एग्री आर्टिकल्स
(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)
वर्ष: 05, अंक: 04 (जुलाई-अगस्त, 2025)
www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

जलवायु परिवर्तन परिदृश्य में कीटों की गतिशीलता पर प्रभाव

*डॉ. सुनील कुमार मंडल[1] एवं डॉ. संजय कुमार[2]
[1]क्षेत्रीय अनुसंधान केन्द्र, झंझारपुर-847403
[2]डॉ. राजेन्द्र प्रसाद केन्द्रीय कृषि विश्वविद्यालय, पूसा, समस्तीपुर, बिहार
*संवादी लेखक का ईमेल पता: skmandal6464@gmail.com

वैश्विक जलवायु परिवर्तनों का कृषि फसलों और कीटों पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। फसल और उसमें आक्रमण करने वाले नाशक कीटों पर जलवायु परिवर्तन के कारण प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से प्रभावित होते है। प्रत्यक्ष प्रभाव कीटों के प्रजनन, विकास, अस्तित्व और फैलाव पर पड़ता है, जबकि अप्रत्यक्ष रूप से जलवायु परिवर्तन हानिकारक कीटों, उनके पर्यावरणीय अन्य कीट की प्रजातियों जैसे प्राकृतिक शत्रु प्रतिस्पर्धी, वाहक और पारस्परिक वादियों के बीच संबंधों को प्रभावित करता है। कीट पाईकिलोथर्मिक (ठंडे खून वाले जीव) के जीव हैं, इसलिए उनके शरीर का तापमान पर्यावरण के तापमान पर निर्भर करता है। इस प्रकार, तापमान शायद कीट के व्यवहार, वितरण, विकास और प्रजनन को प्रभावित करने वाला सबसे महत्वपूर्ण पर्यावरणीय कारक हैं। अतः यह बहुत संभावना है कि जलवायु परिवर्तन के मुख्य कारक (वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साईड में वृद्धि, तापमान में बढ़ोतरी और मिट्टी की नमी में कमी) कीटों की जनसंख्या की गतिशीलता को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित कर सकते हैं। बढ़ते तापमान और कार्बन डाइऑक्साईड द्वारा डाले जाने वाले शारीरिक प्रभावों की जटिलता कृषि फसलों और कीटों के बीच परस्पर क्रिया को गहराई से प्रभावित कर सकती है। इसलिए, आने वाले वर्षों में जलवायु परिवर्तन के कारण किसानों को नई और अत्यधिक कीट की समस्याओं का सामना करना पड़ सकता है। भौतिक ओर राजनैतिक सीमाओं के बाहर कीटों का प्रसार खाद्य सुरखा के लिए खतरा है और यह सभी देशों और सभी क्षेत्रों के लिए एक वैश्विक समस्या है।

परिचय

जलवायु परिवर्तन शब्द का उपयोग पृथ्वी के वायुमंडल और उसके महासागरों के औसत तापमान में क्रमिक वृद्धि को दर्शाने के लिए किया जाता है। ऐसा माना जाता है कि यह परिवर्तन पृथ्वी की जलवायु को हमेशा के लिए बदल रहा है। वर्ष 1900 से वैश्विक तापमान में लगातार वृद्धि हो रही है और तब से इसमें लगभग 1.0 डिग्री सेन्टीग्रेउ की वृद्धि हुई है। सबसे अधिक वृद्धि उत्तरी अमेरिका में हुई है, जबकि भारत का तापमान 0.2 डिग्री सेन्टीग्रेड से 1.0 डिग्री सेन्टीग्रेड के बीच बढ़ा है। इसके अतिरिक्त ग्लोबल वार्मिंग (विश्वव्यापी भूण्डलीय उष्मीकरण में बढ़ोतरी) की दर बढ़ रही है। पिछले 50 वर्षों के दौरान तापमान में लगभग दोगुनी तेजी से वृद्धि हुई है, जो कि पिछले 100 वर्षों में हुई थी। भारत में औसत तापमान खरीफ (जुलाई–अक्टूबर) में 1.7 डिग्री सेन्टीग्रेड तथा रबी (नवम्बर–मार्च) के मौसम में 3.2 सेन्टीग्रेड तक बढ़ने का अनुमान है, जबकि औसत वर्षा में वर्ष 2070 तक लगभग 10 प्रतिशत की वृद्धि होने की उम्मीद है।

जलवायु परिवर्तन और अत्यधिक मौसम की घटनाओं का फसल उत्पादन और कृषि कीटों पर बड़ा प्रभाव पड़ता है। आमतौर पर अनुकूलनीय जीवों के रूप में कीट जलवायु परिवर्तन के विभिन्न कारणों पर अलग–अलग प्रतिक्रिया करते हैं। इस लेख में कृषि कीटों पर बढ़ते तापमान और वायुमण्डलीय कार्बन डाईऑक्साइड स्तरों के साथ–साथ वर्षा के बदलते स्वरूप (पैटर्न) के प्रभावों का वर्णन किया गया हैं। चूँकि तापमान कीटों के जनसंख्या की गतिशीलता को प्रभावित करने वाला सबसे महत्वपूर्ण पर्यावरणीय कारक है। इसलिए यह उम्मीद की जाती है कि वैश्विक जलवायु परिवर्तन उनके भौगोलिक क्षेत्र का विस्तार, सर्दियों में जीवित रहने की अवधि में वृद्धि, पीढ़ियों की संख्या में वृद्धि, आक्रमक कीट प्रजातियों और कीट संचारित पौधों की बीमारियों के जोखिम में वृद्धि के साथ–साथ मेजबान (हॉस्ट) पौधों और प्राकृतिक शत्रुओं के साथ उनकी गतिविधियों में बदलाव ला सकती है। चूँकि जलवायु परिवर्तन कीट की समस्या को बढ़ाता है, इसलिए भविष्य की कीट प्रबंधन रणनीतियों की बहुत आवश्यकता है। इनसे जलवायु और कीट आबादी की निगरानी, संशोधित एकीकृत कीट प्रबंधन रणनीतियां और मॉडलिंग भविष्यवाणी उपकरण का उपयोग शामिल है जो यहाँ प्रस्तुत किया गया है।

1.कीटों पर बढ़ते उच्च तापमान का प्रभाव

कीट का शरीर तापमान में बदलाव के प्रति बहुत संवेदनशील होता है और 10 डिग्री सेटींग्रेड तापमान की वृद्धि के साथ उनकी चयापचय (मेटाबोलिज्म) दर लगभग दोगुनी हो जाती है। इस संदर्भ में कई शोधकर्ताओं नें दिखाया है कि बढ़ता तापमान कीटों की खपत, विकास और आवाजाही में तेजी लाता है, जो प्रजनन क्षमता, अस्तित्व, पीढ़ी का समय, जनसंख्या का आकार और भौगोलिक सीमा को प्रभावित करके जनसंख्या की गतिशीलता को प्रभावित कर सकता है।

