

## मक्के की विभिन्न किस्मों में प्रकाश संश्लेषक संबंधी लक्षण और उपज पर सूखे के तनाव का प्रभाव

नीता द्विवेदी<sup>1</sup>, पी. एस. ब्रह्मानंद<sup>1</sup>, अनिल कुमार मिश्र<sup>1</sup>, रोसिन के. जी<sup>1</sup>, बिपिन कुमार<sup>1</sup> और सर्वेन्द्र कुमार<sup>2</sup>

<sup>1</sup>जल प्रौद्योगिकी केंद्र, <sup>2</sup>मृदा विज्ञान तथा कृषि रसायन विज्ञान संभाग, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

ईमेल: neeta.iari@gmail.com

मिट्टी में कम पानी की उपलब्धता की स्थिति में, पतियों में पानी की मात्रा में कमी होती है। जल संकट की ओर अग्रसर इस समस्या की त्वरित प्रतिक्रिया, रंध्रों का बंद होना है, जो पतियों में गैसों के संचालन को सीमित करता है और परिणामस्वरूप प्रकाश संश्लेषण को सीमित करता है। मक्का की उपज उन्नत हेतु जल तनाव के प्रभाव को आनुवंशिक माध्यम से कम किया जा सकता है। मक्का अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में उगाई जाने वाली एक महत्वपूर्ण खाद्य फसल है जिसमें सूखा सहनशीलता प्राप्त करने की दिशा में वृद्धि दर्ज की है। मक्के की संवेदनशीलता के बावजूद सूखे के प्रति सहिष्णु जीनोटाइप की खोज में आशा जनक परिणाम मिले हैं। मक्के में यह और शारीरिक प्रतिक्रियाओं की समझ सहिष्णु जीनोटाइप के आधार पर की जा सकती है। यह जानना अभी शेष है कि जल की कमी के प्रति सहिष्णुता किसके द्वारा पाई गई है? जल आवश्यकताओं के मूल्यांकन में तनाव के प्रति आनुवंशिक तन्यता, आवश्यक जल के अतिरिक्त उपयोग, शारीरिक विशेषताओं का उपयोग इत्यादि के चयन में जीन तकनीकी अनुप्रयोग किया जा सकता है, क्योंकि वे आनुवंशिक परिवर्तनशीलता बढ़ा सकते हैं। इस वातावरण में बेहतर जीनोटाइप की पहचान में सटीकता लायी जा सकती है। सूखे की सहनशीलता के प्रति शारीरिक प्रतिक्रियाएँ गंभीरता के अनुसार भिन्न हो सकती हैं जैसे; तनाव लगाने की अवधि, फेनोलॉजिकल चरण और आनुवंशिक सामग्री के अनुसार फीनोलॉजिकल चरण के संबंध में,

मक्का विशेष रूप से उगने के चरण में बहुत संवेदनशील होता है, इस अवधि के दौरान सूखे से वृद्धि होती है। एंथेसिस-सिल्किंग अंतराल (एसआई), जो उपज में नकारात्मक रूप से सहसंबद्ध है।

सूखे की स्थिति में मक्के में जड़ और पत्ती दोनों में रूपात्मक-शारीरिक संशोधनों की पहचान भी की गई है जिसने जीनोटाइप चयन और सहिष्णुता की समझ में बहुत योगदान दिया तंत्र। पानी की कमी पौधों की वृद्धि और विकास से संबंधित कई रूपात्मक विशेषताओं और शारीरिक प्रक्रियाओं को प्रभावित करती है। सामग्री (आरडब्ल्यूसी), पत्ती की जल क्षमता में कमी ( $\Psi_w$ ) और स्फीति हानि, रंध्र का बंद होना, और कोशिका वृद्धि और पौधे की वृद्धि में कमी रूपात्मक और सूखे के तनाव की प्रतिक्रिया में शारीरिक परिवर्तनों का उपयोग प्रतिरोधी की पहचान करने में मदद के लिए किया जा सकता है। सूखे के तनाव के तहत बेहतर उत्पादकता के लिए जीनोटाइप या फसलों की नई किस्मों का उत्पादन करना आवश्यक है।

