

बदलती जलवायु के नकारात्मक प्रभाव के प्रति मक्का की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने में जंगली प्रजातियों का उपयोग

प्रिया गड़कोटी, श्रुति कश्यप, वरलक्ष्मी एस. एवं एन. के. सिंह
गोविन्द बल्लभ पंत कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, पंतनगर (उत्तराखण्ड)
संवादी लेखन का ई-मेल : narendraksingh2@gmail.com

मक्का (ज़ि़या मेज) अपनी उच्च आनुवंशिक उपज क्षमता तथा मिट्टी और जलवायु परिस्थितियों के लिए व्यापक अनुकूलन क्षमता के कारण भविष्य की एक उभरती हुई अनाज की फसल है। यह ऐसी फसल है जिसे रबी, खरीफ और बसंत ऋतु में उगाया जा सकता है और इसका भोजन, चारा और औद्योगिक उपयोगिता इसे किसानों की आय बढ़ाने के लिए एक उम्मीदवार फसल बनाते हैं। मक्का अनाजों की रानी है और इसकी उच्च आनुवंशिक उपज क्षमता के कारण शीर्ष तीन अनाज फसलों, यानी चावल, गेहूं और मक्का में से एक है। मक्का सी-4 फसल होने के कारण किसी भी अन्य अनाज की फसल की तुलना में कम समय में अधिक उत्पादकता प्रदान करती है।

एक व्यावहारिक मक्का प्रजनन कार्यक्रम का प्रमुख लक्ष्य विभिन्न कृषि-पारिस्थितिकीय और सामाजिक-आर्थिक स्थितियों के लिए उच्च उपज, तनाव सहिष्णु, पोषण में वृद्धि के साथ बेहतर अनुकूलित किस्मों या संकरों को विकसित करना है। चूंकि मानव आबादी वर्तमान समय में जलवायु परिवर्तन की एक नई चुनौती का सामना कर रही है, अतः हमें उच्च उत्पादन के साथ-साथ जैविक और अजैविक तनाव प्रतिरोधी फसलों के प्रजनन पर अपना ध्यान केंद्रित करने की आवश्यकता है। फसल प्रजनन प्रक्रिया के दौरान, एक निश्चित विविधता के लिए पर्यावरणीय तनावों (नमी तनाव, उच्च तापमान, और पाला) और/या मिट्टी की स्थिति (अम्लता, लवणता, क्षारीयता) आदि के प्रति सहिष्णुता, अनाज की गुणवत्ता

और अन्य मूल्य वर्धित विशेषताओं में सुधार करना आवश्यक है। संकर ओज अवधारणा को विकसित करने में मक्का फसल ने अग्रणी भूमिका जिसने निभाई है और सिंगल-क्रॉस हाइब्रिड, डबल-क्रॉस हाइब्रिड और थ्री-वे क्रॉस हाइब्रिड के रूप में संकर ओज क्षमता प्रभावी ढंग से दोहन किया है। इन सभी संकर किस्मों ने मक्का आनुवंशिक उपज क्षमता को बढ़ाने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

मक्का के जंगली स्वरूप से खेती योग्य स्वरूप बनाने और चयनात्मक प्रजनन के अलावा वांछनीय पुनः संयोजक के चयन के लिए प्राथमिक जीन पूल के बीच निरंतर जीनोमिक फेरबदल के परिणामस्वरूप एक संकीर्ण आनुवंशिक आधार और विभिन्न उपयोगी लक्षणों का आनुवंशिक क्षरण हुआ है। पर्यावरण अनुकूलता, कैनोपी और उपज से संबंधित युग्म विकल्पों के नुकसान के कारण, संकीर्ण आनुवंशिक आधार, जलवायु परिवर्तन के कारण जैविक और अजैविक तनावों की परिवर्तित गतिशीलता के तहत पर्याप्त उपज के लिए मक्का की प्रजाति विकसित करने में बाधा डाल सकता है। इस प्रकार, जंगली प्रजातियों और पूर्वजों की ओर ध्यान केंद्रित करना, उपयोगी जंगली युग्म विकल्पों को स्थानीय बनाकर आनुवंशिक आधार को व्यापक बनाना अधिक अनिवार्य हो गया है। मक्का की विभिन्न जंगली प्रजातियां, तथा उनकी गुणसूत्र संख्या तालिका 1 में दर्शायी गयी है।



