



सब्जियों में जड़ गाँठ सूत्रकृमि का जैविक नियंत्रण

एकता राठौड़^{1*}, सरोज यादव² और सरदुल सिंह मान³



¹ पीएचडी स्कॉलर, सूत्रकृमि विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा एग्रीकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार गुजरात

² सहायक प्रोफेसर, सूत्रकृमि विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा एग्रीकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार गुजरात

³ सहायक वैज्ञानिक, सूत्रकृमि विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा एग्रीकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार गुजरात

भूमिका

सब्जी फसलें संतुलित मानव आहार का अभिन्न अंग हैं तथा विटामिन, खनिज, प्रोटीन, आहार रेशा एवं विभिन्न जैव सक्रिय घटकों का महत्वपूर्ण स्रोत होने के कारण पोषण सुरक्षा, खाद्य सुरक्षा और किसानों की आय वृद्धि में अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। भारत की विविध कृषि-जलवायु परिस्थितियाँ वर्षभर अनेक प्रकार की सब्जियों के उत्पादन के लिए अनुकूल हैं, जिसके परिणामस्वरूप देश विश्व के प्रमुख सब्जी उत्पादक राष्ट्रों में सम्मिलित है। इसके बावजूद सब्जी उत्पादन की उत्पादकता एवं गुणवत्ता अनेक जैविक तथा अजैविक कारकों से प्रभावित होती है, जिनमें पौध-परजीवी सूत्रकृमि सबसे गंभीर समस्याओं में से एक हैं। इन सूत्रकृमियों में जड़ गाँठ सूत्रकृमि अपनी व्यापक पोषक सीमा, तीव्र प्रजनन क्षमता तथा उच्च अनुकूलनशीलता के कारण सर्वाधिक आर्थिक महत्व रखते हैं।

जड़ गाँठ सूत्रकृमि पौधों की कोमल जड़ों में प्रवेश कर विशेष प्रकार की स्थायी पोषण कोशिकाओं का निर्माण करते हैं, जिससे जड़ों पर गाँठें विकसित हो जाती हैं। इसके फलस्वरूप जड़ों की सामान्य संरचना एवं कार्यक्षमता बाधित होती है और पौधे जल तथा पोषक तत्वों का समुचित अवशोषण नहीं कर पाते। परिणामस्वरूप पौधों में वृद्धि अवरोध, पीलापन, मुरझाना, जड़ विकास में कमी तथा उपज एवं गुणवत्ता में गिरावट जैसे लक्षण दिखाई देते हैं। इसके अतिरिक्त ये सूत्रकृमि अनेक मृदा-जनित रोगजनकों के साथ संयुक्त संक्रमण उत्पन्न कर रोग की तीव्रता को कई गुना बढ़ा देते हैं, जिससे फसल क्षति और अधिक गंभीर हो जाती है। उष्ण एवं उपोष्ण क्षेत्रों में इनका प्रकोप विशेष रूप से अधिक पाया जाता है, जहाँ अनुकूल तापमान, पर्याप्त नमी तथा लगातार संवेदनशील फसलों की खेती इनके तीव्र प्रसार को बढ़ावा देती है।

लंबे समय तक रासायनिक सूत्रकृमिनाशकों के व्यापक उपयोग से प्रारम्भिक सफलता अवश्य प्राप्त हुई,

किन्तु समय के साथ पर्यावरण प्रदूषण, मृदा की जैविक उर्वरता में कमी, लाभकारी सूक्ष्मजीवों का दमन, खाद्य पदार्थों में रासायनिक अवशेषों का संचय तथा मानव एवं पशु स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव जैसी अनेक समस्याएँ सामने आईं। साथ ही बढ़ती लागत एवं अनेक रसायनों पर नियामकीय प्रतिबंधों ने वैकल्पिक प्रबंधन उपायों की आवश्यकता को और अधिक प्रबल बना दिया है। ऐसे परिदृश्य में जैविक नियंत्रण एक सुरक्षित, पर्यावरण-अनुकूल, टिकाऊ एवं आर्थिक दृष्टि से व्यवहार्य रणनीति के रूप में उभरकर सामने आया है।