कीट की वो प्रजातियां जो बढ़ी हुई तापमान की स्थिति के अनुकूल और विकसित नहीं हो सकती है, उन्हें आमतौर पर अपनी आबादी भी बनाए रखने में मुश्किल होती है, जबकि अन्य प्रजातियां तेजी से पनप सकती है और प्रजनन कर सकती है। तापमान चयापचय (मेटावोलिज्म) कायापलट, गतिशीलता और मेजबान पौधों की उपलब्धता में बदलाव की संभावना को निर्धारित करता है। कीटों के वितरण और व्यवहार को देखते हुए यह अनुमान लगाया जा सकता है कि तापमान में वृद्धि शाकाहारीपन में बढ़ोतरी के साथ जुड़ी होनी चाहिए, साथ ही कीट आबादी की वृद्धि दर में भी बदलाव होना चाहिए। इस प्रकार उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में कीट आबादी में वर्त्तमान तापमान स्तर के कारण जलवायु परिवर्तन के परिणामस्वरूप वृद्धि दर में कमी का अनुभव होने का अनुमान है, जो पहले से कीट विकास और वृद्धि के लिए न्यूनत्तम के करीब है, जबकि समशीतोष्ण क्षेत्रो में कीटो की वृद्धि दर में वृद्धि का अनुभव होने की उम्मीद है। विभिन्न जलवायु परिवर्त्तन परिदृश्यों के तहत दुनिया की तीन प्रमुख अनाज फसलो (गेहूँ, धान और मक्का) के उत्पादन में कीट आवादी की वृद्धि में परिवर्त्तन का अनुमान लगाकर इस सिद्धांत की पुष्टि की है। अध्ययन के अनुसार गेहूँ के लिए, जो आमतौर पर समशीतोष्ण जलवायु में उगाया जाता है, उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में उगाए जाने वाले धान के लिए, वे कीट आबादी की वृद्धि में कमी की भविष्यवाणी करते है, और समशीतोष्ण और उष्णकटिबंधीय दोनो क्षेत्रों में उगाये जाने वाले मक्का के लिए कीट आबादी की वृद्धि के लिए मिश्रित प्रभाव की उम्मीद की जा सकती है।बढ़े हुए तापमान का प्रभाव जमीन के उपर रहने वाले कीटों पर उन कीटो की तुलना में अधिक होता है जो अपना अधिकांश जीवन–चक्र मिट्टी में बिताते है, क्योंकि मिट्टी एक उष्मीय रूप से अलग माध्यम् है जो तापमान परिवर्त्तनो को अधिक कर सकता है और इस प्रकार उनके प्रभाव को कम कर सकता है।

उदाहरण : एफिड़ (माहूँ) अलार्म फेरोमोन के प्रति कम संवेदनशील होते है, जिसे वे आमतौर पर कीट शिकारियों और परजीवियों के द्वारा खतरा होने पर छोड़ते है। सफेद मक्खी की आवादी मुख्य रूप में तापमान, बर्षा और सामान्य रूप से आर्द्रता जैसे पर्यावरणीय कारको द्वारा नियंत्रित होता है। उच्च तापमान और उच्च आर्द्रता सफेद मक्खी की आवादी के निर्माण के साथ सकारात्मक रूप से संवेनशील है।

लगभग 1100 कीट की प्रजातियों के एक अध्ययन में पाया गया है कि ग्लोबल वार्मिंग के कारण जलवायु परिवर्तन से वर्ष 2050 तक में लगभग 15–30 प्रतिशत प्रजातियाँ विलुप्त हो जाएगी। कीट की गतिशीलता पर ग्लोबल वार्मिंग के सामान्य परिणामों में शामिल है जैसे भौगोलिक सीमा पर विस्तार, सर्दियों में जीवित रहने वाली कीटों के आवादी की जीवित रहने की दर में वृद्धि, आक्रामक कीट की प्रजातियों के आने का खतरा बढ़ जाना, सीमा विस्तार और कीट वाहकों के तेजी से प्रजनन के कारण कीट–संचारित पौधों के बीमारियों की घटनाओं में वृद्धि, प्राकृतिक शत्रुओं (जैविक नियंत्रक कारकों) की प्रभावशीलता में कमी आदि।

2.कीटों पर कार्बन डाईऑक्साईड की बढ़ी हुई सान्द्रता का प्रभाव

वायुमंडलीय कार्बन डाईआक्साईड की बढी हुई सान्द्रता कीटो के वितरण, प्रचुरता और प्रदर्शन को प्रभावित कर सकती है। कार्बन डाईआक्साईड की बढ़ोतरी कीटो की खपतदर, विकास दर, प्रजनन क्षमता और जनसंख्या घनत्व को प्रभावित कर सकती है। कार्बन डाईआक्साईड निषेचन के प्रति प्रतिक्रियाएँ कीटों के भोजन प्रकार के आधार पर भिन्न होता है, थ्रिप्स जैसे पूरे कोशिका खानेवाले जनसंख्या के आकार में वृद्धि दिखाते है। पौधो के जीवित उत्तक वाले कीट, जिनमें सफेद मख्खी और माहू शामिल है, ने जनसंख्या वृद्धि दर में वृद्धि और जनसंख्या घनत्व में कमी की संयुक्त प्रभाव दर्शाया है, साथ ही चबाने वाले कीटों जैसे बीट्ल, वेधक कीट आदि कीटो पर भी प्रभाव देखा गया है।

3.कीटों पर परिवर्त्तनशील वर्षा के स्परूप (पैर्टन) का प्रभाव

वर्षा की मात्रा, तीव्रता और आवृति में जलवायु परिवर्त्तन का बहुत महत्वपूर्ण संकेत है जैसे कि अधिकांश घटनाओं में देखा गया है, वर्षा की आवृति कम हों गई है, जबकि वर्षा की तीव्रता में वृद्धि हुई है। इस प्रकार वर्षा के स्वरूप में सुखे और बाढ़ की घटना को बढ़ावा दिया है। कीट की प्रजातियां जो मिट्टी में सर्दियों के दौरान रहती है, वे परस्पर व्यापक वर्षा से सीधे प्रभावित होती है। इस प्रकार भारी वर्षा से बाढ़ और पानी का लंबे समय तक ठहराव हो सकता है। यह स्थिति कीटो के अस्तित्व को खतरे में डालती है और कम से कम उनके डायपैज (कीटों के जीवन–चक्र की निष्क्रिय अवस्था) को प्रभावित करती है। इसके अतिरिक्त कीटों के अंडे और सूंडी (लार्वा) भारी बारिश और बाढ़ से बह सकते हैं। छोटे शरीर वाले कीट (जैसिड, सफेद मक्खी, माइट, माहूँ) भारी वर्षा के दौरान वह सकते हैं, वही मिट्टी के अन्दर रहने वाले कीटो (दीमक, गड़ाड़) को भी नुकसान पहुँचा सकते है। सुखे की स्थिति में कटुआ कीट आलू, मक्का, चूकंदर आदि फसलों के लिए बहुत हानिकारक हैं। शुष्क जलवायु कीटों के विकास और वृद्धि के लिए उपयुक्त पर्यावरणीय परिस्थितियां प्रदान कर सकती है।

4.कीटों के वितरण और विस्तार पर प्रभाव

सामान्य तौर पर निम्नलिखित कारक कीटों के वितरण और विस्तार को निर्धारित कर सकते हैं।

(क) प्राकृतिक जैव भूगोल
(ख) फसल वितरण
(ग) कृषि पद्धतियों : मोनोकल्चर (एक फसली पद्धति), सिंचाई, उर्वरक, कीटनाशक
(घ) जलवायु
(ड़) व्यापार
(च) सांस्कृतिक पद्धति

5.सर्दियों के मौसम में कीटों के जीवित रहने की क्षमता में वृद्धि

कीट पॉइकिलोथर्मिक (ठंडे खुन वाले जीव) होते है और इसलिए वातावरण के तापमान में बदलाव के जवाब में होमोस्टेसिस (समस्थापन) की सीमित क्षमता रखते हैं। कीटों ने तापीय रूप से तनावपूर्ण पर्यावरणीय परिस्थितियों में

