314hi08

# 8

# पौधों में अवशोषण, परिवहन और जल क्षय (वाष्पोत्सर्जन)

सजीव कोशिकाओं का सबसे महत्त्वपूर्ण घटक जल या पानी है। यह पौधों में जड़ों द्वारा प्रवेश करता है और तब दूसरे भागों में पहुँचाया जाता है और पादपों के वायवीय अंगों विशेषत: पत्तियों द्वारा वाष्पोत्सर्जन की क्रिया द्वारा पानी का क्षय होता है। आप जल के आवागमन से जुड़ी हुई विभिन्न घटनाओं के बारे में इस पाठ में पढ़ेंगे।

## उद्देश्य

इस पाठ के अध्ययन के समापन के पश्चात् आप :

- *पारगम्यता, विसरण, परासरण और जीवद्रव्यकुंचन आदि शब्दों को परिभाषित कर सकेंगे;*
- *सक्रिय और निष्क्रिय अवशोषण को परिभाषित कर सकेंगे और इनका अंतर स्पष्ट कर सकेंगे;*
- *अंत:शोषण, जलविभव, स्फीति दाब और भित्ति दाब, मुरझाना, आदि शब्दों को स्पष्ट कर सकेंगे;*
- *मूलरोम से पत्ती तक पानी पहुँचाने वाले पथ का वर्णन कर सकेंगे;*
- *पौधों में विलेय पदार्थों के पहुँचने की प्रक्रिया का वर्णन कर सकेंगे;*
- *वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रिया और उसके महत्त्व को स्पष्ट कर सकेंगे;*
- *वाष्पोत्सर्जन की दर को प्रभावित करने वाले कारकों की सूची बना सकेंगे;*
- *रन्ध्रों के खुलने और बंद होने की प्रक्रिया (पोटेशियम आयन सिद्धांत) को स्पष्ट कर सकेंगे;*
- *बिंदुस्राव की प्रक्रिया का वर्णन कर सकेंगे और बिंदुस्राव की दर को प्रभावित करने वाले कारकों की सूची बना सकेंगे।*

## 8.1 चार मूलभूत परिघटनाएं–पारगम्यता, विसरण, परासरण और जीवद्रव्यकुंचन

### 8.1.1 पारगम्यता (Permeability)

पारगम्यता झिल्ली का एक गुण है जो पदार्थों को आर-पार आने-जाने का रास्ता देती है। पादप कोशिका की भित्ति **पारगम्य** होती है, क्योंकि यह विलेयक और विलेय दोनों के अणुओं को आने-जाने देती

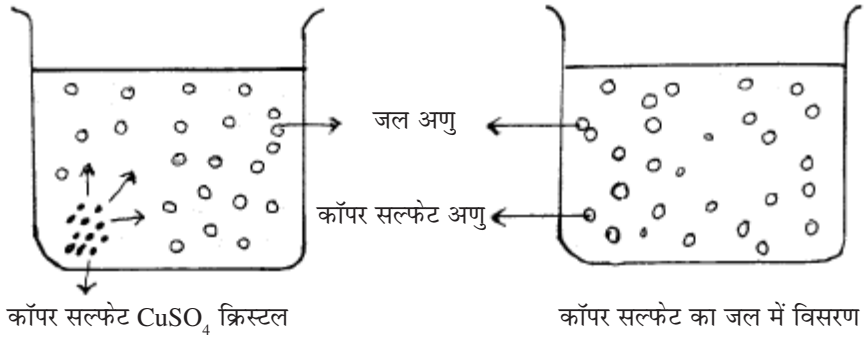
है। उपचर्म (cuticle) परत अपारगम्य है। सभी जैविक झिल्ली (कोशिका झिल्ली, माइटोकांड्रिया झिल्ली, केन्द्रक झिल्ली इत्यादि **चयनात्मक (वरणात्मक)** (selectively) पारगम्य हैं जैसे कि ये केवल विलायक अणुओं को बेंधकर पार जाने देती है, लेकिन विलेय के अणुओं को नहीं।

### 8.1.2 विसरण (Diffusion)

यदि एक वाष्पशील पदार्थ का डिब्बा जैसे कि ईथाइल ईथर की शीशी को कमरे में खोला जाये तो उसके अणु जल्दी ही कमरे में फैल जायेंगे जब तक कि सारे कमरे में उनका सान्द्रण समान न हो जाये। दूसरे शब्दों में, ईथर के अणु हवा में विसरित होकर सारे कमरे में फैल जाते हैं। ठीक उसी प्रकार से धूपबत्ती या अगरबत्ती की सुगंध भी कमरे के एक कोने से दूसरे कोने में विसरण द्वारा फैल जाती हैं। इसके लिए दूसरे अन्य उदाहरण भी हैं। पानी में जब हम घुलने वाले रंजक पदार्थ कॉपर सल्फेट के एक छोटे से रवे (क्रस्टल) को परखनली की तली में डालते हैं और तब सावधानीपूर्वक उस कण के ऊपर पानी डालते हैं। रंजक पदार्थ वाला अणु धीरे-धीरे घुल जायेगा और उसका रंग धीरे-धीरे सारे पानी में फैल जायेगा। ऐसा आंशिकत: रंजक के अणुओं की जल में गति और आंशिकत: जल के अणुओं के रवे (क्रस्टल) निकटवर्ती क्षेत्र में गति के कारण होता है।

इस प्रकार विसरण एक ही प्रकार के अणुओं या विभिन्न प्रकार के अणुओं के परस्पर मिश्रित होने के फलस्वरूप एक अनियमित गति के कारण होता है। यह अंतर संलग्न क्षेत्रों के सान्द्रण पर निर्भर करता है और इस अंतर को **विसरण-प्रवणता** (diffusion gradient) कहते हैं।

पदार्थों के थोड़ी दूर तक परिवहन करने के लिए विसरण एक प्रभावी विधि है। विसरण के लिए किसी भी प्रकार की झिल्ली की आवश्यकता नहीं है। यदि झिल्ली हो भी तो उसे पूर्णत: पारगम्य होना चाहिए। कोशिका झिल्ली कार्बन डाईऑक्साइड और ऑक्सीजन दोनों ही गैसों के लिए पारगम्य होती है और इसीलिए दोनों गैसें आसानी से विसरित होने में सक्षम है (चित्र 8.1)।




**चित्र 8.1** पानी में कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$) का विसरण

### 8.1.3 परासरण (Osmosis)

परासरण एक विशेष प्रकार की क्रिया है जो **पानी के अणुओं के विसरण** से संबंधित है जिसमें उनके उच्च सांद्रण के क्षेत्र से अपने निम्न सांद्रण के क्षेत्र में अर्धपारगम्य झिल्ली के माध्यम द्वारा होता है। (चित्र 8.2) परासरण में, पानी के अणुओं की गति के लिए अर्धपारगम्य झिल्ली का होना अति आवश्यक है।

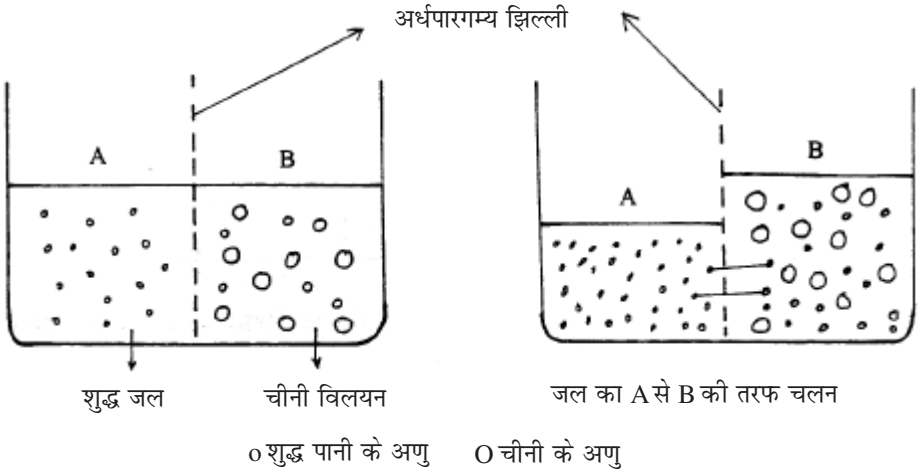
## परासरण को प्रदर्शित करने वाला प्रयोग

**प्रयोग :** परासरण की प्रक्रिया का प्रदर्शन कोशिका झिल्ली द्वारा आलू से बने **परासरणदर्शी** (ऑस्मोस्कोप) की सहायता से प्रदर्शित करना (चित्र 8.3)

**आवश्यक सामग्री :** एक बड़ा-सा आलू, 10% चीनी का विलयन, बीकर, पानी, चाकू और पिन।

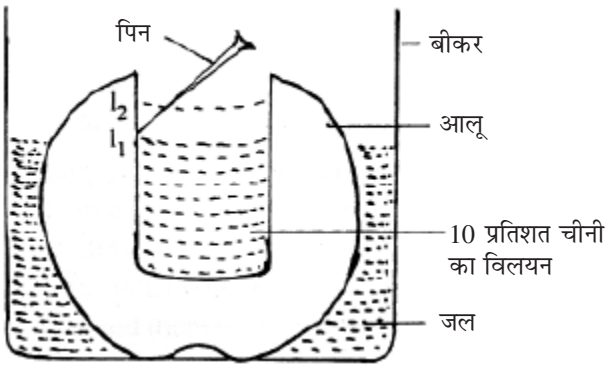
**विधि :** एक बड़ा आलू लेते हैं और उसकी बाहरी त्वचा को चाकू की सहायता से हटा देते हैं। एक सिरे पर काटकर आधार से चपटी कर लेते हैं। अब इसके दूसरी तरफ एक गहरी खोखली गुहिका बनाते हैं। थोड़ा सा चीनी का घोल लेकर गुहिका में डालते हैं जिससे वह आधी भर जाये और आलू की दीवार पर एक ऑलपिन लगाकर निशान लगा देते हैं। इस आलू को ऐसे बीकर में जिसमें थोड़ा पानी भरा होता है उसमें रख देते हैं और इस उपकरण को कुछ समय के लिए छोड़ देते हैं। इस बात को निश्चित कर लेना चाहिए कि बीकर में पानी का स्तर आलू ऑस्मोस्कोप की गुहा में शर्करा विलयन के स्तर से नीचे हो (चित्र 8.3)

