

ट्रांसजेनिक मक्का की स्थिति: एक समीक्षा

कृष्ण कुमार एवं अविनि

भाकृअनुप-भारतीय मक्का अनुसंधान संस्थान, पूसा कैंपस, नई दिल्ली

पारंपरिक प्रजनन तकनीक ने मक्का उपज और गुणवत्ता में सुधार हेतु उल्लेखनीय रूप से योगदान दिया है। तथापि प्रजातियों में लैंगिक संगतता/अनुकूलता की आवश्यकताओं और प्रजातियों के भीतर विविध जर्मप्लाज्म की अनुपलब्धता के कारण प्रजनन तकनीक द्वारा पौधों में वांछित गुणों को डालने की अपनी एक सीमा है। आनुवांशिक इंजीनियरिंग/जैव प्रौद्योगिकी के आगमन ने जीवों के बीच लैंगिक असंगति होते हुये भी वांछित बाहरी जीन (ट्रांसजीन) का सम्मिलन संभव बना दिया है। इसलिए, आनुवांशिक इंजीनियरिंग प्रौद्योगिकी के द्वारा फसलों में नये गुणों को समाविष्ट करके ऐसे आनुवांशिक संशोधन कर सकते हैं जो प्रजातियों में प्राकृतिक रूप से नहीं हो सकते हैं।

आनुवांशिक रूप से संशोधित (जीएम) या ट्रांसजेनिक फसलें ऐसी फसलें होती हैं, जिनके डी.एन.ए. को आनुवांशिक इंजीनियरिंग तकनीकों जैसे कि ट्रांसफ़ौरमेसन का उपयोग करके संशोधित किया जाता है। इस ट्रांसफ़ौरमेसन प्रक्रिया में पौधे में नए जीन (जिसे ट्रांसजीन भी कहा जाता है) को डालकर उसमें ऐसे मनचाहे गुणों का समावेश किया जाता है जोकि प्राकृतिक रूप से उस पौधे में नहीं होते हैं। यदि यह पता हो की वांछित गुण किसी दूसरे जीव में पाए जाते हैं तो उस वांछित गुण से सम्बंधित जीन को उस प्रजाति के पौधे में स्थानांतरित कर सकते हैं। ट्रांसजेनिक पौधों में स्थानांतरित किया गया जीन, पूरी तरह से अलग प्रजातियों से या असंबंधित पौधे या जानवर से भी हो सकता है। 1996 में पहली बार ट्रांसजेनिक मक्का को अमेरिका में व्यावसायिक खेती के लिए अनुमति दी गई थी। इस ट्रांसजेनिक मक्का को मानसैंटो कंपनी ने ट्रांसफ़ौरमेसन तकनीक द्वारा विकसित किया था। तभी से, आनुवांशिक इंजीनियरिंग के लिए मक्का प्रमुख फसल बनी हुई है। अभी तक और सभी फसलों की तुलना में, ऐसी ट्रांसजेनिक घटनाओं/इवेंट्स की संख्या मक्का में सबसे ज्यादा है जिनको व्यावसायिक खेती के लिए मंजूरी दी जा चुकी है।

विदेशों में किसानों द्वारा जीएम मक्का की पहले ही बहुत बड़े पैमाने पर खेती की जा रही है। अब तक, 30 विभिन्न देशों में खाद्य अथवा चारा अथवा व्यावसायिक खेती के लिए मक्का में 188 विभिन्न ट्रांसजेनिक घटनाओं को मंजूरी दी गई है। स्वीकृत की गई ट्रांसजेनिक घटनाएं, पांच प्रमुख गुणों से संबंधित हैं जैसे— खरपतवारनाश

