फसल उत्पादन में मूल परिवेषीय (राइजोस्फेरिक) जीवाणुओं की भूमिका

चेतन कुमार जी.[1], अमित कुमार[1], अमृत लाल मीणा[1], प्रकाश चन्द घासल[1], ललित कृष्ण मीणा[1], देबाषीष दत्ता[1], सुनील कुमार[1], जयराम चौधरी[1] एवं रंजना[2]
1 भाकृअनुप–भारतीय कृषि प्रणाली अनुसंधान संस्थान, मोदीपुरम, मेरठ (उत्तर प्रदेश)
2 गोविन्द बल्लभ पंत कृषि एवं प्रौद्योगिक विश्वविद्यालय, पंतनगर (उत्तरखण्ड)
*संवादी लेखक का ई–मेलः amrit.iari@gmail.com

पादप वृद्धि को बढ़ावा देने वाले राइजोबैक्टीरिया (पी.जी. पी.आर.) मुक्त–जीवित मूल परिवेश (राइजोस्फीयर) जीवाणु के समूह हैं जो पौधों की जड़ों को सक्रिय रूप से उपनिवेशित करते हैं तथा पौधे के विकास पर लाभकारी प्रभाव डालते हैं। ये कई जीवाणु वंशों जैसे कि एक्टिनोप्लेन, एग्रोबैक्टीरियम, अल्कालिजेनस, अमोर्फोस्पोरनियम, आथ्रीबैक्टीरियम, एजोटोबेक्टर, बैसिलस, सेल्युलोमोनास, एंटरोबैक्टीरिया, एरविनिया, फ्लेवोबैक्टीरियम, स्यूडोमोनास, राइजोबियम और ब्रैडीराइजोबियम आदि से संबंधित हैं। राइजोबैक्टीरिया (पी. जी.पी.आर.) विभिन्न प्रकार से पौंधों की वृद्धि एवं विकास को प्रभावित करते हैं। ये स्वयं के उपापचय का उपयोग करके (मृदा फॉस्फेट को घोलकर, हार्मोन का उत्पादन कर या नाइट्रोजन को भूमि में स्थिरीकृत कर) या पौधे के उपापचय जैसे कि पानी और खनिजों के अधिग्रहण में वृद्धि, जड़ विकास तथा एंजाइमैटिक गतिविधि को बढ़कर पौंधों को प्रभावित करते हैं। इसके अतिरिक्त ये जीवाणु पौधों के लिए लाभदायक अन्य सूक्ष्मजीवों की गतिविधि बढ़ाकर या पौधे में रोगजनक जीवों को नष्ट करके पौधे की वृद्धि को बढ़ावा देते हैं।

मिट्टी की उर्वरता और फसल की पैदावार में सुधार के संदर्भ में राइजोबैक्टीरिया की इन क्षमताओं का बहुत महत्व है, इस प्रकार यह पर्यावरण पर रासायनिक उर्वरकों के नकारात्मक प्रभाव को कम करता है। पिछले एक दशक के दौरान विभिन्न प्रकार की फसलों जैसे कि मक्का, चावल, गेहूं, सोयाबीन और सेम आदि में पीजीपीआर का उपयोग करने की विधि तथा उनके क्रिया तंत्र को संक्षेप में इस लेख में प्रस्तुत किया गया है तथा साथ ही साथ उनपर परिचर्चा भी की गई है।

कृषि क्षेत्र में उच्च उत्पादकता को बनाए रखने के लिए हमें पर्यावरणीय स्थायी कृषि को अपनाने के साथ–साथ पारिस्थितिक तंत्र और जैव विविधता को भी बनाए रखना होगा। पीजीपीआर मिट्टी के जीवाणु होते हैं जो पौधों के प्रकंद को उपनिवेषित करते हैं। वे पौधों के ऊतकों में या उसके आसपास रहते हैं और कई प्रक्रियाओं द्वारा पौधे की वृद्धि को प्रभावित करते हैं।

