इकाई चार

पादप कार्यकीय (शरीर क्रियात्मकता)

अध्याय 11
पौधों में परिवहन

अध्याय 12
खनिज पोषण

अध्याय 13
उच्च पादपों में प्रकाश-संश्लेषण

अध्याय 14
पादप में श्वसन

अध्याय 15
पादप वृद्धि एवं परिवर्धन

एक समय के पश्चात जैव संरचना का वर्णन एवं जीवित जैविकों की विभिन्नता (विवरण) का अंत दो अलग रूप में हुआ जो जीव विज्ञान में स्पष्ट रूप से परस्पर विरोधी परिप्रेक्ष्य के थे। यह दो परिप्रेक्ष्य शुरूआती दौर पर जीवन स्वरूप एवं प्रतिभास के संगठन के दो स्तरों पर आधारित था। इसमें एक को जैव स्वरूप संगठन के स्तर पर वर्णित किया गया जबकि दूसरे को संगठन के कोशिकीय एवं अणु स्तर में वर्णित किया गया। परिणामस्वरूप पहला परिस्थिति-विज्ञान तथा इससे संबंधित विज्ञान के अंतर्गत था जबकि दूसरा शरीर विज्ञान एवं जैव-रसायन शास्त्र के रूप में स्थापित हुआ। पुष्पी पादपों में शरीर वैज्ञानिक प्रक्रमों का वर्णन एक उदाहरण के तौर पर है, जिसे इस खंड के अध्यायों में दिया गया है। पादपों में खनिज पोषण, प्रकाश-संश्लेषण, परिवहन, श्वसन तथा पादप वृद्धि एवं परिवर्धन को अंततः आण्विक भाषा में ही कोशिकीय कार्यविधि और यहाँ तक कि जैविक स्तर को संदर्भित किया गया है। जहाँ भी औचित्यपूर्ण पाया गया है, वहाँ पर पर्यावरण के संदर्भ में शरीर वैज्ञानिक प्रक्रम के संबंधों की भी चर्चा की गई है।

मेलविन कैलविन
(1911 -)

मेलविन कैलविन का जन्म अप्रैल 1911 में मिनसोटा (यू.एस.ए.) में हुआ था और आपने मिनसोटा विश्वविद्यालय से रसायन शास्त्र में पी.एच.डी. की उपाधि प्राप्त की। आपने बर्कले की केलीफोर्निया यूनीवर्सिटी के रसायन शास्त्र के प्रोफेसर के पद पर सेवाएं प्रदान की।

द्वितीय विश्व युद्ध के ठीक बाद, जब पूरा विश्व हिरोशिमा-नागासाकी की विस्फोटक घटना से रेडियोधर्मिता के दुष्प्रभाव को देखकर दु:ख से स्तब्ध था, तब मेलविन और उनके सहकर्मी ने रेडियोधर्मिता के लाभदायक उपयोगों को प्रकट किया। आपने जे.ए. बाशाम के साथ मिलकर C_{14} के साथ कार्बनडाइऑक्साइड के लेबलप्रविधि द्वारा कच्ची सामग्री जैसे कार्बनडाइऑक्साइड जल एवं खनिजो जैसे तत्वों से तथा शर्करा रचना से ग्रीन प्लांट्स (हरित पादपों) में प्रतिक्रिया का अध्ययन किया था। मेलविन ने प्रस्तावित किया कि पौधे प्रकाश ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में बदल देते हैं, जिसके लिए एक वर्णक अणुओं के संगठित ऐरे (समूह) तथा अन्य तत्वों में एक इलेक्ट्रॉन को स्थानांतरित करते हैं। प्रकाश-संश्लेषण में कार्बन के स्वांगीकरण के पाथवे के प्रतिचित्रण करने पर आपको 1961 में नोबल पुरस्कार प्राप्त हुआ।

मेलविन के द्वारा स्थापित किए गए प्रकाश-संश्लेषण के सिद्धांत, आज भी, ऊर्जा एवं पदार्थो के लिए पुन: स्थापन योग्य संसाधनों के अध्ययन तथा सौर-ऊर्जा अनुसंधान में आधारभूत अध्ययनों के लिए भी उपयोग किया जाता हैं।

अध्याय 11

पौधों में परिवहन

11.1 परिवहन के माध्यम

11.2 पादप-जल संबंध

11.3 लंबी दूरी तक जल का परिवहन

11.4 वाष्पोत्सर्जन

11.5 खनिज पोषकों का उद्ग्रहण एवं परिवहन

11.6 फ्लोएम परिवहन: उद्गम से झुंड तक प्रवाह

क्या आपको कभी आश्चर्य नहीं हुआ है कि वृक्षों की सबसे ऊँची शिखर तक पानी कैसे पहुँचता है, या फिर इस बात के लिए कि पदार्थ एक कोशिका से दूसरी कोशिका की ओर कैसे बढ़ जाते हैं और ये पदार्थ समान प्रकार से एक दिशा में चलते हैं? क्या इन तत्वों को आगे बढ़ने के लिए उपापचयी ऊर्जा की आवश्यकता होती है? पेड़-पौधों को जंतुओं की अपेक्षा कहीं अधिक दूरी तक अणुओं को ले जाने की आवश्यकता होती है जबकि उनमें किसी प्रकार का परिवहन तंत्र नहीं होता। जड़ों द्वारा ग्रहण किया गया पानी पौधों के सभी भागों तक पहुँचता है, जो बढ़ते हुए तने के अग्र भाग तक जाता है। पत्तियों द्वारा संपन्न प्रकाश-संश्लेषण के परिणामस्वरूप उत्पन्न उत्पाद भी पौधों के सभी अंगों तक पहुँचते हैं और मृदा की गहराई में अंत:स्थापित जड़ों के शीर्ष तक जाते हैं। यह गतिशीलता लघु दूरी तक, कोशिका के अंदर या झिल्लिका के आर-पार और ऊतक के अंतर्गत एक कोशिका से दूसरी कोशिका तक बनी रहती है। पेड़-पौधों में होने वाली इस परिवहन विधि को समझने के लिए, हमें सबसे पहले कोशिका की आधारभूत बनावट तथा पौधे की शरीर-रचना विज्ञान के बारे में मूल जानकारी को पुन: स्मरण करना होगा और इसके साथ ही साथ हमें विसरण, विभव एवं आयन के बारे में जानकारी भी प्राप्त करनी होगी।