जीवित रहने के लिए कई प्रकार की रणनीतियों का विकास किया है। कई कीटों के लिए सबसे महत्वपूर्ण मौसम सर्दी है, क्योंकि कम तापमान मृत्यु दर में कमी कर सकते है और इस प्रकार अगले मौसम में आबादी में वृद्धि कर सकते हैं।

6. कीटों के पीढ़ियों की जनसंख्या में वृद्धि

जैसा कि पहले निर्दिष्ट किया गया है कि तापमान कीटों के लिए सबसे महत्वपूर्ण पर्यावरणीय कारक है, जो मुख्य रूप से उनके फेनोलोजी (पौधों और कीटों के जीवन–चक्र की घटना) को प्रभावित करता है। परिवेशी (व्यापक) उर्जा परिकल्पना बताती है कि कीटों का विकास और प्रजनन उच्च तापमान पर अधिक होते हैं। इसलिए, उच्च तापमान का ग्लोवल वार्मिंग (भूमण्डलीय उष्मीकरण) से जनसंख्या का आकार बड़ा हो जाता है, जो बदले में गतिशील संतुलन में प्रजातियों की अधिक संख्या को जन्म दे सकता है। भूमण्डलीय उष्मीकरण के परिदृश्य में यह एक निश्चित पसंदीदा व मुख्य सीमा के भीतर प्रजनन दरों में तेजी लाने की संभावना बनाता है, जिससे कई कीट प्रजातियों की पीढ़ियों की संख्या में वृद्धि होती है और अधिक फसलों का नुकसान होता है। कई प्रजातियों के लक्षणों और जलवायु परिस्थितियों में से एक जो जलवायु परिवर्तन को फेनोलॉजीकल (पौधों और कीटों के बीच मौसमी परिवर्तनों की घटना) बदलावों से जोड़ने के लिए उपयोग किया गया है, वह थर्मल (उष्मीय) विकास की सहिष्णुता व सहनशीलता है।

वार्षिक जीवन–चक्र वाली कीट की प्रजातियां आमतौर पर लंबे जीवन–चक्र वाली प्रजातियों की तुलना में अधिक तेजी से विकसित होती है। जैसे माहूँ कीट (एफीड) है, जिनसे उनकी कम विकासात्मक सीमा और कम पीढ़ी के समय के कारण प्रति वर्ष चार से पाँच अतिरिक्त पीढ़ियों का उत्पादन करने की उम्मीद की जा सकती है। इसलिए माहूँ कीट तापमान परिवर्त्तनों के विशेष रूप से संवेदनशील संकेतक हो सकते हैं। उनके विकास के दौरान उच्च तापमान का सूंडी और शिशु कीट की चरणों (जब वे शिकारियों के द्वारा अधिक खतरें में होते हैं) में समय को कम करने का लाभकारी प्रभाव पड़ता है और प्रजातियों को पहले वयस्क बनने की अनुमति देता है।

तापमान में वृद्धि के प्रति कीटों की अपेक्षित प्रतिक्रियाओं में वयस्क उद्दभ के समय में अग्रिमता और उड़ान अवधि में वृद्धि शामिल है। वोलिटजिन्म (प्रति वर्ष एक बार से कम पीढ़ी होना) में परिवर्तनों के लिए एक सांकेतिक उड़ान अवधि पहले की शुरूआत है, जो एक अतिरिक्त पीढ़ी के उत्पादन की अनुमति दे सकती है। चूँकि कीट बढ़ते मौसम में पहले उड़ते हैं। इसके अतिरिक्त, उच्च तापमान के कारण, तेजी से सूंडियों (लार्वा) का विकास और वृद्धि होती है, इसलिए बाद की पीढ़ी के अधिक कीटें तब विकसित हो सकते हैं, जब फोटोपेरियड (दिन में वह समय जब कोई जीव प्रकाश के सम्पर्क में रहता है) और तापमान की स्थिति अभी भी अनुकूल है, जिससे उन्हें सूंडी (लार्वा) के रूप में डायपॉज (कीट के जीवन–चक्र के किसी भी चरण में हो सकता है, लेकिन यह प्यूपा चरण के दौरान सबसे आम है या एक अंतर्जात विनियमित निष्क्रिय अवस्था) करने के बजाय सीधे उसी मौसम में विकसित होने की अनुमति मिलती है। वयस्क कीट बनने (उद्दव) के समय को फेरोमोन–सक्शन या प्रकाश जाल के साथ उल्लेखित किया जा सकता है। कीट फेनोलॉजी पर दीर्घकालिक डेटा विश्लेशन से पता चलता है कि कीटों के उद्दव का समय जलवायु परिवर्त्तन के तहत बदलता है। सक्शन ट्रैप डेटा के विश्लेशण से पता चलता है कि आलू का माहूँ कीट भी वसंत उड़ान जनवरी–फरवरी में औसत तापमान में प्रत्येक 1.0 डिग्री सेंटीग्रेड की वृद्धि के लिए दो हफ्ते पहले शुरू हुई थी। सर्दियों के दौरान तापमान और जोखिम की अवधि के आधार, सर्दियों के बाद अवादी की वृद्धि बहुत कम (ठंडी सर्दी) से लेकर बहुत अधिक (हल्की सर्दी) तक होती है। प्रत्येक वर्ष सक्शन ट्रैप में पकड़े गए माहूँ के पहले प्रवासी कीटों के साथ की 50 साल का विवरण ने जनवरी और फरवरी में सर्दियों के औसत तापमान के साथ एक मजबूत सहसंबंध दिखाया है। लेपिडोप्टेरा गण के कीट भी फेनोलॉजिकल परिवर्त्तनों का एक अच्छा उदाहरण है। 1980 के दशक से कई मध्य यूरोपीय लेपिडोप्टेरा कीट के प्रजातियों में प्रति वर्ष पीढ़ियों की संख्या में वृद्धि हुई है। आंशिक रूप से द्विवर्षीय या बहुवर्षीय कीट की प्रजातियों में दुसरी या बाद की पीढ़ियों की बहुतायत में वृद्धि का अनुभव होने की उम्मीद है।

7.आक्रामक विदेशी कीटों की प्रजातियों का बढ़ता जोखिम

आक्रामक विदेशी प्रजातियों (आईएएस) को ऐसे टैक्सा के रूप में परिभाषित किया जाता है, जिन्हें या तो जानबूझकर (जैसे– भोजन, फसलें, सजावटी पौधे, पालतु जानवर, पशुधन) या अनजाने में मानवीय गतिविधियों के कारण उनके प्राकृतिक आवास के बाहर पेश किया जाता है। आक्रामक कीटें आमतौर पर कृषि, संग्रहित–उत्पाद, वानिकी, घरेलू या संरचनात्मक कीट होते है और अक्सर विभिन्न बीमारियों या परजीवियों के वाहक हो सकते हैं। अंतरराष्ट्रीय यात्रा, वैश्विक व्यापार प्रणाली और कृषि के कारण पिछली सहस्त्राब्दी में प्रजातियों का उनके मूल क्षेत्र से बाहर के क्षेत्रों में प्रसार तेजी से बढ़ा है। जैव विविधता पर कन्वेंशन आक्रामक विदेशी प्रजातियों को कृषि, वानिकी और जलीय पारिस्थितिक तंत्रों पर उच्च लागतों के साथ वैश्विक जैव विधिधता के लिए सबसे बड़ा खतरा बताता है। इसे अक्सर, ''10 नियम'' कहा जाता है, जिसके अनुसार लगभग 10 में से 1 प्रजाति पर्यावरण में भाग जाती है, इन 10 में से 1 प्रजाति पर्यावरण में स्थापित हो जाती है और इन स्थापित 10 प्रजातियों में से 1 प्रजाति पर्यावरण में स्थापित हो जाती है और इन स्थापित 10 प्रजातियों में से 1 आर्थिक कीट बन जाती है।