**निरीक्षण और निष्कर्ष :** गुहिका में चीनी के घोल का स्तर बढ़ जाता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि आलू की दीवार में से होकर पानी के अणुओं की गति के कारण गुहिका में बीकर से शुद्ध पानी आ जाता है। यह प्रयोग परासरण की प्रक्रिया को दर्शाता है।




**चित्र 8.2** परासरण - अर्धपारगम्य झिल्ली द्वारा पानी के अणुओं की गति

**स्पष्टीकरण**–आलू की सजीव कोशिकाएँ विभेदक रूप से अर्धपारगम्य झिल्ली की तरह काम करती हैं (झिल्ली केवल कुछ अणुओं को ही उसके पार जाने देती है)। दोनों विलयन अर्थात् विलयन का शुद्ध पानी और गुहिका में भरा चीनी के विलयन की सांद्रता आलू की सजीव कोशिकाओं द्वारा पृथक-पृथक हैं। जल के अणु कोशिका झिल्ली होकर चीनी के विलयन में तबतक जाते रहते हैं जबतक कि बीकर में जल के अणुओं की सांद्रता ऑस्मोस्कोप की गुहा में विद्यमान सांद्रता के बराबर न हो जाए। यदि चीनी का विलयन बीकर में लेते हैं और पानी को आलू की गुहिका में रखते हैं तो उसका परिणाम उल्टा होगा। पानी के अणुओं की गति तब तक नहीं हो सकती है जब तक कि आलू का छिलका न हटाया जाए। इसका कारण यह है कि आलू की त्वचा मोममय (waxy) होने के कारण अपारगम्य होती है।




**चित्र 8.3** परासरण का प्रयोग द्वारा प्रदर्शन

## विसरण और परासरण में अंतर

| विसरण | परासरण |
|---|---|
| 1. विसरण दिये गये पदार्थ का उसके उच्च सान्द्रण से निम्न सान्द्रण वाले क्षेत्र पर होने वाली गति है। इसके लिए पृथक्कारी अर्धपारगम्य झिल्ली का होना आवश्यक नहीं है। | 1. परासरण एक विशेष प्रकार का विलायक के अणुओं का विसरण है जैसे पानी का निम्न सान्द्रण से उच्च सान्द्रण वाले विलयन में जाना है जब दोनों तरल एक अर्धापारगम्य झिल्ली द्वारा अलग होते हैं। |
| 2. विसरण किसी भी माध्यम में हो सकता है। गतिशील कण ठोस, द्रव या गैस हो सकते हैं। | 2. परासरण केवल द्रव माधयम में होता है और केवल विलायक के अणुओं जैसे पानी के अणु एक स्थान से दूसरे स्थान पर गति करते हैं। |

यदि आप एक कोशिका को किसी विलयन में रखते हो तो यह सिकुड़ सकती है, फूल सकती है अथवा उसमें कोई बदलाव नहीं होगा। पानी के सापेक्षिक सांद्रण के आधार पर और विलेय के कोशिका में पाये जाने वाले सान्द्रण के आधार पर विलयन तीन प्रकार का हो सकता है:

- **समपरासारी :** (Isotonic) यदि **विलयन** में पानी का सान्द्रण समान है और समपरासारी विलेय कोशिका के अंदर है तब कोशिका समपरासरी विलयन में स्थिर रहती है या कोशिका के भीतर न तो पानी जाता है और न ही उससे बाहर निकलता है।
- **अवपरासारी :** (Hypotonic) ऐसे **विलयन** में बाहर के विलेय (Solute) का सांद्रण कोशिका के अंदर के सांद्रण की तुलना में कम होता है। पानी कोशिका के अंदर प्रवेश करता है, कोशिका फूल जाती हैं। कोशिका के फूलने कारण अंत:परासरण (endosmosis) है।
- **अतिपरासारी :** (Hypertonic) ऐसे **विलयन** में बाहर के विलेय का सांद्रण कोशिका में पाये जाने वाले विलेय से अधिक होता है। तब कोशिका से पानी बाहर निकलने लगता है इसी कारण कोशिका का जीवद्रव्य सिकुड़ता है और कोशिका के केंद्र में जिस प्रक्रिया द्वारा एकत्रित होता है उसे बाह्यपरासरण (exosmosis) कहा जाता है।

## परासरण दाब और परासरण विभव (Potential)

जब शुद्ध पानी को विलयन में से अर्धपारगम्य झिल्ली द्वारा अलग किया जाता है, तब शुद्ध पानी विलयन में परासरण द्वारा प्रवेश करता है। अब अधिकतम दबाव की आवश्यकता होती है ताकि विलयन में पानी के परासरणीय प्रवेश को रोक सकें। यहां विलयन में जल का सांद्रण शुद्ध जल की तुलना में कम है। इसे **परासरणीय दाब** कहते हैं। यही परासरणीय दाब होती है जिसे **परासरण विभव** भी कहा जाता है।

## अंत:शोषण (Imbibition)

राजमा या चने को पकाने से पहले पूरी रात पानी में भिगोकर रखते हैं अगली सुबह सूखे हुए राजमा अच्छी तरह फूले हुए दिखाई देते हैं। ऐसा इसीलिए होता है कि उन्होंने पानी का अंत:शोषण यानी पानी का शोषणकर अपने अंदर ग्रहण कर लिया जाता है।

पादप कोशिकाओं में अंत:शोषण का अर्थ है कोशिका-द्रव्यी और कोशिका भित्ति अवयवों के माध्यम से पानी का अवशोषण और अधिशोषण। जल को अवशोषण विसरण और कोशिकीय क्रिया, दोनों के द्वारा होती है। अंत:शोषण एक ऐसी प्रक्रिया है जो ठोस पादप पदार्थों के (सूखी लकड़ी, मृत और जीवित वायुरोधी शुष्क बीज) पानी के सम्पर्क में आने से होती है। सूखे जीवित बीजों में पानी प्रारंभ में अंत:शोषण द्वारा अधिशोषित होता है और बाद में जल परासरण द्वारा भीतरी ऊतकों में अवशोषण होता है।

अंत:शोषण बहुत अधिक दाब उत्पन्न करता है। इसीलिए सूखी लकड़ी पानी की उपस्थिति में चट्टान का एक टुकड़ा भी तोड़ सकती है। अंत:शोषण के कारण ही बरसात के मौसम में लकड़ी के दरवाजे फूल जाते हैं और दरवाजों का बंद करना काफी कठिन हो जाता है।

## अंत:शोषण का महत्त्व

- बीजों के अंकुरण में अंत:शोषण सबसे पहला चरण है।
- इसके कारण बीज फूल जाता है और बीजावरण (बीज का आवरण) टूट जाता है।

## 8.1.4 जीवद्रव्यकुंचन (Plasmolysis)

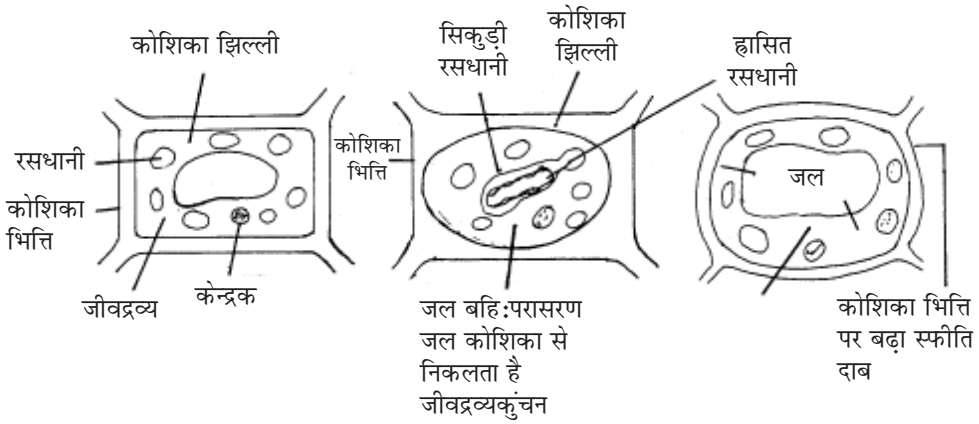
जब किसी कोशिका को किसी विलयन में डाला जाता है तब या तो वह सिकुड़ जाती है, फूल जाती है या फिर उसमें कोई बदलाव नहीं आता है। यह सब भिगोने वाले विलयन के सान्द्रण पर या जिस विलयन में कोशिका को रखा गया है, उस पर निर्भर करता है।

(i) जब कोशिका को अतिपरासारी विलयन में रखा जाता है इसका अर्थ हुआ कि जब बाहरी विलयन का सान्द्रण कोशिका रस के सांद्रण की तुलना में अधिक है, तब कोशिका से पानी बाहर निकलने लगता है जिसके परिणाम स्वरूप कोशिका का कोशिकाद्रव्य सिकुड़कर कोशिका के केंद्र में आ जाता है और रिक्तिका अदृश्य हो जाती है। इस प्रक्रिया को **जीवद्रव्यकुंचन** कहते हैं। कोशिका भित्ति और प्रोटोप्लास्ट के बीच का स्थान निमज्जी (bathing) विलयन द्वारा ले लिया जाता है क्योंकि कोशिका भित्ति अक्रिय है यानी बाहरी विलयन के लिए पारगम्य होती है।

(ii) जब इस तरह जीवद्रव्यकुंचित कोशिका को **अवपरासारी** या तनु विलयन या फिर शुद्ध पानी में रखा जाता है तो पानी कोशिका में पहुँचता है और प्रोटोप्लाज्म को फैलाने लगता है और वह पुन: अपने मूल स्वरूप में आ जाती है। इस प्रक्रिया को जीवद्रव्य विकुंचन के नाम से जानते हैं। जीवद्रव्य विकंचन के पश्चात् कोशिका पूर्णतया: स्फीति वाली हो जाती है।

(iii) जब कोशिका को समपरासारी विलयन में या उस विलयन में जिसका सांद्रण कोशिका रस के समान है रखा जाता है तो जीवद्रव्य या कोशिका के आकार में कोई अंतर नहीं आता है।

जीवद्रव्यकुंचन एक भौतिक प्रक्रिया है। एक कोशिका जीवद्रव्यकुंचित और जीवद्रव्य विकुंचित दोनों ही हो सकती है जो उस बाहरी विलयन पर निर्भर करता है जिसमें वह कोशिका रखी गई है। कोशिका में कोई भी रासायनिक परिवर्तन होने का कारण नहीं होता। जीवद्रव्यकुंचन एक तरह की प्रतिरक्षा प्रणाली है जो विपरीत (दबाव) परिस्थितियों जैसे अतिपरासारी मृदा विलयन के समय काम आती है।




**चित्र 8.4** पादप कोशिका के बदलाव जब उसे अल्पपरासारी, समपरासारी और अतिपरासारी विलयन में रखा जाता है।

## पाठगत प्रश्न 8.1

1. विसरण की परिभाषा लिखिए।

.....