जब हम पदार्थों के परिवहन की बात करते हैं तो सबसे पहले हमें यह पारिभाषित करना आवश्यक होता है कि हम किस प्रकार की गति और किन पदार्थों की चर्चा कर रहे हैं। पुष्पीय पौधों में जिन पदार्थों का परिवहन होता है, उनमें जल, खनिज पोषक, कार्बनिक पोषक एवं पौधों के वृद्धि नियामक मुख्य हैं। कम दूरी तक पदार्थों की गति, प्रसरण एवं साइटोप्लाजमिक धारा सक्रिय परिवहन की मदद से हो सकता है। लंबी दूरी के लिए परिवहन, संवहनीय तंत्र (जाइलम तथा फ्लाऐम) द्वारा संपन्न होता है और इसे **स्थानांतरण** कहा जाता है।

एक महत्त्वपूर्ण पहलू जिस पर ध्यान देने की आवश्यकता है; वह परिवहन की दिशा है। मूलीय पादपों में जाइलम परिवहन (पानी और खनिजों का) आवश्यक रूप से एक दिशात्मक अर्थात् मूल से तने तक होता है। कार्बनिक और खनिज पोषकों का परिवहन बहुदिशात्मक होता है। प्रकाश-संश्लेषिक पत्तियों द्वारा संश्लेषित कार्बनिक यौगिकों को पौधे के सभी अंगों जिनमें भंडार अंग भी सम्मिलित हैं, तक पहुँचाया जाता है। बाद में भंडार अंगों से इन्हें पुनः परिवहनित किया जाता है। जड़ों द्वारा खनिज पोषक तत्वों को जड़ों द्वारा ग्रहण करके उसे तने, पत्तियों एवं वृद्धि क्षेत्रों तक भेजा जाता है। जब किसी पौधे का कोई भाग जरावस्था को प्राप्त करता है तो उसे क्षेत्र के पोषकों को वापस लेकर वृद्धि करने वाले क्षेत्रों की ओर भेज दिया जाता है। हार्मोन या पादप वृद्धि नियामक तथा अन्य रसायन-उत्तेजक भी परिवहनित किए जाते हैं, यद्यपि इनकी मात्रा बहुत कम होती है। कई बार ये एक ध्रुवीय या एक दिशायी होते हैं और संश्लेषित स्थान से दूसरे भागों तक परिवहनित होते हैं। अतः एक पुष्पीय पौधे में यौगिकों का आवामगन काफी जटिल (लेकिन संभवतः बहुत क्रमानुसार) और विभिन्न दिशाओं में होता है। प्रत्येक अंग कुछ पदार्थों को ग्रहण करता है तथा कुछ दूसरों को देता है।

11.1 परिवहन के माध्यम

11.1.1 विसरण

विसरण द्वारा गति निष्क्रिय होती है तथा यह कोशिका के एक भाग से दूसरे भाग तक या कोशिका से अन्य कोशिका तक कम दूरी तक या ऐसा कह सकते हैं कि पत्तियों के अंतरकोशिकीय स्थान से बाह्य पर्यावरण तक कुछ भी हो सकती है। इसमें ऊर्जा का व्यय नहीं होता। विसरण में अणु अनियमित रूप से गति करते हैं, परिणामस्वरूप पदार्थ उच्च सांद्रता से निम्न सांद्रता वाले क्षेत्र में जाते हैं। विसरण एक धीमी प्रक्रिया है तथा वह जीवित तंत्र पर निर्भर नहीं करती। विसरण गैस द्रव में स्पष्ट परिलक्षित होती है जबकि ठोस में ठोस का विसरण कुछ अंश तक ही संभव है। पौधों के लिए विसरण अत्यंत ही महत्त्वपूर्ण है क्योंकि पादप शरीर में गैसीय गति का यह अकेला माध्यम है।

विसरण की दर सांद्रता की प्रवणता, उन्हें अलग करने वाली झिल्ली की पारगम्यता, ताप तथा दाब से प्रभावित होती है।