आक्रामक कीट प्रजातियों के लिए, हाल के अध्ययनों में कई अनुमानित जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों के तहत विस्तारित भौगोलिक सीमा और बढ़ी हुई जनसंख्या घनत्व और वोल्टिनिज्म (कीट की एक पीढ़ी प्रति वर्ष) की भविष्यवानी करते है जो जल्द ही टिकाऊ कृषि उतपादन के लिए संभावित गंभीर परिणाम पैदा कर सकता है। हालांकि, यह बताना महतवपूर्ण है कि जलवायु परिवर्तन जैविक आक्रमण का प्रमुख कारक नहीं है। आक्रामक बनने के लिए, विदेशी कीटों को एक नए आवास में सफलता पूर्वक पहुँचना चाहिए और दी गई परिस्थितियों में जीवित रहने के साथ पनपना चाहिए। जलवायु परिवर्तन इस आक्रामक मार्ग के घटकों को सकारात्मक या नकारात्मक रूप से प्रभावित कर सकता है। जलवायु परिदृश्य सुविधाओं के साथ मिलकर, ऐसी प्रजातियों के फैलाव की सीमाएँ तय करती उन सभी जैविक प्रणालियों की तापीय सीमाएं होती है। इसलिए तापमान वृद्धि का पारिस्थितिकी तंत्रों और उनमें रहने वाली प्रजातियों पर अधिक प्रभाव पड़ेगा।

ग्लोवल वार्मिंग (भूमण्डलीय उष्मीकरण) के प्रति अधिकांश देशी और विदेशी कीट प्रजातियों की प्रतिक्रियाओं की सीमा अभी भी अज्ञात है और निश्चित रूप से नई गर्म परिस्थितियां उन सभी के लिए फायदेमंद नहीं होगी। कीट आक्रमण की प्रक्रिया में घटनाओं की एक श्रृंखला शामिल होती है जिसमें आक्रमक विदेशी कीटों का परिवहन, परिचय, स्थापना और फैलाव शामिल होता है। जब एक नई प्रजाति नये आवास में पहुँचती है, तो आक्रमण प्रक्रिया के अन्य चरण मौजूदा जलवायु और जलवायु परिवर्तन से सकारात्मक या नकारात्मक रूप से प्रभावित हो सकते हैं। जलवायु परिवर्तन सीधे तौर पर आक्रामक कीटों का परिवहन और परिचय को प्रभावित कर सकता है। अधिक चरम जलवायु घटनाएं (जैसे तूफान, तेज हवाएं, धाराएं और उभार) कीटों की नये भौगोलिक क्षेत्रों में स्थानांतरित कर सकती है, जहां उन्हे स्थापना के लिए अनुकूल पर्यावरणीय स्थितियां मिल सकती है। प्रसार दवाव एक नये आवास पर आक्रमण करने वाले कीटों के प्रजातियों की आवृति और संख्या का एक कार्य है। सामान्य तौर पर, जितने अधिक कीटों को एक क्षेत्र में पेश किया जाता है, उतनी ही अधिक संभावना है कि वे सफलतापूर्वक स्थापित होंगे। एक प्रजाति के एक या अधिक प्रसारकों को पहले एक परिवहन मार्ग में प्रवेश करना चाहिए, फिर परिवहन यात्रा से बचना चाहिए, इसके बाद परिवहन वेक्टर से सफलतापूर्वक बाहर निकालना चाहिए और अंततः एक प्रारंभिक आवादी की स्थापना होनी चाहिए जो फैल सकती है या नहीं भी हो सकती है और आक्रामक हो सकती है। प्रसार दवाव पौधों के व्यापार की सीमा से संबंधित है, इस बात की संभावना है कि विदेशी कीटों को इन पौधों पर ले जाया जाता है और इस बात की संभावना है कि वे पौधों की वस्तुओं में बिना पता लगे सीमा नियंत्रणों को पार कर जाते हैं। इस तरह के एक परिचय मार्ग के सबसे हालिया उदाहरणों में से माना जाता है कि परिचय का मार्ग ताजे फलों का व्यापार है, जिसमें शुरूआती प्रसारक अण्डे या सूंडी (लार्वा) अवस्था में दक्षिण पूर्व एशिया के माध्यम् से व्यापार किये जाने वाले ताजे फलों की बड़ी मात्रा में पाये जाते हैं। जलवायु परिवर्तन के कारण आक्रामक कीट प्रजातियों का प्रसार वास्तव में धीमा है। वैज्ञानिकों ने पाया कि जलवायु परिवर्तन कारण कीट प्रजातियां औसतन 6.1 किलोमीटर प्रति दशक की दर से फैल रही है। यह इन क्षेत्रों में तापमान में वृद्धि के कारण हो रहा है और कीटों की वहाँ जीवित रहने के लिए मजबूर कर रहा है, जहाँ पहले पनप नहीं सकते थे।

आक्रमक प्रजातियों में आमतौर पर देशी कीटों की तुलना में सहनशीलता या जैव जलवायु सीमा की एक व्यापक रेंज (सीमा) होती है, जिससे विदेशी कीटों को उपयुक्त आवासों की एक विस्तृत श्रृंखला मिल जाती है। कीट प्रजातियों को जलवायु परिवर्तन के प्रति अत्यधिक संवेदनशील माना जाता है। संवेदनशीलता इस तथ्य से उत्पन्न होती है कि उनकी अधिकांश शारीरिक प्रक्रियाएँ तापमान पर निर्भर होती है। प्लास्टिसिटी कई आक्रामक प्रजातियों के प्रसार के पीछे एक प्रेरक शक्ति है, क्योंकि प्लास्टिसिटी कीट का एक गुण है, इसे अक्सर एक संवेदनशील तंत्र के रूप में बताया जाता है, जो जीवों को तेजी से बदलती दुनियां में नई पर्यावरणीय परिस्थितियों के अनुकूल होने की अनुमति देता है (जिसे प्लास्टिक बचाव'' भी कहा जाता है)

अनुकूल फनोटाइपिक, व्यवहारिक, विकासात्मक या शारीरिक लक्षणों का रूप ले सकते है। शारीरिक या व्यवहारिक प्लास्टिसिटी पर्यावरणीय स्थितियों (जैसे तापमान, आर्द्रता, फोटोपेरियोड) उपलब्ध आहार या शिकारियों या प्रतिस्पर्धियों के दबाव में अंतर के कारण हो सकती है। व्यवहारिक प्रतिक्रियाएं अनुकूल हो सकती है और फिटनेस में सुधार कर सकती है, जैसे नये वातावरण पर आक्रमण करते समय मेजवान पौधों की प्रजातियों को ढूढ़ना। नये वातावरण में भोजन की तलाश करने वाले कीटों की प्लास्टिक (संश्लेषित) प्रतिक्रियाओं में से एक उनके भोजन के विकल्पों को बदलना या उनका विस्तार करना है। कुछ प्रजातियों के लिए, जैसे *डी० सुजुकी,* जो 30 से अधिक पौधों की प्रजातियों के साथ अपने आहार विकल्प में अत्यधिक प्लास्टिसिटी (नमनीयता) दिखाता है, और आहार सांस शायद इसके आक्रमण की सफलता के लिए जिम्मेदार सबसे महत्वपूर्ण लक्षण है। कई लक्षणों के विकास में विभिन्न तंत्रों के घटक शामिल होते है और भविष्यवाणी करते है कि किसी कीट के भीतर चुनिंदा प्रतिक्रियाओं के माध्यम् से विकसित होने वाले सामान्य तंत्र नये वातावरण में जीवित रहने की संभवना रखते हैं, खासकर जब स्थितियां मूल वातावरण की सामान्य सीमा से अधिक (अनियमित) तरीकों से होती है, जैसे कि बड़े तापमान में बदलाव। कीटों एक्टोथर्म (वाहय उष्मीय जीव) में, थर्मल (उष्मीय उर्जा) अनुकूल हो सकता है, उदाहरण के लिए, व्यवहार संबंधी लक्षणों के माध्यम् से जो उर्जा चयापचय (मेटावोलिज्म) को नियंत्रित करते है।