सूखे के तनाव के प्रति पौधों की प्रतिक्रियाएँ तनाव की तीव्रता और अवधि पर निर्भर करती हैं; साथ ही पौधे की प्रजातियाँ और उसके विकास का चरण भी बहुत उपयोगी हैं। सूखे की तनाव की स्थिति में, पौधे पानी की और अधिक हानि से बचने के लिए अपने रंध्रों को बंद कर देते हैं। सूखे के तनाव के तहत प्रकाश संश्लेषण का अवरोध सूखे के लिए बहुत

महत्वपूर्ण है जिसके कारण जल का हास कम होता है और सूखा सहिष्णुता बढ़ जाती है। मक्का की फसल में प्रकाश संश्लेषक वर्णक प्रकाश संचयन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। कार्बन डाइऑक्साइड (CO<sub>2</sub>) अवशोषण दर पर सूखे के तनाव का प्रभाव (ए), वाष्पोत्सर्जन दर (ई) और जल उपयोग दक्षता (डब्ल्यू.यू.ई.) की कई जांच की गई है। मक्का की फसल में बताया कि सरसों (ब्रैसिका नेपस एल.) और मूंग जीनोटाइप्स जैसी फसलें सूखे के तनाव के प्रति पौधों की एक अन्य प्रतिक्रिया प्रकाश संश्लेषक वर्णक में परिवर्तन है। कैरोटीनॉयड मौलिक भूमिकाएँ निभाएँ और पौधों को सूखे के तनाव का प्रतिरोध करने में मदद करें। सूखा तनाव क्लोरोफिल ए/बी संश्लेषण को रोकता है और क्लोरोफिल ए/बी बाइंडिंग प्रोटीन की सामग्री को कम करता है, जिससे फोटोसिस्टम से जुड़े द्वितीय प्रकाश-संचयन वर्णक प्रोटीन में कमी हो जाती है। सूखे के तनाव का क्लोरोफिल और कैरोटीनॉयड सामग्री पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। कई अध्ययनों में आरडब्ल्यूसी और पत्ती जल क्षमता की भी जांच की गई है। पत्ती जल क्षमता और आर.डब्ल्यू.सी. पौधे के तनाव प्रतिक्रिया व सूखे की मात्रा निर्धारित करने के लिए विश्वसनीय पैरामीटर हैं। हमने रूपात्मकता में उस परिवर्तन की परिकल्पना की जिसमें शारीरिक और प्रकाश संश्लेषक संबंधी विशेषताएँ जीवित रहने और उच्चतर का पक्ष लेती हैं।

इस संदर्भ में, इस अध्ययन में हमने सूखे की स्थिति के प्रति सहनशील मक्का जीनोटाइप की अनाज उपज खेत की अंदर स्थिति में संबंधित कुछ मापदंडों की प्रारंभिक प्रतिक्रियाओं जैसे प्रकाश संश्लेषण और प्रकाश संश्लेषक क्षति में विभिन्न कारकों की भागीदारी के साथ सूखे के तनाव के प्रति सहनशीलता की सीमा में भिन्न मक्के की पांच किस्मों

की स्थिति को मापा। हमने इसका आंकलन किया कि पौधों की ऊंचाई, पत्ती की जल क्षमता, सापेक्ष जल सामग्री पर सूखे के तनाव का सापेक्ष प्रभाव और तेजी से और आसानी से खोजने के लिए संवेदनशील और प्रतिरोधी मक्का जीनोटाइप में 1000 अनाज का वजन सूखा सहनशीलता के लिए मक्का जीनोटाइप की स्क्रीनिंग की तकनीक का प्रयोग किस प्रकार प्रोलीन से किया जा सकता है। जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भारतीय कृषि अनुसंधान केंद्र, नई दिल्ली, भारत में मक्का की फसल में सूखे के तनाव का प्रभाव फूल आने की अवस्था में एंजाइम सुक्रोज सिंथेज की गतिविधि का भी मूल्यांकन किया गया। सूखे के तनाव के तहत ऑस्मो-रक्षक के रूप में प्रोलीन की भूमिका को साहित्य में अच्छी तरह से प्रलेखित किया गया है। मक्के की पांच किस्मों की पत्तियों में जमा प्रोलाइन की मात्रा नियंत्रण और सूखे की तनाव की स्थिति में मापी गई है।