जैविक नियंत्रण में लाभकारी कवकों, जीवाणुओं तथा अन्य सूक्ष्मजीवों का उपयोग किया जाता है, जो अंडा परजीवीकरण, एंजाइमीय विघटन, प्रतिजैविक एवं सूत्रकृमि-नाशी जैव सक्रिय यौगिकों के उत्पादन, जड़ क्षेत्र में सफल उपनिवेशन, पौधों में प्रेरित प्रतिरोध सक्रिय करने तथा पौध वृद्धि को प्रोत्साहित करने जैसी अनेक कार्यविधियों द्वारा सूत्रकृमियों की जनसंख्या को नियंत्रित करते हैं। इसके अतिरिक्त जैविक संशोधनों, बहु-सूक्ष्मजीवी समूहों तथा समेकित कृषि प्रबंधन उपायों के साथ इनका संयुक्त उपयोग मृदा स्वास्थ्य, पौध विकास एवं फसल उत्पादकता में उल्लेखनीय सुधार करता है।

प्रमुख जैविक नियंत्रण एजेंट

पर्प्यूरियोसिलियम लिलेसिनम

पर्प्यूरियोसिलियम लिलेसिनम जड़ गाँठ सूत्रकृमि के विरुद्ध सबसे प्रभावी एवं व्यापक रूप से उपयोग किए जाने वाले अंडा-परजीवी जैविक नियंत्रण कवकों में से एक है। यह पौध-परजीवी सूत्रकृमियों के अंडों एवं मादाओं को संक्रमित करता है। इसके बीजाणु अंडों की सतह पर अंकुरित होकर काइटिनेज, प्रोटीएज एवं लाइपेज जैसे एंजाइम उत्पन्न करते हैं, जो अंडों की बाहरी परत को विघटित कर भ्रूण को नष्ट कर देते हैं, जिससे अंडों का फूटना तथा अगली पीढ़ी का विकास रुक जाता है। इसके अतिरिक्त यह लार्वा की सक्रियता एवं जड़ों में प्रवेश करने की क्षमता को भी कम करता

है। यह कवक जड़ क्षेत्र में सफलतापूर्वक स्थापित होकर जड़ों की वृद्धि, पोषक तत्वों के अवशोषण तथा पौधों की वृद्धि को प्रोत्साहित करता है। साथ ही यह प्रेरित प्रणालीगत प्रतिरोध को सक्रिय कर पेरोक्सिडेज, पॉलीफेनॉल ऑक्सीडेज तथा फेनिलएलानिन अमोनिया लाइएज जैसे रक्षा एंजाइमों की सक्रियता बढ़ाता है, जिससे पौधों की सूत्रकृमि प्रतिरोधक क्षमता में वृद्धि होती है।

पोकोनिया क्लैमाइडोस्पोरिया

पोकोनिया क्लैमाइडोस्पोरिया एक अत्यंत प्रभावी अंडा-परजीवी कवक है, जो मुख्यतः जड़ गाँठ, सिस्ट तथा अन्य पौध-परजीवी सूत्रकृमियों के अंडों को संक्रमित करता है। इसके बीजाणु अंडों की सतह पर अंकुरित होकर अप्रेसोरियम बनाते हैं तथा काइटिनेज, सेरीन प्रोटीएज एवं अन्य हाइड्रोलिटिक एंजाइमों के माध्यम से अंडों की बाहरी परत को विघटित कर भ्रूण को नष्ट कर देते हैं, जिससे लार्वा का विकास रुक जाता है। यह कवक जड़ क्षेत्र एवं जड़ों में लंबे समय तक स्थापित रहकर स्थायी जैविक नियंत्रण प्रदान करता है तथा फॉस्फोरस घुलनशीलता, जड़ वृद्धि एवं पोषक तत्वों के अवशोषण में सुधार कर पौध वृद्धि को भी प्रोत्साहित करता है। साथ ही यह जैस्मोनिक अम्ल एवं एथिलीन आधारित प्रेरित प्रणालीगत प्रतिरोध को सक्रिय कर पौधों की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाता है।