2. परासरण और विसरण के बीच एक अंतर बताइये।

.....

3. उस प्रक्रिया का नाम बताइये जिसके द्वारा परमैंगनेट ($KMnO_4$) के क्रिस्टलों को पानी में मिलाने पर उसका रंग बैंगनी हो जाता है?

.....

4. यदि रक्त कोशिकाओं को नमक के पानी में रख दिया जाये तो उनका क्या होगा? इस पर आधारित अपना उत्तर दीजिए कि यदि नमक का विलयन समपरासारी, अल्पपरासारी या अतिपरासारी हो।

.....

5. पादप कोशिकाओं में जीवद्रव्यकुंचन प्रक्रिया किस स्थिति में होती है?

.....

6. उस प्रक्रिया का नाम बताइये जिसके कारण मानसून के बाद लकड़ी के दरवाजे को बंद करने में कठिनाई होती है।

.....

## 8.2 जल विभव (Water potential)

पानी का विभव या रासायनिक विभव पानी के अणुओं की ऊर्जा या पानी का गुण है जो तंत्र में से बाहर निकल सकता है या स्वतंत्र पानी के अणुओं की गति करने का गुण या काम करने का गुण है। पानी उच्च द्रव विभव क्षेत्र से निम्न द्रव विभव क्षेत्र की तरफ गति करता है।

शुद्ध जल का विभव शून्य माना जाता है। जब किसी विलेय को शुद्ध पानी में घोला जाता है या विलयन में पानी के कुछ अणुओं को विलेय के घोलने के लिए प्रयोग किया जाता है। इस तरह से पानी के कम संख्या में अणु काम करने के लिए मौजूद रहते हैं। अत: विलयन में शुद्ध जल की तुलना से कम ऊर्जा या विभव होती है। पानी का विभव तनु विलयन में सान्द्रित विलयन की अपेक्षा अधिक होता है। विलयन का जल विभव का मान शुद्ध जल की तुलना में कम या फिर शून्य होता है। इसका अर्थ है कि यह एक नकारात्मक संख्या है। पानी के विभव को ग्रीक अक्षर $\psi$ (पाई-psi) से दर्शाया जाता है। शुद्ध जल का जलविभव उच्चतम होता है या शुद्ध जल के लिए $\psi$ (psi) का मान = 0 शून्य होता है।

जल विभव पादप कोशिकाओं और ऊतकों में जल की स्थिति को निश्चित करता है। पादप कोशिका या ऊतक में जल विभव का कम होना उसकी ज्यादा पानी अवशोषित करने की क्षमता को बताता है। इसके विपरीत उच्च जल विभव होने पर ऊतक की (कमेपबबंजमक) कोशिकाओं या ऊतकों को जल प्रदान करने की क्षमता अधिक होती है।

## 8.3 स्फीति दाब (Turgor Pressure)

**कोशिकाभित्ति के विरुद्ध जीवद्रव्य द्वारा दाब डालने का प्रयास करना स्फीति दाब है।**

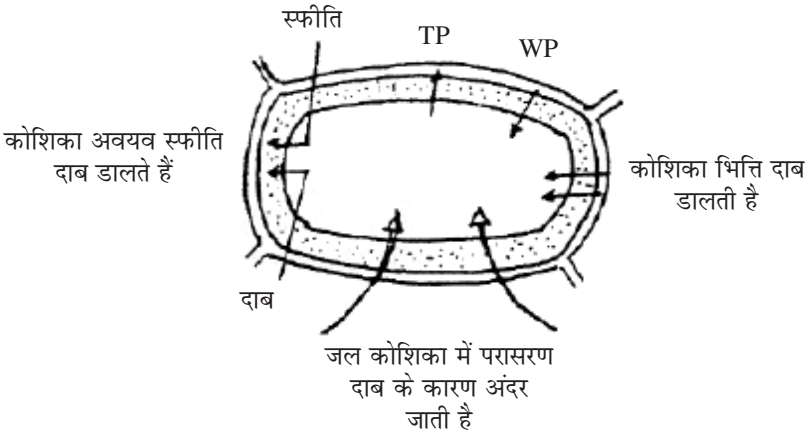
स्फीति दाब (TP) कोशिका भित्ति द्वारा जीवद्रव्य पर लगाये गये विपरीत दाब के बराबर होता है। इस विपरीत दाब द्वारा जिसे कोशिका भित्ति द्वारा जीवद्रव्य या कोशिका अवयवों पर लगाया जाता है, **भित्ति दाब** (Wall Pressure-WP) कहलाता है। ये दोनों दाब बराबर होती हैं और विपरीत दिशा में कार्य करते हैं (चित्र 8.5)। जब स्फीति दाब (TP) भित्ति दाब (WP) से अधिक हो जाती है तब कोशिका भित्ति टूट जाती है।

स्फीति दाब उस स्थिति में अधिकतम हो जाती हैं, जब कोशिका भित्ति को अत्यधिक नहीं खींचा जा सकता है। इस प्रकार की कोशिका को पूर्णत: स्फीत कोशिका कहा जाता है। किसी बिंदु पर यह सक्रिय साम्यावस्था में पहुँच जाता है। इसका अर्थ है कि कोशिका में प्रवेश करने वाले पानी की मात्रा कोशिका में से छोड़े गये पानी की मात्रा के बराबर हो गई है।

केवल पादप कोशिका में ही स्फीति दाब उत्पन्न होती है क्योंकि इसमें कोशिका भित्ति मौजूद होती है जो जल के प्रवेश करने के कारण जीवद्रव्य द्वारा जनित दाब का विरोध करने में सक्षम होती है। यह वास्तव में एक दाब है न कि विभव है और किसी भी हद तक हो सकती है। यदि स्फीति दाब अत्यधिक बढ़ जाये तो जन्तु कोशिकाओं में प्लाज्मा झिल्ली फट जाती है क्योंकि इसमें कोशिका भित्ति नहीं होती है।

पादपों में स्फीति दाब एक महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाता है :

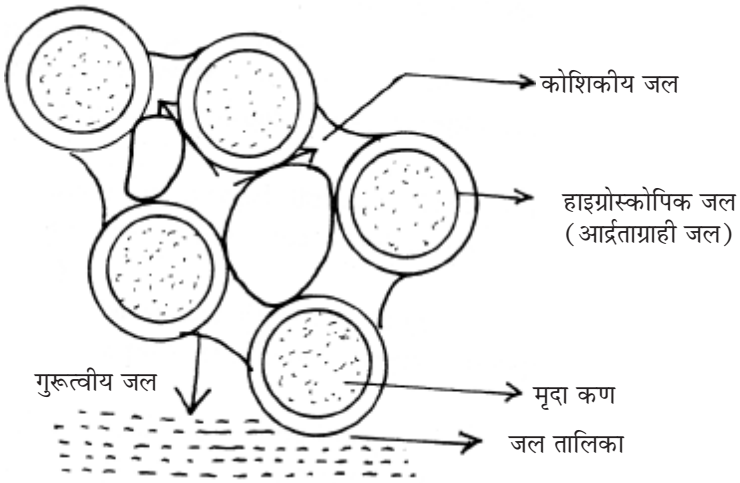
- पौधे के आकार तथा प्रकार को स्थिर बनाये रखने में स्फीति दाब सहायता करती है।
- शाकीय पौधों और अकाष्ठीय पौधों के तनों को जैसे–मक्का, गन्ना और केला आदि में सीधे खड़े रहने के लिए पूर्णत: स्फीति वाली कोशिकाएँ सख्ती से एक साथ बंधी रहती है।
- स्फीति दाब पत्तियों को चपटे और ऊर्ध्वाधर अवस्था में रखने के लिए उनमें पायी जाने वाली मीसोफिल कोशिकाओं की स्फीति (दृढ़) बनाये रखती है।
- स्फीति दाब कोशिकाओं की वृद्धि और तने की लंबाई में लगातार तनी हुई स्थिति में बने रहने में सहायता प्रदान करती है।
- रंध्रों (Stomata) का खुलना तथा बंद होना भी द्वार गार्ड कोशिकाओं की स्फीति और शिथिलता द्वारा नियंत्रित होती है।
- कुछ पौधे, जैसे सेम और छुई मुई (**माइमोसा प्युडिका** -*Mimosa pudica*), की पत्तियों में जल्दी ही प्रतिक्रिया होती है।




**चित्र 8.5** एक स्फीति कोशिका परासरण दाब; स्फीति दाब और भित्ति दाब का प्रदर्शन करते हुए

## मृदा में जल की उपलब्धता

पौधे अपने मूलरोमों की सहायता से मिट्टी में से पानी का अवशोषण करते हैं। मृदा में पानी तीन प्रकार से पाया जाता है। (चित्र 8.6)




**चित्र 8.6** विभिन्न प्रकार का मृदा जल

**(i) गुरुत्वीय जल** (Gravitational Water) – यह वह पानी है जो मिट्टी में होता हुआ नीचे की ओर रिस जाता है। वह स्तर जिसमें यह नीचे की ओर रिस जाता है जल-तालिका (Water table)कहलाता है। किसी स्थान की जल तालिका वर्षा के कारण अलग-अलग गहराइयों पर भिन्न-भिन्न होती है।

गुरुत्वीय जल अत्यधिक नीचे मिलता है और अधिकांशत: पौधों की जड़ों के लिए उपलब्ध नहीं होता है। इसका अत्यधिक महत्त्व इसलिए है क्योंकि यह मृदा में से खनिजों और पोषक तत्त्वों को साफ करने का काम करता है और इसे निक्षालन कहते हैं।

पानी का कुछ भाग जो मृदा द्वारा बचाया जाता है वह आर्द्रताग्राही जल और या फिर केशिकीय जल हो सकता हैं।

