस्तुत की गई हैं-

1. मांड-शर्करा परिकल्पना (Starch-Sugar hypothesis)

इस मत का प्रतिपादन **जे.डी. सायरे** (J.D. Sayre, 1923) ने किया जिसके अनुसार प्रकाश में (दिन में) रक्षक कोशिकाओं में CO_2 की मात्रा कम होकर pH बढ़ जाता है। उच्च pH पर इन कोशिकाओं में फास्फोराइलेज एन्जाइम सक्रिय हो जाता है, फलस्वरूप मांड का ग्लूकोज-1-फॉस्फेट में परिवर्तन हो जाता है, जिससे द्वार कोशिकाओं का DPD बढ़ जाता है तथा ये स्फीत हो जाती हैं और रन्ध्र खुल जाते हैं। अंधेरे में (रात में) द्वार कोशिकाओं में CO_2 की वृद्धि से इनका pH अम्लीय हो जाता है जिससे ग्लूकोज-1-फोस्फेट पुन: मांड में बदल जाता है। फलस्वरूप द्वार कोशिकाएं श्लथ हो जाती है व रन्ध्र बंद हो जाते हैं। **सायरे** (1926) के पूर्व **लायड** (Loyed, 1908) ने बताया था कि द्वार कोशिकाओं में मांड उपस्थित होता है।

2. स्टीवार्ड की परिकल्पना (Steward's hypothesis)

स्टीवार्ड ने सायरे की परिकल्पना को ही आगे बढ़ाते हुए स्पष्ट किया कि उच्च pH में मांड का ग्लूकोज-1-फास्फेट के आगे और विश्लेषण होता है जिससे क्रमश: ग्लूकोज-6-फास्फेट तथा अंत में ग्लूकोज बनता है। ग्लूकोज-6-फास्फेट व ग्लूकोज जल में ग्लूकोज-1-फास्फेट से अधिक घुलनशील है अत: इससे द्वार कोशिकाओं के कोशिकारस की सान्द्रता काफी बढ़ जाती है, जो रन्ध्रों के खुलने के लिए पर्याप्त होती है।

3. सक्रिय पोटैशियम आयन स्थानान्तरण सिद्धांत (Active Potassium ion transport theory)

यह सिद्धांत जापानी वैज्ञानिक **इमामूरा** तथा **फ्यूजीनो** ने 1959 में प्रतिपादित किया तथा **लेविट** (1974) ने रूपान्तरित किया जो वर्तमान में सर्वमान्य सिद्धांत है। इस सिद्धांत के अनुसार प्रकाश के दौरान (दिन में) द्वार कोशिकाओं में मैलिक अम्ल बनता है जो वियोजित होकर मैलेट व हाइड्रोजन आयन (H^+) बनाता है। पौटेशियम आयन (K^+) समीपवर्ती कोशिकाओं से द्वार कोशिका में प्रवेश करते है व H^+ आयन द्वार कोशिकाओं से बाहर निकलते हैं। द्वार कोशिका में पौटेशियम आयन (K^+) मैलेट से क्रिया करते है जिससे पौटेशियम मैलेट बनता है जो द्वार कोशिकाओं की परासरण सान्द्रता को बढ़ाता है। अत: जल का प्रवाह द्वार कोशिकाओं में होता है जिससे वे स्फीत हो जाती है और रंध्र खुल जाते हैं।

रात्रि में (अंधेरे में) प्रकाश संश्लेषण नहीं होता अत: द्वार

कोशिकाओं में CO_2 की सान्द्रता बढ़ जाती है। मैलिक अम्ल स्टार्च में परिवर्तित हो जाता है जिससे द्वार कोशिकाओं की परासरण सान्द्रता कम हो जाती है। अत: बहि: परासरण के कारण जल बाहर प्रवाहित होता है व द्वार कोशिकाएँ श्लथ अवस्था में आ जाती है। इस कारण रंध्र बंद हो जाते है।

दिन में

द्वार कोशिकाओं में मैलिक अम्ल का निर्माण

↓

मैलिक अम्ल का वियोजन

↓

मैलेट + H^+

↓

सहायक कोशिकाओं से K^+ आयनों का सक्रिय संवहन के द्वारा रक्षक कोशिकाओं में प्रवेश व H^+ आयनों का बाहर निकलना