### संयंत्र सामग्री

मक्के की पांच किस्मों के बीज सूखे के तनाव को सहन करने की अपनी सीमा में भिन्न हैं। अर्थात् HQPM-1, HQPM-5, PMH-1, PMH-3 और प्रकाश 3 x 3 मीटर के प्लॉट आकार में जल पर सूखा तनाव (25% क्षेत्र क्षमता) और नियंत्रण स्थितियाँ (100% क्षेत्र क्षमता)। प्रत्येक पंक्ति में 25 सेमी की दूरी पर पांच-पाँच बीजों का रोपण किया गया, पंक्ति से पंक्ति की दूरी 25 सेमी थी। रूपात्मक और मक्के की पाँच किस्मों में रीरिक सूचकांकों को मापा गया।

### परिणाम

#### मक्का की फसल में अनाज की उपज और उसके घटक

अनाज उत्पादन और संबंधित लक्षणों के लिए मक्के की पांच किस्मों में महत्वपूर्ण अंतर देखा

गया। HQPM-5 ने नियंत्रण स्थितियों में उच्चतम GY, BM और TGW दिखाया, इसके बाद PMH-1 का स्थान रहा। पीएमएच-3, एचक्यूपीएम-1 और प्रकाश फसल ने अनाज उत्पादन के तहत उच्च स्थिरता दिखाई। सिंचित नियंत्रण की तुलना में फसल सूचकांक में सुधार के लिए तनाव की स्थिति।

### रूपात्मक-शारीरिक विशेषताएं

पांचों किस्में रूपात्मक-शारीरिक लक्षणों में काफी भिन्न थीं। तनाव उपचार से पौधे की ऊंचाई, स्पेड मान और पत्ती की जल क्षमता में काफी कमी आई। फसल किस्में HQPM-5 और PMH-1 ने तनाव की स्थिति में अन्य किस्मों की तुलना में बेहतर जल संबंध बनाए रखा। तनाव की स्थिति में सुक्रोज सिंथेज गतिविधि के आधार पर एचक्यूपीएम-5, पीएमएच-1 और एचक्यूपीएम-1 किस्मों ने उच्च गुणवत्तापूर्ण प्रदर्शन किया। पराकाश और पीएमएच-1 किस्मों को ऑस्मोलाइट प्रोलीन का उच्चतम संचय, उच्चतम क्लोरोफिल और कैरोटीनॉयड सामग्री युक्त दिखाया गया। तनाव की स्थिति में इन किस्मों के उच्च सूखा सहनशीलता स्तर का संकेत मिलता है। शेष किस्मों की तुलना में प्रकाश संश्लेषण प्रभाव और संबंधित लक्षण प्रकाश संश्लेषण (पीएन) शुद्ध प्रकाश संश्लेषण (पीएन) में महत्वपूर्ण विविधता अंतर एंथेसिस चरण में पाया गया। नियंत्रण परिस्थितियों में अन्य किस्मों की तुलना में एंथेसिस चरण में एचक्यूपीएम-5 और पीएमएच-3 किस्मों में उच्च पीएन दर देखी गई। यह दृष्टिगत हुआ कि पानी की भारी कमी से पीएन कम हो गया। P<sub>n</sub> में तनाव प्रेरित कमी HQPM-5 में सबसे अधिक थी जबकि कल्टीवेर एचक्यूपीएम-1 ने तनाव की स्थिति में पीएन दर बनाए रखी। रंध्र चालन (जीएस) स्टोमेटल चालन (जीएस) में कल्टीवेर अंतर महत्वपूर्ण था। एंथेसिस चरण में उच्चतम जी.एस. प्रकाश के पास था उसके

बाद पी एम एच-3, जबकि पी एम एच-1 में सबसे कम जीएस दिखा। किस्मों के बीच पानी की कमी से सभी किस्मों में जी.एस. में उल्लेखनीय कमी आई। जी.एस. में कमी की दर एच क्यू पीएम-5 में सबसे अधिक थी जबकि कल्टीवेर पी एम एच-3 में सबसे कम थी। जी.एस में कमी यह इंगित करता है कि सूखे की तनाव की स्थिति में पी एन में कमी आई थी इस अवस्था में रंध्र बंद होने के बजाय अधिकतर गैर-रंध्रीय कारकों द्वारा नियंत्रित होता है।

