

पौधों का सूक्ष्म मस्तिष्क: जड़ों से पत्तियों तक संवाद का जाल

डॉ दीपक कोहली

पौधों को प्रायः निष्क्रिय, अव्यक्त और मौन जीवों के रूप में देखा गया है, किंतु आधुनिक जीव विज्ञान ने इस पारंपरिक दृष्टिकोण को पूरी तरह चुनौती दी है। आज यह तथ्य वैज्ञानिक समुदाय में तेजी से स्वीकार किया जा रहा है कि पौधे अपने भीतर अत्यंत जटिल, सुव्यवस्थित

और निरंतर सक्रिय संकेत-तंत्र का उपयोग करते हैं। यह संकेत-तंत्र विद्युत, रासायनिक और जैव भौतिक प्रक्रियाओं का ऐसा समन्वित जाल है जो कई संदर्भों में पशुओं के तंत्रिका-तंत्र से समानता दर्शाता है। यद्यपि पौधों में प्रत्यक्ष रूप से कोई तंत्रिका-कोशिका,

कोई मस्तिष्क और कोई केन्द्रीय नियंत्रण इकाई नहीं होती, फिर भी उनके भीतर होने वाले तीव्र जैव-रासायनिक परिवर्तनों और संदेश-संचरण की रीति उन्हें निर्णय, प्रतिक्रियाएँ, स्मृति-सदृश व्यवहार और

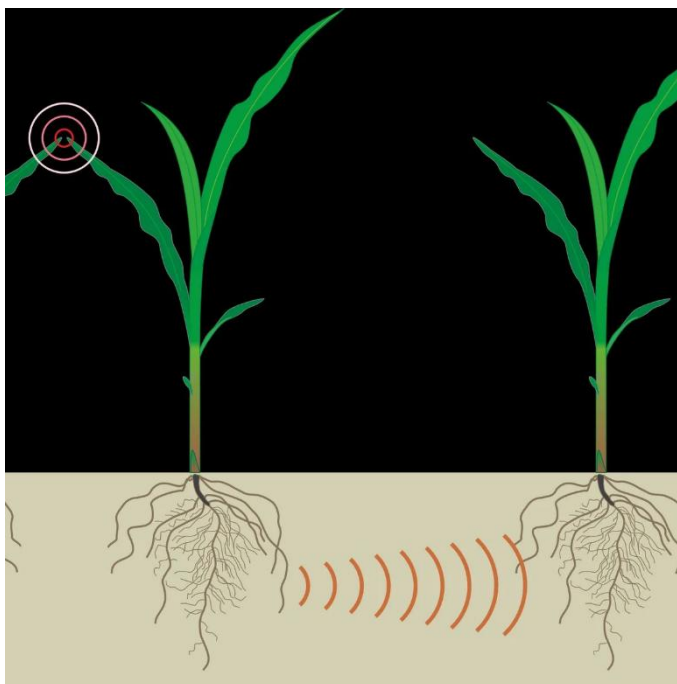
अनुकूलन की क्षमता प्रदान करती है। यह उभरता हुआ विज्ञान पौधों की उस गूढ़ बुद्धिमत्ता को समझने का प्रयास है जिसे लंबे समय तक नजरअंदाज किया गया था।

पौधों की कोशिकाएँ पर्यावरण में अत्यंत सूक्ष्म से सूक्ष्म परिवर्तन को भी

पहचान सकती हैं। प्रकाश की दिशा, तीव्रता और रंग; तापमान में मामूली उतार-चढ़ाव; वायुमंडल में नमी; मिट्टी में पोषक तत्वों का वितरण;

आक्रमणकारी कीटों की उपस्थिति; पत्ती पर पड़ा हल्का

स्पर्श; किसी रसायन की गंध; यहाँ तक कि आसपास की पौधों की जड़ों द्वारा भेजे गए संकेत, इन सभी को पौधों की कोशिकाएँ अपने विशिष्ट रिसेप्टरों के माध्यम से पहचानती हैं। यह पहचान केवल निष्क्रिय रासायनिक प्रतिक्रिया नहीं है, बल्कि इसके

