एग्री आर्टिकल्स
(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)
वर्ष: 06, अंक: 03 (मई-जून, 2026)
www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध
© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

हार्मोन और फेरोमोन: कीट नियंत्रण के नए जैव-रासायनिक हथियार

*अमनदीप
प्राविधिक सहायक-ग्रुप सी, कृषि विभाग, उत्तर प्रदेश सरकार
*संवादी लेखक का ईमेल पता: amandeepdpsmeerut@gmail.com

जब कीटनाशक काफी नहीं रह जाते

अब तक हमने देखा कि कीट किस तरह अपने भीतर के विषहरण एंजाइमों की मदद से कीटनाशकों को मात दे देते हैं। लेकिन विज्ञान भी खामोश नहीं बैठा है। बीते कुछ दशकों में कीट-वैज्ञानिकों ने एक बिल्कुल अलग रास्ता खोजा है — कीटों को ज़हर देने के बजाय, उन्हीं के प्राकृतिक संचार तंत्र का इस्तेमाल करके उन्हें भ्रमित करना, रोकना या नियंत्रित करना। यही तरीका है हार्मोन और फेरोमोन आधारित कीट नियंत्रण, जिसे आज दुनिया भर में "अगली पीढ़ी का जैव-रासायनिक हथियार" कहा जा रहा है।

फेरोमोन आखिर हैं क्या?

फेरोमोन एक प्रकार के रासायनिक संकेत (chemical signals) होते हैं, जिन्हें कीट अपने ही प्रजाति के दूसरे सदस्यों से संवाद करने के लिए छोड़ते हैं। ये संकेत हवा में बेहद कम मात्रा में फैलते हैं, लेकिन कीटों की अत्यंत संवेदनशील एंटीना-रिसेप्टर प्रणाली उन्हें मीलों दूर से भी पहचान सकती है।

सेक्स फेरोमोन — सबसे अधिक इस्तेमाल होने वाला प्रकार, जिसे मादा कीट नर को आकर्षित करने के लिए छोड़ती है। कृषि विज्ञान में इसी सिद्धांत का उपयोग करके कृत्रिम फेरोमोन बनाए जाते हैं।

एग्रीगेशन फेरोमोन — यह कीटों के एक बड़े समूह को किसी विशेष स्थान पर इकट्ठा होने के लिए प्रेरित करता है, जैसे कुछ भृंग प्रजातियों में देखा जाता है।

अलार्म फेरोमोन — खतरे की स्थिति में कीट यह संकेत छोड़ते हैं, जिससे आसपास के साथी सतर्क होकर तितर-बितर हो जाते हैं।

हार्मोन का कीट नियंत्रण में उपयोग

फेरोमोन के अलावा वैज्ञानिकों ने कीटों के आंतरिक विकास हार्मोन (Insect Growth Hormones) को भी नियंत्रण का हथियार बनाया है। कीटों में दो प्रमुख हार्मोन उनके जीवन-चक्र को नियंत्रित करते हैं — इक्डीसोन (Ecdysone), जो केंचुली उतारने (molting) की प्रक्रिया चलाता है, और जुवेनाइल हार्मोन (Juvenile Hormone), जो कीट को अपरिपक्व अवस्था में बनाए रखता है।

वैज्ञानिकों ने ऐसे कृत्रिम रसायन विकसित किए हैं जो इन हार्मोनों की नकल करते हैं या उनके संतुलन को बिगाड़ देते हैं, जिन्हें "कीट वृद्धि नियामक" (Insect Growth Regulators, IGRs) कहा जाता है। इनके उपयोग से कीट या तो समय से पहले या असामान्य रूप से केंचुली उतारते हैं, या फिर वयस्क अवस्था में कभी नहीं पहुंच पाते और प्रजनन करने से पहले ही मर जाते हैं।

ये तकनीकें खेत में कैसे काम करती हैं?

1. निगरानी और शुरुआती चेतावनी

फेरोमोन ट्रैप में कृत्रिम मादा-फेरोमोन का इस्तेमाल कर नर कीटों को आकर्षित कर पकड़ा जाता है। इससे किसान और वैज्ञानिक यह अंदाज़ा लगा सकते हैं कि खेत में किसी खास कीट की आबादी कितनी तेज़ी से बढ़ रही है, और सही समय पर बचाव के कदम उठाए जा सकते हैं।

2. मास ट्रैपिंग (Mass Trapping)

जब बड़ी संख्या में फेरोमोन ट्रैप एक साथ खेत में लगाए जाते हैं, तो नर कीटों की एक बड़ी आबादी इनमें फंसकर मर जाती है। इससे मादा कीटों के प्रजनन के अवसर सीमित हो जाते हैं और अगली पीढ़ी की संख्या स्वाभाविक रूप से घट जाती है।

3. मेटिंग डिसरप्शन (Mating Disruption)