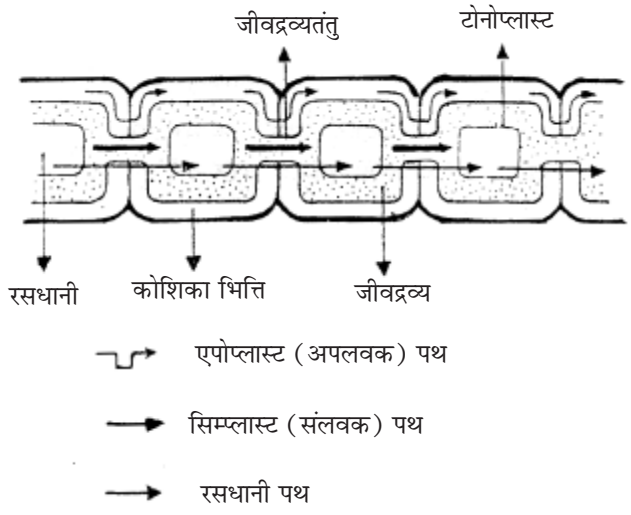
**(ii) आर्द्रताग्राही जल** (Hygroscopic water)–यह वह जल है, जिसे मृदा अपनी चारों तरफ एक पतली फिल्म की तरह से बनाए रखती है। मृदा कणों और जल के अणुओं के बीच एक अत्यंत मजबूत बल होता है जिसके कारण जल मजबूती से जकड़ा रहता है। यह वह पानी है जो पौधों के लिए बहुत कम मात्रा में उपलब्ध है और सामान्यतया यह पानी खत्म होने पर मिट्टी सूख जाती है। चिकनी मिट्टी में इस जल की मात्रा लगभग 15 प्रतिशत होती है और बलुई (sandy) मिट्टी में यह मात्रा लगभग 0.5 प्रतिशत होती है।

**(iii) केशिकीय जल**–मिट्टी के कण के बीच-बीच में हमेशा बहुत बारीक छिद्र होने के कारण यह एक बहुत अच्छा केशिका-तंत्र बन जाता है। जब पानी फैलता है, तब बारीक छिद्र भर जाते हैं और मिट्टी के कण केशिका बल के कारण गुरुत्वीय बल के विरुद्ध उसको जकड़े

रहते हैं जिसके कारण पानी का पृष्ठ तनाव बढ़ जाता है। यह वही पानी है जो आसानी से उपलब्ध होता है और पौधों की जड़ों द्वारा उपयोग में लाया जाता है। चिकनी मिट्टी में यह बारीक कण बलुई मिट्टी की तुलना में अधिक होते हैं जिसके कारण यह पानी अधिक सोखती है। जब मिट्टी में पानी डाला जाता है तो केशिका जल की पर्याप्त मात्रा को यह बनाये रखती है और इस क्षमता को क्षेत्रीय क्षमता (Field capacity) कहते हैं।

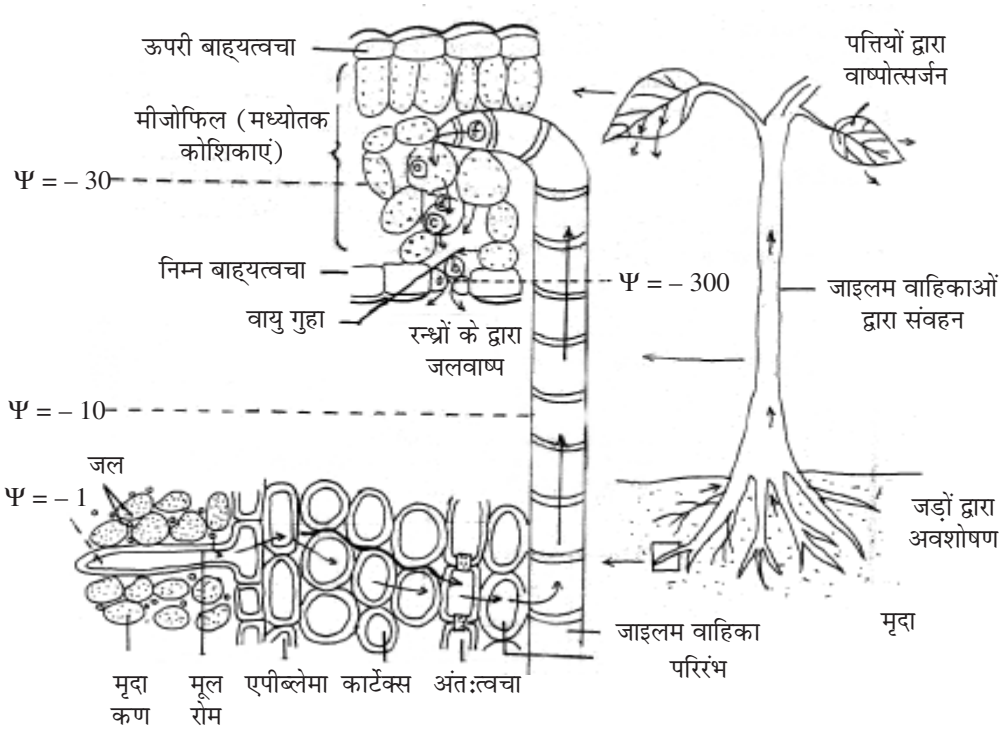
## 8.4 पौधों द्वारा पानी का अवशोषण

- पानी का अधिकांश भाग जो पौधों के लिए जरूरी होता है, जड़ों द्वारा अवशोषित किया जाता है, लेकिन कुछ स्थितियों में पानी को पत्तियों तथा तने द्वारा भी अवशोषित किया जाता है।
- मूलरोम विशेषत: रूपांतरित एपिडर्मल कोशिका (Epidermal cell) है जो मृदा से केशिका जल अवशोषित करने के लिए होती है।
- प्लाज़्मा झिल्ली और धानी झिल्ली (टोनोप्लास्ट) अर्धपारगम्य झिल्लियों की तरह काम करती हैं और पानी को परासरण द्वारा अवशोषित करते हैं।
- मृदा के विलयन का जल स्थिरांक मूल रोम की कोशिका की तुलना में उच्च होना चाहिए। तभी केवल पानी मूलरोम कोशिका में प्रवेश करेगा। एक बार मूलरोम में पानी प्रवेश करने के बाद वल्कुट (कोर्टिकल) कोशिकाओं, अंतस्त्वचा (एंडोडर्मिस), परिरम्भ (पेरिसाइकल) और तब जाइलम वाहिनियों में जाता है। यह शुद्ध रूप में जल स्थैतिक स्थिरांक पर निर्भर करती है।
- पौधों में पानी की गति निम्न दो पथों से होती है। ये हैं–संलवक (Symplast) और अपलवक (Apoplast) (चित्र 8.7a)




**चित्र 8.7a** पानी की गति के विभिन्न पथ

- सम्पूर्ण पौधे का कोशिका द्रव्य प्लाज्मोडेस्मेटा गुच्छ द्वारा जुड़ा रहकर एक स्थाई आकार का संलवक (Symplast) तंत्र बनाता है। कोशिकाओं में जल की गति इस संलवक पथ में परासरण विधि द्वारा होती है।
- कोशिका भित्ति और अंतरकोशिकीय अवकाश अपलवक पथ बनाते हैं जो पानी की गति को पौधे के अंदर केशिकात्व और अवशोषण द्वारा प्रवेश करने देती है। पानी जड़ों द्वारा अवशोषित करके अरीय रूप में जाइलम को भेजा जाता है, जहाँ से यह पौधों के द्वारा दूसरे भागों में। जाइलम वाहिनियों द्वारा पानी का ऊर्ध्वाकार रूप में परिवहन होता है। (चित्र 8.7b)




**चित्र 8.7b** जाइलम द्वारा मूलरोम से कार्टेक्स तक पानी का परिवहन

## जाइलम द्वारा पानी का संवहन

जाइलम वाहिकाओं में विद्यमान तरल पदार्थ को जाइलम रस (xylem sap) कहते हैं। जाइलम रस को ऊपर पहुँचाने की विधि को या जाइलम में रसारोहण को समझने के लिए विभिन्न सिद्धांत दिये गये हैं।

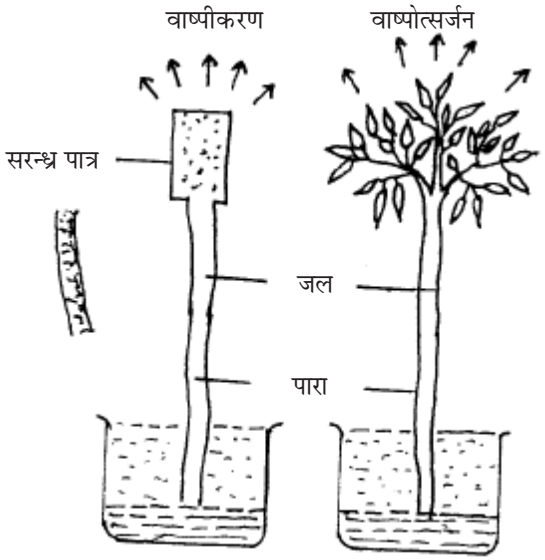
## मूल दाब सिद्धांत

यदि तने को उसके आधार से कुछ इंच ऊपर से तेज धार वाले चाकू से काटे तो जाइलम रस कटे हुए सिरों द्वारा बहता हुआ दिखाई देगा। इस परिघटना को रिसाव और इसके कारण जड़ तंत्र के भीतर एक सकारात्मक दाब उत्पन्न होती है। परासरण द्वारा लगातार पानी का अवशोषण होता है जिससे यह सकारात्मक दाब उत्पन्न हुई है। उसे मूल दाब यानि जड़ का दाब (Root pressure) कहते हैं। इस

दाब को मापा जा सकता है और इसका परास 3-5 एटमोस्फियर होता है। लेकिन इस दाब द्वारा छोटी ऊँचाई वाले शाकीय पौधों में पानी पर्याप्त मात्रा में पहंच जाता है।

