

Vplyv vysokých nočných teplôt na úrody kukurice

Mnohí agronómovia a pestovatelia podieľajúci sa na množení kukurice vedia, že nadpriemerné nočné teploty počas opelenia a nalievania zrna môžu viesť k nižším výnosom zrna. Táto predstava je vo výrobe osiva kukurice takmer „ústrednou dogmou“.

Jedným z mnohých príkladov na podloženie tohto tvrdenia je súhrnný prehľad meteorologických údajov a údajov o produkcii osiva kukurice za roky 2009–2010. V roku 2009 mnohí pestovatelia stredozápadu USA vyprodukovali rekordné výnosy osiva kukurice. V roku 2010 však boli výnosy oveľa nižšie, a to aj napriek dostatočným zrážkam. Tieto dve pestovateľské sezóny sa výrazne líšili nočnými teplotami po opelení – v štátoch Nebraska, Kansas, Iowa, Missouri a Illinois boli priemerné nočné teploty počas júla a augusta roku 2009 o 2,8 °C až 4,4 °C nižšie než priemerné nočné teploty v roku 2010.

Pestovatelia kukurice sú si spravidla vedomí, že vysoké nočné teploty môžu mať škodlivý dopad na výnosy; nerozumejú však dobre vplyvu na konkrétne procesy v rastlinách a zložky výnosov. Kukurica pochádza z vnútrozemských výšin Mexika a počas vývoja sa prispôbila prevládajúcim klimatickým podmienkam tohto regiónu, vyznačujúcim sa teplými dňami a chladnými nocami. Výskum ukázal, že nadpriemerné nočné teploty počas reprodukčného rastu môžu znížiť výnosy kukurice kvôli menšiemu počtu zŕn a ich menšej hmotnosti. Súčasný výskum predkladá dve hypotézy, ktoré môžu vysvetliť, prečo vyššie nočné teploty počas obdobia nalievania zrna môžu zmenšiť výnosy zrna.

- Miera respirácie v rastline kukurice sa zvyšuje, čo vyžaduje viac cukru na energiu, preto sa vo forme škrobu v zrne ukladá menej cukru.
- Vyššia teplota urýchľuje fenologický vývoj rastliny kukurice, takže rastlina dozrieva skôr.

Napriek tomu, že vyššie nočné teploty nepochybne zvyšujú mieru respirácie kukurice, výskum vo všeobecnosti uvádza, že primárnym mechanizmom, ktorý ovplyvňuje výnosy kukurice, je fenologický vývin.

Experimentálne dôkazy o vplyve vysokých nočných teplôt na výnosy kukurice

Prvé experimentálne dôkazy o tom, že vysoké nočné teploty môžu mať škodlivý účinok na úrodu kukurice, pochádzajú z experimentu,



Nadpriemerné nočné teploty počas opelenia a nalievania zrna môžu viesť k nižším výnosom kukuričného zrna.

ktorý uskutočnili vedci zo Štátnej univerzity v Illinois. V rámci tohto výskumu boli zhotovené malé uzavreté kryty s regulovanou klímou, do ktoré boli na noc umiestnené na rastliny kukurice na zmenu teploty ich okolitého ovzdušia. Zmeneným nočným teplotám boli rastliny vystavené počas kvitnutia a následne až po fyziologickú zrelosť. Kukurica pestovaná pri priemernej nočnej teplote 29,4 °C mala o 40 % nižšie výnosy zrna než kukurica pestovaná pri priemernej nočnej teplote 16,7 °C.

Štúdia autorov Cantarero a kol. (1999) ukázala zmenšenie počtu zŕn, ktoré súviselo s vysokými nočnými teplotami. Táto štúdia skúmala účinky zvýšených nočných teplôt o 5 °C vyšších ako teplota prostredia počas obdobia, ktoré začalo 1 týždeň pred vyháňaním blizien a končilo 3 týždne po ňom. Výsledky ukázali, že zastavený rast zrna bol na poličkách so zahrievaním v noci o 8 % vyšší ako na kontrolných poličkách. Súľky na zahrievaných poličkách mali pri zbere priemerne 34 zŕn v rade oproti 37 zŕnám v rade na kontrolných poličkách.

Rýchlosť rastu a vývinu kukurice súvisí s teplotou prostredia

Pôvod kukurice

Pri posudzovaní účinkov teploty na výnosy kukurice je nutné vziať do úvahy prevládajúce podmienky, ktorým sa kukurica prispôbovala v oblasti jej pôvodu. Kukurica pochádza z vnútrozemských výšin Mexika.

Na tomto svetadieli sú medzi zimnými a letnými mesiacmi len malé rozdiely v dĺžke dňa. Vývin kukurice je do istej miery citlivý na dĺžku dňa, avšak prevládajúcim faktorom prostredia, ktorý ovplyvňuje rast kukurice, je teplota, primárne z dôvodu, že v strednej oblasti Mexika je dominantnejším faktorom prostredia teplota a nie dĺžka dňa. Výšiny strednej oblasti Mexika sú podobné ako väčšina výšin na celom svete. Vo väčších nadmorských výškach môžu byť denné teploty celkom vysoké. Nočné teploty však majú sklon byť oveľa chladnejšie. Počas evolučného procesu sa rastliny kukurice

prispôbili tak, že najlepšie rastú pri teplejších denných teplotách a chladnejších nočných teplotách. Najúrodnejšie hybridy súčasnosti stále obsahujú veľkú časť genetického dedičstva kukurice, ktorá pôvodne najlepšie rástla na vysokých planinách Mexika.