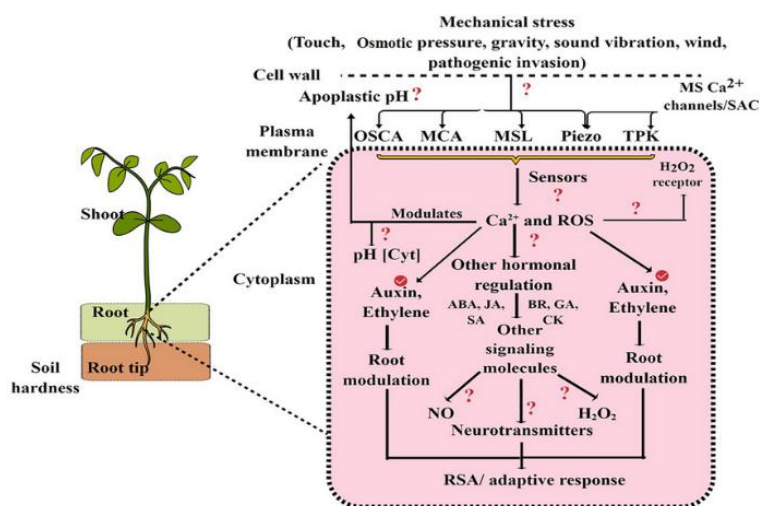


बाद पूरे पौधे में संदेशों का वहन होता है जो संरचनात्मक और जैव-क्रियात्मक परिवर्तनों का आधार बनते हैं। इसी संकेत-प्रेषण को कई वैज्ञानिक पौधों का “जैविक मस्तिष्क” या “वितरित बुद्धि” कहने लगे हैं। यद्यपि यह शब्दावली विवादास्पद है, परंतु यह निर्विवाद है कि पौधों में होने वाले निर्णयों का आधार केवल हार्मोनल क्रिया नहीं, बल्कि कोशिका-स्तर पर संचालित विद्युत-रासायनिक संवाद भी है।

पौधों के भीतर विद्युत संकेत उत्पन्न होना पहली दृष्टि में आश्चर्यजनक प्रतीत होता है, किंतु कोशिका-झिल्लियों पर आयन-चैनलों का खुलना-बंद होना विद्युत विभव में निरंतर परिवर्तन लाता है। पौधों में पाया जाने वाला एक्शन पोटेन्शियल पशुओं की तंत्रिका कोशिकाओं में पाए जाने वाले एक्शन पोटेन्शियल से कई तरह से भिन्न अवश्य है, परंतु इसके मूलभूत सिद्धांत समान हैं—सोडियम, पोटेशियम, कैल्शियम और क्लोराइड आयनों का प्रवाह और झिल्ली विभव का उतार-चढ़ाव। यही विद्युत संकेत पौधे की पत्ती से जड़ तक या जड़ से पत्ती तक यात्रा करता है, और यह यात्रा जाइलम या फ्लोएम ऊतकों से होती है। यह संरचना किसी तंत्रिका-जाल की प्रतिकृति नहीं है, परंतु इसका व्यवहार नेटवर्क जैसा है। उदाहरण के लिए, मांसाहारी पौधे डायोनिया की पत्ती पर दो बार हल्का स्पर्श होने पर विद्युत संकेत उत्पन्न होता है और पत्ती तुरंत

बंद हो जाती है। यह घटना केवल गति नहीं है, यह एक निर्णय है; पहले स्पर्श के बाद पत्ती तुरंत बंद नहीं होती, क्योंकि पौधा अनावश्यक ऊर्जा व्यय नहीं करना चाहता। वह दूसरे संकेत का इंतजार करता है, और तभी क्रिया प्रारंभ करता है। इस प्रकार का ‘सिग्नल फ़िल्टरिंग’ एक स्तर की बुद्धिमत्ता का परिचायक माना जाता है।

जड़ों में पाया जाने वाला संकेत-तंत्र और भी रोचक है। जड़-शीर्ष में कोशिकाओं का ऐसा समूह पाया गया है जो बाहरी वातावरण का विश्लेषण करने, दिशा-निर्णय करने और संसाधनों का वितरण तय करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। अनेक अध्ययनों में पाया गया है कि जड़ें प्रकाश,