तालिका 1 – मक्का की विभिन्न जंगली प्रजातियां, उनकी गुणसूत्र संख्या एवं सामान्य नाम

प्रजातियां	गुणसूत्र संख्या (2n)	सामान्य नाम
ज़िया मेज उप-समूह इलिटस	20	मक्का
ज़िया मेज उप-समूह मेक्सिकाना	20	टीओसिंटे
ज़िया मेज उप-समूह पार्विग्लूमीस	20	बालसास टीओसिंटे
ज़िया डिप्लोपेरैनिंस	20	डिप्लोपेरैनियल टीओसिंटे
ज़िया लक्ज़रीअन्स	20	मैज़ डी मोंटे, फ्लोरिडा टीओसिंटे और म्वाटेमाला टीओसिंटे
ज़िया निकारागुएन्सीस	20	निकारागुएन् टीओसिंटे
ज़िया पेरैनिंस	40	टेट्राप्लोइड टीओसिंटे, बारहमासी टीओसिंटे

टीओसिंटे जंगली मक्का की प्रजातियों का एक समूह है जिसमें वार्षिक और बारहमासी द्विगुणित प्रजातियों (2n= 20) के साथ-साथ एक चतुर्गुणित प्रजाति (2n=40) शामिल हैं। जंगली प्रजातियों को प्रकृति में अपने स्वतंत्र अस्तित्व के कारण जैविक और अजैविक तनावों की समस्याओं से निपटने के लिए अधिक विविधता और अधिक युग्म विकल्पों के लिए जाना जाता है। उपज स्थिरांक से बचने तथा मौजूदा और उभरती हुई जैविक और अजैविक चुनौतियों का मुकाबला करने के लिए इन विशिष्ट युग्म विकल्पों का उपयोग मक्का के प्रदर्शन में सुधार करने के लिए किया जा सकता है। चयनात्मक प्रजनन के बाद अनुकूलन (डोमेस्टिकेशन) ने मक्का को एक अद्भुत फसल बना दिया है। हालांकि, इससे गहन चयन वाले लक्षणों के कई युग्मक रूपों का नुकसान होता है। जननद्रव्य में विविधता लाने और मक्का की क्षमता को बढ़ाने के लिए जंगली युग्म विकल्पों को स्थानीय (घरेलू) बनाकर इनको फिर से परिभाषित किया जा सकता है। मक्का के

जंगली प्रजाति टीओसिंटे में जैविक-अजैविक तनावों के लिए प्रतिरोध, उपज में सुधार के साथ-साथ गुणवत्ता में वृद्धि के लिए विविध नए युग्म विकल्प हैं।

पंतनगर के मक्का प्रजनन कार्यक्रम में किए गए शोध के माध्यम से टीओसिंटे में मौजूद अनुवांशिक विविधता की पहचान की गई और तथा विभिन्न प्रजनन कार्यक्रमों में इसका उपयोग किया गया। जंगली प्रजातियों को मक्का की प्रजातियों से संकरण किया गया एवं विभिन्न जैविक और अजैविक तनावों के लिए विभिन्न प्रतिरोधी और सहिष्णु लाइनों का विकास किया जा रहा है (चित्र-1)। हाल ही में टीओसिंटे और मक्का की प्रजाति CAL-159 के क्रॉस से मक्का के पहले अंतरविशिष्ट संकर 2 का विकास किया गया है। टीओसिंटे व्युत्पन्न मक्का विभेदों के मूल्यांकन ने कई सरस्य संबंधी लक्षणों, भुट्टा और दाने के लक्षणों, उपज और अनुकूलन में विविधता का प्रदर्शन किया है। विभिन्न आनुवांशिक जांचों के बाद, विभिन्न लक्षणों के लिए लाभकारी