11.1.2 सुसाध्य विसरण

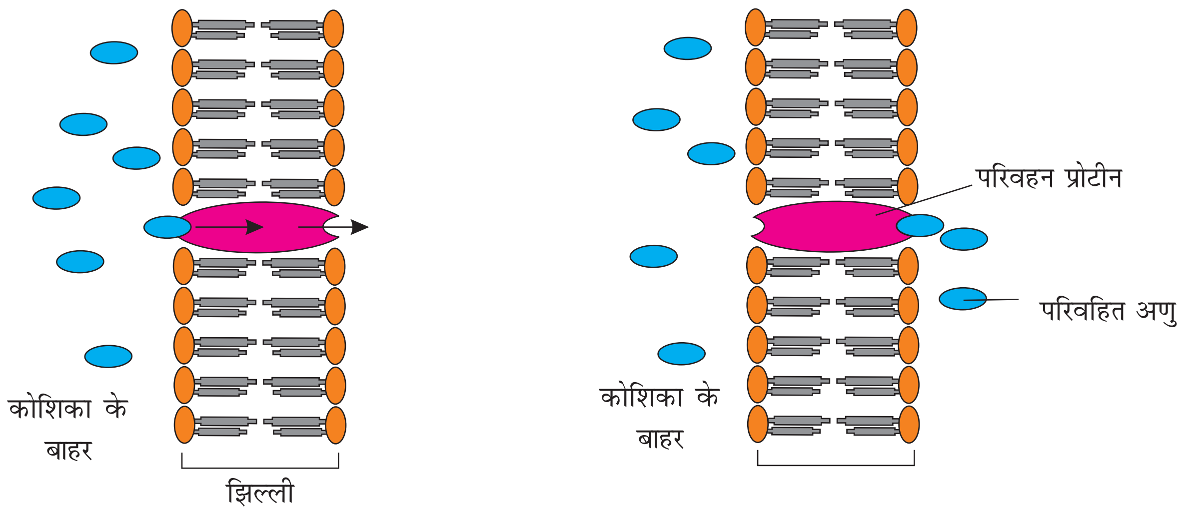
जैसा पहले बताया गया है कि विसरण उत्पन्न करने के लिए प्रवणता का पहले से उपस्थित रहना अत्यंत आवश्यक है। विसरण की दर पदार्थों के आकार पर निर्भर करती है। यह तो पहले से ही स्पष्ट है कि लघु पदार्थ तेज गति से विसरण करते हैं। किसी भी पदार्थ का विसरण झिल्ली के प्रमुख सहभागी लिपिड (Lipid) में घुलनशीलता पर निर्भर करता है। लिपिड में घुलनशील पदार्थ झिल्लिका के माध्यम से तेजी से विसरित होते हैं। जिस पदार्थ का अंश या मोइटी (Moiety) जलरागी होता है। वह झिल्लिका के आर-पार कठिनाई से गुजरता है। अतः उनकी गति को सुगम बनाने की आवश्यकता होती

है। ऐसे अणु को आर–पार करने के लिए झिल्लिका प्रोटीन स्थान उपलब्ध कराती है। वे सांद्रता प्रवणता स्थापित नहीं कर पाते, जबकि अणुओं के विसरण के लिए सांद्रता प्रवणता निश्चित तौर पर पहले से ही उपस्थित होनी चाहिए, भले ही उन्हें प्रोटीन से मदद मिल रही हो। यह प्रक्रिया ही **सुसाध्य विसरण** कहलाती है।

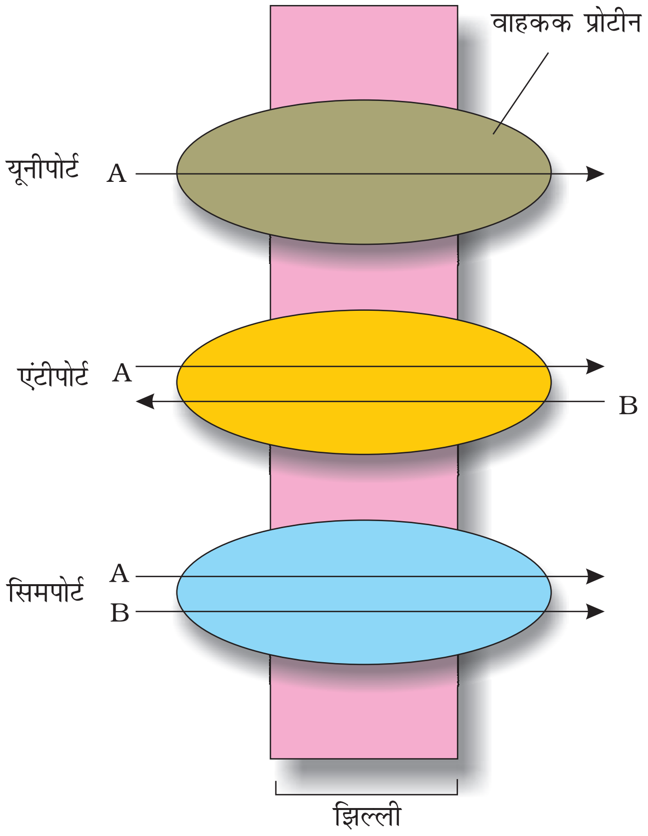
सुसाध्य विसरण में पदार्थों को झिल्ली के आर–पार करने में विशिष्ट प्रोटीन मदद करती है और इसमें एटीपी ऊर्जा का भी व्यय नहीं होता। सुसाध्य विसरण निम्न से उच्च सांद्रता में पूर्ण परिवहन नहीं कर सकता है, अतः इस कारण ऊर्जा निवेश की आवश्यकता होती है। परिवहन की गति दर तब अधिकतम होती है जब प्रोटीन के सभी संवाहकों का प्रयोग पूर्णरूप से हो। सुसाध्य विसरण अति विशिष्ट होता है। यह कोशिकाओं को पदार्थो के उद्ग्रहण के लिए चयन करने की छूट प्रदान करता है। यह निरोधकों के प्रति संवेदनशील होता है, जो प्रोटीन की पार्श्व शृंखला से प्रतिक्रिया करती है।

अणुओं को आर–पार जाने के लिए झिल्लिका में मौजूद प्रोटीन रास्ता बनाती है। कुछ रास्ते हमेशा खुले होते हैं तथा कुछ नियंत्रित हो सकते हैं। कुछ बड़े होते हैं, जो विभिन्न प्रकार के अणुओं को पार जाने की छूट देते हैं। **पोरिन** एक प्रकार की प्रोटीन है जो प्लास्टिड माइटोकोंड्रिया तथा बैक्टीरिया की बाह्य झिल्ली में बड़े आकार के छिद्रों का निर्माण करती है ताकि झिल्ली में से होकर प्रोटीन के छोटे साइज के अणु भी उसमें से गुजर सकें।

चित्र 11.1 प्रदर्शित करता है कि बाह्यकोशिकीय अणु परिवहन प्रोटीन पर बंधित रहते हैं और यही परिवहन प्रोटीन बाद में घूर्णत होकर कोशिका के भीतर अणु को मुक्त कर देती है। उदाहरण के तौर पर जलमार्ग – जो आठ तरह के विभिन्न **एक्वापोरिन** से बना होता है।