↓

पोटेशियम मैलेट

↓

द्वार कोशिकाओं की परासरण सान्द्रता में वृद्धि

↓

अंत: परासरण द्वारा द्वार कोशिकाओं का स्फीत होना

↓

रन्ध्रों का खुलना

रात्रि में

प्रकाश संश्लेषण के बंद हो जाने पर उपरंध्रीय गुहा में CO_2 की सान्द्रता में वृद्धि

↓

CO_2 की उपस्थिति में एब्सिसिक अम्ल (हार्मोन) का सक्रिय होना

↓

द्वार कोशिकाओं से K^+ का बहिर्गमन

↓

द्वार कोशिकाओं की परासरण सान्द्रता में कमी, बहि:परासण

↓

द्वार कोशिकाओं का श्लथ हो जाना

↓

रन्ध्रों का बंद होना

वाष्पोत्सर्जन को प्रभावित करने वाले कारक

(Factors affecting transpiration)

वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रिया अनेक कारकों से प्रभावित होती है जिनको दो शीर्षकों में बाँटा जा सकता है –

I. बाह्य कारक (External Factors)

II. आन्तरिक कारक (Internal Factors)

I. बाह्य कारक (External Factors)

1. प्रकाश (Light):–प्रकाश वाष्पोत्सर्जन को प्रत्यक्ष व अप्रत्यक्ष दोनों विधियों से प्रभावित करता है। प्रकाश की उपस्थिति प्रत्यक्ष रूप में रंध्रों के खुलने व अप्रत्यक्ष रूप से तापक्रम में वृद्धि से वाष्पोत्सर्जन की दर को बढ़ाती है।

2. वायु (Wind):–वायु के तेज प्रवाह से पत्ती के आसपास की नम वायु हटती है और शुष्क वायु उसके सम्पर्क में आती है। इसके फलस्वरूप तेज हवा में वाष्पोत्सर्जन अधिक होता है।

3. मिट्टी में प्राप्य जल की मात्रा (Available soil water):–वाष्पोत्सर्जन की दर मृदा में उपस्थित प्राप्य जल पर निर्भर करती है। प्राप्य जल की मृदा में कमी होने के कारण वाष्पोत्सर्जन की दर घट जाती है।

4. तापमान (Temperature):–तापमान बढ़ने से वायुमण्डल की आपेक्षिक आर्द्रता कम हो जाती है व वाष्पोत्सर्जन की दर अधिक होती है।

II. आन्तरिक कारक (Internal Factors)

1. पत्ती की संरचना (Leaf structure):–वाष्पोत्सर्जन की दर पत्ती की संरचना से प्रभावित होती है। शुष्क जलवायु में उगने वाले पौधों की पत्तियों की बाह्यत्वचा क्यूटिकल, मोम अथवा रोमों से ढ़की होती है व रंध्र निमग्न (Sunken stomata) होते हैं। ये लक्षण वाष्पोत्सर्जन की दर को कम करते है। पत्ती के प्रति इकाई क्षेत्र में रंध्रों की संख्या (अर्थात् आवृति, frequency) भी एक महत्वपूर्ण कारक है।

(ii) मूल प्ररोह अनुपात (Root Shoot Ratio):–मूल प्ररोह अनुपात में वृद्धि से पौधों में वाष्पोत्सर्जन में भी वृद्धि होती है।

(iii) पत्ती का दिक्‌विन्यास (Leaf orientation):-यदि पत्तियों का दिक्‌विन्यास आपतित विकिरण (Incident radiation) के समकोण पर हो तो उन पर सूर्य की किरणों का सबसे अधिक प्रभाव होता है व वाष्पोत्सर्जन दर अधिक होती है। परन्तु यदि पत्तियों का दिक्‌विन्यास आपतित विकिरण के समानान्तर हो तो वाष्पोत्सर्जन दर कम होती है।

वाष्पोत्सर्जन का महत्व
(Significance of Transpiration)

