मक्का में कीट प्रतिरोध प्रजनन के लिए जंगली प्रजातियाँ एक मूल्यवान स्रोत

अंजलि जोशी, स्नेहा अधिकारी, स्मृतिश्री साहू एवं नरेंद्र कुमार सिंह
गोविन्द बल्लभ पंत कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, पंतनगर (ऊधमसिंह नगर) उत्तराखंड
संवादी लेखक का ई–मेलः anjali999aj@gmail.com

मक्का दुनिया भर में उगाई जाने वाली एक महत्वपूर्ण फसल है। इसके उत्पादन का अधिकतम हिस्सा पशु आहार, औद्योगिक प्रसंकरण और जैव ईंधन के लिए प्रयोग किया जाता है। 1134 मिलियन टन से अधिक के वार्षिक उत्पादन के साथ, यह गेहूं और चावल को पीछे छोड़ते हुए, दुनिया का सबसे अधिक उत्पादन देने वाला अनाज बन गया है। मक्का, एक C4 पौधा होने के नाते, अन्य अनाजों की तुलना में अधिक उपज क्षमता रखता है, लेकिन विभिन्न फसल विकास चरणों में और विभिन्न मौसमों के दौरान इसे प्रभावित करने वाले जैविक और अजैविक तनाव बुवाई से परिपक्वता तक मक्का की उपज क्षमता की पूर्ण अभिव्यक्ति में गंभीर बाधा उत्पन्न करते हैं। मक्का की फसल को प्रभावित करने वाले हानिकारक कीट, खेत और भंडारण में मक्का को नुक्सान पहुंचाते हैं और यह मक्का को प्रभावित करने वाली आर्थिक रूप से महत्वपूर्ण जैविक बाधाओं में से एक हैं। अनेकों नियंत्रण उपायों के बावजूद, वैश्विक मक्का उत्पादन का 9.6% अभी भी हानिकारक कीट, स्लग और कृन्तकों (ओर्के, 2006) के प्रकोप से बर्बाद हो जाता है। माथुर (1992) के अनुसार भारत में मक्का की फसल को खेत और भण्डारण में नुक्सान पहुँचाने वाले कीटों की संख्या 250 से अधिक है, लेकिन इनमें से केवल एक दर्जन कीट ही काफी गंभीर हैं और इनके प्रबंधन के लिए नियंत्रण उपायों का उपयोग करने की आवश्यकता है। खेत एवं भंडार में मक्का को हानि पहुँचाने वाले विभिन्न कीटों में पतंग समूह (जिसमें कटवर्म, आर्मीवॉर्म, ईयरवर्म, बोरर्स और अनाज की पतंगे शामिल हैं) दुनिया भर में मक्का के लिए सबसे अधिक हानिकारक है, इसके बाद बीटल समूह (जिसमें रूटवर्म, वायरवर्म्स, ग्रब, अनाज बोरर्स और घुन शामिल हैं) और रोगों (वायरस, माइक्रोप्लाज्म, बैक्टीरिया और कवक) के लिए वाहक के रूप में काम करने वाले कीट (लीफहॉपर्स और एफिड्स) सबसे बड़ी समस्या हैं। भारत में मक्का उत्पादन को सीमित करने वाले प्रमुख कीटों में मक्का तना छेदक, गुलाबी तना छेदक, शूट फ्लाई की दो प्रजातियां, ऐथेरीगोना नुकुई और ऐथेरीगोना सौकाटा, आर्मीवॉर्म, मक्का कोब बोरर और मक्का एफिड शामिल हैं । हाल ही में अमेरिकी मूल का एक विनाशकारी कीट जिसको फॉल आर्मी वर्म के नाम से जाना जाता है, मक्का की फसल में लघु से खतरनाक स्तर तक आर्थिक नुकसान करते हुए पाया गया है।

चित्र 1: मक्का में फॉल आर्मीवर्म के द्वारा की गई क्षति के लक्षण

खेत के साथ साथ कीट अनाज भंडारण में भारी नुक्सान करने के लिए भी जिम्मेदार हैं क्योंकि वे अनाज पर भरण करने के साथ ही, दानो में छेद करके अंकुर नष्ट कर देते हैं। अलग–अलग खाद्यान्न फसलों में फसल कटाई के बाद होने वाले नुकसान में से भंडारण कीट अकेले 2.0 से 4.2 प्रतिशत कुल नुकसान कर देते हैं। घुन, खपरा बीटल, लघु अनाज छेदक और अंगोमस अनाज पतंग गोदामों में मक्का भंडारण पर दुष्प्रभाव डालने वाले प्रमुख कीट हैं। इसलिए

