NEW ERA AGRICULTURE MAGAZINE

# जलवायु परिवर्तन का कीट जैव.रसायन और कीटों की गतिशीलता पर प्रभाव

अमनदीप

## एक नई तरह की चुनौती

अब तक हम कीटनाशक प्रतिरोध को मुख्य रूप से रासायनिक छिड़काव और कीटों के विषहरण एंजाइमों के बीच की लड़ाई के रूप में समझते आए हैं। लेकिन बीते दो दशकों में वैज्ञानिकों ने एक तीसरे किरदार को इस लड़ाई के केंद्र में आते देखा है — जलवायु परिवर्तन। बढ़ता तापमान, अनियमित वर्षा, और बदलते मौसमी चक्र न केवल फसलों को प्रभावित कर रहे हैं, बल्कि कीटों के भीतर की जैव-रासायनिक प्रक्रियाओं, उनके प्रजनन और उनके भौगोलिक फैलाव को भी मौलिक रूप से बदल रहे हैं। यह एक ऐसा मोर्चा है जिस पर किसान, वैज्ञानिक और नीति-निर्माता — सभी को नए सिरे से सोचना पड़ रहा है।

## तापमान और एंजाइम गतिविधि का गहरा नाता

कीट शीत-रक्तीय (cold-blooded) यानी एक्टोथर्मिक जीव होते हैं — उनके शरीर का तापमान सीधे आसपास के वातावरण पर निर्भर करता है। इसका मतलब है कि तापमान में हर बदलाव उनके पूरे चयापचय तंत्र (metabolism) को प्रभावित करता है, और विषहरण एंजाइम — जैसे साइटोक्रोम P450, एस्टरेज़ और ग्लूटाथायोन एस-ट्रांसफरेज़ — इसी चयापचय तंत्र का अभिन्न हिस्सा हैं।

**तेज़ चयापचय, तेज़ विषहरण** — अध्ययनों में देखा गया है कि एक निश्चित सीमा तक तापमान बढ़ने पर इन एंजाइमों की सक्रियता भी बढ़ जाती है। गर्म मौसम में कीट कीटनाशकों को पहले से कहीं अधिक तेज़ी से तोड़ और बाहर निकाल सकते हैं, जिससे खेतों में इस्तेमाल हो रहे कीटनाशकों की प्रभावशीलता घट जाती है।

**तापमान की एक सीमा भी है** — यह रिश्ता एकतरफा नहीं है। बहुत अधिक तापमान कीट के शरीर पर उष्मा-तनाव (heat stress) डालता है, जो कुछ प्रजातियों में एंजाइम की संरचना को बिगाड़ सकता है और उनकी कार्यक्षमता घटा सकता है। यानी हर कीट प्रजाति की अपनी एक "सुविधाजनक तापमान सीमा" होती है, जिसके भीतर उसका विषहरण तंत्र सबसे प्रभावी ढंग से काम करता है।

## कीटों की भौगोलिक गतिशीलता में बदलाव

जलवायु परिवर्तन के कारण दुनिया भर में कीटों के वितरण के नक्शे तेज़ी से बदल रहे हैं। जो कीट पहले केवल गर्म, उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों तक सीमित थे, वे अब ठंडे या ऊंचाई वाले इलाकों में भी जीवित रहने और प्रजनन करने में सक्षम हो रहे हैं।

- फॉल आर्मीवर्म (Fall Armyworm): मूल रूप से अमेरिकी महाद्वीप का यह कीट बीते कुछ वर्षों में अफ्रीका और एशिया के बड़े हिस्सों में तेज़ी से फैला है, जहां स्थानीय किसानों के पास इससे निपटने का पूर्व अनुभव नहीं था।
- पर्वतीय क्षेत्रों में कीटों का प्रवेश: हिमालय जैसे क्षेत्रों में अब पहले की तुलना में अधिक ऊंचाई पर भी कीट प्रकोप दर्ज किए जा रहे हैं, क्योंकि गर्म तापमान ने उन इलाकों को भी उनके लिए रहने योग्य बना दिया है।