वैज्ञानिकों के विचार से वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रिया एक **आवश्यक बुराई** (Necessary evil) है जो पौधों के लिए लाभकारी व कुछ मामलों में हानिकारक भी है। वाष्पोत्सर्जन से पौधों को निम्न लाभ हैं–

(i) पौधों में रसारोहण वाष्पोत्सर्जन अपकर्ष पर निर्भर करता है।

(ii) पौधों में वाष्पोत्सर्जन द्वारा खनिज लवणों व जल का अवशोषण व स्थानान्तरण होता है।

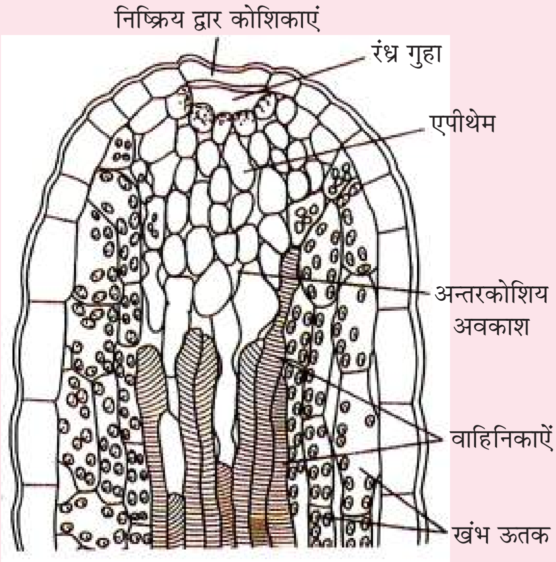
(iii) वाष्पोत्सर्जन पत्ती के तापमान को भी कम रखता है।

(iv) अतिरिक्त जल का निकास करना।

बिन्दुस्राव
(Guttation)

पत्तियों के उपांतों (Margins) से जल का छोटी–छोटी बूंदों के रूप में स्राव (Secretion) **बिन्दुस्राव** कहलाता है। आलू, अरवी, *ब्रायोफिल्लम* कुछ घासों आदि अनेक पौधों की पत्तियों में सुबह के समय बिन्दुस्राव स्पष्ट दिखता है।

(A)



(B)

चित्र 7.2 (A) पर्णतट पर बिन्दुस्रावित बूंदे
(B) जलरंध्र (Hydathode) की संरचना

जल की यह हानि पत्ती की शिराओं के अंत (Vein endings) पर स्थित छोटे–छोटे छिद्रों से होती है जिन्हें **जल रंध्र** (Hydathodes) कहते हैं। प्रत्येक जलरंध्र के शीर्ष पर एक छिद्र होता है जिसे **जलछिद्र** (Water pore) कहते हैं। इस छिद्र के चारों ओर उपस्थित कोशिकाओं में कोई गति नहीं होती अत: ये सदैव खुले रहते हैं। जलरंध्र से अंदर की ओर मृदूतक कोशिकाओं का समूह होता है जिसे **एपिथेम** (Epithem) ऊतक कहते हैं। अन्दर की ओर एपिथेम का सम्पर्क पत्ती की शिराओं की जाइलम वाहिकाओं से होता है।

जड़ द्वारा जल का अवशोषण अधिक पर वाष्पोत्सर्जन कम होने पर जाइलम वाहिकाओं में मूल दाब (Root pressure) उत्पन्न हो जाता है जिससे जल जाइलम वाहिकाओं से निकलकर एपिथेम की कोशिकाओं में स्थानान्तरित हो जाता है। इन कोशिकाओं के संतृप्त होने पर जल जलछिद्रों से बूंदों के रूप में बाहर आ जाता है। अत: बिन्दुस्राव (Guttation) मूल दाब के कारण होता है।

बिन्दुस्राव में निकलने वाला जल शुद्ध नहीं होता है, वरन् इसमें कुछ कार्बनिक पदार्थ व अकार्बनिक लवण घुले होते हैं।

रसस्राव (Bleeding)