मक्का उत्पादन प्रणालियों में खेत और भंडार में नुकसान करने वाले कीटों का प्रबंधन करना उत्पादन को बनाये रखने का एक महत्वपूर्ण तरीका है। वर्तमान में, खेत और भण्डारण कीटों को नियंत्रित करने के लिए रासायनिक, जैविक, शस्थ और पौधा प्रतिरोध जैसी रणनीतियों का उपयोग किया जा रहा है। इन रणनीतियों में से पौधा प्रतिरोध का उपयोग कीट प्रबंधन का सबसे अच्छा तरीका है। पौधा प्रतिरोध एक पौधे का जैविक तनावों के लिए आनुवंशिक प्रतिरोध है जो उसके आनुवंशिक संरचना द्वारा प्रदान किया जाता है। इसे विकसित करने के लिए पौधा प्रजनन की विभिन्न तकनीकों का उपयोग कर मक्का और इसके संबंधित जंगली प्रजातियों से प्रतिरोधी वंशाणुओं का अंतर्गमन किया जाता है। यह कीट के हमले से होने वाले नुकसान को कम करता है इसलिए, पर्यावरणीय रूप से सुरक्षित होने के साथ–साथ यह छोटे किसानों के लिए सबसे आसान कीट नियंत्रण विधि भी है।

कीट प्रतिरोधी किस्मों को विकसित करने के लिए प्राथमिक आवश्यकता प्रतिरोधी स्रोतों की उपलब्धता है। ये स्रोत कुलीन मक्का लाइनों में दुर्लभ होते हैं क्योंकि पौध पालन और उपज में बढ़ोतरी के लिए किये गए चयन के कारण कीटों के खिलाफ पौधों में उपस्थित रक्षात्मक प्रतिक्रिया कमजोर हो गई है। 9000 साल पहले जंगली प्रजातियों से मक्का का विकास (डॉमेसटीकेशन) हुआ और माइक्रोसैटेलाइटिक जीनोटाइपिंग से यह पुष्टि होती है कि बालसस टीओसिंटे (जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस) मक्का का सबसे संभावित पूर्वज है। टीओसिंटे एक जंगली घास है जो स्वाभाविक रूप से मेक्सिको में पाई जाती है। जीनस जीया में वार्षिक प्रजाति जीया लक्जूरिअंस, डिप्लोइड बारहमासी प्रजाति जीया डिप्लोपेरेंनिस, टेट्राप्लॉइड बारहमासी प्रजाति जीया पेरेंनिस और वार्षिक प्रजाति जीया मेज शामिल हैं। जीया मेज में उपप्रजाति मेज, मैक्सीकाना, पार्वीग्लूमिस, निकारागुएंसिस और ह्यूह्यूटेनेनजेनसीस सम्मिलित हैं। ट्रिपसेकम को भी जीया का निकट सम्बन्धी माना जाता है और इसमें जीया के साथ संकरण करने और जीवक्षम संकर उत्पन्न करने की क्षमता होती है। जीनस ट्रिपसैकम में ग्रीष्म मौसम की, नौ, बारहमासी प्रजातियां शामिल हैं और इनमें से एक प्रजाति ट्रिपसेकम डेकटायलॉयड्स या पूर्वी गामाग्रास अक्सर मक्का के साथ अंतरजन्य संकर पैदा करने के लिए इस्तेमाल की जाती है।