*अमनदीप*
*प्राविधिक सहायक, ग्रुप सी, कृषि विभाग उत्तर प्रदेश सरकार*

- नए क्षेत्रों में नई फसलों पर हमला: जब कीट नए भौगोलिक क्षेत्र में पहुंचते हैं, तो वे अक्सर वहां की उन फसलों पर भी हमला करना शुरू कर देते हैं, जिन पर पहले उनका खतरा नहीं माना जाता था।

**प्रजनन चक्र और पीढ़ियों की संख्या में तेज़ी**

तापमान बढ़ने से कई कीटों का जीवन-चक्र (जन्म से प्रजनन तक का समय) छोटा हो जाता है। इसका सीधा असर यह होता है कि कीट एक ही खेती के मौसम में पहले से कहीं अधिक पीढ़ियां पूरी कर लेते हैं। उदाहरण के लिए, जो कीट पहले एक मौसम में तीन पीढ़ियां पूरी करता था, वह अब गर्म परिस्थितियों में चार या पांच पीढ़ियां पूरी कर सकता है।

यह बदलाव कीटनाशक प्रतिरोध के लिहाज़ से बेहद महत्वपूर्ण है। हर नई पीढ़ी के साथ प्राकृतिक चयन (Natural Selection) को प्रतिरोधी जीन फैलाने का एक और मौका मिलता है। जितनी अधिक पीढ़ियां, उतनी ही तेज़ी से कीट आबादी में कीटनाशक-प्रतिरोधी गुण फैलते हैं। सीधे शब्दों में कहें तो जलवायु परिवर्तन कीटनाशक प्रतिरोध के विकास की "स्पीड" को बढ़ा रहा है।

**पौधों की रसायन-रचना पर असर और कीट-पौधा सह-विकास**

जलवायु परिवर्तन का असर सिर्फ कीटों तक सीमित नहीं है — यह पौधों के भीतर बनने वाले प्राकृतिक रक्षात्मक रसायनों (defensive compounds) को भी बदल देता है। वायुमंडल में बढ़ता CO2 स्तर, अनियमित वर्षा और मिट्टी में नमी की कमी — ये सभी कारक यह तय करते हैं कि कोई पौधा कितनी मात्रा में और किस तरह के रक्षात्मक यौगिक बनाएगा।

कुछ अध्ययनों में देखा गया है कि बढ़े हुए CO2 स्तर पर कुछ फसलों में नाइट्रोजन की मात्रा घट जाती है, जिससे कीटों को अपनी पोषण-आवश्यकता पूरी करने के लिए अधिक मात्रा में पत्तियां खानी पड़ती हैं — यानी नुकसान और बढ़ जाता है। साथ ही, बदलती रासायनिक संरचना के जवाब में कीटों के विषहरण एंजाइम तंत्र को भी लगातार नई चुनौतियों के अनुसार ढलना पड़ता है, जिससे कीट-पौधा सह-विकास (co-evolution) की प्रक्रिया कहीं अधिक जटिल हो जाती है।

**प्राकृतिक शत्रुओं और परभक्षियों पर असर**

जलवायु परिवर्तन का असर केवल हानिकारक कीटों तक सीमित नहीं है। कीटों को नियंत्रित करने वाले प्राकृतिक शत्रु — जैसे परजीवी ततैया, लेडीबर्ड बीटल और परभक्षी कीट — भी तापमान परिवर्तन के प्रति संवेदनशील होते हैं। कई बार देखा गया है कि हानिकारक कीट अपने प्राकृतिक शत्रुओं की तुलना में बदलते तापमान के साथ अधिक तेज़ी से ढल जाते हैं, जिससे प्राकृतिक जैविक नियंत्रण की प्रभावशीलता कमज़ोर पड़ जाती है और कीट प्रकोप की संभावना और बढ़ जाती है।

**फसल सुरक्षा नीति और भविष्य की रणनीति**

इन तमाम बदलावों का सीधा संकेत यही है कि दशकों पुरानी कीट-प्रबंधन रणनीतियां अब उतनी भरोसेमंद नहीं रह जातीं जितनी पहले थीं। भविष्य की फसल सुरक्षा नीति को जलवायु-संवेदनशील बनाना अब विकल्प नहीं, बल्कि ज़रूरत बन चुकी है।