### वाष्पोत्सर्जन दर

विभिन्न किस्मों में पी एम एच-3 में सबसे अधिक अंतरकोशिकीय वाष्पोत्सर्जन दर देखी गई। इसके बाद प्रकाश है। कल्टीवेर PMH-1 ने सबसे कम वाष्पोत्सर्जन दर दिखाई। पानी की कमी से सभी पाँच किस्मों में वाष्पोत्सर्जन दर में उल्लेखनीय वृद्धि हुई। तनावग्रस्त पौधों की वाष्पोत्सर्जन दर नियंत्रण सिंचित पौधों की तुलना में लगभग 11% अधिक थी। इस अध्ययन में जी एस और वाष्पोत्सर्जन दर की प्रतिक्रियाएँ स्पष्ट करती हैं कि सूखातनाव प्रकाश संश्लेषण दर को काफी कम कर देता है। जी एस, वाष्पोत्सर्जन दर की तुलना में सूखे के तनाव के प्रति अधिक संवेदनशील पाया गया। पी एन और जी एस के बीच कमजोर संबंध इंगित करता है, कि सूखे के तनाव के तहत पी एन में कमी तथा रंध्र का अकेले बंद होने को जिम्मेदार नहीं ठहराया जा सकता है।

### वानस्पतिक अवस्था में सूखा सख्त होना

वनस्पति तनाव वाले पौधों के एंथेसिस में पीएन में वृद्धि एंजाइम स्तर में रासायनिक परिवर्तन के कारण अच्छी तरह से पानी की स्थिति उत्पन्न हो सकती है। हालाँकि, यह वनस्पति का ट्रिगरिंग प्रभाव है सूखे के लिए आगे की जांच की आवश्यकता है।

### गुण सहसंबंध

सूखे के तहत जीवाई का बायोमास, कुल अनाज वजन और फसल सूचकांक के साथ सकारात्मक और महत्वपूर्ण संबंध था। पीएन अनाज उत्पादन और इसके घटक लक्षणों के साथ सकारात्मक और महत्वपूर्ण रूप से सहसंबद्ध था। सूखा तनाव पीएन और जीएस के बीच कमजोर संबंध उस कमी को दर्शाता है। पीएन में सूखे के तहत तनाव की स्थिति स्टोमेट बंद होने के बजाय ज्यादातर गैर-स्टोमेटल कारकों द्वारा नियंत्रित की गई।

### विचार-विमर्श

अंकुरण के दौरान पौधों की लंबाई कम होने से सूखा मक्के के उत्पादन को प्रभावित कर सकता है। फूल आने से पहले चरण, पत्ती क्षेत्र के विकास और प्रकाश संश्लेषण दर को कम करके अवधि, फूल आने के दौरान बालियां और गुठली का जमाव कम होने से और प्रकाश संश्लेषण कम होने से और दाना भरने के दौरान पत्तियों की शीघ्र बुढ़ापा उत्पन्न करना इयादी के द्वारा फसल उत्पादन में अतिरिक्त कमी, सूखे के अनुकूल ऊर्जा और पोषक तत्वों की बढ़ी हुई खपत से आ सकता है। हमें ऐसा प्रतीत होता है कि मक्के में सूखा सहिष्णुता की वृद्धि में कुछ महत्वपूर्ण शारीरिक प्रक्रियाएँ शामिल हैं उदाहरणार्थ; प्रतिक्रियाएँ, जैसे सूखे के तहत जड़ों की वृद्धि जिनमें; दाना भरने के दौरान निरंतर पत्ती प्रकाश संश्लेषण, जो शुष्क पदार्थ संचय में और वृद्धि में योगदान देता है।

### अध्ययन किए गए मक्के की पांच किस्मों के लक्षण और प्रकाश संश्लेषण संबंधी लक्षण

यहाँ जैसा कि पहले बताया गया था; सूखे के तनाव ने अनाज की उपज, इसके घटक लक्षण, मॉर्फोफिजियोलॉजिकल को काफी कम कर दिया।। वर्तमान अध्ययन में, प्रकाश की खेती की गई है इसमें सुधार के कारण सिंचित नियंत्रण की तुलना में तनाव