### भौतिक बल सिद्धांत या संसंजन सिद्धांत

यह मत भौतिक बल के आधार पर लिया गया है जो कि बहुत लंबे पेड़ों के लिए कार्य करता है और बहुत ऊँचाई तक भी पानी पहुँचाता है। तीन बल जो एक साथ कार्य करते हैं वे हैं संसंजन बल (Cohesion) (पानी के अणुओं के बीच आकर्षण), आसंजन बल (Adhesion) (पानी और लिग्नोसेल्लुलोस की बनी जाइलम वाहिनियों की दीवारों के बीच) और वाष्पोत्सर्जन खिंचाव जो पानी के कालम को जाइलम वाहिनियों के अंदर तनाव उत्पन्न करने का कार्य करता है। पानी एक अखंडित कॉलम बनाते हुए पत्तियों को मीजोफिल स्थित अंतराकोशिकीय अवकाशों से होते हुए पत्तियों के जाइलम तथा तने और जड़ द्वारा मिट्टी से पानी पहुँचाता है। जल स्थैतिक नियतांक पत्तियों से लेकर जड़ के बीच में स्थित रहता है और वाष्पोत्सर्जन पूरे पानी के कॉलम में खिंचाव के कारण बनता है इसलिए जितना हो सके कॉलम एक अंखडित वातावरण प्रस्तुत करता है जिसके द्वारा पौधे मिट्टी से पानी को एक वाष्पोत्सर्जन खिंचाव के रूप में ऊपर ले जाते हैं।




**चित्र 8.8** पानी के अवशोषण पर वाष्पोत्सर्जन का प्रभाव

## 8.5 कार्बनिक विलेयों का स्थानांतरण

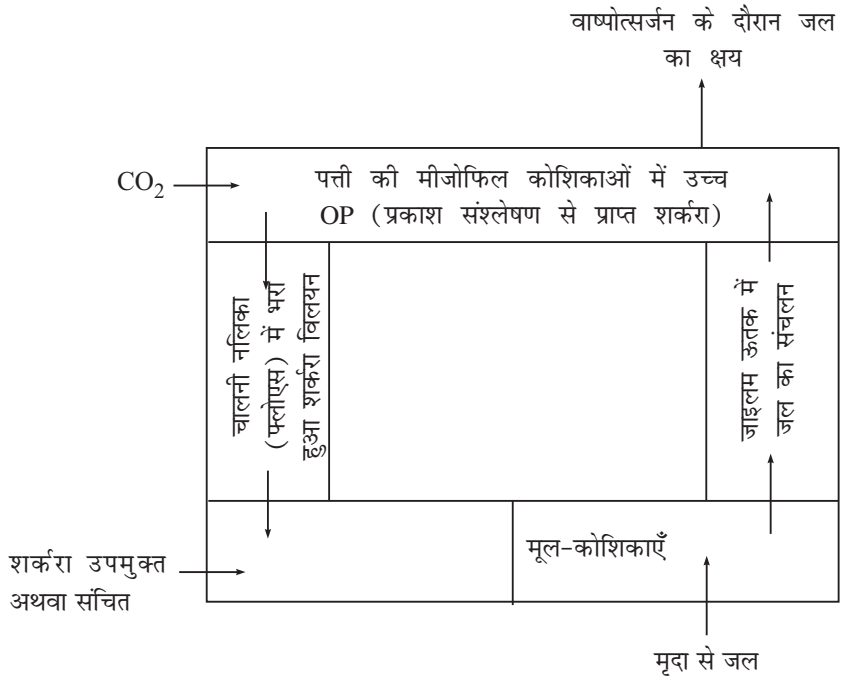
कार्बन और अकार्बनिक विलेय पदार्थों का पौधे के एक भाग से दूसरे भाग तक पहुँचने को **स्थानांतरण (स्थान + अंतरण) (Translocation)** कहते हैं। साधारण शब्दों में चालिनी नलिकाओं में शर्करा के परिवहन को **स्थानांतरण** कहते हैं।

कुछ प्रयोगात्मक तथ्य सुझाये गये हैं कि फ्लोएम एक ऐसा ऊतक है जो प्रकाश संश्लेषण के उत्पादों जैसे शर्करा को स्थानांतरित करने का काम करता है।

पत्तियों में प्रकाश संश्लेषण की क्रिया द्वारा शर्करा का उत्पादन होता है और इसे पौधों के सभी भागों की वृद्धि और विकास के लिए भेज दिया जाता है। पत्ती एक ऐसा साधन है जहाँ पर भोजन उत्पन्न होता है और पौधे के दूसरे भागों में जहाँ यह भोजन पहुँचाया जाता है सिंक (Sink) नाम से जाना जाता है। सिंक जड़, तना, फल और संचयन के अंग जैसे कंद, बल्ब, राइजोम इत्यादि हो सकते हैं। इस प्रकार जाइलम में पानी का अनचाहा संचरण जो कि एक दिशा से शुरू होकर जड़ से होकर पौधे के ऊपरी वायवीय भागों में भेजा जाता है, फ्लोएम स्थानांतरण पत्तियों द्वारा सभी दिशाओं में होता है।

## स्थानांतरण की क्रियाविधि (Mechanism of Translocation)

शर्करा विलयन को फ्लोएम चालिनी नलिका में पानी के स्थैतिक स्थिरांक के साथ स्रोत (पत्तियाँ) और सिंक (संचयन) कोशिकाओं के बीच गति करता है।



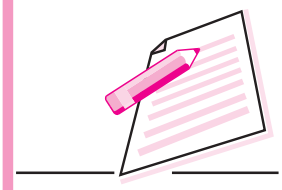

**चित्र 8.9** स्थानांतरण की प्रक्रिया

यह मॉडल मंच परिकल्पना या संहित प्रवाह मत (Munch hypothesis or mass flow theory) के नाम से जाना जाता है और फ्लोएम स्थानांतरण का सबसे अधिक स्वीकार्य मॉडल है।

## पाठगत प्रश्न 8.2

1. पौधे का कौन का भाग पानी और खनिज लवण अवशोषित करता है?

.....





2. प्लाज्मोडेस्मेटा क्या है?

.....

3. पौधों में स्थानांतरण कैसे होता है?

.....

4. रसारोहण की प्रक्रिया क्या है?

.....

5. मिट्टी में पानी किन तीन विभिन्न रूपों में उपस्थित रहता है।

.....

## 8.6 वाष्पोत्सर्जन (Transpiration)

### 8.6.1 वाष्पोत्सर्जन क्या है ?

पौधे के वायवीय भागों से जल वाष्प के रूप में हुई जल-क्षय को **वाष्पोत्सर्जन** (Transpiration) कहते हैं और द्रव रूप में इसे बिंदुस्राव (Guttation) कहते हैं।

पौधों में वाष्पोत्सर्जन मुख्यत: तीन प्रमुख स्थानों से होता है:

(i) क्यूटिकल (Cuticle), (ii) वातरन्ध्र (Lenticel), (iii) रन्ध्र (स्टोमेटा, stomata)

**(i) क्यूटिकल**–पत्तियों और शाकीय तनों का ऊपरी मोम जैसा आवरण क्यूटिकल है। यद्यपि इसका अर्थ यह हुआ कि वाष्पोत्सर्जन रूकेगा, परंतु लगभग संपूर्ण वाष्पोत्सर्जन का लगभग 10% भाग क्यूटिकल के द्वारा होता है और इसे उपचर्मीय (क्युटिकुलर) वाष्पोत्सर्जन के नाम से जाना जाता है।

**(ii) वातरन्ध्र**–पेड़ की छाल के ऊपर वातरन्ध्र पाये जाते हैं जो छितरे रूप से व्यवस्थित कोशिकाओं से निर्मित होते हैं और इनके द्वारा लगभग 0.1% जल का क्षय होता है। इसे वातरन्ध्रीय वाष्पोत्सर्जन कहते हैं।

**(iii) रन्ध्र**–पत्तियों की एपिडर्मिस में बहुत छोटे-छोटे रन्ध्र होते हैं जिनका खुलना और बंद होना द्वार कोशिकाओं (guard cells) द्वारा नियंत्रित होता है। पौधों में लगभग 90% जल का क्षय रन्ध्रों द्वारा होता है और इसे रन्ध्रीय (stomatal) वाष्पोत्सर्जन कहा जाता है।

### 8.6.2 वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रिया

वाष्पोत्सर्जन दो अवस्था में होता है:

(i) मीजोफिल कोशिकाओं से लेकर अंतराकोशिकीय अवकाशों तक पानी का वाष्पित होना।

(ii) अंतरकोशिकीय स्थानों से इस जल वाष्प का विसरण बाहरी वायुमंडल में होना, (जब बाहरी वायुमंडल अपेक्षाकृत कम नम हो)

### 8.6.3 वाष्पोत्सर्जन को प्रभावित करने वाले कारक

इस प्रक्रिया को प्रभावित करने वाले बहुत से बाह्य और आंतरिक कारक हैं–

(i) **तापमान (Temperature)**–तापमान में बढ़ोत्तरी से वाष्पोत्सर्जन की दर बढ़ती है जिससे कोशिकाओं की सतह से पानी के वाष्पन की दर भी बढ़ जाती है और वातावरण में आर्द्रता में कमी आ जाती है।

(ii) **वायु वेग (Wind velocity)**–वायु वेग में बढ़ोत्तरी से वाष्पोत्सर्जन की दर बढ़ने के द्वारा वायुमंडल से जलवाष्प के हटाने तथा आपेक्षिक आर्द्रता को कम करती है।

(iii) **प्रकाश (Light)**–वाष्पोत्सर्जन की दर पर प्रकाश का परोक्ष रूप से कोई सीधा प्रभाव नहीं पड़ता है, परंतु अपरोक्ष रूप से यह दर को दो तरीकों से प्रभावित करता है। प्रथम रन्ध्रों के खुलने की प्रक्रिया को नियंत्रित करके और दूसरा तापमान को प्रभावित करके। प्रकाश की तीव्रता बढ़ने से वाष्पोत्सर्जन की दर बढ़ती है क्योंकि रन्ध्र खुल जाते हैं और तापमान बढ़ता है।

(iv) **जल आपूर्ति (Water supply)**–मृदा में जल आपूर्ति में कमी के कारण अवशोषण की दर कम होने के कारण वाष्पोत्सर्जन की दर भी कम होती है। जब मिट्टी में पानी की अत्यधिक कमी होती है तो पौधों पर भी उसका प्रभाव होता है और वे मुरझाने से नहीं बच पाते हैं जब तक कि मिट्टी में पानी की आपूर्ति न की जाये। इसे स्थाई मुरझाना कहते हैं। जब गर्म और सूखी गर्मी के दिनों में पौधे जड़ से जितना पानी अवशोषित कर पाते हैं उससे कहीं ज्यादा वाष्पित करते हैं, तब मिट्टी में पर्याप्त मात्रा में पानी होता है, इसे अस्थायी मुरझाना कहते हैं। इस प्रकार के मुरझाने से पौधे शाम तक या रात को पुनः ठीक हो जाते हैं।