- जलवायु-आधारित कीट निगरानी: तापमान और वर्षा के आंकड़ों को कीट प्रकोप के पूर्वानुमान मॉडल से जोड़ना, ताकि समय रहते चेतावनी दी जा सके।

- क्षेत्रीय जोखिम मानचित्रण: यह पहचानना कि जलवायु परिवर्तन के चलते कौन-से नए क्षेत्र किन कीटों के लिए संवेदनशील होते जा रहे हैं।
- प्रतिरोध-प्रबंधन रणनीतियों में तेज़ी: चूंकि गर्म परिस्थितियों में प्रतिरोध तेज़ी से विकसित हो रहा है, इसलिए कीटनाशक चक्रण और एकीकृत कीट प्रबंधन (IPM) को अधिक सख्ती से अपनाना।
- प्राकृतिक शत्रुओं का संरक्षण: जैविक नियंत्रण तंत्र को मज़बूत बनाए रखने के लिए अनुकूल आवास और कम-हानिकारक कीटनाशकों को बढ़ावा देना।
- किसानों के लिए समय पर सूचना तंत्र: स्थानीय भाषाओं में मौसम और कीट-चेतावनी सेवाएं ताकि किसान समय रहते उचित कदम उठा सकें।

**भारत के संदर्भ में विशेष चुनौतियां**

भारत जैसे विशाल और विविध जलवायु वाले देश में यह समस्या और भी जटिल हो जाती है। उत्तर भारत के मैदानी इलाकों से लेकर पूर्वोत्तर की पहाड़ियों और दक्षिण के तटीय क्षेत्रों तक — हर क्षेत्र में तापमान वृद्धि और वर्षा पैटर्न का असर अलग-अलग तरह से कीट आबादी को प्रभावित कर रहा है।

- गंगा के मैदानी क्षेत्र में गर्मियों की अवधि लंबी होने से धान और गेहूं पर हमला करने वाले कीटों की पीढ़ियों की संख्या बढ़ रही है।
- महाराष्ट्र और गुजरात जैसे कपास उत्पादक राज्यों में गुलाबी सुंडी (Pink Bollworm) का प्रकोप अब पहले की तुलना में अधिक महीनों तक बना रहता है।
- पूर्वोत्तर भारत की पहाड़ी घाटियों में अब वे कीट भी दिखाई देने लगे हैं, जो पहले केवल मैदानी क्षेत्रों तक सीमित थे — जैसे फॉल आर्मीवर्म, जिसने 2018 के बाद भारत में तेज़ी से अपनी पकड़ बनाई।

भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (ICAR) से जुड़े कई अध्ययन अब जलवायु-कीट मॉडलिंग पर काम कर रहे हैं, ताकि यह अनुमान लगाया जा सके कि आने वाले वर्षों में किन ज़िलों में किन फसलों पर किन कीटों का खतरा बढ़ सकता है।

**वैज्ञानिक शोध क्या कहते हैं**

दुनिया भर के कीट-विज्ञानी अब जलवायु परिवर्तन और कीट जैव-रसायन के इस रिश्ते को समझने के लिए प्रयोगशाला और खेत-आधारित अध्ययन कर रहे हैं। कुछ प्रमुख निष्कर्ष इस प्रकार हैं:

**प्रयोगशाला अध्ययन** — नियंत्रित तापमान की स्थितियों में पाला गया कीटों की कई प्रजातियों में सामान्य तापमान की तुलना में विषहरण एंजाइमों की गतिविधि काफी अधिक दर्ज की गई, जिससे वैज्ञानिकों को यह समझने में मदद मिली कि तापमान सीधे तौर पर कीटनाशक प्रभावशीलता को कैसे प्रभावित करता है।

**दीर्घकालिक क्षेत्र अध्ययन** — कई वर्षों तक चले खेत-आधारित सर्वेक्षणों में यह पाया गया है कि जिन क्षेत्रों में औसत तापमान में लगातार वृद्धि दर्ज की गई, वहां कीट प्रकोप की अवधि और तीव्रता दोनों में इज़ाफा हुआ।