सहिष्णु/हेर्बिसाइड टालरेंस (162 घटनाएं), कीट प्रतिरोध/इंसेक्ट रेजिस्टेंस (158 घटनाएं), गुणवत्ता सुधार जैसे उच्च लाइसिन और ज्यादा इथेनाल उत्पादन क्षमता (12 घटनाएं), अजैविक तनाव सहिष्णु/अबायोटिक स्ट्रेस टालरेंस (9 घटनाएं) और परागण नियंत्रण प्रणाली/पोल्लिनेसन कंट्रोल सिस्टम (6 घटनाएं)। इन ट्रांसजेनिक घटनाओं में एक ही पौधे में एक से ज्यादा गुणों का एकसाथ संयोजन (स्टैकड/इवेंट्स) सामान्य बात है। इसके अलावा कई नये गुणों को समावेशित करने के लिए अभी शोध हो रही हैं।

विश्व में ट्रांसजेनिक मक्का की स्थिति

ट्रांसजेनिक मक्का के वैश्विक क्षेत्रफल में लगातार 21 वर्षों से अद्वितीय वृद्धि हुई है। वर्ष 2016 में विश्व स्तर पर कुल 185 मिलियन हेक्टेयर में मक्का की खेती की गई, जिसमें से 33% यानि की 60.6 मिलियन हेक्टेयर में ट्रांसजेनिक मक्का था। इस 60.6 मिलियन हेक्टेयर में से 6 मिलियन हेक्टेयर में कीट प्रतिरोधी, 7 मिलियन हेक्टेयर में खरपतवारनाशी सहिष्णु और 47.7 मिलियन हेक्टेयर में कीट प्रतिरोधी तथा खरपतवारनाश सहिष्णु ट्रांसजेनिक मक्का (अर्थात दोनों गुणों का एक ही पौधे में एकसाथ संयोजन जिसको स्टैकड/इवेंट्स भी कहते हैं) लगाया गया था (चित्र 1)। ट्रांसजेनिक मक्का की खेती अभी 16 देशों में की जा रही है जबकि कई अन्य देशों ने घरेलू मांग को पूरा करने के लिए ट्रांसजेनिक मक्का के आयात को स्वीकृति दी है। 16 देशों में से शीर्ष पांच देश – संयुक्त राज्य अमेरिका (30.1 मिलियन हेक्टेयर), ब्राजील (15.6 मिलियन हेक्टेयर), अर्जेंटीना (4.7 मिलियन हेक्टेयर), दक्षिण अफ्रीका (2.2 मिलियन हेक्टेयर), और कनाडा (1.5 मिलियन हेक्टेयर) हैं। बाकी के 11 देशों में जीएम मक्का की खेती एक लाख से कम हेक्टेयर में की गई जिनके नाम इस प्रकार हैं – फिलीपींस, पैराग्वे, स्पेन, कोलम्बिया, उरुग्वे, वियतनाम, होंडुरास, पुर्तगाल, चिली, स्लोवाकिया और चेक गणराज्य (चित्र 2)।