पीजीपीआर पौधे के स्वास्थ्य और विकास को बढ़ावा देते हैं, रोगकारी जीवाणुओं को अवरोधित करते हैं और पोषक तत्वों की उपलब्धता को फसलों के लिए बढ़ाते हैं। कुछ फसल विशिष्ट पीजीपीआर और फसल वृद्धि पर उनके प्रभाव का विवरण नीचे दी गयी तालिका में दिया गया है।

तालिका–फसल विशिष्ट पीजीपीआर और फसल वृद्धि पर उनके प्रभाव

फसल	सूक्ष्मजीव	विकास को बढ़ावा देने वाली गतिविधि
मक्का	*एजोटोबैक्टर, बेसिलस प्रजाति, बुर्खोल्डेरिआ प्रजाति, एजोस्पिरिलम ब्रासीलेंसे, माइकोबैक्टेरियम ओलियोवॉरंस, माइकोबैक्टीरियम फेली, बेसिलस पोलीमेक्सा, तथा एक्रोमोबेक्टर*	मुक्त जीवी नत्रजन स्थिरिकारक सहचारी नत्रजन स्थिरिकारक फायटोस्टिम्युलेषन जैव नियंत्रण पोषक तत्व उदग्रहण
धान	*बुर्खोल्डेरिआ, एजोस्पिरिलम, बेसिलस, पैनीबैसिलस, ब्रेवंडिमोनस, सेराटिया, हर्बस्पिरिलम, जैंथोमोनस तथा स्यूडोमोनास फ्लोरेसेंस,*	लवण सहनशीलता फायटोस्टिम्युलेशन जैव नियंत्रण

गेहूँ	*एएमएफ कवक, ग्लोमस प्रजाति, बेसिलस सर्कुलन्स, बैसिलस सबटिलिस, क्लैडोस्पोरियम हर्बेरम, आथ्रीबेक्टर प्रजाति, स्यूडोमोनस जेसेनी, स्यूडोमोनस सिंगेन्था, प्रोविदेंशिया प्रजाति, ऐनाबिना प्रजाति, कैलोथ्रिक्स प्रजाति तथा एजोस्पिरिलम ब्रासीलेंसे*	बायोफर्टीलाइजेसन लवण सहनशीलता जैव नियंत्रण
सोयाबीन	*सेराटिया प्रोटामाकूलेन्स, सेराटिया लिकैफिएन्स, ब्रैडिराइजोबियम जैपोनिकम, बेसिलस सबटिलिस , बैसिलस थुरिंजेंसिस, पैबिबैसिलसुरिजोफेसेर, पैनीबैसिलसफैविस्पोरस तथा ग्लोमसस एटोमिसस*	बायोफर्टीलाइजेसन लवण सहनवाष्पशीलता राइजोरेमेडिएषन
सेम	*राइजोबियम ट्रोपिसी, राइजोबियम एटलि, एजोस्पिरिलम ब्रासिलेंस, ग्लोमस सिनुओसम, गिगास्पोरा एल्बीडा, स्यूडोमोनास फ्लोरेसेंस, ट्राइकोडर्मा तथा एजोस्पिरिलम ब्रासीलेंसे*	बायोफर्टीलाइजेसन जैव नियंत्रण सिडेरोफोर उत्पादन
सभी फसलें	*एजोटोबैक्टर, एजोस्पिरिलम ब्रासीलेंसे, एजोस्पिरिलम लिपोफेरुम, बेसिलस पुमिलुस, बेसिलस सबटाइलस, बेसिलस सरेउस, बुर्खोल्डेरिआ, स्यूडोमोनास पुतिदा, स्यूडोमोनास फ्लूरेसेंस तथा राइजोबियम लेगुमिनोसोरम*	फाइटोस्टिम्युलेशन (पादप उत्तेजन) जैव नियंत्रण