**भविष्यवाणी मॉडल** — जलवायु मॉडलों को कीट जीवन-चक्र डेटा के साथ जोड़कर वैज्ञानिक अब यह अनुमान लगाने की कोशिश कर रहे हैं कि सदी के अंत तक किन क्षेत्रों में किन कीटों की कितनी अतिरिक्त पीढ़ियां पैदा हो सकती हैं।

**आर्थिक असर: किसान की जेब पर बोझ**

जलवायु परिवर्तन से बढ़ता कीट प्रकोप सीधे तौर पर खेती की लागत बढ़ाता है। जब कीट पहले से अधिक पीढ़ियां पूरी करते हैं और पहले से अधिक तेज़ी से कीटनाशकों को निष्क्रिय करते हैं, तो किसानों को छिड़काव की संख्या और मात्रा दोनों बढ़ानी पड़ती है। इससे न केवल उत्पादन लागत बढ़ती है, बल्कि मुनाफे का मार्जिन भी घटता जाता है। कई अध्ययनों में अनुमान लगाया गया है कि आने वाले दशकों में जलवायु-प्रेरित कीट क्षति के कारण वैश्विक स्तर पर प्रमुख अनाज फसलों की उपज में उल्लेखनीय कमी आ सकती है, यदि समय रहते अनुकूलन उपाय न अपनाए गए।

**किसानों के लिए व्यावहारिक सुझाव**

जलवायु परिवर्तन के इस दौर में किसान भी अपने स्तर पर कुछ महत्वपूर्ण कदम उठा सकते हैं:

- नियमित खेत निगरानी: मौसम बदलने के साथ कीट-गतिविधि पर करीबी नज़र रखना, ताकि प्रकोप की शुरुआत में ही पहचान हो सके।
- स्थानीय कृषि विज्ञान केंद्रों से जुड़ाव: क्षेत्रीय मौसम व कीट-चेतावनी सेवाओं का लाभ उठाना।
- फसल विविधीकरण: एक ही फसल पर निर्भरता कम करके कीट-जोखिम को बांटना।
- जैविक नियंत्रण को बढ़ावा: प्राकृतिक शत्रु कीटों के अनुकूल आवास बनाए रखना, ताकि जलवायु परिवर्तन के बावजूद जैविक संतुलन बना रहे।
- कीटनाशकों का संतुलित उपयोग: आवश्यकता से अधिक छिड़काव से बचना, क्योंकि इससे प्रतिरोध विकसित होने की गति और तेज़ हो जाती है।

**निष्कर्ष**

जलवायु परिवर्तन ने कीटनाशक प्रतिरोध और कीट प्रबंधन की पुरानी समझ को एक नई जटिलता दे दी है। यह अब केवल कीट बनाम कीटनाशक की लड़ाई नहीं रही, बल्कि एक तीन-स्तरीय समीकरण बन चुका है — बदलता तापमान, बदलती वनस्पति-रसायन शास्त्र, और कीटों की तेज़ी से बदलती जैव-रासायनिक क्षमताएं। जो वैज्ञानिक, नीति-निर्माता और किसान इस तीन-आयामी चुनौती को जितनी जल्दी समझ लेंगे, फसल सुरक्षा की भविष्य की रणनीतियां उतनी ही मज़बूत और टिकाऊ बन सकेंगी।

**त्वरित तथ्य**

| विषय | जानकारी |
|---|---|
| **मुख्य प्रभावित एंजाइम** | साइटोक्रोम P450, एस्टरेज़, GST |
| **प्रमुख असर** | तेज़ चयापचय व विषहरण गतिविधि |
| **भौगोलिक बदलाव का उदाहरण** | फॉल आर्मीवर्म का नया विस्तार |
| **जीवन-चक्र पर असर** | पीढ़ियों की संख्या में वृद्धि |
| **पौधों पर असर** | रक्षात्मक रसायनों व पोषण में बदलाव |
| **नीति की दिशा** | जलवायु-आधारित कीट निगरानी व IPM |
| **भारत में उदाहरण** | फॉल आर्मीवर्म का 2018 के बाद तेज़ प्रसार |
| **आर्थिक जोखिम** | बढ़ती छिड़काव लागत, घटता मुनाफा मार्जिन |