8. कीटों के प्राकृतिक शत्रुओं (जैव नियंत्रक कारकों) की कम प्रभावशीलता

जलवायु परिवर्तन से कीटों और उनके प्राकृतिक शत्रुओं की प्रचुरता, वितरण और मौसमी समय पर गंभीर प्रभाव पड़ने की संभावना है, जो जैविक नियंत्रण कार्यक्रमों की सफलता की उपलब्धि को बदल देगा। फाइटोफैगस (शाकभक्षी) कीट प्रजातियों को स्वाभाविक रूप से टॉप–डाउन (प्राकृतिक शत्रु) और बॉटन–अप (मेजवान पौधे की उपलबधता और गुणवत्ता) तंत्रों द्वारा नियंत्रित किया जाता है। ये प्राकृतिक तंत्र कीट जनसंख्या की गतिशीलता, प्रदर्शन और व्यवहार को प्रभावित करने के लिए परस्पर क्रिया करते हैं। कृषि वानिकी और अन्य पारिस्थिति तंत्रों में, फाइटोफेगस (शाकाहारी) कीटों को ट्राई–ट्रॉफिक (मेजवान पौधा–कीट–प्राकृति शत्रु) के संबंध की आधारशीला माना जा सकता है। कीटों और प्राकृतिक शत्रुओं के बीच परस्पर क्रिया पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव, चाहे प्राकृतिक शत्रुओं को जानबूझकर नये क्षेत्रों में प्रस्तुत किया गया हो या वे मूल निवासी हो और जैविक नियंत्रण के संरक्षण उपयों के द्वारा समर्थित तापमान में परिवर्तन किसी सिस्टम (तंत्र/व्यवस्था) की प्रत्येक घटक की प्रजाति के जीव विज्ञान को अलग–अलग तरीके से प्रभावित कर सकता है, जिससे उनकी जनसंख्या गतिशीलता अस्थिर हो सकती है और अस्थायी विसंक्रमण हो सकता है। प्राकृतिक शत्रु, जो तीसरे ट्रॉफिक स्तर (खाद्य श्रृंखला) है, जलवायु परिवर्तन से काफी प्रभावित होने की उम्मीद है। यदि ट्रॉफिक रूप से जुड़ी प्रजातियाँ जलवायु परिवर्तन पर अलग–अलग प्रतिक्रिया करती है, तो उनके बीच ट्रॉफिक इंटरेक्शन (अंतःक्रियायें) परेशान हो सकता है, जिसके परिणामस्वरूप कीटों और उनके प्राकृतिक शत्रुओं के बीच सिंक्रनाईज (साथ–साथ घटना) गतिशीलता का विघटन हो सकता है और संभावित रूप से जैविक नियंत्रण के प्रदर्शन को नकारात्मक रूप से प्रभावित कर सकता है।

माहूँ (एफीड) उन कीटों में से जिन्हें प्राकृतिक दुश्मन प्रजातियों द्वारा नियंत्रित किया जाता है, जैसे परजीवी ततैया, जो माहूँ के शरीर में अपने अंडे देते हैं, और शिकारी प्रजातियाँ, जैसे कि लेडीवर्ड वीटिल। ये सभी प्रजातियाँ ग्लोवल वार्मिंग के प्रभावों से प्रभावित है और तापमान परिवर्तनों के लिए अलग तरह से प्रतिक्रिया कर सकती है। वैज्ञानिकों के अनुसार यदि प्राकृतिक दुश्मन शिकार (जैसे माहूँ कीट) की तुलना में थोड़ा कम तापमान पर विकसित होना शुरू होता है और तापमान बढ़ने पर शिकार की तुलना में तेजी से विकसित होता है, तो बहुत जल्दी और गर्म वसंत मौसम इसके जल्दी उभरने और शिकार की कमी से मृत्यु की उच्च संभावना की ओर ले जाता है। यदि यह घटना कई वर्षों तक दोहराई जाती है, तो यह प्राकृतिक शत्रु के विलुप्त होने के कारण बन सकती है। इस पोषण तंत्र में, *ओ. मेलानोपस* का विकास प्राकृतिक शत्रु की तुलना में तापमान वृद्धि से अधिक प्रभावित हुआ, जिसके परिणाम स्वरूप शत्रु और शिकार के बीच फेनोलॉजिकल बदलाव हुआ और जैविक नियंत्रण कमजोर हो गया।

जलवायु परिवर्तन के कारण फसल वितरण की सीमाओं में बदलाव होने का अनुमान है। परिणामस्वरूप, शाकाहारी कीट फसल वितरण में परिवर्तनों को ट्रैक कर सकते हैं और उन क्षेत्रों में पलायन कर सकते हैं, जहाँ वे अपने शिकारियों या परजीवियों के द्वारा ट्रैक किये जा सकते हैं या नहीं भी किये जा सकते हैं, जिसके परिणामस्वरूप स्थानिक *डीसिंक्रोनाइजेशन* होता है। अंतिम परिणाम आंशिक रूप से संबंधित प्राकृतिक दुश्मन प्रजातियों की अपनी भौगोलिक सीमा का विस्तार करने की क्षमता या नई प्राकृतिक शत्रु आबादी में कीट को नियंत्रित कर सकती है। इन परिस्थितियों की अनुपस्थिति में शाकाहारी शिकार से बचने और अपने नये आवास में बड़ी आवादी बनाने में सक्षम हो सकते हैं। प्राकृतिक शत्रुओं के द्वारा अपने मेजवानों का पीछा करने की क्षमता मुख्य रूप से उनके शाकाहारी मेजबानों के अनुकूल पर्यावरण सहिष्णुता पर निर्भर करती हैं, साथ ही साथ उनकी गति के दरों पर भी निर्भर करती है। ऐसे मामले में कई सामान्यवादियों से बने खाद्य जाल में जैविक नियंत्रण जलवायु परिवर्तन के प्रति अधिक लचीला हो सकता है।

उंर्जा कार्बन डाइऑक्साईड सान्द्रता, परिवर्तित वर्षा पैटर्न और तापमान वृद्धि पौधे की फेनोलॉजी और उत्पादकता को संशोधित करते है, जो बदले में शाकाहारी आबादी (मेजवान कीटों) की वृद्धि और प्रचुरता को प्रभावित करते है और अप्रत्यक्ष रूप से शिकार या परजीवीवाद के लिए उपलब्ध शिकार और मेजवानों की अपूर्ति को प्रभावित करते हैं।