ट्राइकोडर्मा

ट्राइकोडर्मा की विभिन्न प्रजातियाँ विश्वभर में सर्वाधिक उपयोग किए जाने वाले लाभकारी जैविक नियंत्रण कवकों में शामिल हैं। ये जड़ गाँठ सूत्रकृमि के साथ-साथ अनेक मृदा जनित रोगजनकों के प्रभावी नियंत्रण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। यह कवक जड़ क्षेत्र में शीघ्र स्थापित होकर काइटिनेज, प्रोटीएज, सेल्युलेज तथा β -1,3-ग्लूकानेज जैसे एंजाइमों के साथ विभिन्न प्रतिजैविक एवं वाष्पशील जैव सक्रिय यौगिकों का उत्पादन करता है, जो सूत्रकृमि के अंडों एवं लार्वा के विकास को बाधित करते हैं। इसके अतिरिक्त यह वृद्धि हार्मोनों का उत्पादन, फॉस्फोरस एवं सूक्ष्म पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाकर जड़ों के विकास तथा पौध वृद्धि को प्रोत्साहित करता है।

बैसिलस वंश

बैसिलस वंश के जीवाणु पौध वृद्धि प्रोत्साहक राइजोबैक्टीरिया का एक महत्वपूर्ण समूह हैं, ये जीवाणु जड़ क्षेत्र में शीघ्र उपनिवेश स्थापित कर जैविक परत का निर्माण करते हैं, जिससे जड़ गाँठ सूत्रकृमि के लार्वा का जड़ों में प्रवेश कम हो जाता है। साथ ही ये

सर्फेक्टिन, इट्यूरिन, फेंजीसिन तथा बैसिलोमाइसिन जैसे जैव सक्रिय यौगिकों एवं काइटिनेज, प्रोटीएज, सेल्युलेज तथा लाइपेज जैसे एंजाइमों का उत्पादन करते हैं, जो सूत्रकृमि के अंडों एवं लार्वा के विकास को बाधित कर उनकी संख्या कम करते हैं। बैसिलस प्रजातियाँ इंडोल-3-एसिटिक अम्ल, जिबरेलिन तथा अन्य वृद्धि हार्मोन, फॉस्फोरस घुलनशीलता एवं साइडरोफोर उत्पादन के माध्यम से जड़ वृद्धि, पोषक तत्वों के अवशोषण तथा पौध विकास को भी प्रोत्साहित करती हैं।

स्यूडोमोनास फ्लोरेसेंस

स्यूडोमोनास फ्लोरेसेंस एक महत्वपूर्ण पौध वृद्धि प्रोत्साहक राइजोबैक्टीरिया है, जो जड़ गाँठ सूत्रकृमि के विरुद्ध प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष दोनों प्रकार से प्रभावी जैविक नियंत्रण प्रदान करता है। यह जड़ों के आसपास शीघ्र उपनिवेश स्थापित कर हाइड्रोजन सायनाइड, 2,4-डाइएसीटाइलपलोरोग्लुसिनोल, फेनाजीन, पाइरोल्यूटोरिन तथा पाइरोलनाइट्रिन जैसे जैव सक्रिय यौगिकों एवं साइडरोफोर का उत्पादन करता है, जो सूत्रकृमियों की सक्रियता को कम करने के साथ रोगजनकों की वृद्धि को भी रोकते हैं।

पाश्चुरिया पेनिट्रान्स

पाश्चुरिया पेनिट्रान्स एक अनिवार्य परजीवी जीवाणु है, जो विशेष रूप से जड़ गाँठ सूत्रकृमि को संक्रमित करता है। इसके बीजाणु सूत्रकृमि के लार्वा की बाहरी त्वचा से चिपककर उनके शरीर के भीतर विकसित होते हैं, जिससे मादा का विकास, अंडा उत्पादन एवं प्रजनन रुक जाता है। इसके बीजाणु लंबे समय तक मिट्टी में जीवित रहते हैं, इसलिए यह दीर्घकालिक जैविक नियंत्रण प्रदान करता है। हालांकि कृत्रिम माध्यम पर इसका बड़े पैमाने पर संवर्धन कठिन होने के कारण इसका व्यावसायिक उपयोग अभी सीमित है।