गुरुत्वाकर्षण, नमी और रासायनिक पदार्थों के प्रति सूक्ष्म प्रतिक्रिया देती हैं। उदाहरण के लिए, यदि मिट्टी में कोई पोषक तत्व किसी विशेष दिशा में अधिक मात्रा में है, तो जड़ें उसी दिशा में शाखाएँ बढ़ाती हैं—यह केवल रासायनिक आकर्षण नहीं, बल्कि तुलनात्मक विश्लेषण है। जड़ें यह भी

पहचान लेती हैं कि आसपास की जड़ों का स्रोत कोई अन्य पौधा है या स्वयं का पौधा। कुछ प्रजातियाँ प्रतिस्पर्धा कम करने हेतु अपनी जड़ों के रसायन छोड़कर प्रतिद्वंद्वी पौधे की वृद्धि रोक देती हैं—यह एक सामरिक जैविक व्यवहार है। इस प्रकार का नियोजित विस्तार वैज्ञानिक समुदाय को पौधों में जड़-आधारित निर्णय-प्रणाली के अस्तित्व की ओर संकेत करता है।

रासायनिक दूतों की भूमिका भी पौधों के संकेत-तंत्र को अत्यंत जटिल बनाती है। पौधों के हार्मोन, उड़नशील कार्बनिक यौगिक और रक्षा-संबंधी रसायन केवल वृद्धि या चयापचय को ही नियंत्रित नहीं करते, बल्कि संचार का भी माध्यम हैं। यदि किसी पत्ती पर कीट आक्रमण करता है, तो पत्ती जैस्मोनेट और अन्य रसायनों का उत्सर्जन करती है, जो जाइलम और फ्लोएम के माध्यम से पूरे पौधे में यात्रा करते हैं और अन्य पत्तियों को रक्षा हेतु तैयार होने का संदेश देते हैं। कुछ पौधे ऐसे सुगंध-यौगिक छोड़ते हैं जो आसपास के पौधों को भी चेतावनी देते हैं। यह एक प्रकार का “सामूहिक संचार” है जिसे पौधों के सामाजिक व्यवहार का आधार माना जा रहा है। कुछ पौधे विशिष्ट परजीवी तंतुओं को बुलाने वाले रासायनिक संकेत तक उत्पन्न कर सकते हैं, ताकि वे आक्रमणकारी कीटों को नियंत्रित कर सकें। यह रणनीति किसी सुविचारित रक्षा-योजना जैसी प्रतीत होती है।

पौधों के भीतर संकेतों का संचरण केवल तत्काल प्रतिक्रिया तक सीमित नहीं है; इसमें स्मृति जैसे गुण भी देखा गया है।

कुछ पौधे बार-बार होने वाले स्पर्श के प्रति अपनी प्रतिक्रिया कम कर देते हैं, मानो उन्होंने यह सीख लिया हो कि यह स्पर्श हानिकारक नहीं है। कुछ प्रजातियों में प्रकाश की दिशा और अवधि के अनुभव को संरक्षित करने की क्षमता पाई गई है, जिसके आधार पर वे सूर्योदय से पहले ही पत्तियों की दिशा बदलने लगते हैं। यह घटना किसी आंतरिक जैविक घड़ी से जुड़ी अवश्य है, परंतु संकेत-तंत्र के सहयोग के बिना संभव नहीं। शोधों में यह भी पाया गया है कि पौधे ध्वनि तरंगों के प्रति प्रतिक्रिया कर सकते हैं—जड़ें जल की ध्वनि को पहचानकर उसकी दिशा में बढ़ सकती हैं। यह संकेत करता है कि पौधे पर्यावरणीय जानकारी को ऐसे जटिल रूप में ग्रहण करते हैं जिसे केवल रासायनिक प्रतिक्रिया नहीं कहा जा सकता।

इस संकेत विज्ञान ने वैज्ञानिकों को प्रेरित किया है कि वे पौधों से प्रेरित कृत्रिम प्रणालियों के निर्माण की दिशा में कार्य करें। पौधों में ऊर्जा-प्रबंधन अत्यंत कुशल होता है; वे न्यूनतम ऊर्जा में अधिकतम जानकारी संसाधित करते हैं। यही कारण है कि वैज्ञानिक अब ऐसे बायो-प्रेरित न्यूरल मॉडल तैयार कर रहे हैं जो पौधों के विद्युत संकेतों की नकल कर सकें। इनका उपयोग पर्यावरण सेंसर, आत्म-अनुकूलन करने वाले कंप्यूटिंग उपकरण, जैव-नियंत्रित रोबोट और मिट्टी-विश्लेषण प्रणालियों में किया जा सकता है। भविष्य में यह संभव है कि पौधों को ही जीवित सेंसर के रूप में उपयोग किया जाए। उदाहरण के लिए, पौधा यदि