(v) **वायुमंडलीय दाब (Atmospheric pressure)**–वायुमंडलीय दाब में कमी होने से बाह्य वायुमंडल के घनत्व में कमी आती है इस प्रकार पानी का विसरण अत्यधिक मात्रा में होता है। अधिक ऊँचाई पर उगने वाले पौधों में वाष्पोत्सर्जन की दर अधिक दिखाई देती है जबकि उसमें मरुस्थलीय विशिष्टताएँ होती है।

**(vi) वायुमंडलीय आर्द्रता (Atmospheric humidity)**–आर्द्रता का अर्थ है कि वायु में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा। पानी का विसरण और वाष्पन वायुमंडल और वाष्प दाब स्थिरांक पर निर्भर होते हैं या फिर पत्ती के भीतर जल विभव स्थिरांक पर निर्भर होते हैं या फिर पत्ती के भीतर। जल विभव स्थिरांक में जितना ज्यादा अंतर होता है उतनी ही ज्यादा वाष्पोत्सर्जन की दर होगी।

### आंतरिक पादप कारक

- कुछ पौधों में अनुकूलनता वाष्पोत्सर्जन को कम करती है।
- पत्तियों के आकार में कमी, जिससे कुछ वाष्पोत्सर्जन सतह कम हो जाती हैं। मरुद्भिद पौधों में सुई जैसी या कांटो जैसी पत्तियाँ पाई जाती है (पाइन और ऑपेन्शिया) (नागफनी)।
- पत्तियों के सिरे पर क्यूटिकल की एक मोटी पर्त (मोम जैसा पदार्थ) का जमा होना।
- कनेर और साइकस में रन्ध्र रोमों से घिरे हुए गुहाओं में धंसे पाये जाते हैं।

- जड़ प्ररोह अनुपात, जब बहुत सारी जड़े हों और प्ररोह तंत्र या पत्तियाँ कम तब वाष्पोत्सर्जन अधिक होगा। जड़ें पानी अवशोषित करने का सतह और प्ररोह या पत्तियाँ पानी को वाष्पोत्सर्जित करने की सतह है। अधिक जड़-प्ररोह अनुपात अधिक वाष्पोत्सर्जन का कारण होगा।

### 8.6.4 वाष्पोत्सर्जन में रन्ध्रों की भूमिका

चूँकि रन्ध्रों द्वारा सबसे अधिक पानी का क्षय होता है, पौधे रन्ध्रों के खुलने और बंद करने की प्रक्रिया की डिग्री को नियमित करके पानी के क्षय को कम कर सकते हैं।

ऐसा देखा गया है कि दिन के दौरान (दैनिक परिवर्तन) रन्ध्रों का खुलना व बंद होना ऊष्मा और प्रकाश, कोशिका में जल की मात्रा और आर्द्रता के ऊपर निर्भर करता है। यह रात के समय अक्सर बंद रहते हैं।

सुबह से लेकर मध्याह्न तक रंध्र खुलते हैं और इसीलिए वाष्पोत्सर्जन मध्याह्न तक बढ़ता है।

दोपहर में अधिक धूप के समय रन्ध्र बंद रहते हैं और इसीलिए वाष्पोत्सर्जन कम होता हैं।

दोपहर बाद से लेकर शाम तक रंध्र दुबारा खुलते हैं और तब वाष्पोत्सर्जन बढ़ जाता है। रात्रि के दौरान रंध्र बंद हो जाते हैं और तब वाष्पोत्सर्जन काफी कम होता है।

### 8.6.5 रन्ध्र (Stomata)

#### रन्ध्र की संरचना

प्रत्येक रंध्र अत्यंत छोटे-छोटे छिद्र से मिलकर बना होता है जिन्हें स्टोमा (stoma) कहते हैं। यह दो द्वार कोशिकाओं (guard cell) से घिरा होता है।

(स्टोमा) स्फीत-चालित वाल्व की तरह कार्य करता है, जो द्वार कोशिकाओं की स्फीति के अनुसार बंद और खुलता है। द्वार कोशिकाओं की भित्ति असमान रूप से स्थूल होती है। स्टोमा के चारों ओर पायी जाने वाली कोशिका भित्ति दृढ़ और लचीली होती है और स्टोमा का एक तरफ का भाग पतला होता है। द्वार कोशिकाओं का आकार द्विबीजपत्री और एकबीजपत्री पत्ती में अलग-अलग होता है, यद्यपि प्रक्रिया दोनों में समान होती है।

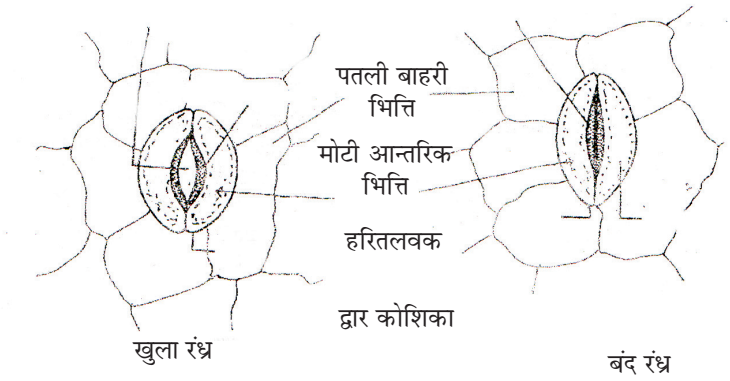
#### रंध्रीय-क्रिया की प्रक्रिया

रंध्रों का खुलना व बंद होना द्वार कोशिकाओं में उपस्थित स्फीति दाब के ऊपर निर्भर करता है। जब द्वार कोशिकाएँ सुदृढ़ होती है, तब रन्ध्र खुलते हैं और जब द्वार कोशिकाएँ पानी छोड़ देती है तो रन्ध्र बंद हो जाते हैं। द्विबीजपत्री और एकबीजपत्री पादपों में रंध्रों के खुलने और बन्द होने की क्रियाविधि नीचे दी गई है।

1. द्विबीजपत्री पौधों में द्वार कोशिकाएं वृक्क के आकार की होती हैं। स्टोमा के चारों ओर की आंतरिक दीवारें बाहरी दीवारों की अपेक्षा मोटी होती हैं।

A. जब द्वार कोशिकाएँ स्फीति दाब के कारण फूल जाती हैं → द्वार कोशिकाएँ फैलती हैं → दृढ़ आंतरिक कोशिकाएँ उत्तल हो जाती हैं → रंध्र खुलते जाते हैं।

B. जब द्वार कोशिकाओं का स्फीति दाब कम हो जाता है → द्वार कोशिकाएँ ढ़ीली हो जाती हैं → आंतरिक कोशिका भित्ति नजदीक आ जाती है → रन्ध्र बंद हो जाते हैं।

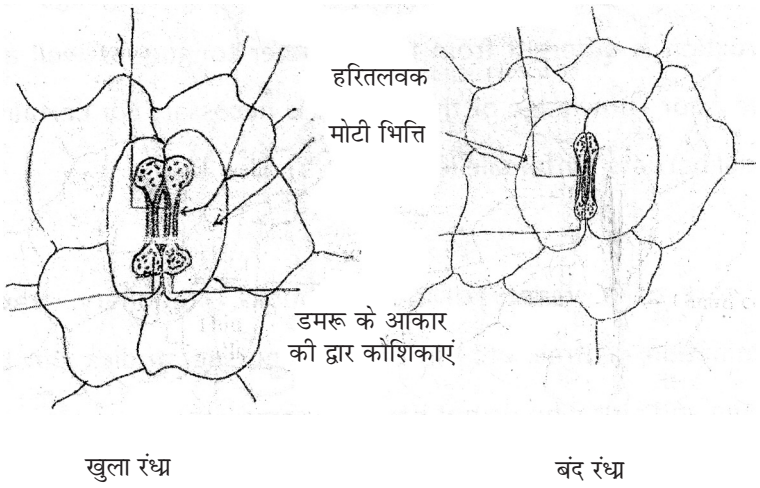



**चित्र 8.10** द्विबीजपत्री पौधों की रंध्रीय क्रिया

2. एकबीजपत्री पौधों में द्वार कोशिकाएँ गुम्बद के आकार की होने के साथ-साथ फूले हुए भाग की भित्ति मोटी होती है।

A. जब द्वार कोशिकाएँ स्फीति हो जाती है → पतली भित्ति वाले भाग उभर जाते हैं और फूल जाते हैं → बढ़ती है → मोटी दीवारें अलग अलग हो जाती है → रन्ध्र खुल जाते हैं।

ऐसी धारणा लंबे समय से थी कि स्फीति में बदलाव आने से रन्ध्र खुलते और बंद होते हैं, लेकिन इसमें स्फीति किस कारण से कम-ज्यादा होती है, इस बात की व्याख्या करना आवश्यक था।




**चित्र 8.11** एकबीजपत्री पौधों में रंध्रीय क्रिया

टिप्पणी

## 1. स्टार्च शर्करा परिकल्पना

यह परिकल्पना प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया के दौरान शर्करा के सान्द्रण में बढ़ोत्तरी के आधार पर प्रकट होती है और जब दिन के दौरान पानी का अन्तः परासरण रंध्रों के खुलने के लिए प्रेरित करता है और इसके विपरीत इसका अर्थ बाह्य परासरण की क्रिया के दौरान शर्करा के सांद्रण में कमी रात्रि में रंध्रो को बंद करने की प्रक्रिया को पूरी करता है। द्वार कोशिकाओं में दिन के दौरान आये बदलाव अर्थात् प्रकाश में और रात्रि में अर्थात् अंधेरे में नीचे दिये गये हैं–