जैविक नियंत्रण एजेंटों की कार्यविधि

जैव-एजेंटों का संवर्धन एवं समेकित जैविक सूत्रकृमि प्रबंधन

जैविक संशोधन जड़ गाँठ सूत्रकृमि के सतत प्रबंधन का महत्वपूर्ण आधार हैं। नीम खली, करंज खली, सरसों खली, कम्पोस्ट तथा वर्मी कम्पोस्ट जैसे कार्बनिक पदार्थ मृदा की भौतिक, रासायनिक एवं जैविक गुणवत्ता में सुधार करने के साथ-साथ लाभकारी सूक्ष्मजीवों की वृद्धि को प्रोत्साहित करते हैं। इनके विघटन से उत्पन्न कार्बनिक अम्ल, अमोनिया, फिनालिक यौगिक एवं अन्य जैव सक्रिय पदार्थ सूत्रकृमियों के अंडों, लार्वा तथा

वयस्कों पर प्रतिकूल प्रभाव डालते हैं। विशेष रूप से नीम खली में उपस्थित अजाडिरैक्टिन, निम्बिन तथा सालानिन जैसे यौगिक, जबकि सरसों एवं अन्य ब्रैसिकेसी फसलों से बनने वाले आइसोथायोसायनेट प्राकृतिक सूत्रकृमि-नाशी पदार्थ के रूप में कार्य करते हैं। कम्पोस्ट एवं वर्मी कम्पोस्ट मृदा की संरचना, जलधारण क्षमता, पोषक तत्वों की उपलब्धता तथा सूक्ष्मजीवी जैवभार में वृद्धि कर पौधों की वृद्धि एवं प्रतिरोधक क्षमता को सुदृढ़ बनाते हैं।

वर्तमान में कार्बनिक संशोधनों को ट्राइकोडर्मा, पर्प्यूरियोसिलियम लिलेसिनम, पोकोनिया क्लैमाइडोस्पोरिया, बैसिलस तथा स्फूडोमोनास जैसे लाभकारी सूक्ष्मजीवों से संवर्धित कर प्रयोग करने की तकनीक अधिक प्रभावी सिद्ध हो रही है। इससे जैव-एजेंटों का शीघ्र उपनिवेशन, अंडा परजीवीकरण, एंजाइम उत्पादन तथा पौधों में प्रेरित प्रतिरोध बढ़ता है। समेकित जैविक सूत्रकृमि प्रबंधन में स्वस्थ पौध सामग्री, फसल चक्र, प्रतिरोधी किस्मों का उपयोग, जैविक संशोधनों का नियमित प्रयोग, उपयुक्त जैविक नियंत्रण एजेंटों एवं माइक्रोबियल कंसोर्टिया का समन्वित उपयोग तथा संतुलित कृषि क्रियाओं को सम्मिलित किया जाता है। साथ ही गुणवत्तायुक्त जैव-उत्पादों का सही समय एवं उचित विधि से प्रयोग, पर्याप्त मृदा नमी बनाए रखना तथा रासायनिक सूत्रकृमिनाशकों के अनावश्यक उपयोग से बचना इसकी