जीवन चक्र में बदलाव, पौधपालन और फसल सुधार तकनीकों का उपयोग मक्का में कीट प्रतिरोध को कम करने के लिए मुख्य रूप से जिम्मेदार हैं । जंगली बारहमासी प्रजातियों में प्राकर्तिक तौर पर सबसे अधिक कीट प्रतिरोधक क्षमता पाई जाती है। इसके बाद अवरोही क्रम में जंगली वार्षिक, लैंडरेस और आधुनिक उच्च उपज वाली किस्म आती हैं। उदाहरण के लिए बारहमासी प्रजाति जीया डिप्लोपेरेंनिस वार्षिक जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस की तुलना में अधिक कीट प्रतिरोधी पाई गई है। यह मुख्य रूप से इस कारण है कि जीवन चक्र छोटा होने और फसल में सुधार होने के कारण उच्च उपज के लिए मजबूत चयन होता है, परिणामस्वरूप फोटोसिन्थेट का एक बड़ा हिस्सा रक्षा संबंधी मेटाबोलाइट के उत्पादन की बजाय वृद्धि और विकास के लिए चला जाता है, जिससे कीट प्रतिरोधक क्षमता में कमी आती है। पौधपालन की प्रक्रिया ने भी कीट प्रतिरोधी लक्षणों को प्रभावित किया है। पौधपालन के दौरान, टीओसिंटे को खेती और खपत के लिए अनुपयुक्त बनाने वाले लक्षणों को संशोधित कर मक्का का विकास किया गया। यह कई वंशाणुओं में बदलाव के कारण संभव हुआ। विभिन्न वंशाणुओं में से एक वंशाणु टीओसिंटे ग्लूम आर्किटेक्चर 1 में उत्परिवर्तन के कारण मक्का का उपभोग तो आसान हुआ, लेकिन कीट आक्षेप के लिए इसकी संवेदनशीलता भी बढ़ गयी। इस जीन में उत्परिवर्तन के कारण, दानो का सुरक्षात्मक आवरण लुप्त हो गया, जिससे मक्का के दाने बिना आवरण के हो गए। जिस कारण मक्का की कीटों के प्रति संवेदनशीलता भी बढ़ गई। फसल सुधार एक अन्य कारक था जिसने मक्का जीनोटाइप की कीट प्रतिरोधक क्षमता को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। आधुनिक पैदावार का उत्पादन दो पैतृक इनब्रेड लाइनों के संकरण के परिणामस्वरूप किया जा रहा है, जो पारंपरिक लैंडरेस की तुलना में अधिक समरूप हैं। जिस कारण इनकी अनुकूलन क्षमता कमजोर होती है अतः यह विशिष्ट पर्यावरणीय परिस्थितियों, जैसे सूखा, जलभराव या कीट दबाव में इष्टतम पैदावार उत्पन्न नहीं कर पाते। साथ ही अधिकांश फसलों में विषाक्त पदार्थों का कम उत्पादन करने के लिए प्रजनन किया गया है। यह विषाक्त पदार्थ कीटों के लिए विकर्षक एवं वृद्धि अवरोधक का कार्य करते हैं और कई बार यह कीट मृत्यु दर को बढाकर पौधे की कीट प्रतिरोधक क्षमता में वृद्धि करते

हैं। मक्का, पौधपालन की प्रक्रिया और चयनात्मक प्रजनन के दौरान अपने इन सुरक्षा तंत्रों को खो चुका है ।