चित्र 11.1 सुसाध्य विसरण



चित्र 11.2 सुसाध्य विसरण

11.1.2.1 निष्क्रिय सिमपोर्ट तथा एंटीपोर्ट

कुछ वाहक या परिवहन प्रोटीन विसरण की अनुमति तभी देते हैं, जब दो तरह के अणु एक साथ चलते हैं। **सिमपोर्ट** में, दोनों अणु एक ही दिशा में झिल्लिका को पार करते हैं, जबकि ऐंटीपोर्ट में वे उलटी दिशा में चलते हैं (चित्र 11.2)। जब एक अणु दूसरे अणु से स्वतंत्र होकर झिल्लिका को पार करता है, तब इस विधि को **यूनिपोर्ट** कहते हैं।

11.1.3 सक्रिय परिवहन

सक्रिय परिवहन सांद्रता प्रवणता के विरुद्ध अणुओं को पंप करने में ऊर्जा का उपयोग करता है। सक्रिय परिवहन झिल्लिका प्रोटीन द्वारा पूर्ण किया जाता है। अत: झिल्लिका के विभिन्न प्रोटीन सक्रिय तथा निष्क्रिय दोनों परिवहन में मुख्य भूमिका निभाते हैं। पंप एक तरह का प्रोटीन है जो पदार्थो को झिल्लिका के पार कराने में ऊर्जा का प्रयोग करती है। ये पंप प्रोटीन पदार्थों का कम सांद्रता से अधिक सांद्रता तक परिवहन करा सकते हैं। परिवहन की गति अधिकतम तब होती है जब परिवहन करने वाले सभी प्रोटीन का प्रयोग हो रहा हो या वह संतृप्त ही क्यों न हो। एंजाइमों की भांति वाहक प्रोटीन झिल्लिका के पार करने वाले पदार्थों के प्रति बहुत अधिक विशिष्ट होती हैं। ये प्रोटीन निरोधक के प्रति भी संवेदनशील होती है जो पार्श्व शृंखला से प्रतिक्रिया करते हैं।

11.1.4 विभिन्न परिवहन विधियों की तुलना

तालिका 11.1 में भिन्न-भिन्न परिवहन तंत्र की तुलना की गई है। जैसा कि स्पष्ट हो चुका है कि झिल्लिका की प्रोटीन सुसाध्य विसरण एवं सक्रिय परिवहन के लिए

तालिका 11.1 विभिन्न परिवहन तंत्रों की तुलना

गुण	साधारण विसरण	सुसाध्य परिवहन	सक्रिय परिवहन
विशिष्ट झिल्लिका प्रोटीन की आवश्यकता	नहीं	हाँ	हाँ
उच्च वर्णात्मक	नहीं	हाँ	हाँ
परिवहन संतृप्त	नहीं	हाँ	हाँ
शिखरोपरि (अपहिल) परिवहन	नहीं	नहीं	हाँ
एटीपी ऊर्जा की आवश्यकता	नहीं	नहीं	हाँ

उत्तरदायी होती है तथा इस प्रकार यह उच्च वर्णात्मक होने के सामान्य लक्षण जैसे संतृप्त होना, निरोधकों के प्रति अनुक्रिया तथा हार्मोनीय नियंत्रण प्रदर्शित करते हैं। लेकिन विसरण चाहे सुसाध्य हो या नहीं, प्रवणता के अनुसार होता है तथा ऊर्जा का उपयोग नहीं करता।

11.2 पादप-जल संबंध

पौधों के शारीरिक क्रियाकलाप के लिए जल अनिवार्य है और यह सभी जीवित प्राणियों के लिए एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यह वह माध्यम उपलब्ध कराता है जिसमें सभी पदार्थ घुलनशील होते हैं। जीव द्रव्य में हजारों तरह के अणु पानी में घुले होते हैं और निलंबित रहते हैं। एक तरबूज के अंतर्गत 92 प्रतिशत से अधिक भाग पानी का होता है तथा ज्यादातर शाकीय पौधों में शुष्क पदार्थ केवल 10 से 15 प्रतिशत होता है, बाकी जल होता है। हालांकि यह बात बिल्कुल सच है कि एक पौधे में जल का वितरण भिन्न-भिन्न होता है, काष्ठ वाले भाग में थोड़ा कम होता है तथा नरम भाग में बहुत ज्यादा। एक बीज सूखा सा दिख सकता है; परंतु फिर भी उसमें पानी की कुछ मात्रा होती है अन्यथा वह जीवित नहीं रहेगा और श्वसन भी नहीं करेगा।

स्थलीय पौधे प्रतिदिन भारी मात्रा में पानी ग्रहण करते हैं; लेकिन पत्तियों से इनका अधिकतर भाग **वाष्पोत्सर्जन** द्वारा हवा में उड़ जाता है। मक्के का एक परिपक्व पौधा एक दिन में लगभग तीन लीटर पानी अवशोषित करता है जबकि सरसों का पौधा लगभग पांच घंटे में अपने वजन के बराबर पानी अवशोषित कर लेता है। पानी की इस उच्च मात्रा की मांग के कारण, यह आश्चर्य नहीं होना चाहिए कि कृषि एवं प्राकृतिक पर्यावरण में पौधे की वृद्धि एवं उत्पादकता को सीमित करने वाला सीमाकारी कारक प्रायः जल ही होता है।

11.2.1 जल विभव या जल अंतःशक्ति

पादप-जल संबंध की व्याख्या करने के लिए कुछ विशेष मानक शब्दों की समझ अध्ययन को आसान बना देती है। जल विभव जल की गति या परिवहन को समझने के लिए आधारभूत धारणा है। **विलेय विभव या विलेय अंतःशक्ति** तथा **दाब विभव या दाब अंतःशक्ति** जल विभव को सुनिश्चित करने वाले दो मुख्य कारक हैं।