सफलता के लिए आवश्यक है।

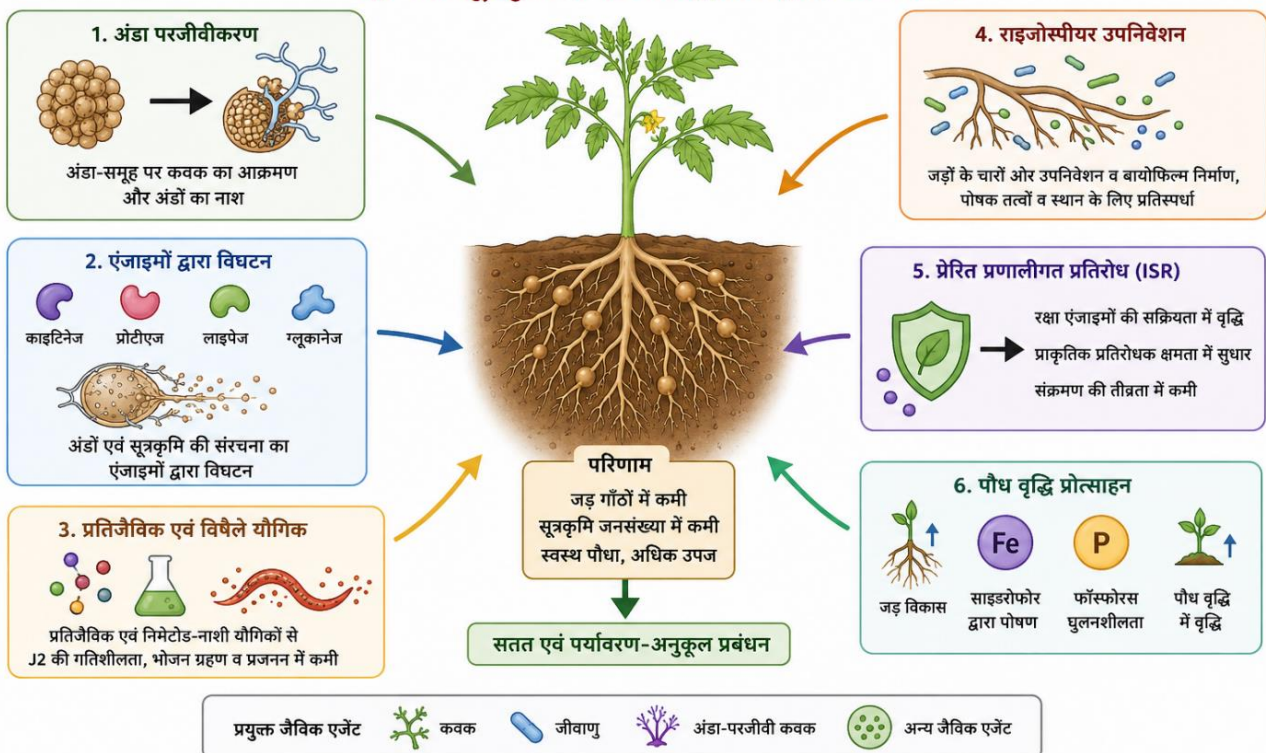
जैविक नियंत्रण की चुनौतियाँ

- धीमी प्रभावशीलता
- पर्यावरणीय कारकों (तापमान, नमी, पीएच) पर अत्यधिक निर्भरता
- खेत की परिस्थितियों में अस्थिर एवं परिवर्तनीय परिणाम
- अधिक प्रारंभिक सूत्रकृमि जनसंख्या में सीमित प्रभावशीलता
- गुणवत्तायुक्त जैव-उत्पादों की सीमित उपलब्धता एवं कम संग्रहण अवधि
- सही मात्रा, समय एवं प्रयोग विधि की आवश्यकता
- प्रभावी नियंत्रण के लिए समेकित सूत्रकृमि प्रबंधन पर निर्भरता

निष्कर्ष

जड़ गाँठ सूत्रकृमि सब्जी उत्पादन के लिए एक प्रमुख बाधा है, जिसका प्रभावी एवं दीर्घकालिक प्रबंधन केवल रासायनिक उपायों से संभव नहीं है। पर्प्यूरियोसिलियम, पोकोनिया, ट्राइकोडर्मा, बैसिलस, स्फूडोमोनास, पाश्चुरिया तथा अन्य लाभकारी सूक्ष्मजीव बहुआयामी कार्यविधियों द्वारा सूत्रकृमि नियंत्रण के साथ पौध स्वास्थ्य एवं मृदा गुणवत्ता में भी सुधार करते हैं। जैविक संशोधनों एवं माइक्रोबियल कंसोर्टिया के साथ इनका समन्वित उपयोग सतत, पर्यावरण-अनुकूल एवं

जड़ गाँठ सूत्रकृमि (Meloidogyne spp.) का प्रबंधन



आर्थिक रूप से व्यवहार्य प्रबंधन की दिशा में सबसे प्रभावी रणनीति है। भविष्य में आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी एवं सटीक कृषि तकनीकों के समावेश से जैविक सूत्रकृमि प्रबंधन को और अधिक प्रभावी बनाकर टिकाऊ एवं उच्च उत्पादक सब्जी उत्पादन सुनिश्चित किया जा सकता है।

***Corresponding E-mail:
rathoreekta311@gmail.com**