क्वांटिटेटिव ट्रेट लोसाई (क्यूटीएल)/जीन की विभिन्न शोधकर्ताओं द्वारा मैपिंग की गई है। टेओसिंट में पाए जाने वाले जीन कॉम्प्लेक्स एवं सस्य संबंधी लक्षणों को बढ़ाने और अनुकूलता में सुधार के लिए अपार क्षमता है। जंगली प्रजातियों में मूल्यवान अनुवांशिक संसाधनों के बावजूद व्यापक शोध और सत्यापन नहीं हुआ है, जिससे उनका कम उपयोग हो रहा है। मक्का और टीओसिंटे में संकरण आसानी से बनाये जा सकते हैं, जबकि मक्का और ट्रिप्सेकम के बीच संकरण मुश्किल हैं लेकिन संभव हैं

जिसका उपयोग युग्म विकल्प विविधता में सुधार के लिए जीन हस्तांतरण को पूरा करने के लिए किया जा सकता है साथ ही नए जीन/एलील को स्थानीय बनाने के लिए भी किया जा सकता है। टीओसिंटे की क्षमता को ध्यान में रखते हुए, मक्का जननद्रव्य के विविधीकरण और वृद्धि के लिए टेओसिन्टे का उपयोग किया गया है जैसे कि ज़िया मेज पार्विग्लुमिस, ज़िया मेज मेक्सिकाना, ज़िया डिप्लोपेरैनिंस, और ज़िया निकारागाउएन्सिस (तालिका 2)

तालिका 2 – मक्का की जंगली प्रजातियों की विभिन्न उपयोगी विशेषताएं

प्रजातियां	उपयोगी विशेषता
ज़िया मेज उप-समूह मेक्सिकाना	मक्का चित्तीदार तना छेदक के प्रति सहिष्णुता
ज़िया मेज उप-समूह पार्विग्लुमीस	फॉल आर्मीवर्म (स्पेडोप्टेरा फ्रुजिपडा), मक्के का चित्तीदार तना छेदक एवं ग्रे पत्ती स्पॉट के प्रति सहिष्णुता
ज़िया डिप्लोपेरैनिंस	फॉल आर्मीवर्म (स्पेडोप्टेरा फ्रुजिपडा) के लिए सहिष्णुता मक्का क्लोरोटिक बौना वायरस प्रतिरोध मक्का क्लोरोटिक मोटल वायरस प्रतिरोध मक्का स्ट्रीक वायरस प्रतिरोध मक्का झाड़ी स्टंट माइकोप्लाज्मा प्रतिरोध मक्का पट्टी वायरस प्रतिरोध मक्का स्ट्रीक वायरस प्रतिरोध मक्का झाड़ी स्टंट माइकोप्लाज्मा प्रतिरोध मक्का पट्टी वायरस प्रतिरोध मक्का रायडोफिनोवायरस प्रतिरोध उत्तरी मकई की पत्ती ब्लाइट प्रतिरोध स्ट्रिगा हर्मोथिका के प्रति सहिष्णुता
ज़िया लकज़रीअन्स	जलभराव सहिष्णुता
ज़िया निकारागाएन्सीस	जलभराव सहिष्णुता





चित्र 1 : पंतनगर में प्रचलित टीओसिंटे इंटरक्रास मक्का की लाइनों का विकास

ज़िया डिप्लोपेरेंसिस

डिप्लोपेरेंसिस संकर संयोजनों के परीक्षण से यह ज्ञात हुआ है की ज़िया डिप्लोपेरेंसिस में मिट्टी में कम नाइट्रोजन, सूखा और स्ट्रिगा हर्मथिका परजीवी के प्रति सहनशीलता के लिए उपयुक्त युग्म विकल्प मौजूद हैं। जलवायु परिवर्तन के कई हानिकारक प्रभावों के लिए 21वीं सदी के दौरान अधिक टिकाऊ कृषि पद्धतियों की ओर बदलाव की आवश्यकता होगी। वार्षिक फसलों को बारहमासी फसलों में परिवर्तित करना जो कई वार्षिक विकास चक्रों में फिर से बढ़ने में सक्षम है। बारहमासी फसले अधिक मात्रा में कार्बन ग्रहण कर सकते हैं और वार्षिक फसलों की तुलना में