यह सबसे व्यापक रूप से अपनाई जा रही तकनीक है। खेत भर में हवा में कृत्रिम फेरोमोन की इतनी अधिक मात्रा फैला दी जाती है कि नर कीट मादा के वास्तविक संकेत को पहचान ही नहीं पाते। परिणामस्वरूप संभोग नहीं हो पाता और कीट आबादी की अगली पीढ़ी बहुत कम बनती है। यह तकनीक फलों के बागानों और कपास जैसी फसलों में खासतौर पर सफल रही है।

4. "पुश-पुल" रणनीति

इस तरीके में कुछ रसायनों की मदद से कीटों को मुख्य फसल से "दूर धकेला" (push) जाता है, जबकि आसपास लगाई गई एक "जाल फसल" (trap crop) में फेरोमोन या आकर्षक गंध की मदद से उन्हें "खींचा" (pull) जाता है। अफ्रीका में मक्का की फसल में फॉल आर्मीवर्म और तना छेदक के खिलाफ यह रणनीति काफी कारगर साबित हुई है।

इस तकनीक के फायदे

- पर्यावरण के लिए सुरक्षित: फेरोमोन बेहद कम मात्रा में असरदार होते हैं और मिट्टी, पानी व लाभदायक कीटों को नुकसान नहीं पहुंचाते।
- प्रजाति-विशिष्ट (Species-Specific): पारंपरिक कीटनाशकों के विपरीत, फेरोमोन केवल लक्षित कीट प्रजाति को ही प्रभावित करते हैं, प्राकृतिक शत्रु कीट सुरक्षित रहते हैं।
- प्रतिरोध का खतरा बेहद कम: चूंकि यह कीट को मारता नहीं बल्कि उसके व्यवहार को प्रभावित करता है, इसलिए पारंपरिक कीटनाशक-प्रतिरोध जैसी समस्या यहां लगभग नहीं होती।
- मानव स्वास्थ्य के लिए सुरक्षित: फसल पर विषैले रासायनिक अवशेष (residue) की चिंता नहीं रहती।

सीमाएं और चुनौतियां

- लागत: कृत्रिम फेरोमोन बनाना जटिल और महंगी प्रक्रिया है, जिससे छोटे किसानों के लिए यह तकनीक अपेक्षाकृत महंगी पड़ सकती है।
- मौसम पर निर्भरता: तेज़ हवा या भारी बारिश में फेरोमोन का हवा में असरदार ढंग से फैलना मुश्किल हो जाता है।
- बड़े क्षेत्र में प्रभावशीलता: मेटिंग डिसरप्शन जैसी तकनीकें छोटे, बिखरे हुए खेतों की तुलना में बड़े और सामूहिक रूप से प्रबंधित खेतों में अधिक कारगर होती हैं, इसलिए किसानों के बीच सामूहिक सहयोग ज़रूरी होता है।
- हर कीट के लिए उपलब्ध नहीं: अब तक सीमित संख्या में कीट प्रजातियों के फेरोमोन की पहचान और व्यावसायिक उत्पादन हो पाया है।

भविष्य की दिशा

वैज्ञानिक अब नैनो-तकनीक की मदद से फेरोमोन को धीरे-धीरे और लंबे समय तक हवा में छोड़ने वाले कैप्सूल विकसित कर रहे हैं, ताकि एक बार के प्रयोग से कई हफ्तों तक सुरक्षा मिल सके। इसके अलावा ड्रोन आधारित फेरोमोन-छिड़काव तकनीकें भी बड़े खेतों में तेज़ी से अपनाई जा रही हैं। जीन-आधारित शोध की मदद से यह भी

समझने की कोशिश की जा रही है कि कीट अपने फेरोमोन-रिसेप्टर जीन में बदलाव करके इन तकनीकों से बचने की कोशिश कैसे कर सकते हैं, ताकि भविष्य में इसका समाधान पहले से तैयार रखा जा सके।

दुनिया भर से सफलता की कहानियां

कोडलिंग मॉथ (Codling Moth), सेब के बागान — उत्तरी अमेरिका और यूरोप के सेब उत्पादक क्षेत्रों में मेटिंग डिसरप्शन तकनीक को व्यापक स्तर पर अपनाया गया है। वर्षों के प्रयोग से पता चला कि इस तकनीक से रासायनिक छिड़काव की ज़रूरत में काफी कमी आई, जबकि फल की गुणवत्ता और सुरक्षा दोनों बेहतर बनी रहीं।

गुलाबी सुंडी, भारत के कपास क्षेत्र — पंजाब, हरियाणा और महाराष्ट्र जैसे कपास उत्पादक राज्यों में फेरोमोन ट्रैप का इस्तेमाल अब निगरानी के लिए नियमित रूप से किया जाता है। कई कृषि विज्ञान केंद्र किसानों को खेत में प्रति एकड़ निश्चित संख्या में ट्रैप लगाने की सलाह देते हैं, ताकि कीटनाशक छिड़काव का सही समय तय किया जा सके।