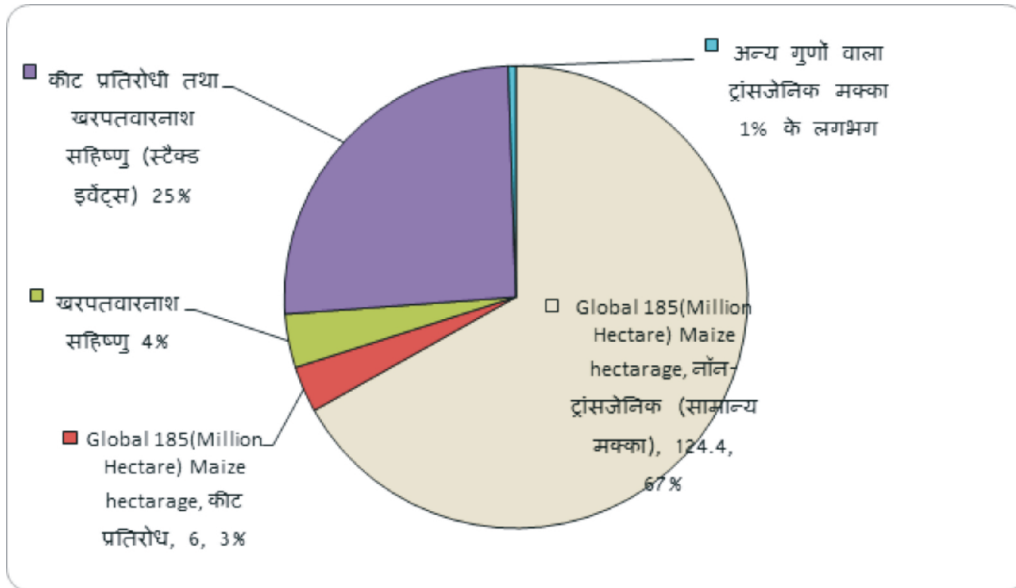
खरपतवारनाशक सहिष्णु मक्का

खेतों में उगने वाले खरपतवार अक्सर फसली पौधों के साथ पानी, प्रकाश और मिट्टी के पोषक तत्वों के लिए प्रतिस्पर्धा करते हैं। ये

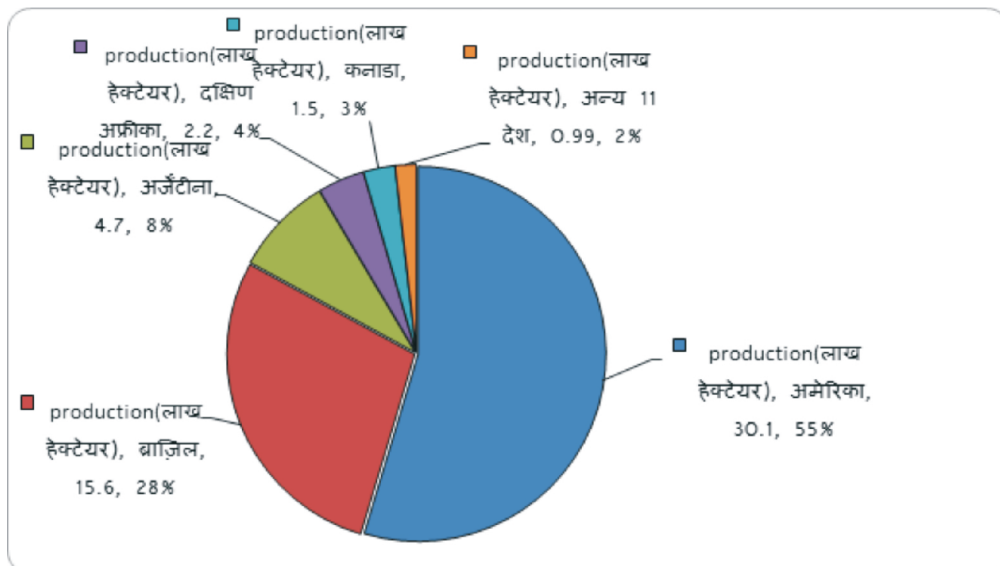


अवांछित पौधे कई बार ऐसे जेहरीले पदार्थ उत्पन्न करते हैं जो की फसलों के लिए अत्यंत हानिकारक साबित होते हैं। इसके अलावा ये अक्सर फसल में बीमारी फैलाने वाले रोगाणुओं तथा कीटों को संरक्षण भी प्रदान करते हैं जिससे फसलों को भारी क्षति पहुंचती है। खरपतवारनाशक सहिष्णु फसलों के प्रयोग ने खरपतवार प्रबंधन में

अमूलचूक परिवर्तन ला दिया है। इन फसलों को ऐसे खरपतवारनाशकों को सहन करने के लिए डिजाइन किया जाता है जो की आसपास के खरपतवार को तो नष्ट करता है, किन्तु फसल को नुकसान नहीं पहुंचाते।



चित्र 1: 2016 में वैश्विक भूमि क्षेत्र में लगाया गये ट्रांसजेनिक एवम नान-ट्रांसजेनिक मक्का का प्रतिशत (स्रोत:आई.एस.ए.ए., ग्लोबल स्टेटस ऑफ कमर्शियल बायोटेक/जीएम फसल: 2016) ।



चित्र 2: 2016 में वैश्विक स्तर पर ट्रांसजेनिक मक्का की खेती करने वाले देशों का विवरण

(स्रोत: आई.एस.ए.ए.ए., ग्लोबल स्टेटस ऑफ कमर्शियल बायोटेक/जीएम फसल: 2016)