थामसन एट एल के अनुसार उँचे कार्बन डाइऑक्साईड, तापमान अधिकतम सीमाओं और कम वर्षा के तहत उगाए गये पौधे शाकाहारी कीटों के लिए विविध पोषण संसाधन प्रदान करते है जो अप्रत्यक्ष रूप से परजीवियों और शिकारियों की फिटनस (अनुरूपता) को करते है और इन शाकाहारी मेजवानों को खिलाते हैं। एफिड की आवादी उच्च तापमान और उच्च कार्बन डाईऑक्साईड दोनों के तहत बढ़ती है।

अंततः जलवायु परिवर्तन और ग्लोवल वार्मिंग प्राकृतिक शत्रुओं के व्यवहार को बदलकर या परोक्ष रूप से मेजवान पौधों में शारीरिक लक्षणों और शाकाहारी कीटों में व्यवहार संबंधी लक्षणों को बदलकर उच्च ट्रॅफिक स्तरों को सीधे प्रभावित करते हैं।इन सभी तथ्यों को देखते हुए, ट्राफिक प्रणाली का समग्र रूप से आकलन करना महत्वपूर्ण है। भविष्य के लिए एक चुनौती शाकाहारी कींट, उनके संबंधित प्राकृतिक शत्रुओं और मेजवान पौधों, वर्तमान जलवायु और जलवायु परिवर्तन के प्रति उनकी प्रतिक्रिया की दीर्घकालिक निगरानी के माध्यम् से प्राप्त फेनोलॉजिकल प्रक्रियाओं के ज्ञान के आधार पर मॉडल विकसित करना है।

9.कीट वाहकों के द्वारा प्रसारित पौधों की बीमारियों की बढ़ती घटना में वृद्धि

कीट महत्वपूर्ण वाहक है जो कई पौधों की बीमारियों जैसे वायरस, फाइटोप्लाजमा और बैक्टीरिया को संचारित करते हैं। वैश्विक खाद्य उत्पादन में वायरस कई पौधों की बीमारियों का एक प्रमुख कारण हैं। इन रोगों से अनुमानित आर्थिक नुकसान प्रति वर्ष 30 विलियन डॉलर से अधिक है। अपने वाहक या मेजवान कीट के बाहर, वायरस अचल होते हैं और इसलिए संचरण और प्रसार के लिए अपने वाहकों पर बहुत अधिक निर्भर होते हैं। कुछ वायरस और वाहक मेजबान सामान्यज्ञ होते हैं और अन्य संचरण के एक विशिष्ट गुण वाले विशेषज्ञ होते हैं। वाहक अपनी संचरण क्षमता में भिन्न हो सकते हैं, इसलिए वायरस की दृढ़ता, प्रसार और व्यापकता विशेष वाहकों, उनके मेजबान पौधे और जलवायु परिस्थितियों पर निर्भर करती है जिसमें वे पनपते हैं। जलवायु परिवर्तन का पौधों के वायरस की महामारी विज्ञान पर बड़ा प्रभाव पड़ सकता है। उनकी मुख्य होस्ट–टू–होस्ट ट्रांसमिशन रणनीति छेदने और चुसने के लिए मुँह के अंगो के साथ कीट वैक्टर का उपयोग है। कुछ वायरस के वैक्टर के रूप में कार्य करते हैं। चूँकि जलवायु सीधे कीट शरीर विज्ञान, फेनोलॉजी आदि को प्रभावित करती है, इसलिए यह अप्रत्यक्ष रूप से उन वायरस को प्रभावित कर सकती है। इसलिए यह अप्रत्यक्ष रूप से उन वायरस को प्रभावित कर सकती है जो वे संचारित करते हैं। इस प्रभाव के कारण फसल उत्पादन में वायरल रोगों के वृद्धि और विकास के लिए सकारात्मक, नकारात्मक या तटस्थ परिणाम हो सकते हैं।

भौगोलिक विस्तार और कीट वाहकों की आवादी में बढ़ोतरी के कारण ग्लोबल वार्मिंग कीट संचारित पौधों के बीमारियों की घटना को बढ़ावा दे सकती है। पौधों के वायरस संचारित करने वाले कीटों का मुख्य क्रम सैप फीडिंग हेमिप्टोरा गण के कीट है। इस गण के भीतर, माहूँ, जैसिड और सफद मक्खी के परिवार वायरल रोगों के प्रमुख वाहक हैं। इनमें से माहूँ वाहकों का सबसे बड़ा समूह है, जो 275 से अधिक वायरस प्रजातियाँ को संचारित करता है और अधिकांश माहूँ की प्रजातियां कुद पौधों के वायरस को संचारित करने में सक्षम हैं। माहूँ कीट दुनिया के समशीतोष्ण क्षेत्रों में महत्वपूर्ण वायरस वाहक हैं, जबकि सफेद मक्खी गर्म क्षेत्रों तक ही सीमित है और ग्रीनहाउस परिस्थितियों में उगाई जाने वाली फसलों में समशीतोष्ण क्षेत्रों में पनपती है। जलवायु परिवर्तन से वायरस वेक्टरों (वाहकों) की प्रवास क्षमता और लंबी दूरी तक फैलाव भी प्रभावित हो सकता है। माहूँ लंबी दूरी तय कर सकते हैं, जब उन्हें अनुकूल थर्मल सिथतियाँ मिलती है जो उन्हें उपर की ओर ले जाती है, जहाँ वायुमंडलीय वायु की हलचल उन्हें क्षैतिज स्थानांतरण के लिए उजागर करती है। इस लंबी दूरी के परिवहन को दक्षिण में उत्तरी अमेरिका के मैदानों से मिनेसोटा में मकई उगाने वाले क्षेत्रों में अत्यधिक लगातार कम दबाव वाली हवाओं के द्वारा ले जाये जाने वाले माहूँ के कारण होने वाली गंभीर वायरल महामारी से जोड़ा गया है।

यह भी बताया गया है कि उत्तरी यूरोप में तापमान में वृद्धि, विशेष रूप से बढ़ते मौसम की शुरूआत में आलू फसल में वायरल रोगों की दर को बढ़ाती हैं, क्योंकि आलू के वायरस के मुख्य वेक्टर एफिड्स द्वारा पहले ही उपनिवेशण हो जाता है। वायरल रोगों की गंभीरता संक्रमण के समय और इनोकुलम की मात्रा पर अत्यधिक निर्भर करता है। वायरल इनोकुलम की मात्रा इसके कीट वेक्टरों और उनके (वैकल्पिक) मेजवान पौधों के ओवरविन्टरिंग (शीतनिष्क्रियता अवस्था) से प्रभावित होती है। इलकी सर्दियों में एफिडस (माहूँ) के जीवित रहने की दर अधिक होने की उम्मीद है और उच्च वसंत/गर्मियों के तापमान से उनके विकास और प्रजनन दर में वृद्धि होती है। अंतिम परिणाम वायरल रोग संचरण और प्रसार की अधिक घटना है।