की स्थिति में फसल सूचकांक तथा अनाज की उपज में उच्चतम स्थिरता देखी गई। पी एम एच-1 तनाव की स्थिति में अनाज की उपज में सबसे अधिक कमी देखी गई। पानी के तनाव के तहत, संकरों के बीच उच्च स्तर की भिन्नता देखी गई। तनाव और गैर-तनाव स्थितियों में अनाज की उपज और कृषि संबंधी विशेषताओं में सुधार, तनाव की स्थिति में मूल्यांकन किए गए मक्के में आनुवंशिक परिवर्तनशीलता के अस्तित्व की जांचकर्ताओं द्वारा सूचना मिली, जिस से फसल सुधार और इष्टतम वातावरण के लिए सही प्रजाति (वैराइटी) के चयन की संभावना का संकेत मिलता है। पर्याप्त पौध स्फीति और आत्मसात की कमी के कारण सूखे का तनाव रहता है परंतु भुट्टे एवं दानों का विकास उत्तरोत्तर होता है। इन चरणों में मिट्टी में पानी की कमी के कारण भी देरी हो सकती है। वर्तमान अध्ययन में, अनाज के विकास चरण के दौरान 30 दिनों के पानी के तनाव से काफी हद तक कमी आई है। सूखे के समय लंबे समय तक मिट्टी की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ने के कारण प्रति पौधे दानों की संख्या और अनाज का वजन कम हो सकता है। सूखा मुख्य रूप से अनाज विकास का चरण की अवधि कम करके उपज को कम करता है। विकास के दौरान पानी की कमी से भुट्टे और बीज का वजन कम हो जाता है बीज विकास के दौरान नमी के तनाव से छिलका प्रतिशत कम हो जाता है यह देखा गया कि मुख्य रूप से अंतिम फसल के दौरान जैविक उपज बढ़ जाती है

### मक्के में अनाज की उपज

जैविक उपज की वृद्धि ने अनाज की उपज में सुधार के लिए इष्टतम और आवश्यक परिस्थितियाँ प्रदान किया। जैविक सहसंबंध के बीच सकारात्मक सूखे के तनाव के तहत उपज और अनाज की उपज उपरोक्त परिणाम का महत्वपूर्ण अनुमोदन है। नासरी व अन्य, ने बताया कि अनाज

की उपज और जैविक उपज के बीच एक सकारात्मक महत्वपूर्ण सहसंबंध था। जैविक उपज (बायोमास) का अनाज की उपज के साथ उच्चतम सहसंबंध गुणांक था। सूखे के तहत अनाज की उपज का पौधे की ऊंचाई और पत्ती से भी गहरा संबंध था।

### सूखे के तहत क्लोरोफिल सामग्री

यह परिणाम पिछले अध्ययनों के अनुरूप है। विकिरण ग्रहण करने की क्षमता और एक पत्ते की क्षमता तनाव के दौरान हरे रहने का अप्रत्यक्ष रूप से क्लोरोफिल सामग्री को मापकर मूल्यांकन किया जा सकता है। यहां मक्के की किस्मों का अध्ययन किया गया है, जैसा कि सूखे के तहत कम SPAD मूल्यों से पता चला है पाँचों किस्मों में नियंत्रण सिंचन की तुलना में सूखे के तनाव ने क्लोरोफिल की मात्रा को काफी कम कर दिया। तनाव के तहत फसल प्रकाश संश्लेषण के अनुकूलन की आवश्यकता है। महत्वपूर्ण विकास चरणों में आत्मसात को अधिकतम करने और इससे बचने के बीच संतुलन अतिरिक्त विकिरण के विनाशकारी प्रभाव, जैसे कि क्लोरोफिल सामग्री का संबंध और ऊर्जा के उत्पादन और परिवहन में वृद्धि के कारण मक्के में अनाज की पैदावार) सकारात्मक हो सकती है प्रकाश संश्लेषण से या क्लोरोफिल से ऊर्जा के पुनर्संयोजन के कारण नकारात्मक रंध्र संचालन में कमी के कारण नमी के तनाव से प्रकाश संश्लेषण कम हो जाता है और पत्ती क्षेत्र में कमी आती है। जैसे-जैसे नमी का तनाव बढ़ता है, रंध्र बंद होने लगते हैं जो कि पौधों का वाष्पोत्सर्जन को कम करने का तंत्र कहा जाता है इसके परिणामस्वरूप कार्बन डाइऑक्साइड का प्रवेश भी होता है। वर्तमान अध्ययन में, प्रकाश संश्लेषण दर सकारात्मक और महत्वपूर्ण थी। सूखे के तनाव के तहत अनाज की उपज और उसके घटक लक्षणों के साथ सहसंबद्ध पर इसके विपरीत, के बीच कोई