पीजीपीआर द्वारा फसल वृद्धि की क्रियाविधियाँ

पीजीपीआर द्वारा फसल वृद्धि की विभिन्न क्रिया विधियाँ तथा उनका विवरण निम्न प्रकार है।

पोषक तत्वों का अधिग्रहण

मुक्त जीवी सहजीवी वायुमण्डलीय नत्रजन स्थिरिकारक जीवाणु नाइट्रोजीनेस एन्जाइम की सहायता से वायुमण्डलीय नत्रजन को अमोनिया में परिवर्तित करते हैं। इस प्रकार प्राप्त अमोनिया को पौधों द्वारा नत्रजन के स्त्रोत के रूप में उपयोग कर लिया जाता है। पी.जी.पी.आर. जीवाणु समूह के द्वारा फसलों में नत्रजन, फास्फोरस, कैल्शियम, पोटेशियम, आयरन, कॉपर मैंगनीज तथा जिंक इत्यादि पोषक तत्वों का अधिग्रहण काफी मात्रा में बढ़ जाता है। पोषक तत्वों का यह बड़ा हुआ अधिग्रहण सामान्यतः मूलरोम परिवेश (राइजोसफेयर) के अम्लीकरण द्वारा होता है तथा यह अम्लीकरण उपर्युक्त परिवेश में जैविक अम्लों के श्राणव के कारण होता है। इस प्रकार मृदा के पी.एच.मान में गिरावट के कारण पोषक तत्व अधिक घुलनशील अवस्था में पहुँच जाते हैं तथा फसलों द्वारा सुलभता से अवशोषित कर लिए जाते हैं।

तनाव सहिष्णुता

पी.जी.पी.आर. आबादी प्रदूषित स्थल पर प्रदूषित पदार्थों का अपघटन करने में सहायता प्रदान करती है जिसके फलस्वरूप विभिन्न प्राकृतिक वनस्पतियां दूशित स्थल पर आसानी से विकसित होती हैं। विभिन्न जीवाणुओं के समूह को वैज्ञानिक भाषा में जीवाणु कंसोर्टिया भी कहा जाता है। जीवाणु कंसोर्टिया का प्रत्येक साथी कैटाबोलिक क्षरण के विभिन्न भागों को पूरा कर सकता है। पौधे तनाव की स्थिति में एथिलीन के स्तर को बढाकर प्रतिक्रिया करते हैं जिससे कोशिका और पौधे की क्षति में वृद्धि होती है। एथिलीन की उच्च सांद्रता हानिकारक हो सकती है क्योंकि यह निष्पत्रण और अन्य कोशिकीय प्रक्रियाओं को प्रेरित करती है जो फसल के विकास को प्रभावित कर सकती हैं। कई पीजीपीआर एसीसी डीऐमीनेज एंजाइम के उत्पादन से 1–एमिनोसाइक्लोप्रोपेन–1–कार्बोक्जिपछेती, एथिलीन प्रणेता को नष्ट करते हैं जिससे एथिलीन का सांद्रण कम हो जाता है। इस प्रकार कम हुए एथिलीन स्तर के कारण फसलों का वृद्धि तथा विकास सहजता से होता है। इसके अतिरिक्त अन्य तनावों जैसे कि फाइटोपैथोजेनिक बैक्टीरिया, पोलीरोमैटिक

हाइड्रोकार्बन के प्रभाव, अत्यधिक लवणता और अनावृष्टि आदि से भी एसीसी डीऐमीनेज एंजाइम उत्पादकों द्वारा राहत मिलती है।