वर्षों से विशिष्ट पर्यावरणीय स्थितियों में उगने, एवं पौधपालन और फराल सुधार तकनीकों के प्रभाव से मुक्त होने के कारण मक्का की जंगली प्रजातियों में आज भी कीट प्रतिरोधी लक्षणों के लिए पर्याप्त परिवर्तनशीलता देखी जा सकती है। पौधौ ने हमले के खिलाफ शारीरिक और रासायनिक सुरक्षा चक्र विकसित किया है। पौधों की कई प्रजातियां वाष्पशील रसायनों का उत्पादन और उत्सर्जन करती हैं जो कीटों के प्राकृतिक दुश्मनों को आकर्षित करने के संकेतों के रूप में काम करता है। ऐसा ही एक वाष्पशील रसायन, ई बी– केरयोफायलीन है जो एक एंटोमोपैथोजेनिक निमेटोड को आकर्षित करता है। यह पाया गया है कि पश्चिमी मक्का रूटवॉर्म के लार्वा द्वारा आघात के जवाब में पौधे से इस रसायन का विमोचन होता है जो एंटोमोपैथोजेनिक निमेटोड हेट्रोरेभडाईटिस मैगीडिस को आकर्षित करने का कार्य करता है। मक्का की वह किस्में जो इस वाष्पशील रसायन का उत्पादन करती हैं उनमें रसायन उत्पादित न करने वाली किस्मों की तुलना में पश्चिमी मक्का रूटवॉर्म लार्वा की संक्रमण दर पांच गुना अधिक होती है। कीट आक्रमण के जवाब में इस संकेतन रसायन का उत्पादन करने की क्षमता को मक्का डॉमेसटीकेशन के दौरान खो दिया गया है, हालांकि जंगली पूर्वज जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस द्वारा इस रसायन की पर्याप्त मात्रा का उत्पादन आज भी किया जाता है। इसलिए इन संकेतों के उत्सर्जन में वृद्धि करके प्राकृतिक दुश्मनों के प्रभाव को बढ़ाने में मदद मिल सकती है । टीओसिंटे के साथ ही, पूर्वी गामाग्रास को भी पश्चिमी मक्का रूटवॉर्म के लिए प्रतिरोधी माना गया है और यह प्रतिरोध मात्रात्मक प्रकृति का होता है। पूर्वी गामाग्रास को मक्का के प्रमुख संचयन कीट सीटोफिलिस जीऐमिस के प्रतिरोध के दाता के रूप में भी पहचाना गया है। जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस और मेक्सिकाना भी मक्का कीटों का शिकार करने वाली प्रजातियां जैसे ओरियस, कैलोसोमा (स्पोडोपटेरा फ्रुगिपरडा के शिकारी) और हिप्पोडैमिया कॉनवरजेंस (एफिड शिकारी) के साथ संघटित रहते हैं। जीया की कई जंगली प्रजातियां पतंग समूह के कीटों द्वारा की गई क्षति के उपरांत कई वाष्पशील रसायनों जैसे इण्डोल और मोनो सेसकुईटरपीन का मिश्रण उत्सर्जित करती हैं। जिस कारण कॉटेसिया मार्जिनिवेंट्रीस और मेटेयोरस लेफिगमी जैसे परजीवी ततैये आकर्षित होते हैं, जिनमें फॉल आर्मीवर्म पर हमला करने की प्रवृत्ति होती है। यह पाया गया है की टीओसिंटे के कीटों में मक्का के मुकाबले अधिक परभक्षी कीट हमला करते हैं जिससे यह पता चलता है कि विभिन्न वाष्पशील रसायनो के उत्पादन के कारण, टीओसिंटे, इन कीट परभक्षियों के लिया ज्यादा आकर्षक है। मक्का और जीया डिप्लोपेरेंनिस पर किये गए एक अध्यन्न में यह पाया गया कि जीया डिप्लोपेरेंनिस की जड़ों के आसपास कुल कीट संख्या मक्का की जड़ों की तुलना में कहीं अधिक थी, परन्तु इस कीट से टीओसिंटे में उच्च रूट बायोमास होने की वजह से मक्का की तुलना में कम उपज नुकसान हुआ और टीओसिंटे को मक्का की तुलना में कीट हमले के लिए अधिक सहिष्णु पाया गया। इसी तरह, जब मक्का और जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस पर फॉल आर्मीवर्म से होने वाली क्षति की तुलना की गई तो यह पाया गया कि मक्का में हुई क्षति टीओसिंटे से कहीं ज्यादा थी। यह मुख्य रूप से फॉल आर्मीवर्म के आक्रमण की वजह से होने वाली चार रक्षा–संबंधी जीनों की अंतर अभिव्यक्ति के कारण था। इन जीनों विशेष रूप से दो प्रोटीऐज अवरोधकों की उन्नत अभिव्यक्ति को टीओसिंटे में कम कैटरपिलर वृद्धि और विकास के साथ सहसंबंधित पाया गया। इसी तरह, पौधपालन ने एक अन्य कीट, मकई लीफहॉपर, जो मक्का के तीन महत्वपूर्ण फाईटोप्लास्मल और वायरल रोगों (मक्कई स्टंट स्पॉयरोप्लाज्मा, मक्कई बुशी स्टंट फाइटोप्लाज्मा और मक्कई रायडो फिनो वायरस) के लिए वाहक के रूप में कार्य करता है, के लिए पौधे की उपयुक्तता को प्रभावित किया है। यह भी पाया गया है कि जैसे हम क्रमिक रूप से बारहमासी टीओसिंटे (जीया डिप्लोपेरेंनिस) से वार्षिक बालसस टीओसिंटे (जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस), मक्का लैंडरेस और मक्का संकर की तरफ बढते हैं, मक्का की पत्ती की कठोरता में गिरावट आती है, जो मकई के पत्तों को हॉपर के लिए अतिसंवेदनशील बनाती हैं। पत्ती की कठोरता पर किये गए शोधों से पता चलता है कि जीवन चक्र परिवर्तन के कारण पौधे में उपस्थित हॉपर मुख भाग एवं ओवीपोसिटर के प्रवेश के विरुद्ध प्रतिरोध कमजोर हुआ है।