जल के अणुओं में गतिज ऊर्जा पाई जाती है। द्रव तथा गैस की अवस्था में वे अनियमित गति करते हुए पाए जाते हैं, यह गति तीव्र तथा स्थिर दोनों तरह की हो सकती है। किसी तंत्र में यदि अधिक मात्रा में जल हो तो उसमें अधिक गतिज ऊर्जा तथा जल विभव होगा। अतः यह सुनिश्चित है कि शुद्ध जल में सबसे ज्यादा जल विभव होगा। यदि कोई दो अंतर्विष्ट जल तंत्र संपर्क में हों तो पानी के अणु के अनियमित गति के कारण जल के वास्तविक गति की त्वरित गति ज्यादा ऊर्जा वाले भाग से कम ऊर्जा वाले भाग में होगी। अतः पानी उच्च जल विभव वाले अंतर्विष्ट जल के तंत्र से कम जल विभव वाले तंत्र की ओर जाएगा। पदार्थ की गति की यह प्रक्रिया ऊर्जा की प्रवणता के अनुसार होती है और विसरण कहलाती है। जल विभव को ग्रीक चिन्ह Psi या Ψ से चिह्नित किया गया है और इसे पासकल्स जैसी दाब इकाई में व्यक्त किया गया है। परंपरा के अनुसार शुद्ध जल के जल

विभव को एक मानक ताप पर जो किसी दाब में नहीं है, पर शून्य माना गया है।

यदि कुछ विलेय शुद्ध जल में घोले जाते हैं, तो घोल में मुक्त पानी कम हो जाता है। जल की सांद्रता घट जाती है और जल विभव भी कम हो जाता है। इसीलिए सभी विलेयनों में शुद्ध जल की अपेक्षा **जल विभव** निम्न होता है। इस निम्नता का परिमाण एक विलेय के द्रवीकरण के कारण है जिसे **विलेय विभव** कहा जाता है (या Ψs)। Ψs सदैव नकारात्मक होता है, जब विलेय के अणु अधिक होते हैं तो Ψs अधिक नकारात्मक होता है। वायुमंडलीय दबाव पर विलेय या घोल का जल विभव Ψs = विलेय विभव Ψs होता है।

यदि घोल या शुद्ध जल पर वायुमंडलीय दबाव से अधिक दबाव लगाया जाए तो उसका जल विभव बढ़ जाता है। यह एक जगह से दूसरी जगह पानी पंप करने के बराबर होता है। क्या आप सोच सकते हैं कि हमारे शरीर के किस तंत्र में दाब निर्मित होता है? जब विसरण के कारण पौधे की कोशिका में जल प्रवेश करता है और वह कोशिका भित्ति की ओर बढ़ा देता है और कोशिका को **स्फीत** बना (फुला) देता है (चित्र 11.2)। यह **दाब विभव** को बढ़ा देता है। दाब विभव ज्यादातर सकारात्मक होता है। हालाँकि पौधों में नकारात्मक विभव या जाइलम के जल खंड में तनाव एक तने में जल के परिवहन में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाता है। दाब विभव को Ψp से चिह्नित किया गया है। कोशिका का जल विभव, विलेय एवं दाब विभव दोनों ही से प्रभावित होता है। इन दोनों के बीच संबंध निम्न प्रकार से होता है:

$$\Psi s = \Psi s + \Psi p$$

11.2.2 परासरण

पौधे की कोशिका, कोशिका झिल्ली या एक कोशिका भित्ति से घिरी होती है। यह कोशिका भित्ति जल एवं विलयन में पदार्थों के लिए मुक्त रूप से पारगम्य होती है। अत: यह परिवहन या गति के लिए बाधक नहीं होती है। एक पौधे की कोशिकाओं में प्राय: एक केंद्रीय रसधानी होती है, जिसका रसधानीयुक्त रस कोशिका के विलेय विभव में भागीदारी करता है। पादप कोशिका में कोशिका झिल्ली तथा रसधानी की झिल्ली, टोनोप्लास्ट, दोनों एक साथ कोशिका के भीतर एवं बाहर अणुओं की गति निर्धारित करने के लिए महत्वपूर्ण होते हैं।

परासरण विशेष रूप से एक विभेदक अर्ध या पारगम्य झिल्लिका के आर–पार जल के विसरण के लिए संदर्भित किया जाता है। परासरण स्वत: ही प्रेरित बल की अनुक्रिया से पैदा होता है। परासरण की दिशा एवं गति **दाब प्रवणता** एवं **सांद्रता प्रवणता** पर निर्भर करती है। जल अपने उच्च रासायनिक विभव (या सांद्रता) से निम्न रासायनिक विभव में तब तक संचारित होता है जब तक कि साम्यता पर न पहुँच जाए। साम्यता पर दो कक्षों का जल विभव एक समान होना चाहिए।

आपने विद्यालय में पहले के चरणों में एक आलू का परासरणमापी (ऑस्मोमीटर) बनाया होगा। यदि कंद को पानी में रखा जाता है तो आलू के कंद की गुहा में रखा शर्करा का सांद्र घोल परासरण के द्वारा पानी को एकत्र कर लेता है।

चित्र 11.3 का अध्ययन करें, जिसमें दो कक्षों अ एवं ब में रखे गये विलयनों को भरकर अर्धपारगम्य झिल्ली द्वारा अलग-अलग किया गया है।

(अ) किस कक्ष के घोल में एक निम्नतर जल विभव है?

(ब) किस कक्ष के घोल में निम्नतर विलेय विभव है?

(स) परासरण किस दिशा में संपन्न होगा?