पादपोतेजना

विभिन्न प्रकार के पी.जी.पी.आर. फसलों की जड़ों की बनावट को परिवर्तित कर सकते हैं। ये जीवाणु विभिन्न पादप हार्मोन्स जैसे कि इण्डोल–3 ऐसेटिक एसिड, जिबरेलिन्स तथा साइटोकाइनिन इत्यादि को स्रावित करते हैं जो कि फसलों तथा अन्य पौधो में नई जड़ों की वृद्धि, कोशिका अपघटन तथा विस्तार कार्यो के लिए आवश्यक होते हैं। साथ ही साथ ये फसलों में जडों के पृष्ठ क्षेत्रफल को मूसला जड़तंत्र और अन्य पार्श्व जड़ों के निर्माण द्वारा भी बढ़ाते हैं। साइटोकाइनिन उत्पादन करने वाले प्रमुख जीवाणु वंशो में ऐजोटोबैक्टर, *राइजोवियम, रोडोस्पाईरीलम रूबरम, स्यूडोमोनास फ्लूओरेसेंन्स* तथा बेसिलस आदि प्रमुख है। कुछ राइजोबैक्टीरिया वाष्पशील जैव यौगिकों (VOCs) जैसे कि 2,3 ब्यूपनेडीओल, ऐसेरोइन, टरपिन्स, जेस्मोनेट्स इत्यादि का श्राव करके फसलों के वृद्धि एवं विकास को बढ़ाते हैं। वाष्पशील जैव यौगिकों का संश्लेषण पादय हार्मोन्स उत्पादन की तरह पी.जी.पी.आर. की विशिष्ट प्रजाति पर निर्भर करता है।

जैव नियंत्रण

विभिन्न पीजीपीआर स्ट्रेन फसलों के रोगकारक जीवों का जैव नियंत्रण करते हैं इस प्रकार वह अप्रत्यक्ष रूप से फसलों की वृद्धि तथा विकास को प्रभावित करते हैं। जीवाणु वंश जैसे कि बैसिलस, स्यूडोमोनास, सेराटिया, स्टैनोट्रोफोमोनास और स्ट्रेप्टोमीसेस और कवक वंश जैसे एंपेलोमिसेस, कॉनिथिरियम, और ट्राइकोडर्मा आदि फसलों में रोगकारक जीवों पर प्रतिपक्षी प्रभाव दिखाते हैं। ये जीवाणु समूह विभिन्न प्रतिपक्षी गतिविधियों जैसे कि प्रतिजैविक, विषैले तत्व और सतह–सक्रिय यौगिकों (बायोसर्फैक्टेंट्स) के उत्पादन के माध्यम से रोग जनित जीवों का अवरोधन, खनिजों, पोषक तत्वों और उपनिवेशन स्थलों के लिए प्रतिस्पर्धा आदि के द्वारा फसलों के रोगजनित जीवों को नष्ट करते हैं। उपरोक्त गतिविधियों के अतिरिक्त पीजीपीआर बाह्य कोशिका भित्ति विकृत करने वाले एंजाइम (1, 3–ग्लूकेनेस और काइटीनेस) के उत्पादन से भी फसलों के रोग जनित जीवों का उन्मूलन करने में सहायता करते हैं।

रोगप्रतिरोधन

पी.जी.पी.आर. प्रेरित प्रणाली गत प्रतिरोध (Induced systemic resistance) के द्वारा भी विभिन्न फसलों के रोगों का नियंत्रण करने में सहायक है। प्रेरित प्रणालीगत प्रतिरोध में कोई लाभदायक जीवाणु किसी हानिकारक जीवाणु, विषाणु या कवक के लिए फसलों में ही विरोधात्मक क्षमता उत्पन्न करने में सहायक होता है। इस प्रकार के सहायक जीवाणु तत्व को (इलीसिटर) कहा जाता है। ये इलीसिटर लाभदायक जीवाणु तथा फसलों की जडों के मध्य हुए सम्पर्क द्वारा श्रावित होता हैं। पौधों में यह रक्षात्मक गतिविधि इथाइलीन तथा जैसमोनिक एसिड संकेतन पर निर्भर करती है। कोशिका भित्ति में उपस्थित पॉलीसैकेराइड, सैलिसिलिक एसिड, प्रतिजैविक, साइक्लिक लिपोपेप्टाइड तथा सीडेरोफोर आदि विभिन्न इलीसिटर के उदाहरण हैं। पी.जी.पी.आर जैसे कि स्यूडोमोनास, बैसिलस, तथा एजोस्पाईरिलम आदि विभिन्न फसलों में प्रेरित प्रणालीगत प्रतिरोध प्रतिक्रिया दिखाते हैं।