रूपात्मक सुरक्षा, वाष्पशील यौगिकों या प्रोटीऐज अवरोधकों की अभिव्यक्ति के अलावा, अधिकांश पौधों में विभिन्न प्रकार के विषैले या प्रतिकारक रक्षा चयापचयों का उत्पादन होता है, जिसके परिणामस्वरूप पौधों में कीट उपभोग के प्रति सहिष्णुता आती है। मक्का सहित कई घासों में, बेंजोक्साजिनोइड रक्षात्मक चयापचयों का प्रमुख वर्ग है। कीट उपभोग के कारण होने वाले ऊतक के विघटन के बाद ये रक्षात्मक चयापच खंडित होते हैं और मक्का में विस्तृत श्रृंखला के कीटों के खिलाफ प्रतिरोध उत्पन्न करते हैं। जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस और मेक्सिकाना में विभिन्न सांद्रता में बेंजोक्साजिनोइड का उच्च स्तर पाया जाता है। वहीं दो कीट–निवारक फ्लेवेनोल्स, कैम्पफेरॉल और क्वेरसेटिन यौगिक, उष्णकटिबंधीय मक्का में टीओसिंटे की तुलना में कम मात्रा में पाया जाता है। इसके अलावा एक महत्वपूर्ण यौगिक मेसिन, जिसे मूल रूप से मक्के के सिल्क से अलग किया गया है, को मक्का ईयरवर्म कैटरपिलर के विकास को नकारात्मक रूप से प्रभावित करने के साथ–साथ फॉल आर्मीवॉर्म और अन्य लेपिडोप्टेरान कीटों के लार्वा के विकास पर नकारात्मक प्रभाव डालने के लिए जाना जाता है। जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस में मक्के की तुलना में उच्चतम मेयसीन की मात्रा पाई जाती है। जीया डिप्लोपेरेंनिस की पत्ती के अर्क और अवशिष्ट फाइबर भी फॉल आर्मीवर्म के प्यूपा के विकास को बुरी तरह प्रभावित करते हैं। जिसके परिणामस्वरूप प्यूपे की लंबाई और चौड़ाई कम हो जाती है और इनके मृत्यु दर में वृद्धि होती है। अन्य कीट प्रतिरोधी लक्षण की दाता मक्का जंगली प्रजातियां तालिका 1 में प्रस्तुत की गई हैं।

तालिका 1: कीट प्रतिरोधी लक्षण की दाता मक्का जंगली प्रजातियां

फसल जंगली प्रजाति	कीट जिसके खिलाफ प्रतिरोध/ सहनशीलता प्रदान की गई	संदर्भ
जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस, जीया मेज उपप्रजाति मैक्सीकाना	फॉल आर्मीवर्म	डी लेंग, 2014
जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस	लीफ हॉपर	मोया–रायगोजा और अररिआगा, 1993
जीया पेरेंनिस	लीफ हॉपर	मोया–रायगोजा और अररिआगा, 1993
जीया मेज उपप्रजाति मैक्सीकाना, जीया डिप्लोपेरेंनिस, जीया पेरेंनिस	एशियाई मक्का बोरर	रामीरेज, 1997
जीया मेज उपप्रजाति मैक्सीकाना	मक्का बोरर	पासजतोर और बॉरसॉस , 1990
टीओसिंटे	फॉल आर्मीवर्म	मोया रायगोजा, 2016
जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस	फॉल आर्मीवर्म	जैपैनिएक और साथी, 2013
जीया मेज उपप्रजाति मैक्सीकाना	मक्का चित्तीदार डंठल बोरर	निआजी और साथी, 2014
ट्रिपसेकम डेकटायलॉयड्स	मक्का रूटवॉर्म	ब्रेनसोन, 1971
ट्रिपसेकम	मक्का रूटवॉर्म	पृषमन्न और साथी, 2009