**प्रकाश (दीप्ति में अभिक्रियाएँ)**

↓

प्रकाशसंश्लेषण के दौरान $CO_2$ का उपयोग

↓

$CO_2$ की कमी से pH बढ़ने में मदद मिलती है या जीवद्रव्य क्षारीय हो जाता है।

↓

स्टार्च को शर्करा में बदलना

↓

विलेय का सान्द्रण बढ़ना

↓

अन्य एपीडर्मल कोशिकाओं से अंतः परासरण द्वारा पानी का द्वार कोशिकाओं तक जाना

↓

द्वार कोशिकाओं का स्फीति दाब बढ़ना

↓

रन्ध्रों का खुलना

**(A) रन्ध्रों का प्रकाश में खुलना**

**अंधेरे (अदीप्ति) में अभिक्रियाएँ**

↓

प्रकाशसंश्लेषण की अनुपस्थिति के कारण $CO_2$ का एकत्र होना

↓

अम्लता में वृद्धि या कार्बोनिक अम्ल के निर्माण के कारण pH में कमी

↓

शर्करा का स्टार्च में बदलना

↓

विलेय का सांद्रण घटना

↓

पानी का बहि:परासरण

↓

स्फीति दाब का घटना

↓

रन्ध्रों का बंद होना

**(B) रंध्रों का अंधेरे में बंद हो जाना हैं।**

यह सिद्धांत रंध्रीय गति की व्याख्या नहीं कर सकता है जहाँ पर द्वार कोशिकाओं में स्टार्च अनुपस्थित रहता है या फिर द्वार कोशिकाओं में क्लोरोप्लास्ट की कमी होती है और रात में रंध्र खुलते हैं और कुछ पौधों में जैसे मांसल (कैक्टस) में दिन के समय में रन्ध्र बंद होते हैं।

### रन्ध्रों पर पोटैशियम आयन ($K^+$) का प्रभाव :

यह प्रमाणित हो चुका है कि $K^+$ आयनों के एकत्रित होने से रंध्र खुल जाते हैं और $K^+$ आयनों में कमी होने के कारण रंध्र बंद हो जाते हैं।

**दिन के दौरान** द्वारा कोशिकाओं

द्वारा $K^+$ आयनों को एकत्र करना

↓

विलेय के सान्द्रण में वृद्धि

↓

स्फीतिता में वृद्धि

↓

रंध्र खुलना

**रात्रि/अंधकार के दौरान** द्वार कोशिकाओं

द्वारा $K^+$ आयनों की संख्या में कमी

↓

विलेय के सान्द्रण में कमी

↓

स्फीतिता में कमी

↓

रंध्र का बंद होना

$K^+$ आयन के अन्त:ग्रहण को निम्न में से किसी एक द्वारा संतुलित किया जाता है–

(a) **क्लोराइड ($Cl^-$) आयनों का एनायन के रूप में अंत:ग्रहण :** ये कोशिकाएँ क्लोरोप्लास्ट रहित होती हैं और क्लोराइड $Cl^-$ आयनों को एनायन के रूप में लेने से $K^+$ आयनों का अंतर्वहन संतुलित रहता है।

(b) **कार्बनिक अम्लों से $H^+$ आयन के परिवहन द्वारा निकलना :** कुछ पौधों में द्वार कोशिकाओं में स्टार्च पाया जाता है। कार्बनिक अम्ल जैसे मैलेट का एकत्र होकर स्टार्च में परिवर्तन से प्रकाश में मौलिक अम्ल बनता है। यह कार्बनिक अम्ल वियोजित होकर मैलेट और $H^+$ आयन बनाता है। पोटैशियम मैलेट के साथ अभिक्रिया करके पोटैशियम मैलेट बनाता है जिससे विलेय का सान्द्रण बढ़ जाता है।

(c) पोटैशियम आयनों का प्रवेश प्रोटानों ($H^+$) के बाहर निकलने से संतुलित होता है।

### (iii) एब्सिर्सिस अम्ल का कार्य

ऐसा देखा गया है कि मिट्टी में पानी की कमी के दौरान या फिर प्रबल सौर विकिरण के कारण से एक पादप हॉर्मोन एब्सिसिस अम्ल पत्तियों में एकत्र हो जाता है और रंध्रों को बंद करने में अहम भूमिका निभाता है। इस प्रकार इसकी अधिक मात्रा में पानी की कमी पर रोक लगती है। प्रायोगिक दशाओं की स्थिति में भी जब पत्तियों पर एब्सिसिस अम्ल छिड़का जाता है तो द्वार कोशिकाएँ बंद हो जाती हैं और पानी की क्षति को रोका जा सकता है।

## 8.6.6 वाष्पोत्सर्जन का महत्त्व

**(i) पानी के अवशोषण में :** वाष्पोत्सर्जन मृदा से पानी के अवशोषण की दर को प्रभावित करता है।

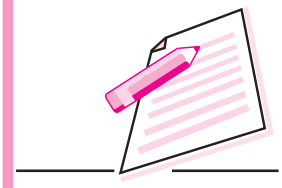
**(ii) जल गति वेग :** वाष्पोत्सर्जन द्वारा जल ऊपर की ओर चढ़ता है और कोशिका की रिक्तिकाओं से गुजरता है। जिससे कोशिकाएँ स्फीति हो जाती है। यह कोशिकाओं को आकार और प्रकार देता है और एक पौधे को रूप भी।

**(iii) खनिज लवणों का परिवहन :** जल की धारा ऊपर की ओर बढ़ते हुए घुले खनिजों को पौधे के विकास के लिए ले जाती है। वाष्पोत्सर्जन इन खनिजों के वितरण को संपूर्ण पौधे में भेजने में भी मदद करता है।

**(iv) ठंडक :** वाष्पोत्सर्जन के दौरान पानी के वाष्पन से पत्तियाँ ठंडी रहती है।

**(v) गर्मी से होने वाली क्षति से बचाव :** कुछ पौधों जैसे कैक्टस वाष्पोत्सर्जन को कम करके पानी संचित रखता है। यह पानी पौधों को उच्च तापमान और तीव्र धूप से बचाता है।

रंध्र हमेशा दिन के समय कार्बन डाईआक्साइड को अवशोषित करने के लिए खुले रहते हैं और एक महत्त्वपूर्ण प्रक्रिया प्रकाशसंश्लेषण के लिए ऑक्सीजन को छोड़ते रहते हैं। जब रंध्र इस महत्त्वपूर्ण गैसीय विनिमय के लिए अक्सर खुले रहते हैं तो जलवाष्प का बाहर निकलना नियंत्रित नहीं किया जा सकता





है। इस प्रकार एक बेकार की क्रिया में पानी की गति होती है जो कि रोकी नहीं जा सकती, क्योंकि कुछ महत्त्वपूर्ण कार्य करने के लिए रंध्रों को खुला रहना चाहिए जिससे कि दिन के समय प्रकाश संश्लेषण के लिए कार्बन डाईऑक्साइड का अवशोषण किया जा सके। यही वह कारण है जिसके लिए कर्टिस (1926) ने वाष्पोत्सर्जन को एक जरूरी बुराई कहकर सम्बोधित किया है।

**रंध्रीय गति को प्रभावित करने वाले कारक :** कोई भी दशा जो द्वार कोशिकाओं की स्फीति का कारण होती है वही रंध्रीय गति का कारण भी होगी:

1. द्वार कोशिकाओं के विलयन का सान्द्रण जिसके द्वारा द्वार कोशिकाओं में पानी की गति होती है। वह इन कोशिकाओं को और दृढ़ बनाता है।

2. द्वार कोशिकाओं में उपस्थित क्लोरोप्लास्ट प्रकाश की उपस्थिति में प्रकाश संश्लेषण क्रिया का कारण होता है और तब द्वारा कोशिकाओं में शर्करा एकत्र होती है।

3. द्वार कोशिकाओं में पोटेशियम आयनों का सान्द्रण होता है।

### 8.6.7 प्रतिवाष्पोत्सर्जक (Anti transpirants)

बहुत-सी अनाज की फसलें सूखे मौसम में बहुत कम उत्पादन देती है ऐसा इसलिए भी होता है क्योंकि पौधे की जड़ों द्वारा सोखा गया पानी वाष्पोत्सर्जन द्वारा हुई पानी की क्षति से कहीं अधिक होता है। वाष्पोत्सर्जन की दर को कम करने के लिए विभिन्न प्रकार के रसायनों का छिड़काव करते हैं जिन्हें प्रतिवाष्पोत्सर्जक कहते हैं, छिड़कते हैं। ये रसायन $CO_2$ ग्रहण करने की प्रक्रिया को प्रभावित नहीं करते हैं। दो तरह से वाष्पोत्सर्जन में कमी के लक्ष्य को प्राप्त किया जा सकता है।

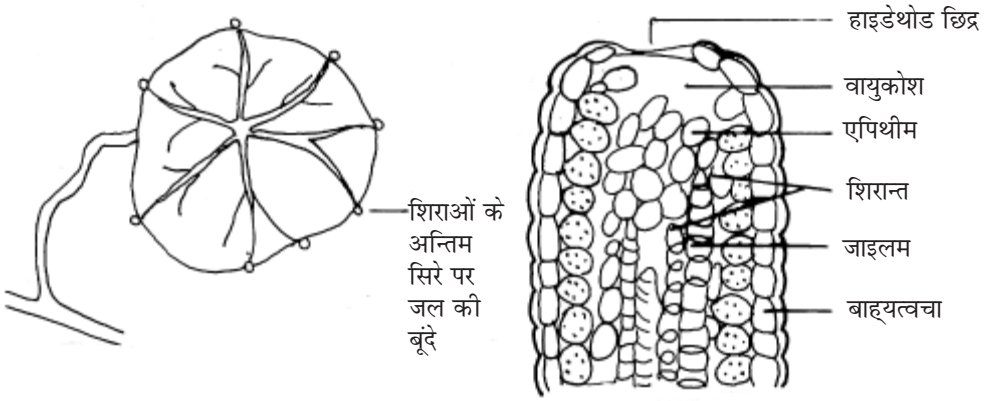
1. रसायन जैसे फिनाइल मरक्यूरिक ऐसीटेट (PMA) और एब्सिसिक अम्ल (ABA) आंशिक रूप से रंध्रों को बंद करके कुछ हद तक वाष्पोत्सर्जन को रोकता है।

2. कुछ मोम जैसे पदार्थ जैसे सिलिकन इमल्शन पत्ती के ऊपर झिल्ली जैसा आवरण बना लेती है और $CO_2$ ग्रहण करने की प्रक्रिया रंध्र की हुए बिना भी प्रभावित ही करती है।

**बिन्दुस्राव** (Guttation) **:** अक्सर ऐसा देखा गया है कि सुबह-सवेरे बूंदों की शक्ल में शाकीय पौधों की पत्तियों के किनारों या सिरों पर छोटी-छोटी जल की बूंदे दिखाई पड़ती है। (चित्र 8.12a) ऐसे पौधें जिनमें वाष्पोत्सर्जन की दर कम हो और मूल दाब (root pressure) अधिक हो तो ये द्रवीय जल शिराओं के अंतिम छोर पर दिखाई देता है।