वर्ष 1998 में, मोनसेंटो कंपनी ने अमेरिका में पहली बार ट्रांसजेनिक ग्लाइफोसेट प्रतिरोधी मक्का तैयार की, जिसने व्यावसायिक स्तर पर बड़ी सफलता प्राप्त की। आमतौर से प्रयोग में लाये जाने वाले रसायनों की अपेक्षा इन ट्रांसजेनिक किस्मों के उपयोग से खरपतवार नियंत्रण प्रक्रिया को और भी सरल तथा कम खर्चीला बनाया जा सकता है। गैर-चयनात्मक खरपतवारनाशक जैसे कि ग्लाइफोसेट के द्वारा मुख्य फसल को हानि पहुंचाए बिना विभिन्न प्रकार के खरपतवार को नष्ट किया जा सकता है। इस तरह के खरपतवारनाशक मनुष्यों और जानवरों के लिए कम विषैले होते हैं। इसके आलावा ये बड़ी आसानी से मिट्टी में विघटित हो जाते हैं जिससे कि भूजल प्रदूषण एवं वन्य जीवन को होने वाले नुकसान को काफी हद तक नियंत्रण में रखा जा सकता है। इन्हीं सब खूबियों के चलते दुनियाभर में अब तक 100 से भी अधिक ग्लाइफोसेट प्रतिरोधी ट्रांसजेनिक मक्का किस्में जारी की जा चुकी हैं। इसके आलावा दूसरे खरपतवारनाशकों को सह सकने वाली मक्का की कई अन्य व्यावसायिक प्रजातियां भी तैयार की गयी हैं जैसे कि ग्लूफोसिनेट प्रतिरोधी लिबर्टी लिंक मक्का। हाल ही में क्लोरोप्लास्ट पेप्टाइड जड़ित डाईकैम्बा मोनोअ,क्सीजिनेस अभिव्यक्त करने वाली ट्रांसजेनिक मक्का विकसित की गई है जो उगने से पूर्व और बाद के चरण में डाईकैम्बा के प्रति सहिष्णु रहती है। आजकल स्टैकिंग विधि द्वारा एक ही प्रजाति में खरपतवारनाशक एवं कीट प्रतिरोधक क्षमता विकसित करने हेतु प्रयास किये जा रहे हैं, उदाहरणतः पायोनियर कंपनी द्वारा दो क्राई जींस (क्राई34 ए.बी.1 तथा क्राई35 ए.बी.1) के साथ पैट (फास्फिनोथ्रिकिन एसिटाइल ट्रांसफेरेज) जीन अभिव्यक्त करने वाली ट्रांसजेनिक मक्का अभी हाल ही में बाजार में उतारी गयी है। पिछले 20 सालों के दौरान खरपतवारनाशक सहिष्णु प्रजातियों का किसानों द्वारा प्रबल रूप से प्रयोग किया गया है।

कीट प्रतिरोधी मक्का

1947 में शुरूआत के बाद से ही कृत्रिम कीटनाशकों का खाद्य उत्पादन के क्षेत्र में एक बड़ा योगदान रहा है। हालांकि, यह भी सर्वमान्य है कि ऐसे रसायन पर्यावरण और स्वास्थ्य संबंधी कई समस्याओं के जनक हैं। आज के समय में ट्रांसजेनिक फसलों ने कीट नियंत्रण में क्रांति ला दी है। 1990 के दशक के मध्य में कीट-प्रतिरोधी ट्रांसजेनिक फसलों का पहली बार व्यावसायीकरण किया गया। सबसे पहले आनुवंशिक रूप से संशोधित मक्का, आलू एवं कपास जिनमें मिट्टी में पाए जाने वाले जीवाणु बैसिलस थुरिंगिनिसिस से प्राप्त किये गए बीटी टाक्सिनस (क्राई प्रोटीन्स) जीन सम्मिलित थे विकसित किये गए। बीटी टाक्सिनस अन्य फायदेमंद कीड़ों को प्रभावित किए बिना कुछ लेपिडोटेरान और कोलेप्टेरान प्रजातियों के प्रति अत्यधिक विशिष्ट हैं। उक्त कीट जब भी