मिट्टी में कोई विषाक्त तत्व पाए तो वह विद्युत संकेत उत्पन्न कर दे, जिसे एक यंत्र पढ़ सके। इस प्रकार पौधा तकनीक और जीवविज्ञान के बीच एक जीवंत सेतु बन जाएगा।

कृषि के क्षेत्र में पौधों के संकेत-तंत्र की समझ क्रांतिकारी परिवर्तन ला सकती है। यदि किसानों को यह ज्ञात हो सके कि पौधे पानी, उर्वरक या पर्यावरणीय तनाव के प्रति किस समय और किस प्रकार संकेत भेजते हैं, तो कृषि प्रबंधन अधिक वैज्ञानिक और सटीक हो जाएगा। पौधों की जड़ों द्वारा भेजे गए संकेतों को समझकर मिट्टी के स्वास्थ्य का अनुमान लगाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, सूखा, कीट या रोग आने से पहले ही पौधों द्वारा उत्सर्जित उड़नशील यौगिकों का विश्लेषण कर पूर्व चेतावनी प्रणाली विकसित की जा सकती है।

इस परिप्रेक्ष्य में पौधों को “चेतन” कहना वैज्ञानिक रूप से उपयुक्त नहीं, किंतु यह कहना उचित है कि पौधे सूचनाओं को संसाधित करते हैं, उन्हें परिवर्तित करते हैं और सामूहिक निर्णय तक पहुँचते हैं। उनका संकेत-तंत्र किसी एक केंद्र पर आधारित नहीं, बल्कि पूरे शरीर में वितरित है—यह किसी नेटवर्क आधारित बुद्धि जैसा स्वरूप है। यही वितरित संरचना उन्हें अधिक सहनशील, अनुकूलनशील और पर्यावरणीय दबावों के प्रति उत्तरदायी बनाती है। प्रकृति ने पौधों को स्थिर अवश्य रखा है, किंतु स्थिरता का अर्थ अपरिवर्तनशीलता नहीं है। उनके भीतर

एक निरंतर सक्रिय, अनवरत संवाद चलता रहता है; कोशिका से कोशिका, ऊतक से ऊतक और पूरे पौधे में फैला हुआ। यह संवाद ही उनका जीवंत मस्तिष्क है, जो हर क्षण उन्हें जीवित रहने की रणनीतियाँ सुझाता है।

आधुनिक विज्ञान पौधों के इस आंतरिक संकेत-तंत्र को समझने की दिशा में अभी प्रारंभिक चरण में है। जैसे-जैसे शोध आगे बढ़ेगा, संभव है कि हम पौधों के व्यवहार, प्रतिक्रिया, स्मृति और निर्णय-समान प्रक्रियाओं को अधिक गहराई से समझ पाएँ। पौधों का यह मौन संसार वास्तव में अत्यंत गतिशील है, बस उसकी गतिशीलता आँखे खोलकर देखने की प्रतीक्षा करती है। आने वाले वर्षों में यह विज्ञान केवल जीवविज्ञान की सीमाओं को ही नहीं बदलेगा, बल्कि तकनीक, कृषि, पर्यावरण प्रबंधन और बायो-इलेक्ट्रॉनिक्स के क्षेत्रों में भी नए अध्याय खोलेगा। इस प्रकार पौधों का संकेत-तंत्र केवल वनस्पति-विज्ञान का विषय नहीं, बल्कि बुद्धिमत्ता, संचार, ऊर्जा-प्रबंधन और जीवन की मूलभूत प्रक्रियाओं के पुनर्परिभाषण का आधार बनता जा रहा है।

डॉ दीपक कोहली, विशेष सचिव,
उत्तर प्रदेश सचिवालय, 5/104, विपुल खंड,
गोमती नगर, लखनऊ- 226010
(मोबाइल- 6389005559)