अधिक पानी और मिट्टी के पोषक तत्वों का उपयोग कर सकते हैं। सिद्धांत रूप में उन जीनों की पहचान करने की आवश्यकता है जो जंगली प्रजातियों को बारहमासीता प्रदान करते हैं। मक्का की जंगली प्रजाति ज़िया डिप्लोपेरेंसिस में बारहमासी पुनर्वृद्धि को नियंत्रित करने वाले दो प्रमुख लोसाई, पहले क्रोमोसोम 2 (रेग 1) और क्रोमोसोम 7 (रेग 2) को मैप किया गया है। विभिन्न शोधकर्ताओं द्वारा डिप्लोपेरेंसिस में टंड प्रतिरोध की भी पुष्टि की गई है। चित्र 2 में पंतनगर में अनुरक्षित ज़िया डिप्लोपेरेंसिस को दर्शाया गया है।



तलिका 3 : ज़िया मेज उप-प्रजाती निकारागुएनसीस के कुछ विशेष लक्षण

लक्षण	मानक
पौध ऊंचाई	220 से 340 सेमी
टेसल की लम्बाई	35 से 40 सेमी
टिलर की संख्या	6 से 8 सेमी
प्रति पौध भुट्टो की संख्या	24 से 36
पुष्पण दिवस	76 से 93

ज़िया लकज़रीअन्स

माना जाता है कि बाढ़ या गीली परिस्थितियों में विकसित होने वाले टीओसिंटे ने कई अनुकूल विशेषताएं विकसित की हैं। अतः यह मक्का जीनोम के साथ संकरण करने पर मिट्टी की अतिरिक्त नमी की समस्या को दूर करने के लिए उपयोगी हो सकती हैं। लकज़रीअन्स जननद्रव्य जेएसजी-593 को ओक्साका, मेक्सिको में उच्च वर्षा 3669 मिमी वाले स्थानों के लिए अनुकूलित किया गया है। उच्च बायोमास और हरे रंग (स्टे ग्रीन) की विशेषता होने के कारण, यह प्रजाति चारा प्रयोजन और संरक्षित चारा बनाने के लिए भी एक संभावित स्रोत हो सकती है।

ज़िया मेज उप-प्रजाती पार्विग्लूमिस

पार्विग्लूमिस टीओसिंटे मक्का का पूर्वज हैं और विभिन्न जैविक और अजैविक तनावों के विरुद्ध सहिष्णुता विशेषता रखता है। मक्का की इनब्रेड लाइन के साथ ज़िया मेज पार्विग्लूमिस को क्रॉस करने से बैंडेड लीफ एवं शीथ ब्लाइट, मेडिस लीफ ब्लाइट, लाल आटा भुंग, और उच्च प्रोटीन के लिए क्यूटीएल की पहचान की गई है। इसके अलावा पुष्प व्यवहार में नर पूर्वता से स्त्री पूर्वता तक परिवर्तन, एक से अधिक भुट्टे, स्टे ग्रीन, उच्च घनत्व रोपण के लिए उपयुक्त पत्ती और तने के बीच कम कोण एवं उच्च हरे बायोमास उत्पादक संकर भी पहचाने गए। ज़िया मेज उप- प्रजाती पार्विग्लूमिस के कुछ विशेष लक्षण तलिका 4 में दर्शाये गए हैं।

तलिका 4 – ज़िया मेज उप- प्रजाती पार्विग्लूमिस के कुछ विशेष लक्षण

लक्षण	मानक
पौध ऊंचाई	202 से 308 सेमी
टेसल की लम्बाई	23 से 32 सेमी
टिलर की संख्या	10 से 13 सेमी
प्रति पौध भुट्टो की संख्या	35 से 42
पुष्पण दिवस	76 से 93