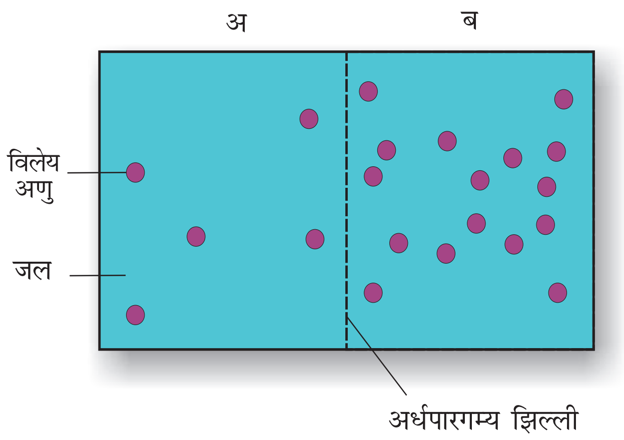
(द) किस विलयन का उच्च विलेय विभव उच्चतर होगा?

(य) साम्यता के समय किस कक्ष में जल विभव निम्नतर होगा?

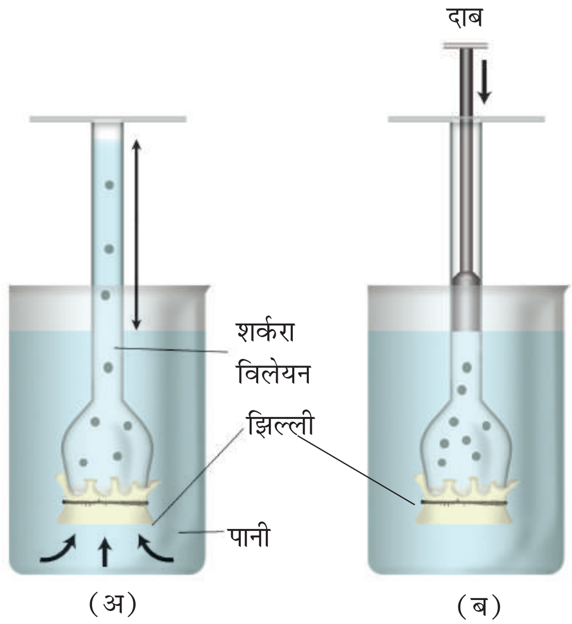
(र) यदि एक कक्ष में ψ का मान –2000 kPa है और दूसरे में –1000 kpa है तो किस कक्ष में उच्चतर ψ होगा?

आइए, एक दूसरे प्रयोग की चर्चा करें, जहां शर्करा के विलेयन को एक कीप में लिया गया है, जो एक बीकर में रखे गए पानी से अर्ध पारगम्य झिल्ली द्वारा अलग है। (चित्र 11.4)। *(आप इस प्रकार की झिल्लिका एक अंडे से प्राप्त कर सकते हैं। आप अंडे के एक सिरे पर छोटा सा छेद करके सारा पीला एवं श्वेत पदार्थ (योल्क एवं एल्बूमिन) निकाल लें और फिर अंडे के कवच को कुछ घंटों के लिए तनु नमक के अम्ल (Hcl) में छोड़ दें। अंडे का कवच घुल जाएगा और उसकी झिल्ली साबुत प्राप्त हो जाएगी)।* पानी कीप की ओर गति करेगा और कीप में घोल का स्तर बढ़ जाएगा। यह प्रक्रिया तब तक जारी रहेगी जब तक कि साम्यता की स्थिति नहीं आ जाती। *यदि किसी कारणवश, शर्करा झिल्ली के माध्यम से बाहर निकल आएं तब क्या कभी साम्यता की स्थिति आएगी?*

कीप के ऊपरी भाग पर बाहरी दाब डाला जा सकता है ताकि झिल्लिका के माध्यम से कीप में पानी विसरित न हो। यह दाब पानी को विसरित होने से रोकता है। विलेय सांद्रता अधिक होने पर पानी को विसरित होने से रोकने के लिए अधिक दबाव की भी आवश्यकता होगी। संख्यात्मक आधार पर परासरण दाब परासरण विभव के बराबर होता है लेकिन इसका संकेत विपरीत होता है। परासरण दबाव में प्रयुक्त दाब सकारात्मक होता है जबकि परासरण विभव नकारात्मक होता है।



चित्र 11.3



चित्र 11.4 परासरण का एक प्रदर्शन। एक कीप में शर्करा विलयन भर कर, पानी से भरे बीकर में उल्टा रखा गया है। जिसका मुख अर्ध पारगम्य झिल्ली से बंद है। (अ) जल झिल्ली को पार करते हुए विसरण से कीप के घोल कर स्तर बढ़ाएगा (जैसा की तीर के निशान दिखा रहे हैं।) (ब) कीप में जल के बहाव को रोकने के लिए दाब का इस्तेमाल किया जा सकता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

11.2.3 जीवद्रव्यकुंचन

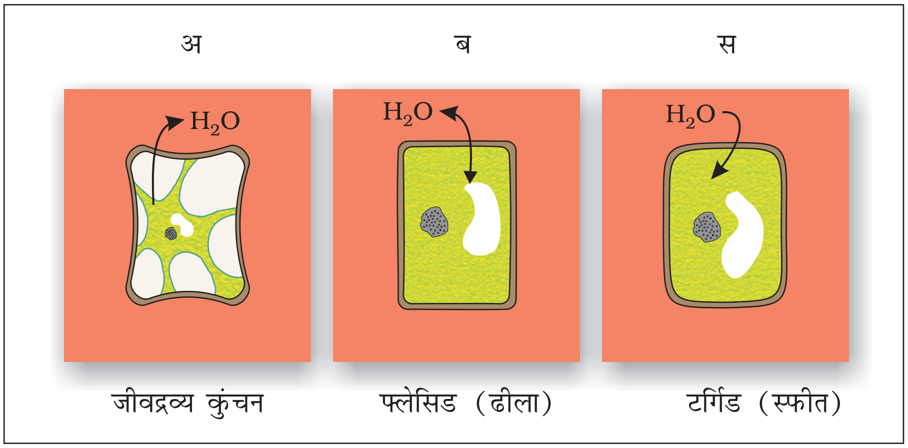
पादप कोशिकाओं (या ऊतकों) में जल की गति के प्रति व्यवहार करना उसके आस-पास के घोल पर निर्भर करता है। यदि बाहरी घोल कोशिका द्रव्य के परासरण दाब को संतुलित करता है तो उसे हम **समपरासारी** कहते हैं। यदि बाहरी विलेयन कोशिका द्रव्य से अधिक तनुकृत है तो उसे **अल्पपरासरी** कहते हैं और यदि बाहरी विलेयन बहुत अधिक सांद्रतायुक्त होता है तो इसे **अतिपरासारी** कहते हैं। कोशिकाएं अल्पपरासारी घोल में फूलती हैं और अतिपरासारी में सिकुड़ती हैं।