जौ का पीला बौना वायरस (वीवाईडीभी) पीएसी परिवार में एक बहुत ही हानिकारक बीमारी का कारण बनता है और विभिन्न एफिड वैक्टर के द्वारा फैलता है। मध्य यूरोप में वेक्टर वर्ड चेरी ओट एफिड (*रोपालोसिफम पैडी* एल) के प्रवास के लिए न्यूनतम तापमान दीर्घावधि निगरानी के आधार पर 8 डिग्री सेन्टीग्रेड है। इसके अलावा, गर्मियों में जनसंख्या का विस्तार शरद् मौसम के तापमान से निर्धारित होता है, और शरद ऋतु में जनसंख्या का विस्तार वर्षा के पैटर्न और सर्दियों में बेहद कम तापमान पर निर्भर करता है। मध्य और उत्तरी यूरोप में शरद ऋतु के सर्दियों में गर्म परिस्थितियां वेक्टर की दृढ़ता को बढ़ाती है और इस प्रकार सर्दियों की फसलों जैसे जौ और गेहूँ में बावरस के संचरण का खतरा बढ़ जाता है। गर्मियों में, गर्म तापमान और कम वर्षा मेजवान की उपलब्धता को कम कर सफेद मक्खी, ग्रीनहाउस सफेद मक्खी (*ट्रायल्यूरोड्स वेपोरियोरम* वेस्टवुड) और सिल्वर लीफ सफेद मक्खी (*बेमिसिया टैबेसी* गेनाडियसो) सबसे महत्वपूर्ण वायरस वेक्टर है। मध्यम् वर्षा और उच्च तापमान आमतौर पर सफेद मक्खी (*बी. टैबेसी*) के लिए अनुकूल होते हैं और जनसंख्या वृद्धि का कारण बनते हैं। स्थापित सिंचाई प्रणालियों के साथ शुष्क और गर्म जलवायु वाले वातावरण सफेद मक्खी (*बी. तबासी*) के अनुकूल परिस्थितयाँ प्रदान करते हैं। उनकी छोटी पीढ़ी के समय को ध्यान में रखते हुए, गर्मियों में बड़ी आवादी विकसित हो सकती है। वही परिस्थितियाँ वायरस के विकास की दर में वृद्धि का कारण बन सकती है, जिसके परिणामस्वरूप व्यापक मेजवान रेंज, अधिक संचरण दक्षता और फसलों में बड़े वायरस जलाशयों के साथ अधिक कुशल उपभेद उत्पन्न हो सकते हैं। जलवायु मॉडल के आधार पर चार अलग–अलग जलवायु परिदृश्यों के तहत जिससे आर्द्रता, तापमान और वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साईड स्तरों पर डेटा शामिल है, यह भविष्यवाणी की गई है कि दुनिया भर में कई और भौगोलिक क्षेत्र आउटडोर टमाटर उत्पादन के लिए उपयुक्त होंगे। ये क्षेत्र सफेद मक्खी (*बी.टैबेसी*) की आवादी की स्थापना के लिए भी उपयुक्त हो सकते हैं और इस प्रकार टमाटर के अत्यधिक हानिकारक रोगजनक टमाटर येलो लीफ कर्लवायरस की बढ़ती घटनाओं के लिए भी उपयुक्त हो सकते हैं।

ग्रेपवाइन येलों फाइटोप्लाज्मा से जुड़े अंगूर के वायरस रोग है। वे अपने संबंधित कीट वैक्टर के विभिन्न जीवन इतिहासों के कारण महामारी विज्ञान में उल्लेखनीय अन्तर दिखाते हैं। यूरोप में सबसे महत्वपूर्ण अंगूर रोगों में से एक *फ्लेवेंसेंस डोरी* है, और इसका मुख्य वेक्टर अमेरिकी ग्रेपवाइन लीफहॉपर (*स्केफोइडस टाइटेनस* बॉल) है। जैसे–जैसे बढ़ते मौसम के दौरान औसत तापमान बढ़ता है, *एस.टाइटनस* उत्तर की ओर अपनी सीमा का विस्तार कर रहा है, जबकि छोटी गर्मियों को *एस.टाइटनस* के उत्तरी प्रसार में एक बाधा माना जाता है, क्योंकि कीट अपने पूर्ण जीवन–चक्र तक पहुँचने में असमर्थ होते हैं। लम्बी और गर्म गर्मियों के साथ जलवायु परिवर्तन से जर्मनी जैसे उत्तरी अंगूर के बागों में *एस. टाइटनस* के प्रसार को बढ़ावा मिलना चाहिए। यूक्रेन में *एस. टाइटैनस* की मौजूदगी की रिपोर्ट हैं, जो वर्तमान में यूरोप इसके वितरण की उत्तरी सीमा है। हालांकि, इसकी वर्तमान सीमा की दक्षिणी सीमा पर जलवायु वार्मिंग से दक्षिणी इटली जैसे क्षेत्रों में कीटों की संख्या में कमी या छोटी आबादी के विलूप्त होने की संभावना हो सकती है।

इस प्रकार जलवायु परिवर्तन के कारण, कीटों द्वारा फैलाई जाने वाली नई–नई पादप बीमारियों में वृद्धि की संभावना हे। अतः नये रोगजनकों का पता लगाने के लिए निदान, आधुनिक उपकरण और उपयुक्त कर्मियों व विशेषज्ञों का होना बहुत महत्वपूर्ण है।

बदलते जलवायु परिवर्तन में कीट प्रबंधन के लिए अनूकुल और प्रभावी रणनीतियाँ

जलवायु परिवर्तन के कारण व्यापक रूप से कीटों की आक्रमण के तीव्रता आने और उनके भौगोलिक सीमा में वृद्धि होने की उम्मीद है। इस अनिश्चिता के साथ कि जलवायु परिवर्तन सीधे फसल की पैदावार, पारिस्थितिक तंत्रों और कीटो की आबादी पर प्रभाव पड़ेगा। स्थानीय समुदायों की अपनी कीट प्रबंधन तकनीकों को अनुकूलित करने की क्षमता, उनके भौतिक, सामाजिक और वित्तीय संसाधनों पर निर्भर करेगी। जलवायु परिवर्तन और वैश्विक व्यापार के कारण वृद्धि के साथ अनिश्चिताएं और मौजूदा एवं नए कीटो की घटना की आवृति बढ़ जायेगी। इसलिए सबसे अधिक उपयुक्त रणनीतियाँ संशोधित एकीकृत कीट प्रबंधन (आईपीएम) पद्धतियां, जलवायु और कीट आवादी की निगरानी और मॉडलिंग के साथ पूर्वानुमान उपकरणों का उपयोग है। आज बदलती जलवायु परिदृश्य में फसलों पर कीटो के प्रभाव को कम करने के लिए संशोधित फसल पद्धतियों और अनुकूलीय प्रबंधन रणनीतियों की आवश्यकता है।

संशोधित एकीकृत कीट प्रबंधन (आईपीएम) का प्रयोग

1. विभिन्न फसलों के कीट प्रतिरोधी किस्मों का प्रयोग।
2. कीट प्रकोप के जोखिम को कम करने के लिए वर्ष के अलग–अलग समय में फसलों की रोपणी व वुवाई करना।
3. प्राकृतिक शत्रुओं की संख्या बढ़ाने के लिए खेत के किनारों पर जैव विविधता को बढ़ावा देना।
4. फेरोमोन और एलीलोकेमिकल का प्रयोग एक महत्वपूर्ण तरीका है जिसके द्वारा कीट अपने पर्यावरण को समझते हैं। वे विभिन्न आईपीएम तकनीकों जैसे जैविक नियंत्रण, संभोग विघटन, पुश–पुल रणनीतियों, निगरानी और जाल (ट्रैप) में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते है।
5. कुशल जैविक नियंत्रण पद्धति का उपयोग।
6. पारंपरिक आनुवांशिक प्रजनन या अनुवांशिक इजीनियरिंग के माध्यम् से प्राप्त कीट–प्रतिरोधी फसल के किस्मों की शुरूआत पर ध्यान केन्द्रीत करना।
7. कीट की आवादी और उनके व्यवहार की दीर्घकालिक निगरानी करना।