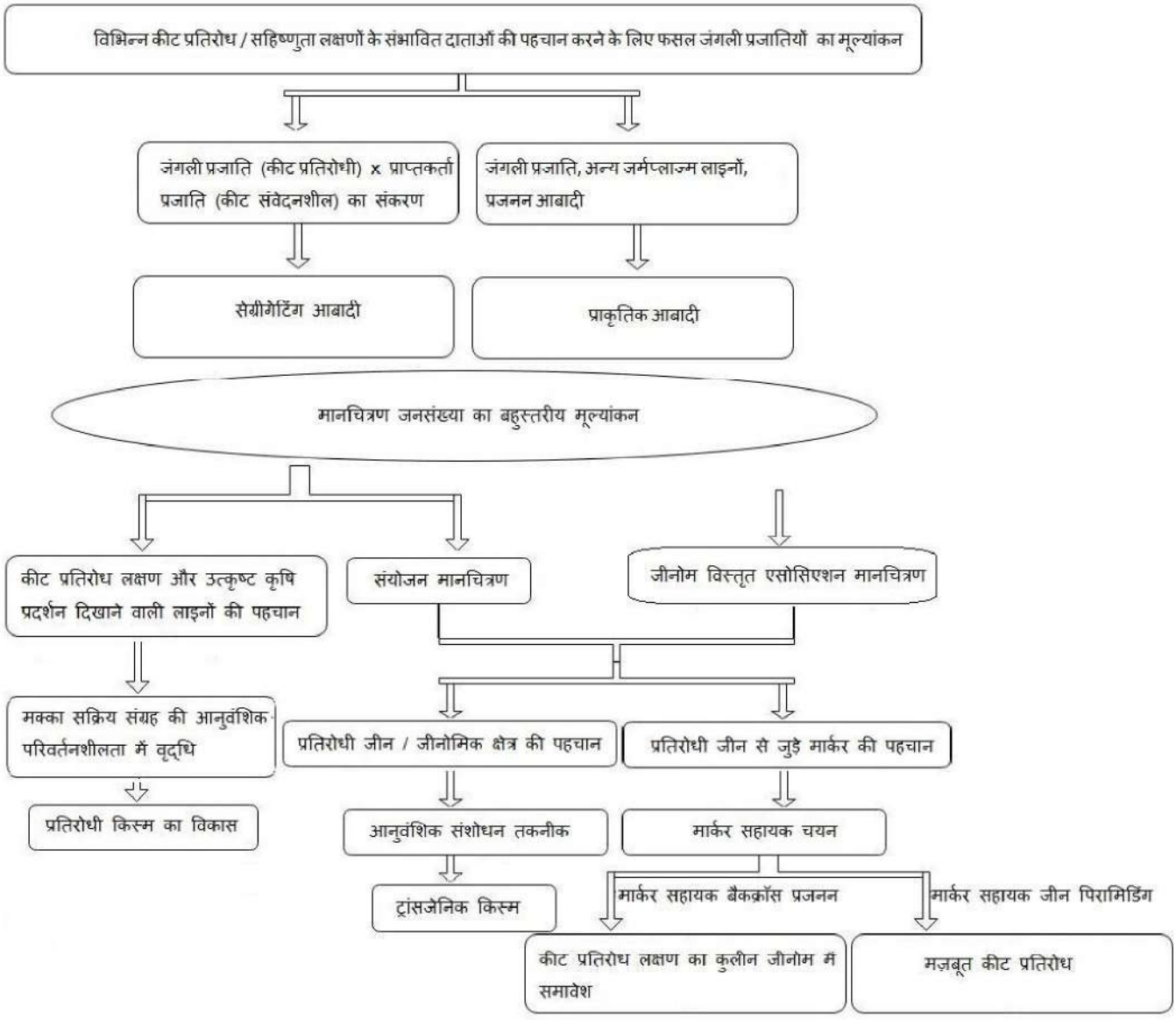
जंगली प्रजातियों पर अब तक किए गए अध्ययनों से पता चलता है कि मक्का जंगली प्रजातियां कीट सहिष्णुता में अपने कृष्ट समकक्षों की तुलना में निश्चित रूप से श्रेष्ठ हैं और इसलिए मक्का में कीट प्रतिरोध क्षमता में सुधार करने के लिए एक महत्वपूर्ण स्रोत के रूप में उपयोग किये जा सकते हैं। फसल सुधार के लिए मक्का जंगली प्रजातियों का उपयोग चित्रण 3 में दर्शाया गया है। कीट प्रतिरोध वंशाणु के दाता के रूप में उपयोग होने के साथ, मक्का और मक्का जंगली प्रजातियों के बीच प्रायोगिक संकरण करके उत्पन्न हुई आबादी के मात्रात्मक लक्षण स्थान का विश्लेषण कर कीट प्रतिरोध के लिए जिम्मेदार नए वंशाणु पर प्रकाश डाला जा सकता है। प्रतिरोध के लिए जिम्मेदार जीनोमिक क्षेत्रों की पहचान के लिए दो माता–पिता के बीच संकरण से एक मानचित्रण आबादी का निर्माण किया जाता है एवं इसके बाद मानचित्रण आबादी की लाइनो को प्रतिरोधी लक्षण के लिए मूल्यांकन के बाद इन्हे प्रतिरोधी एवं संवेदनशील वर्गों में बाँट दिया जाता है। मूल्यांकन के बाद पहचानी गई इन प्रतिरोधी लाइनों को आगे विभिन्न प्रजनन कार्यक्रमों में प्रतिरोधी लक्षणों के दाता के रूप में उपयोग किया जा सकता है। इसी तरह के एक अध्ययन में टीओसिंटे (जीया मेज उपप्रजाति पार्वीग्लूमिस) को हमारे द्वारा संरक्षित मक्का कीट, लाल आटा बीटल प्रतिरोध के लिए जांचा गया जिसमें यह अत्यधिक प्रतिरोधी पाया गया। इसके बाद BC1F5 लाइनों को, प्रतिरोधी और संवेदनशील जनकों के रूप में क्रमशः टीओसिंटे और मक्का इनब्रेड लाइन का उपयोग करके उत्पादित किया गया। जब इन लाइनो को, क्षतिग्रस्त दानो की संख्या एवं प्रतिशत वजन घटाव के आधार पर बांटा गया तो कीट प्रतिरोधी क्षमता के लिए परिवर्तनशीलता की एक विस्तृत श्रंखला मिली। टीओसिंटे इंट्रोग्रेसड मक्का लाइनो में लाल आटा बीटल प्रतिरोध के लिए उपस्थित अंतर प्रतिक्रिया को चित्रण 2 में दर्शाया गया है।