सिडेरोफोर उत्पादन

सिडेरोफोर, आम तौर पर Fe^{3+} के साथ 1:1 समूह अथवा यौगिक बनाते हैं। इस प्रकार बने यौगिकों को जीवाणु कोशिका झिल्ली द्वारा अधिग्रहित कर लिया जाता है। जीवाणु कोशिका में Fe^{3+} को Fe^{2+} में अपचयित कर दिया जाता है तथा सिडेरोफोर द्वारा कोशिका में छोड़ दिया जाता है। पीजीपीआर सिडेरोफोर का उत्पादन करके फसलों की वृद्धि को बढ़ाता है जो रोगकारक जीवों को आयरन पोषण से वंचित रखता है तथा इस प्रकार आयरन तत्त्व की अनुपस्थिति में रोगकारक जीवों की विभिन्न उपापचीय क्रियाएं प्रभावित होती है और वे नष्ट हो जातें हैं, जिससे फसल की उपज में वृद्धि होती है। लौह तत्त्व के अतिरिक्त सिडेरोफोर अन्य धातुओं जैसे कि जिंक, कॉपर, कैडमियम, एल्युमीनियम तथा गैलियम इत्यादि के साथ भी स्थिर यौगिकों का निर्माण करते हैं जो पर्यावरण की दृष्टि से काफी हानिकारक हैं। मृदा में भारी धातुओं की उपस्थिति जीवाणुओं द्वारा सिडेरोफोर के उत्पादन को प्रेरित करती है। जीवाणु सिडेरोफोर विभिन्न धातुओं के चीलेटिंग कारक के रूप में कार्य करते हैं तथा फसलों के राइजोस्फीयर

(मूल परिवेश) में लोहे की उपलब्धता को विनियमित करते हैं। इस प्रकार के नियमन द्वारा फसलों में भारी धातुओं जैसे कि आर्सेनिक आदि की विषाक्तता को कम करने में मदद मिलती है। पीजीपीआर सूक्ष्मजीव धातु विषाक्तता की स्थिति में फसलों की ऑक्सीकरण रोधी (एंटीऑक्सिडेंट) एंजाइम गतिविधियों को बदलकर उनकी सहायता करते हैं।

जीवाणु एंडोफाइट्स तथा फसलों का विकास

जीवाणु एंडोफाइट्स सर्वव्यापी रूप से फसलों तथा अन्य पौधों के आंतरिक ऊतकों का उपनिवेष करते हैं, तथा विश्व में लगभग हर जगह पाए जाते हैं। कुछ एंडोफाइट्स राइजोस्फेरिक जीवाणु द्वारा उपयोग की गयी गतिविधियों जैसे कि फसलों की वृद्धि और विकास के लिए संसाधनों का अधिग्रहण तथा फसलों की वृद्धि और विकास का नियमन का उपयोग करके पौधे की वृद्धि को बढ़ावा देते हैं। जीवाणु एंडोफाइट्स (जीवाणु और कवक) हर पौधे की प्रजातियों में पाए जाते हैं। विश्व स्तर पर किये गए विभिन्न अध्ययनों के अनुसार एंडोफाइट्स के अभाव में फसलें तथा अन्य पादप जातियां रोगकारक जीवों और अन्य पर्यावरणीय तनावों के लिए अतिसंवेदन वाष्पशील हो जाती हैं। जीवाणु एंडोफाइट्स की विविधता विष्लेषण के अनुसार संघ प्रोटीओबैक्टीरिया (α, β, तथाγ–प्रोटीओबैक्टीरिया) मुख्य रूप से एंडोफाइट्स समूह के सदस्य हैं। इसके अतिरिक्त अन्य वर्ग जैसे कि फर्मीक्युट्स तथा एक्टिनोबैक्टीरिया भी एंडोफाइट्स के रूप में पाए जाते हैं। बैक्टीरियल एंडोफाइट्स की सबसे अधिक पायी जाने वाली प्रजातियों में स्यूडोमोनस, बैसिलस, स्टेनोट्रोफोमोनास, माइक्रोकॉकस, पैंटोआ, माइक्रोबैक्टीरियम, राइजोबिया, मेथिलोबैक्टीरियम और स्फिंगोमोनास आदि प्रमुख हैं।