महत्वपूर्ण संबंध नहीं पाया गया। प्रकाश संश्लेषण दर और सूखे के तहत मक्का अनाज की उपज के आधार पर लेखकों ने यह निष्कर्ष निकाला कि अनाज की पैदावार केवल उच्च प्रकाश संश्लेषण दर के रखरखाव पर निर्भर नहीं करती है। बल्कि सिंक की उपलब्धता पर, सूखे की स्थिति, प्रकाश संश्लेषण का स्थानांतरण, नर और मादा पुष्पन का तुल्यकालन, पत्ती क्षेत्र सूचकांक और अवधि, पत्ती चालन रंध्र के खुले होने की डिग्री से निर्धारित होता है, और यह पैरामीटर पानी की स्थिति और पौधे की वाष्पीकरणीय मांग पर निर्भर करता है। जैसे ही रंध्र CO<sub>2</sub> के प्रवाह को प्रभावित करते हैं, CO<sub>2</sub> की कमी रंध्रों के बंद होने की ओर जाता है। परिणामस्वरूप कुल प्रकाश संश्लेषक क्षमता का उपयोग नहीं किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप प्रकाश संश्लेषक एन उपयोग दक्षता कम हो गई। फलस्वरूप दूसरी ओर यदि प्रकाश संश्लेषण किया जाता है अथवा होता है तब रंध्र चालन की उपयोगिता कम होना उत्पादन की हानि और निर्जलीकरण को रोकने की आवश्यकता के बीच का व्यापार पर निर्भर करती है। इस प्रकार, पानी जिनमें वाष्पोत्सर्जन और रंध्र के बीच इष्टतम संतुलन होता है आचरण, जीनोटाइप को बचाना, रुचि के हैं। इस अध्ययन में सबसे अधिक सूखा सहने वाली किस्म पराकाश है जिसमें अन्य किस्मों की तुलना में सूखे के तनाव के तहत रंध्र चालन में सबसे अधिक कमी देखी गई। कल्टीवेर पराकाश में अन्य किस्मों की तुलना में पानी की उपयोग दक्षता क्षमता में कम कमी देखी गई। पराकाश की किस्मों में सबसे अधिक संचय देखा गया। तनाव की स्थिति में ऑस्मोलाइट प्रोलीन, उच्चतम क्लोरोफिल और कैरोटीनॉयड सामग्री शेष की तुलना में परकाश किस्म के उच्च सूखा सहनशीलता स्तर का संकेत मिलता है। यहां बताए गए परिणामों से संकेत मिलता है कि मक्के की खेती

प्रकाश ने सबसे अधिक प्रदर्शन किया। इसके बेहतर फसल सूचकांक, स्थिरता के कारण तनाव की स्थिति में अनाज की उपज में स्थिरता 1000-बीज के वजन में, उच्च प्रकाश संश्लेषण दर, क्लोरोफिल सामग्री, कैरोटीनॉयड और की तुलना में सूखे के तनाव के तहत प्रोलाइन सामग्री और कम रंध्र चालन इष्टतम रहा।

फसल के कुल जीवन के संदर्भ में अपेक्षाकृत महत्वहीन हो सकता है। अंतिम उपज पूरे सीजन में वृद्धि का एक अभिन्न अंग है, यह एक विशेषता है जो नमी के तनाव की अवधि के दौरान पौधे के बढ़ने या जीवित रहने की क्षमता को प्रभावित करता है।

\*\*\*