पौधे के कटे या क्षतिग्रस्त भाग से रस (Sap) का बाहर आना रसस्राव कहलाता है। पौधों की जाइलम वाहिकाओं में रस मूल दाब के कारण धनात्मक तनाव में रहता है। जाइलम वाहिकाओं के कटने अथवा क्षतिग्रस्त होने पर इसका रिसाव बाहर होने लगता है। रबर के वृक्ष से इस प्रकार के रिसाव को लैटेक्स (Latex) भी कहते है जिससे रबर बनता है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. पादप के वायव अंगों से जल की वाष्प रूप में हानि को वाष्पोत्सर्जन कहते हैं।
2. वाष्पोत्सर्जन तीन प्रकार का होता हैं–रंध्रीय, उपत्वचीय तथा वातरंध्रीय वाष्पोत्सर्जन।
3. रंध्री वाष्पोत्सर्जन ही जल हानि की प्रमुख विधि है। यह क्रिया पर्णों पर उपस्थित रंध्रों से होती है।
4. रंध्र की रचना दो द्वार कोशिकाओं द्वारा होती है। ये कोशिकाऐं प्राय: वृक्काकार होती हैं।
5. रंध्रों की गति के सम्बन्ध में सक्रिय K^+ का सिद्धांत सर्वमान्य है।
6. वाष्पोत्सर्जन को कई बाह्य कारक जैसे प्रकाश, वायु, तापमान तथा आन्तरिक कारक जैसे पर्ण संरचना, मूल प्ररोह अनुपात तथा पत्ती का दिक्विन्यास प्रभावित करते हैं।
7. वाष्पोत्सर्जन पादपों के लिए लाभकारी व हानिकारक दोनों है।

8. पर्ण तटों पर स्थित जलरंध्रों से जल की द्रव रूप में हानि को बिन्दुस्त्राव कहते है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

1. निम्न किस अंग से वाष्पोत्सर्जन नहीं होता है?

(अ) पत्ती (ब) तना

(स) जड़ (द) कच्चे फल

2. सर्वाधिक मात्रा में वाष्पोत्सर्जन होता है-

(अ) रंध्रों से (ब) वातरंध्रों से

(स) जलरंध्रों से (द) सभी से

3. जलरंध्र पाये जाते हैं-

(अ) पर्ण तट पर

(ब) पत्ती की ऊपरी सतह पर

(स) पत्ती की निचली सतह पर

(द) छाल में

4. पौधों में बिन्दुस्त्राव की क्रिया में निकलने वाला द्रव होता है-

(अ) शुद्ध जल

(ब) केवल उत्सर्जी पदार्थ

(स) जल व CO_2

(द) जल के साथ कार्बनिक व अकार्बनिक पदार्थ।

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

1. वाष्पोत्सर्जन कितने प्रकार के होते हैं, नाम लिखिए।
2. सर्वाधिक वाष्पोत्सर्जन किस क्रिया से कितना होता है?
3. द्वार कोशिकाओं की आकृति कैसी होती है?
4. सक्रिय K^+ आयन सिद्धांत किसने प्रस्तुत किया?
5. वाष्पोत्सर्जन का कोई एक लाभ बताइये।
6. स्टोमेटा के खुलने के समय द्वार कोशिकाओं की स्थिति क्या होती है?

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. वाष्पोत्सर्जन को परिभाषित कीजिए।
2. बिन्दुस्त्राव की परिभाषा दीजिए।
3. रंध्र उपकरण का नामांकित चित्र बनाइये।
4. वाष्पोत्सर्जन को प्रभावित करने वाले एक बाह्य कारक का वर्णन कीजिए।

निबन्धात्मक प्रश्न

1. वाष्पोत्सर्जन के प्रकारों का वर्णन कीजिए।
2. स्टोमेटा के खुलने व बंद होने की क्रियाविधि समझाइये।
3. रंध्रगति से सम्बन्धित मान्य सिद्धांत की विवेचना कीजिए।
4. 'वाष्पोत्सर्जन एक आवश्यक बुराई हैं।' इस कथन की व्याख्या कीजिए।
5. वाष्पोत्सर्जन को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिए।
6. बिन्दुस्त्राव पर विस्तृत टिप्पणी लिखिए।

उत्तरमाला

1. (स), 2. (अ), 3. (अ), 4. (द)

❑❑❑