8. जलवायु का पूर्वानुमान और नई मॉडल का विकास : विश्व भर में औसत तापमान और अन्य जलवायु मापदंडो में होने वाले बदलावों की विविधता के कारण विशिष्ट राष्ट्रीय या अंतराष्ट्रीय जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों के लिए जलवायु परिवर्तन के अनुकूल रणनीतियों को पहले से तैयार करना असंभव है। जलवायु परिवर्तन के लिए अनुकूल रणनीतियों को एक समन्वित रणनीति के घटकों में से एक होना चाहिए जो कृषि उत्पादन के सभी पहलूओं को ध्यान में रखता हो।

कीट प्रबंधन रणनीतियों को क्षेत्रीय जलवायु परिवर्तन और इसकी अनिश्चिताओं को सहन करना चाहिए। उपलब्ध विकल्पों में से कुछ में संवेदनशीलता विश्लेषण और परिवर्तनीय मानको की एक विस्तृत श्रृंखला पर किसी दिये गए क्षेत्र के लिए संवेदनशीलता विश्लेषण के साथ अनुमानित जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों का उपयोग करके प्राप्त संयुक्त परिणाम शामिल है। यह रणनीति नई पर्यावरणीय परिस्थितियों में कीट प्रबंधन के लिए अनुकूल उपायों को डिजाइन (रचना) करते समय कीट प्रबंधन कार्यकर्त्ताओं को सूचित करने में एक उपयोगी उपकरण बन सकती है। किसी विशेष कीट प्रजाति की पर्यावरणीय आवश्यकताओं के साथ संयुक्त जलवायु मॉडल वैश्विक स्तर पर परिवर्तनों की संभावित सीमाओं को पेश करने के लिए प्रभावी उपकरण हो सकते हैं। इसलिए कीट आक्रमण के जोखिम को उसके पादप मेजवानों की जलवायु परिवर्तन पर प्रतिक्रियाओं के साथ मॉडलिंग करने से कीट संक्रमण के परिणाम की भविष्यवाणी करने की क्षमता बढ़ सकती है। कीट की प्रजातियों को संभावित वितरण का अनुमान मुख्य रूप से पारिस्थितिक आला मॉडल (ईएनएम) द्वारा लगाया जाता है। उन्हें दो समूहों में विभाजित किया जा सकता है : सहसंबंधी मॉडल और यंत्रवत मॉडल।

सहसंबंधी मॉडल : विशेष प्रजातियों के लिए संभावित रूप से पर्याप्त क्षेत्रों के बारे में पूर्वानुमान लगाने के लिए पर्यावरणीय परिस्थितियां और घटना की रिकार्ड से सहसंबंधित मूल्यों का उपयोग करते हैं। सहसंबंधी मॉडलिंग भविष्य में प्रजातियों के भौगोलिक वितरण में होने वाले बदलावों का अनुमान लगाने, विलुप्त होने की दरों का आकलन करने और जैव विविधता संरक्षण के लिए प्राथमिकताएँ निर्धारित करने के लिए व्यापक रूप से उपयोग किया जाने वाला उपकरण है। ये मॉडल किसी दी गई प्रजाति के वर्तमान भौगोलिक वितरण और जलवायु परिस्थितियों के बीच सांख्यिकीय संबंधों की पहचान करते हैं, जिन्हें भविष्य में उस कीट की प्रजाति के लिए जलवायु के अनुकूल आवासों का सुझाव देने के लिए जलवायु परिवर्तन के अनुमानों पर लागू किया जाता है।

यांत्रिक मॉडल : भविष्यसूचक उपकरण है जो किसी दिये गए क्षेत्र के पर्यावरणीय परिस्थितियों के मूल्यों को किसी दी गई प्रजाति की पर्यावरणीय सहिष्णुता के बारे में ज्ञान के साथ संयोजन में उपयोग करते हैं। यांत्रिक मॉडलिंग सॉफ्टवेयर उपकरण का एक उदाहरण है जो कीट की प्रजातियों के शारीरिक और व्यवहार संबंधी मापदंडों तथा जलवायु परिस्थितियों के मूल्यों का उपयोग विशिष्ट कीटों की प्रजातियों के लिए उपयुक्त आवासों या क्षेत्रों के बारे में पूर्वानुमान लगाने के लिए किया जाता है।

निष्कर्ष

हालांकि जलवायु परिवर्तन से संबंधित अभी भी कई अज्ञात बाते हैं, लेकिन यह व्यापक रूप से स्वीकार किया जाता है कि यह कृषि फसलों की खेती के साथ–साथ उनसे जुड़े कीटों को भी बहुत प्रभावित करता है। कीटों से संबंधित जलवायु परिवर्तन के विभिन्न पहलूओं के बारे में कुछ अनिश्चित्ताओं में छोटे पैमाने पर जलवायु परिवर्तनशीलता जैसे तापमान में वृद्धि, वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड में वृद्धि, वर्षा के स्परुप (पैटर्न) में बदलाव, सापेक्ष आर्द्रता और अन्य कारक शामिल है। कीट की प्रजातियों, उनके मेजवान पौधों और वैश्विक जलवायु परिवर्तनशीलता की विशाल विविधता को देखते हुए, दुनिया के विभिन्न हिस्सों में ग्लोवल वार्मिंग के लिए कीट के प्रजातियों की मिश्रित प्रतिक्रियाएँ अपेक्षित है। कीटों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव जटिल हैं, क्योंकि जलवायु परितर्वन कुछ कीटों के पक्ष में है और दुसरें कीटों को रोकता है, जबकि उनके वितरण, विविधता, संख्या, विकास, वृद्धि और फेनोलॉजी (पौधों और कीटों के जीवन–चक्र की घटना) को प्रभावित करता है। इसके अतिरिक्त आमतौर पर यह उम्मीद की जाती है कि कीटों की व्यापक श्रेणी को शामिल करते हुए कीट के प्रकोपों की संख्या में समग्र वृद्धि होगी। कीटों के अपने भौगोलिक वितरण का विस्तार करने की संभावना है। ओवरविन्टिरिंग सर्वाइकल (ठण्डें वातावरण में जीवित रहने) की दर में वृद्धि और अधिक पीढ़ियों को विकसित करने की क्षमता के कारण कुछ कीटों की संख्या बढ़ जायेगी। आक्रामक कीट की प्रजातियाँ संभवतः नये क्षेत्रों में अधिक आसानी से स्थापित होगी और कीटों के द्वारा प्रसारित पौधों की बीमारियाँ अधिक होगी। जलवायु परिवर्तन के परिणामस्परुप होने वाला एक और नकारात्मक परिणाम जैव नियंत्रक एजेंटों (प्राकृतिक शत्रुओं) की कम प्रभावशीलता है और यह भविष्य के कीट प्रबंधन कार्यक्रमों में एक बड़ी समस्या उत्पन्न हो सकती है। यदि जलवायु परिवर्तन कारक कीटों के आक्रमन और फसल की क्षति के लिए अनुकूल परिस्थितयों का कारण बनते हैं, तो हमें महत्वपूर्ण आर्थिक नुकसान और मानव खाद्य सुरक्षा के लिए गंभीर चुनौती का सामना करना पड़ेगा। इस समस्या से निपटने के लिए एक सक्रिय और वैज्ञानिक दृष्टिकोण की आवश्यकता होगी। इसलिए, संशोधित एकीकृत कीट प्रबंधन (आईपीएम) रणनीति, जलवायु और कीट की निगरानी और मॉडलिंग उपकरणों के उपयोग के रूप में अनुकूल और प्रभावी रणनीतियों की योजना बनाने और तैयार करने की बहुत आवश्यकता है।