बीटी जीन अभिव्यक्त करते हुए पौधों को खाते हैं, तो उनमें पाए जाने वाले विषैले पदार्थों (बीटी टाक्सिनस) के सेवन से मारे जाते हैं। इस प्रकार ट्रांसजेनिक बीटी फसल की खेती रासायनिक कीटनाशकों के इस्तेमाल को कम करती है और पर्यावरणीय एवं आर्थिक लाभ प्रदान करते हुए सम्प्रेषित उत्पादन के लक्ष्य को प्राप्त करने में मददगार है।

अमेरिका की अगुवाई में वर्ष 1996 में पहली बार बीटी मक्का को व्यावसायिक उत्पादन के लिए बाजार में उतारा गया। तत्पश्चात् 1997 में कनाडा तथा बाद में अर्जेंटीना, दक्षिण अफ्रीका, स्पेन और फ्रांस जैसे देशों में भी ट्रांसजेनिक मक्का की खेती को अनुमति प्रदान की गयी। विकसित देशों के साथ बीटी फसलों के लाभों को कम विकसित देशों में भी अच्छी तरह से प्रलेखित किया गया है। उदाहरण के लिए, आनुवंशिक रूप से इंजीनियर फसलों को उगाने वाले किसानों के द्वारा कीटनाशकों के उपयोग में भारी कमी दर्ज की गयी। कीट-प्रतिरोधी ट्रांसजेनिक फसलों की प्रारंभिक दौर की व्यावसायिक किस्मों में लेपिडोप्टेरान कीटों के खिलाफ विशिष्ट गतिविधि वाले एकल क्राई प्रोटीन जीन्स (जैसे कि क्राई1ए.बी.) का उपयोग किया गया। तत्पश्चात् अन्य लेपिडोप्टेरान-सक्रिय बीटी टाक्सिनस (जैसे कि क्राई1एफ तथा-क्राई 2 ए.बी.2) को एक ही किस्म में संयुक्त जीन के रूप में प्रस्तुत किया गया।

बीटी फसलों के साथ जुड़ी कमियों में कुछ कीट प्रजातियों के खिलाफ बीटी टाक्सिनस की प्रभावकारिता में कमी और उनमें टाक्सिनस के खिलाफ प्रतिरोधक क्षमता के उत्पन्न होने का खतरा प्रमुख हैं। इसलिए क्राई प्रोटीन्स के विकल्पों का प्रयोग कर ट्रांसजेनिक मक्का उत्पादन के लिए लगातार कोशिश की जा रही है। बैक्टीरिया, वायरस, पौधों और आर्थ्रोपोड्स से प्राप्त कीटनाशक पदार्थ जैसे डिफेन्सिनस, लेक्टिनस, प्रोटीएज और अल्फा अमाइलेज अवरोधकों की शोध में महत्वपूर्ण प्रगति की गई है। इसके अतिरिक्त, नए प्रकार के गैर-क्राई बीटी प्रोटीनस, जैसे वनस्पतिक कीटनाशक प्रोटीन भी प्रयोग में लाये जा रहे हैं। सिंजेंटा कंपनी ने हाल ही में एग्रीस्योर विप्टेरा नामक मक्का तैयार की है जो गैर-क्राई बीटी प्रोटीन (वीपी-3) आधारित व एकाधिक कीट प्रतिरोधक क्षमता सहित पहली व्यावसायिक किस्म है।

सूखा सहिष्णु ट्रांसजेनिक मक्का

सूखा सहिष्णु/ड्राउट टालरेंस ट्रांसजेनिक मक्का को 2013 में व्यावसायिक खेती के लिए मंजूरी दी गई और वर्ष 2016 में अमेरिका में 1.2 मिलियन हेक्टेयर भूमि पर बोया गया। ट्रांसजेनिक मक्के की यह किस्म सूखे की स्थिति में 175% तक बाष्पीकरण को कम कर सकती है, जिसकी वजह से इनमे बेहतर नमी अवधारण का गुण होता है अर्थात् इनको कम सिंचाई की आवश्यकता होती है।