जीवद्रव्यकुंचन तब होता है जब कोशिका से पानी बाहर गति कर जाए तथा पादप कोशिका की कोशिका झिल्ली सिकुड़कर कोशिका भित्ति से अलग हो जाती है। यह तब होता है, जब एक कोशिका (या ऊतक) को अतिपरासारी घोल में डाला जाता है। सबसे पहले जीवद्रव्य से पानी बाहर आता है फिर रसधानी से। जब कोशिका से विसरण द्वारा पानी निकल कर बाह्यकोशिका द्रव्य में जाता है, तब जीवद्रव्य कोशिका भित्ति से अलग हो जाती है और इसे कोशिका का जीवद्रव्य कुंचन कहा जाता है। जल का परिवहन झिल्ली के आर-पार उच्चतर जल विभव क्षेत्र (अर्थात् कोशिका) निम्नतर जल विभव क्षेत्र में कोशिका के बाहर (चित्र 11.5) जाता है।

जीवद्रव्यकुंचित कोशिका में कोशिका भित्ति एवं संकुचित जीवद्रव्य के बीच की जगह को कौन भरता है?

जब कोशिका (या ऊतकों) को **समपरासारी** घोल में रखा जाता है तो जल का कुल प्रभाव अंदर या बाहर की ओर नहीं होता है। यदि बाह्य घोल जीवद्रव्य के परासारी दाब को संतुलित रखता है तो इसे समपरासारी कहते हैं। कोशिकाओं में जब जल अंदर और बाहर समान रूप से प्रवाहित होता है तो कोशिकाएं साम्यावस्था में कही जाती हैं तब कोशिका को ढीला (**फ्लोसिड**) कहा जाता है।

जीवद्रव्यसंकुचन की प्रक्रिया प्राय:प्रतिवर्ती होती है। जब कोशिकाओं को अल्पपरासारी घोल (उच्च जल विभव या जीवद्रव्य की तुलना में तनुकृत) विलेयन में रखा जाता है तो कोशिका में जल विसरित होता है और जीवद्रव्य को भित्ति के विरुद्ध दबाव बनाने का कारण बनता है जिसे **स्फीति दाब** कहा जाता है। पानी घुसने के कारण जीव द्रव्य द्वारा



चित्र 11.5 पादप कोशिका का जीवद्रव्यकुंचन

प्रकट किए गए कठोर भित्ति के विपरीत दाब को दाब विभव या Ψ_p कहते हैं। कोशिका भित्ति की दृढ़ता के कारण कोशिका नहीं फटती है। यह स्फीति दाब अंतत: कोशिकाओं के विस्तार एवं फैलाव के लिए उत्तरदायी होता है।

एक ढीली कोशिका का Ψ_p क्या होगा?

पौधे के अलावा किस जीव में कोशिका भित्ति होती है?

11.2.4 अंत:शोषण

अंत:शोषण एक विशेष प्रकार का विसरण है। जब ठोस एवं कोलाइडस द्वारा पानी को अवशोषित किया जाता है तो इसके कारण उसके आयतन में विशाल रूप से वृद्धि होती है। अंत:शोषण के प्रतिष्ठित उदाहरणों में बीजों और सूखी लकड़ियों द्वारा जल का अवशोषण है। फूली हुई लकड़ी या काष्ठ के द्वारा पैदा किए गए दाब का प्रयोग आदि मानव द्वारा बड़ी चट्टानों एवं पत्थरों को तोड़ने के लिए किया जाता था। यदि अंत:शोषण के द्वारा दाब नहीं होता तो नवोद्भिद खुली जमीन पर उभरकर नहीं आ पाते, वे संभवत: बाहर आकर स्थापित नहीं हो पाते।

अंत:शोषण भी एक प्रकार का विसरण है, क्योंकि जल की गति सांद्रण प्रवणता के अनुसार है। बीज या अन्य ऐसी ही सामग्रियों में पानी लगभग नहीं के बराबर है अत: ये आसानी से जल का अवशोषण कर लेते हैं। अवशोषक तथा अंत:शोषित होने वाले द्रव के बीच जल विभव प्रवणता आवश्यक है। इसके अतिरिक्त, कोई भी पदार्थ जो किसी भी द्रव को अंत:शोषित करता हो, अवशोषक और द्रव के बीच बंधुता होना पहली शर्त है।

11.3 लंबी दूरी तक जल का परिवहन

प्रारंभिक अवस्था में आपने एक प्रयोग किया होगा। इस प्रयोग के दौरान आपने रंगीन पानी में सफेद फूल सहित टहनी को डाला होगा तथा उसके रंग के परिवर्तन को भी देखा होगा। टहनी के कटे छोर को कुछ घंटे तक घोल में रहने के बाद आपने निश्चित ही उस क्षेत्र को ध्यान से देखा होगा जिसमें से रंगीन पानी का परिवहन होता है। यह प्रयोग आसानी से दर्शाता है कि पानी के परिवहन का रास्ता संवहनी बंडल मुख्यत: जाइलम है। अब हम लोगों को और आगे बढ़ना है। पौधों में पानी तथा अन्य पदार्थों के परिवहन की प्रक्रिया को समझना है।