किसानों को जैव उर्वरको की उपलब्धता

हमारे देश में सभी प्रकार के जैव उर्वरको को मिलाकर लगभग 4500 टन प्रति वर्ष उत्पादन किया जा रहा है। देश में सर्वाधिक जैव उर्वरकों का उत्पादन कृषि उद्योग निगम द्वारा किया जाता है तथा उसके साथ–साथ राज्य कृषि विभाग, राष्ट्रीय जैव उर्वरक विकास केंद्र, राज्य कृषि विश्वविद्यालय एवं निजी क्षेत्रों द्वारा भी इनका उत्पादन किया जाता है। राष्ट्रीय जैव उर्वरक विकास केंद्र गाजियाबाद में स्थित है तथा देश में इसके कुल छः क्षेत्रीय केंद्र स्थापित है। निजी क्षेत्र में भारतीय किसान उर्वरक निगम (इफको) सभी प्रकार के जैव उर्वरको का उत्पादन करता है और इसका लगभग सभी राज्यों में वितरण नेटवर्क स्थापित है। इसी प्रकार राष्ट्रीय उर्वरक सीमित भी सभी प्रकार के जैव उर्वरको का उत्पाद करती है। किसान भाई जैव उर्वरको विशेष रूप से राइजोबैक्टीरिया (पीजीपीआर) के लाभ तथा इनकी उपलब्धता की जानकारी के लिए कृषि विश्वविद्यालय, कृषि विज्ञान केंद्र, इफको केंद्र, राज्य के कृषि विभाग इत्यादि में संपर्क कर सकते है। जैव उर्वरको को खरीदने के बाद उन्हे उचित विधि द्वारा ही उपयोग करना चाहिए जैसे कि बीजोपचार हेतु 500 मिलीलीटर पानी में 200 ग्राम जैव उर्वरक को मिलाकर 10 किलोग्राम बीज के उपचार के लिए प्रयोग करे और बीजो को छाया में सूखा ले। पौध के उपचार के लिए 1 किलोग्राम जैव उर्वरक को उचित मात्रा में पानी में मिलाकर विभिन्न फसलो की पौध को 30–40 मिनट से लेकर 8–10 घंटे तक घोल में डुबाकर उपचारित करके रोपाई करे। मृदा के उपचार के लिए 4 किलोग्राम जैव उर्वरक को 200 किलोग्राम कम्पोस्ट में मिलाकर बुवाई से पूर्व खेत में भुरकाव कर दें।

निष्कर्ष

विश्व स्तर पर किये गए चार दशकों के शोध से यह पता चल गया कि जड़ो में पाए जाने वाले सूक्ष्म जीव पौधो पर लाभकारी प्रभाव करते है। इसी प्रकार जैव उर्वरको के प्रयोग का फसलों के विकास पर लाभकारी प्रभाव पाया गया है। इसलिए जैव उर्वरको का उपयोग फसलों में अधिक उपज के साथ–साथ तनाव सहिष्णुता, जलवायु अनुकूलन, वातावरण की सुरक्षा तथा मृदा की उर्वरा शक्ति बढ़ाने हेतु करना चाहिए।

> राष्ट्रभाषा के बिना राष्ट्र गूंगा है।
> – महात्मा गांधी