टेओसिंटे कीट के प्रति प्रतिरोधी पाया गया है जबकि प्रतिरोध स्रोत अन्य मक्का विभेदों में दुर्लभ हैं इसीलिए, बैकक्रॉस इनब्रेड लाइन (बीआईएल) मैपिंग पौधों की पीढ़ी विकास के लिए, लाल आटा बीटल अतिसंवेदनशील मक्का इनब्रेड लाइन डी आई -103 का संकरण टीओसिंटे से, प्रतिरोध प्रदान करने वाले जीनोमिक क्षेत्रों की पहचान करने के उद्देश्य से किया गया। संचयी संवेदनशीलता सूचकांक (सीएसआई) के आधार पर, 83 बीआईएल को प्रतिरोधी के रूप में अंकित किया गया और इन्हे मक्का सुधार कार्यक्रमों में आटा बीटल प्रतिरोध के लिए दाता जनक के रूप में

उपयोग किया जा सकता है (चित्र 4)।

मक्का में प्रोटीन की समस्या को हल करने के लिए एक बीसी1एफ2:3 आबादी विकसित और परीक्षण की गई। मक्का इनब्रेड लाइन सीएमएल-451 और टेओसिंटे (ज़िया मेज पार्विग्लूमिस) के बीच क्रॉस किया गया। जिसके परिणाम दर्शाते हैं कि सीएमएल - 451 की तुलना में टियोसिन्टे इंटरक्रॉस मक्का लाइनों में प्रोटीन की मात्रा में 41.42% का सुधार हुआ है।



चित्र 4 : ज़िया मेज उप-प्रजाती पार्विग्लूमिस (सीएसआई =0), मक्का (एमटी 39) = 0.7, मक्का (एमटी 69) (सीएसआई =0.8), डीआई 103 (सी एस आई = 2.039) (दाएं से बाएं)

ट्रिप्सैकम

शोधकर्ता मौजूदा रूटवॉर्म प्रबंधन रणनीतियों की सीमाओं को दूर करने और प्रभावी प्रबंधन विकल्प स्थापित करने के लिए पूर्वी गामाग्रास (ट्रिप्सैकम डैक्टाइलोइड्स) जननद्रव्य का उपयोग करके नई मक्का लाइनें विकसित कर रहे हैं जो रूटवर्म के लिए प्रतिरोधी है।

वांछनीय एलील के अलावा, मक्का (टीओसिंटे) के जंगली प्रजातियों में कई अवांछनीय जीन और युग्म विकल्प भी शामिल होते हैं, जो वांछनीय युग्म विकल्प के साथ जीन सहलग्नता दिखाकर विकसित लाइनों की दक्षता को कम कर देते हैं। बैकक्रॉस इनब्रेड लाइनों के बीच नियंत्रित संकरण द्वारा लिंकेज ड्रैग को कम करने के लिए एक नई रणनीति विकसित की गई। इसके अलावा, इन-विवो डबल हैप्लोइड (डीएच) तकनीक नामक

एक उन्नत तकनीक को शामिल किया गया है, जो काफी कम समय सीमा के भीतर विशिष्ट युग्म विकल्प को ले जाने वाली समयुग्मक लाइनों के विकास और पहचान में तेजी लाने के लिए है। इस प्रकार, नई विधियों को एकीकृत करके और जंगली प्रजातियों को शामिल करते हुए इनब्रीडिंग प्रजनन तकनीकों को नियोजित करके, हम वांछनीय जंगली युग्म विकल्प के प्रभुत्व को तेज कर सकते हैं। यह दृष्टिकोण भारतीय मक्का जननद्रव्य के तेजी से विविधीकरण और विकास की सुविधा प्रदान करता है। संपुष्ट जननद्रव्य के उपयोग से जलवायु-अनुकूलन संकरों के विकास की अपार संभावनाएं हैं। ये संकर मक्का उत्पादन को बनाए रखने, उत्पादकता बढ़ाने, किसानों की आय बढ़ाने और रोजगार के अवसर पैदा करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं।