तालिका 1 : वर्ष 2016 में भारत में ट्रांसजेनिक मक्का के जैव सुरक्षा अनुसंधान परीक्षणों (बायो सेफ्टी रिसर्च ट्रायल) की स्थिति:

जीन/घटना का नाम	विकसित करने वाले का नाम	परीक्षणों की स्थिति
एन.के. 603	मोनसेंटो	बी.र.ल.- 2
क्राई7एफ., क्राई1ए.बी. तथा सी.पी.4इ.पी.एस.पी.एस. जीन/ टी.सी.1507 X मोन810 X एन.के.603 (डी.ए.-01570-1 X मोन-00810-6 X मोन-00003-6)	पायोनियर हाब्रिड प्राइवेट लिमिटेड, हैदराबाद	बी.र.ल.-1
टी.सी.1507 X मोन810	पायोनियर हाब्रिड प्राइवेट लिमिटेड, हैदराबाद	बी.र.ल.-1

(स्रोत: आई.एस.ए.ए.ए., ग्लोबल स्टेटस ऑफ कमर्शियल बायोटेक/जीएम फसल: 2016)

इसके अलावा, वाटर एफिफसिएन्ट मैज फॉर अफ्रीका परियोजना के तहत दक्षिण अफ्रीका के साथ केन्या, मोजाम्बिक, तंजानिया और युगांडा साझेदारी में जीएम मक्का बनाने और उसके परिनियोजन में लगे हुये हैं। इस परियोजना के तहत इन अपरीकी देशों में, मक्का की ट्रांसजेनिक किस्में जिनमें सूखा सहिष्णु और कीट प्रतिरोधी दोनों गुण एकसाथ है, उनकी वर्ष 2017 में सीमित व्यावसायिक खेती एवम् 2018 में व्यापक पैमाने पर व्यावसायिक खेती के लिए योजना बनाई गई है।

पिछले 20 वर्षों के दौरान (1996 से 2015) ट्रांसजेनिक मक्का की खेती करने से किसानों की आय में 57.1 बिलियन अमेरिकी डॉलर की वृद्धि हुई और अकेले 2015 में 6.25 बिलियन अमेरिकी डॉलर का लाभ हुआ है।

भारत में ट्रांसजेनिक मक्का की स्थिति

हालांकि, ट्रांसजेनिक मक्का को भारत में व्यावसायिक खेती के लिए मंजूरी नहीं दी गई है, लेकिन हर साल प्रत्यारोपण प्रजनन के उद्देश्य के

लिए अन्य देशों से बहुत अधिक ट्रांसजेनिक मक्का जर्मप्लाज्म आयात किया जाता है। इसके अलावा भारत में, खरपतवारनाश सहिष्णु एवं कीट प्रतिरोधी ट्रांसजेनिक मक्का का बहुस्थानीय क्षेत्र परीक्षण चल रहे हैं (तालिका 1)।

निष्कर्ष

ट्रांसजेनिक मक्का की खेती बेहतर खरपतवार और कीट कीटनाशक प्रबंधन में सहायता करती है, जिससे उपज में महत्वपूर्ण वृद्धि हो सकती है। ये जीएम मक्का की किस्में रोग और कीट प्रतिरोधी तो होती ही हैं, प्रतिकूल परिस्थितियों में भी उग सकने की क्षमता रखती है। ये फसलें अच्छी पर्यावरण मित्र होती है। जिस तेजी से ट्रांसजेनिक मक्का के वैश्विक क्षेत्रफल में वृद्धि हुई है एवम किसानों का इनके प्रति रुझान बढ़ा है उससे हमें यह कहने में कोई अतिशयोक्ति नहीं होगी की आधुनिक कृषि में सबसे तेज ग्रहण की जाने वाली फसल पद्धति ट्रांसजेनिक फसल ही है।

हिंदी का प्रचार और विकास कोई रोक नहीं सकता।

-पंडित गोविंद बल्लभ पंत

हिंदी भारतीय संस्कृति की आत्मा है।

-कमलापति त्रिपाठी