जिप्सी मॉथ (Gypsy Moth), उत्तरी अमेरिका के वन — यह कीट जंगलों के लिए एक बड़ा खतरा रहा है। बड़े पैमाने पर हवाई फेरोमोन-छिड़काव अभियानों के ज़रिए इसके फैलाव को धीमा करने में उल्लेखनीय सफलता मिली है, बिना जंगल के पारिस्थितिकी तंत्र को व्यापक रासायनिक नुकसान पहुंचाए।

फेरोमोन बनाम पारंपरिक कीटनाशक: एक तुलना

दोनों तकनीकों के अपने-अपने स्थान हैं, लेकिन इनके काम करने के तरीके में बुनियादी फर्क है। पारंपरिक कीटनाशक सीधे कीट के शरीर पर हमला करता है और उसे मार देता है, जबकि फेरोमोन कीट के व्यवहार और संचार तंत्र को प्रभावित करके प्रजनन-चक्र को बाधित करता है। इसका मतलब है कि फेरोमोन से तुरंत खेत में मौजूद कीटों की संख्या नहीं घटती, बल्कि अगली पीढ़ियों की संख्या धीरे-धीरे कम होती जाती है। इसीलिए विशेषज्ञ फेरोमोन तकनीक को एक दीर्घकालिक निवेश मानते हैं, न कि तुरंत राहत देने वाला उपाय — और यही वजह है कि इसे अक्सर एकीकृत कीट प्रबंधन (IPM) के एक हिस्से के रूप में, कम मात्रा के लक्षित कीटनाशक छिड़काव के साथ मिलाकर इस्तेमाल किया जाता है।

लागत-प्रभावशीलता को समझना

शुरुआती निवेश की दृष्टि से फेरोमोन-आधारित तकनीकें पारंपरिक कीटनाशकों की तुलना में महंगी लग सकती हैं, लेकिन दीर्घकालिक हिसाब से देखा जाए तो तस्वीर अलग होती है। बार-बार छिड़काव की ज़रूरत घटने से मज़दूरी और ईंधन की लागत बचती है, फसल में रासायनिक अवशेष कम होने से बेहतर बाज़ार मूल्य मिलने की संभावना रहती है, और प्रतिरोध विकसित न होने से भविष्य में भी यह तकनीक असरदार बनी रहती है। यही कारण है कि निर्यात-उन्मुख फल और सब्ज़ी उत्पादक किसानों के बीच यह तकनीक तेज़ी से लोकप्रिय हो रही है, जहां रासायनिक अवशेष की सीमाएं बेहद सख्त होती हैं।

नियामक और सुरक्षा पहलू

चूंकि फेरोमोन कीट के लिए प्राकृतिक रूप से पहले से मौजूद रसायन होते हैं, इसलिए इन्हें आमतौर पर पारंपरिक रासायनिक कीटनाशकों की तुलना में बहुत कम विषैला माना जाता है और कई देशों में इनके पंजीकरण की प्रक्रिया भी अपेक्षाकृत सरल रखी गई है। भारत में केंद्रीय कीटनाशक बोर्ड एवं पंजीकरण समिति (CIBRC) जैव-कीटनाशकों और फेरोमोन आधारित उत्पादों के पंजीकरण की देखरेख करती है। इसके बावजूद किसानों को हमेशा प्रमाणित और गुणवत्तायुक्त स्रोतों से ही फेरोमोन उत्पाद खरीदने की सलाह दी जाती है, क्योंकि नकली या निम्न-गुणवत्ता वाले उत्पाद अपेक्षित परिणाम नहीं देते।

त्वरित तथ्य

विषय	जानकारी
मुख्य प्रकार	सेक्स, एग्रीगेशन, अलार्म फेरोमोन
प्रमुख हार्मोन	इक्डीसोन, जुवेनाइल हार्मोन
प्रमुख तकनीकें	मास ट्रैपिंग, मेटिंग डिसरप्शन, पुश-पुल

सबसे बड़ा फायदा	प्रजाति-विशिष्ट व पर्यावरण-सुरक्षित
सबसे बड़ी चुनौती	उच्च लागत व मौसम-निर्भरता
भारत में नियामक निकाय	CIBRC (कीटनाशक बोर्ड)
प्रमुख सफल उदाहरण	कोडलिंग मॉथ, गुलाबी सुंडी, जिप्सी मॉथ

निष्कर्ष

हार्मोन और फेरोमोन आधारित कीट नियंत्रण यह दिखाता है कि कीट प्रबंधन का भविष्य ज़हर की मात्रा बढ़ाने में नहीं, बल्कि कीटों की अपनी जैविक भाषा को समझने और उसका चतुराई से उपयोग करने में है। यह तकनीक अभी भी अपने शुरुआती दौर में है और हर किसान के लिए तुरंत सुलभ नहीं, लेकिन जिस तेज़ी से कीटनाशक प्रतिरोध बढ़ रहा है, उसे देखते हुए यह दृष्टिकोण आने वाले वर्षों में फसल सुरक्षा की एक स्तंभ रणनीति बन सकता है — जहां हम कीट को मारने की बजाय, उसे भ्रमित करके प्रकृति के साथ अधिक संतुलित तरीके से खेती करना सीख रहे हैं।