- यह विशिष्ट रचना वाले छिद्र जिन्हें हाइडेथोड कहते हैं शिराओं के अंतिम छोर पर उपस्थित होते हैं।

- यह घास की नई-नई पौंधो में सामान्यतया: पाई जाती है और सदाबहार वर्षा वनों में गर्मी और आर्द्र रातों के कारण पाये जाते हैं। टमाटर और नस्टरशियम इसके सामान्य उदाहरण हैं।



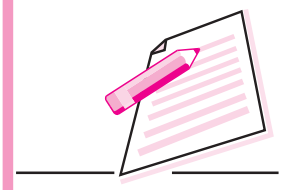

**चित्र 8.12** (a) नस्टरशियम की पत्ती के सिरों में बिंदुस्राव को दिखाते हुए
(b) पत्ती के ऊर्ध्वाधर काट में हाइडेथोड को दर्शाते हुए

| वाष्पोत्सर्जन | बिन्दुस्राव |
|---|---|
| 1. पानी जलवाष्प के रूप में बाहर निकलता है। | 1. पानी जल की बूंदों के रूप में बाहर आता है। |
| 2. यह प्रक्रिया रंध्रों/क्यूटिकल और वातरंधों द्वारा है। | 2. यह प्रक्रिया विशेष छिद्रों हाइडेथोडस द्वारा होती है। |
| 3. यह दिन के समय और उच्च तापमान पर होता है। | 3. यह रात में और कम तापमान पर होती है। |
| 4. जल वाष्प शुद्ध जल के रूप में बाहर निकलता है और उसमें कोई भी खनिज नहीं पाया जाता है। | 4. जल पानी में घुले हुए खनिज पदार्थों के साथ बाहर निकलता है। इसमें नमक और ऐमीनो एसिड पाए जाते हैं। |
| 5. बढ़ा हुआ वाष्पोत्सर्जन एक भौतिक अभिक्रिया है (देखिए आसजन भौतिक बल सिद्धांत) | 5. यह अभिक्रिया उस बढ़े मूल दाब के कारण होता है जब वावीय प्ररोह तनय में तन बढ़ता है जब जड़ों के द्वारा जल का अवशोषण, वायवीय अंगों से वाष्पोत्सर्जन की अपेक्षा अधिक होता है। |

## पाठगत प्रश्न 8.3

1. द्वार कोशिकाओं में उस दाब का नाम बताइए जो रंध्रों के खुलने और बंद होने के लिए जिम्मेवार है?

.....





2. एकबीजपत्रीय और द्विबीजपत्रीय पादपों में द्वार कोशिकाओं के आकार बताइए।

.....

3. रंध्र और हाइडेथोड में कोई एक अंतर बताइए?

.....

## आपने क्या सीखा?

- पानी की गति एक कोशिका से दूसरी कोशिका तक कोशिकाओं के जल विभव के ऊपर निर्भर करती है।
- जल हमेशा निम्न विलेय सान्द्रण (उच्च जल विभव) वाले क्षेत्र से उच्च विलेय सान्द्रण (निम्न जल विभव) की तरफ गति करता है यानि इसका अर्थ है कि जल के विभव प्रवणता के साथ गति करता है।
- अधिक सान्द्रण वाले विलयन का परासरणीय विभव उच्च होता है इसे पहले परासरणीय दाब कहा जाता था।
- परासरणीय दाब को ऊर्जा के संदर्भ में व्यक्त करते हैं। जल हमेशा उच्च स्वतंत्र ऊर्जा वाले क्षेत्र से निम्न स्वतंत्र ऊर्जा वाले क्षेत्र में गति करता है।
- जल स्थैतिक किसी विलयन के पानी को बाहर निकालने की क्षमता है। इसका पाई ($\psi$) शब्द से प्रदर्शित किया जाता है। यह द्रव के सान्द्रण और बाहरी दाब के कारण प्रभावित होता है।
  - शुद्ध जल का $\psi = 0$
  - अधिक विलेय अर्थात् निम्न जल विभव
  - एक ऐसा विलयन जिसका जल विभव शुद्ध जल की तुलना में कम होता है।
  - विलयन का जल विभव एक नकारत्मक अंक होता है इसका अर्थ है शून्य से कम
- पौधे जल का अवशोषण अपनी जड़ों मुख्यत: मूलरोमों द्वारा मृदा से परासरण द्वारा करते हैं। जीवद्रव्य में पानी की बढ़ी हुई मात्रा के कारण कोशिका भित्ति के ऊपर एक स्फीति दाब पड़ता है।
- कोशिका भित्ति द्वारा लगाया गया समान और विपरीत बल को भित्ति दाब कहते हैं।
- मृदा में जल, गुरुत्वीय जल, आर्द्रताग्राही जल (पौधों के लिए अत्यंत अल्पमात्रा में उपलब्ध) और केशिकीय जल (पौधे के लिए अत्यधिक मात्रा में उपलब्ध) रूप में रहता है।
- मूलरोम द्वारा अवशोषित होने वाला जल का बहाव जाइलम वाहिकाओं में मुख्यत: अपलवक (एपोप्लास्ट) पथ द्वारा आगे होता है।
- जाइलम वाहिकाओं से पत्तियों की ओर जाने वाला जल जल विभव प्रवणता द्वारा जैसा कि संसंजन-तनाव सिद्धान्त द्वारा (सर्वमान्य स्वीकृत) गति करता है।

- पौधों में रंध्रों द्वारा पानी के वाष्पोत्सर्जन या वाष्पीकरण से एक खिंचाव पैदा होता है जिससे पानी एक कॉलम की तरह ऊपर जाता है यह वाष्पोत्सर्जन द्वारा उत्पन्न संसंजन और तनाव बल के कारण होता है।

  कुछ पौधों में उच्च मूल दाब तथा निम्न वाष्पोत्सर्जन के कारण बिंदुस्राव होता है।
- द्वार कोशिकाओं की स्फीतिता को स्टार्च के शर्करा में परिवर्तन में हुई बढ़ोतरी द्वारा तथा $K^+$ आयनों के संचयन द्वारा समझाया जा सकता है।
- विभिन्न पर्यावरणीय कारक जैसे–तापक्रम, प्रकाश, वायु, आर्द्रता और आंतरिक कारक जैसे पत्ती की संरचना और जड़-प्ररोह अनुपात वाष्पोत्सर्जन को प्रभावित करते हैं।
- वाष्पोत्सर्जन न केवल रसारोहण करता है बल्कि यह ठंडक भी प्रदान करता है और पौधे को ऊष्मीय क्षति यानि गर्मी से भी बचाता है।
- जब वाष्पोत्सर्जन की दर जल अवशोषण की दर से अधिक होती है तो यह पौधे के मुरझाने की अस्थायी प्रक्रिया (अस्थायी म्लानन - temporary wilting) को दर्शाता है।
- जब कोई पादप मृदा में पानी की कमी के कारण मुरझाता है तो यह स्थिति स्थायी म्लानन (permanent wilting) कहलाती है

## पाठांत प्रश्न

1. पौधों में दो प्रकार के निष्क्रिय अवशोषणों के नाम बताइए?
2. विसरण किस प्रकार से पौधों के लिए महत्त्वपूर्ण है?
3. उन विभिन्न कारकों के नाम बताइए जो पौधों में परासरण की प्रक्रिया को प्रभावित करते हैं?
4. स्फीति दाब और भित्ति दाब में अंतर बताओ?
5. द्विबीजपत्री पौधों में रंध्रीय क्रिया की प्रक्रिया पर चर्चा कीजिए?
6. कोई भी चार उन कारकों का वर्णन कीजिए जिनसे पौधे में वाष्पोत्सर्जन प्रभावित होता है?
7. पोटेटो ऑस्मोमीटर द्वारा परासरण प्रक्रिया को प्रदर्शित करने वाले एक प्रयोग का वर्णन कीजिए?
8. पौधों में पानी को ऊपर भेजने के आसंजन तनाव सिद्धांत की चर्चा कीजिए?
9. विलेय पदार्थों के स्थानांतरण प्रक्रिया का वर्णन कीजिए? पौधों में विलेय पदार्थों के स्थानांतरण की सबसे उपयुक्त सिद्धांत का नाम बताइये? इस सिद्धांत को किसने प्रस्तावित किया?
10. पौधों में जल की गति के संलवक (symplast) और अपसंलवक (Apoplast) (पथ) के बीच अंतर स्पष्ट कीजिए।
11. वाष्पोत्सर्जन की परिभाषा लिखिए।
12. पुराने पौधों की छाल में जिन छिद्रों के द्वारा वाष्पोत्सर्जन होता है, उनके नाम बताइये?
13. वाष्पोत्सर्जन को एक आवश्यक बुराई (हानिकारक प्रक्रिया) क्यों माना जाता है?
14. किसी उस विधि का वर्णन कीजिए जिससे मरुस्थलीय पौधे वाष्पोत्सर्जन को रोकते हैं।
15. वाष्पोत्सर्जन और बिन्दुस्राव के बीच एक मुख्य अंतर बताइए।

## पाठगत प्रश्नों के उत्तर

**8.1** 1. अणुओं की गति उनके उच्च सान्द्रण वाले क्षेत्र से निम्न सान्द्रण वाले क्षेत्र में।

2. परासरण के लिए अर्धपारगम्य झिल्ली की आवश्यकता है जबकि विसरण के लिए आवश्यक नहीं।

3. विसरण।

4. रक्त कोशिकाओं से पानी बाहर निकलेगा और वे सिकुड़ेगीं।

5. जब कोशिकाओं को अतिपरासारी विलयन में रखा जाता है।

6. अंतः शोषण।

**8.2** 1. जड़ें।

2. पौधों की कोशिकाओं के बीच में कोशिकाद्रव्य संबंध।

3. फ्लोएम द्वारा।

4. जड़ों से पत्तियों तक जल और खनिजों का जाना (गति करना) जो कि जमीन से पौधों के सिरों तक होता है।

5. गुरुत्वीय, आर्द्रताग्राही और केशिकीय जल।

**8.3** 1. स्फीति दाब।

2. द्विबीजपत्री–वृक्क के आकार की

एकबीजपत्री–गुदा के आकार की

3. रंध्र–पत्तियों की सतह पर पाये जाने वाले छिद्र जिनसे पानी जलवाष्प के रूप में विसरित होता है।

हाइडेथोड–पत्तियों के किनारों पर पाये जाने वाले विशिष्ट छिद्र जिनसे पानी बूंदों के रूप में बाहर निकलता है।