इन लाइनो में प्रतिरोधी लाइनो की पहचान करके उन्हें लाल आटा बीटल प्रतिरोधी गुण के दाता के रूप में उपयोग किया जा सकता है।

जंगली प्रजातियों में रोगों के दवाब, खेती की प्रथाओं, बाजार की मांग और जलवायु परिस्थितियों के अनुसार अपेक्षित विविधताएँ हैं जिन्हें प्रदान करके यह दुनिया भर में कृषि प्रणालियों की अनुकूली क्षमता में वृद्धि कर सकते हैं। फसल जंगली प्रजातियों के आनुवंशिक विविधता का एक महत्वपूर्ण स्रोत होने के बाद भी उनके जीन पूल का अभी तक पर्याप्त रूप अन्वेषण नहीं किया गया है। जंगली प्रजातियों गें उपस्थित आनुवंशिक विविधता को निश्चित करने एवं इन्हे कृष्ट किस्मों में स्थानांतरित करने की प्रक्रिया के लिए समय, संसाधनों और मानव क्षमता की आवश्यकता होती है। आणविक मार्कर और जीनोटाइपिंग पछेती फॉर्म जंगली संबंधी में पाए जाने वाले उपयोगी कृषि संबंधी लक्षणों का तेजी से विघटन करके, क्यूटीएल अनुक्रमण, मार्कर सहायक चयन और अन्य जीनोमिक दृष्टिकोणों के माध्यम से इन लक्षणों को कुलीन जर्मप्लाज्म में स्थानांतरित कर सकते हैं। हाल ही में एसएनपी (सिंगल न्यूक्लीओटाइड पॉलीमोरफिस्म) सरणी तकनीक में हुए विकास के कारण क्यूटीएल मानचित्रण, जीनोम विस्तृत एसोसिएशन अध्ययन और जीनोमिक चयन अध्ययन के माध्यम

चित्र 2: टीओसिंटे इंट्रोग्रेसड मक्का लाइनो में रेड फ्लोर बीटल प्रतिरोध के लिए उपस्थित अंतर प्रतिक्रिया