लंबी दूरी तक पदार्थों का परिवहन केवल विसरण द्वारा नहीं हो सकता है। विसरण एक धीमी प्रक्रिया है। यह छोटी दूरी तक अणुओं को पहुँचाने में कारगर है। उदाहरण के लिए : एक प्रारूपिक पादप कोशिका (लगभग $50 \mu m$) के आर-पार अणु को गति करने के लिए लगभग 2.5s समय लगता है। *इस दर पर आप क्या गणना कर सकते हैं कि पौधों के अंदर 1m की दूरी तय करने में अणुओं को विसरण के द्वारा कितना समय लगेगा?*

बड़े एवं जटिल जीवों में बहुधा पदार्थों का परिवहन लंबी दूरी तक होता है। कभी-कभी उत्पादन या अवशोषण एवं संग्रहण के स्थान एक दूसरे से काफी दूर होते हैं, अत: विसरण एवं सक्रिय परिवहन काफी नहीं है। इसलिए विशिष्ट व्यापक दूरी का

परिवहन तंत्र आवश्यक हो जाता है ताकि आवश्यक पदार्थ निश्चित रूप से तीव्र गति से पहुंच सकें। जल, खनिज तथा भोजन सामूहिक प्रणाली द्वारा परिवहन करते हैं। **सामूहिक** या **थोक प्रवाह** में पदार्थों का एक स्थान से दूसरे स्थान तक परिवहन, दो बिंदुओं के बीच दाब की भिन्नता के परिणामस्वरूप होता है। सामूहिक प्रवाह की यह विशिष्टता है कि पदार्थ चाहे घोल हो या **निलंबन** नदी के प्रवाह की तरह ही बहता है। यह विसरण से भिन्न होता है, जहाँ पर विभिन्न पदार्थ अपनी सांद्रता प्रवणता के अनुसार स्वतंत्र रूप से परिवहनित किए जाते हैं। थोक प्रवाह को तो घनात्मक जलीय दाब प्रवणता या ऋणात्मक जलीय दाब प्रवणता (जैसे: पुआल के द्वारा चूषण) के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

पदार्थों की पादपों के संवहनी ऊतकों के द्वारा थोक या सामूहिक गति को स्थानांतरण कहते हैं। क्या आपको याद है कि जब आपने ऊँचे पादपों की जड़ों, तनों तथा पत्तियों के अनुप्रस्थ काट (क्रास सेक्शन) को देखा था और उसकी संवहनी प्रणाली का अध्ययन किया था? उच्च पादपों में बहुत ही उच्च विशेषीकृत संवहनी ऊतक – जाइलम और फ्लोएम होते हैं। जाइलम मुख्य रूप से जल, खनिज लवणों, कुछ कार्बनिक नाइट्रोजन तथा हार्मोन को जड़ से वायवीय भाग तक स्थानांतरित करता है। फ्लोएम मुख्य रूप से विभिन्न प्रकार के कार्बनिक एवं अकार्बनिक विलेयनों को पत्तियों से पादपों के विभिन्न भागों में स्थानांतरित करता है।

11.3.1 पौधे जल को कैसे अवशोषित करते हैं?

हम सभी जानते हैं कि जड़ें पेड़ों के लिए ज्यादातर जल को अवशोषित करती हैं, इसीलिए हम जल को मृदा में डालते हैं न कि पत्तियों पर। जल और खनिज तत्वों के अवशोषण की जिम्मेदारी विशेष रूप से मूल रोमों की होती है जो कि जड़ों के अग्र शीर्ष भाग पर लाखों की संख्या में पाए जाते हैं। मूल रोम पतली भित्ति वाले होते हैं जो अवशोषण के लिए व्यापक रूप से क्षेत्र प्रदान करते हैं। जल, खनिज-विलेय के साथ मूल रोम से होकर शुद्ध रूप से विसरण प्रक्रिया के द्वारा अवशोषित किया जाता है। एक बार जब मूल रोम द्वारा जल अवशोषित कर लिया जाता है तब वह जड़ों की गहरी पर्तों में दो भिन्न पथों से गति करता है। दो भिन्न पथ निम्न हैं:

- एपोप्लास्ट पथ
- सिमप्लास्ट पथ

एपोप्लास्ट निकटवर्ती कोशिका भित्ति का तंत्र है। जड़ों के अंतस्त्वचा में मौजूद **कैस्पेरी पट्टी** को छोड़कर पूरे पौधे में फैला रहता है (चित्र 11.6)। जल का एपोप्लास्टिक परिवहन केवल अंतरकोशिकीय जगहों और कोशिकाओं की भित्ति में उत्पन्न होता है। एपोप्लास्ट के माध्यम से होने वाला परिवहन कोशिका झिल्ली को पार नहीं करता है। यह गति प्रवणता पर निर्भर करती है। एपोप्लास्ट जल के परिवहन में कोई भी बाध ा नहीं डालता है और जल परिवहन सामूहिक प्रवाह के माध्यम से होता रहता है। जैसे ही जल अंतरकोशिकी गुहा या वातावरण में वाष्पित होता है तो एपोप्लास्ट के सतत जल प्रवाह में तनाव उत्पन्न हो जाता है। अत: आसंजक एवं संशक्ति शीलता के कारण जल का सामूहिक प्रवाह होता है।

सिमप्लास्टिक तंत्र अंत: संबंधित जीव द्रव्य का तंत्र है। पड़ोसी कोशिकाएं कोशिका लड़ी से जुड़ी होती हैं जो कि जीव द्रव्य तंतु तक विस्तृत रूप से फैली रहती हैं।