से जंगली संबंधी में उपस्थित उपयोगी भिन्नता का पता लगाने में मदद मिलेगी इन अध्ययनों का उपयोग वांछित लक्षणों के सकारात्मक चयन और अंतर्विभाजक संकरण एवं पूर्व प्रजनन कार्यक्रमों में उपज हानि के लिए जिम्मेदार जंगली जीनोमिक अनुभागों के नकारात्मक चयन के लिए भी किया जा सकता है। लागत प्रभावी आगामी पीढ़ी की अनुक्रमण तकनीकों की व्यापक उपलब्धता ने कई फसल प्रजातियों और उनके जंगली प्रजातियों के लिए संपूर्ण जीनोम अनुक्रम उत्पन्न करने में मदद की है। ये जीनोम संसाधन संरचनात्मक, कार्यात्मक और तुलनात्मक जीनोमिक्स दृष्टिकोणों के माध्यम से जंगली प्रजातियों में आर्थिक रूप से महत्वपूर्ण गुणों की पहचान करने की हमारी क्षमता को बढ़ाते हैं। जंगली प्रजातियों में मूल्यवान लक्षणों के लिए जिम्मेदार वंशाणुओं का ज्ञान, कृषि फसलों के वंशाणु में लक्षित उत्परिवर्तन के माध्यम से फसल प्रदर्शन में सुधार के लिए जरुरी भिन्नता को उत्पन्न कर सकता है। आजकल जीनोम संपादन तकनीकों का प्रयोग



चित्र 3: फसल सुधार के लिए मक्का की जंगली प्रजातियों का उपयोग

कर फसलों के जीन अनुक्रमों में परिवर्तन किया जा सकता है। अनुक्रम–विशिष्ट न्यूक्लिऐज जैसे जिंक फिंगर न्यूक्लिऐज, ट्रांसक्रिपशन एक्टिवेटर लाइक इफेक्टर न्यूक्लिऐज या क्लस्टरड रेगुलर्ली इंटरस्पेस्ड शॉर्ट पेलिनड्रोमिक रिपीट्स को आम तौर पर पुनः संयोजक डीएनए प्रोद्योगिकी के माध्यम से फसल किस्मों के डीएनए में समाविष्ट किया जाता है जहाँ यह अपनी अनुक्रम विशिष्टता के कारण लक्षित स्थान पर डबल स्ट्रैंड तोड़कर या न्यूक्लीओटाइड को जोड़ या घटाकर अनुक्रम स्तर पर वांछनीय परिवर्तन का कारण बनता है। अतः जीनोम संपादन तकनीकों का उपयोग कर अनुक्रम स्तर पर परिवर्तन करके कीट प्रतिरोधक क्षमता में वृद्धि की जा सकती है।

निष्कर्ष:

अनेकों फसल सुरक्षा विधियों की उपस्थिति के बावजूद, कीड़े और रोगजनक अभी भी दुनिया भर में कम से कम 15% फसल नुकसान के लिए जिम्मेदार हैं। यह बढ़ती मानव आबादी के मद्देनजर एक भयप्रद तथ्य है क्योकि बढ़ती आबादी को भोजन की समान रूप से बढ़ती मात्रा की आवश्यकता होगी। इसलिए, मक्का, जो न केवल एक महत्वपूर्ण खाद्यान्न फसल है, बल्कि एक प्रमुख औद्योगिक, जैव ईंधन और पशु चारा की फसल भी है। आधुनिक मक्का ने फसल पौध पालन के दौरान कीटों के हमलों के खिलाफ प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से बचाव करने की अपनी क्षमता को खो दिया है जिसके परिणामस्वरूप आनुवंशिक भिन्नता में कमी आई है। इसके विपरीत, अपने प्राकृतिक वातावरण में उगने के कारण मक्का की जंगली प्रजातियों को लगातार उत्तरजीविता के लिए चुनौती मिली, परिणामस्वरूप उन्होंने आनुवंशिक विविधता के उच्च स्तर को बनाए रखा। मक्का जंगली प्रजातियों में फसलों के सुधार के लिए उपलब्ध अप्रयुक्त आनुवंशिक विविधता का लाभ उठाना फसलों में सुधार के लिए एक आकर्षक विकल्प है। मक्का जंगली प्रजातियों में उपस्थित लाभकारी लक्षणों के आणविक, आनुवांशिक और जीनोमिक आधारों की पहचान और इनके विघटन के लिए आधुनिक तकनीकों का उपयोग इस प्रक्रिया को तेज कर सकता है। इसलिए, एक आनुवंशिक संसाधन के रूप में, मक्का की जंगली प्रजातियां मक्का उत्पादन में सुधार के लिए संभावित रूप से अत्यधिक मूल्यवान हैं।

भारत के विकास में हिंदी का योगदान अति महत्वपूर्ण हैं, यदि हम भारत को विकसित देश के रूप में देखना चाहते हैं तो हिंदी के महत्व को हम सबको समझना होगा। हिन्दी हमारे राष्ट्र की अभिव्यक्ति का सरलतम स्रोत है।

– सुमित्रनंदन पंत