Stanovenie výnosov kukurice

O produkcii kukurice na zrno možno uvažovať ako o procese, ktorý obsahuje 2 kroky. Prvým krokom je nastavenie maximálneho výnosového potenciálu alebo čo najväčšieho počtu oplodnených vajíčok. Druhým krokom je premena maximálneho počtu oplodnených vajíčok na využiteľné zrno. Počas všetkých fáz životného cyklu kukurice bunky meristému z rastliny kukurice odoberajú všetky dostupné živiny, vodu a energiu. Tieto bunky musia byť denno-denne dostatočne vyživované. Ak je rastlina kukurice vystavená stresu, pri ktorom nedokáže zabezpečovať prísun všetkých potrebných živín, vody a energie, niektoré z týchto meristematických buniek odumrú. Pre výnosy zrna sa stresové faktory stali obzvlášť dôležité počas opeľovania, kedy sú meristematické bunky vajíčka a mladé, oplodnené embryá, a počas skorého obdobia nalievania zrna, keď tieto mladé oplodnené embryá nadobúdajú veľkosť a hmotnosť. Približne 85 % výnosov zrna súvisí s celkovým počtom zŕn, ktoré sa vyprodukujú na ploche jedného hektára, a približne 15 % výnosov zrna súvisí s hmotnosťou týchto zŕn.

Mechanizmus, ktorým vyššie teploty počas opelenia zmenšujú počet oplodnených vajíčok v jednom klase, nie je zatiaľ úplne jasný. V súčasnosti sú dôkazmi podložené dve hypotézy. Prvá hypotéza znie, že vyššia teplota často súvisí s vyšším potenciálom vzniku nedostatku vlhky alebo stresu kvôli vode. Výskum dokázal, že nedostatok vlhky vo vznikajúcom klase počas opeľovania obmedzuje rýchlosť rastu blizien. Ako sa rýchlosť rastu blizien spomaľuje, schopnosť peľového zrnka vytvoriť peľové vrečúško a oplodniť embryo vo vyvíjajúcom sa vajíčku sa znižuje, čo má za následok nižší konečný počet zŕn. Druhá hypotéza znie, že rastlina



Snopy kukurice v strednej oblasti Mexika, odkiaľ pochádza kukurica.

kukurice nedokáže produkovať a dopravovať do vznikajúceho klasu dostatočné množstvo cukru. Rastlina kukurice pri vyšších teplotách nedokáže účinne vytvárať cukor. Embryá vznikajúce na špičke klasu odumierajú kvôli nedostatku živín až dovtedy, kým nezostane toľko preživších embryí, koľko dokáže rastlina kukurice užiť. Správna môže byť ktorákoľvek z hypotéz, prípadne ich určitá kombinácia.

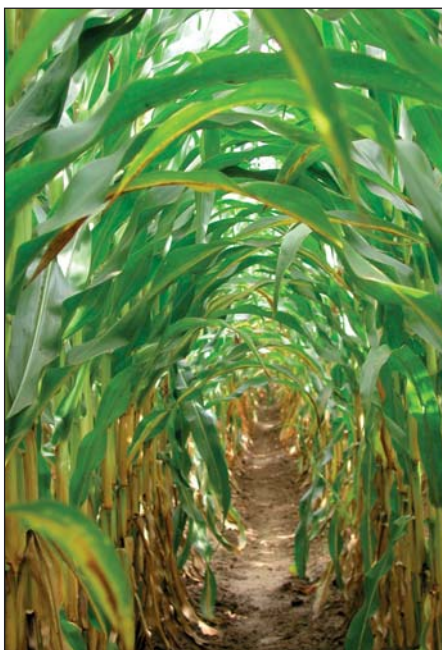
Prečo vysoké nočné teploty zhoršujú úrodu?

Súčasný výskum predkladá dve hypotézy, ktoré môžu vysvetliť, prečo vyššie teploty počas obdobia nalievania zrna môžu znížiť výnosy zrna. Prvá hypotéza znie, že miera respirácie v rastline kukurice vzrastá spolu so zvyšujúcou sa teplotou. Vyššia miera respirácie vyžaduje viac cukru na energiu, preto sa vo forme škrobu v zrne ukladá menej cukru. Podľa druhej hypotézy vyššia teplota urýchľuje fenologický vývoj rastliny kukurice, takže rastlina dozrieva skôr. Rýchlejší rast vyvoláva rýchlejší a účinnejší priebeh fyziologických procesov, čo spôsobuje menšie výnosy zrna. Ďalej sú uvedené skutočnosti, dokazujúce každú z uvedených hypotéz.

Vyššia miera respirácie

Najčastejšie citovaným zdôvodnením škodlivého vplyvu vysokých nočných teplôt je energetický výdaj kvôli vyššej miere bunkovej respirácie v noci. Vyššie teploty spôsobujú vyššiu rýchlosť bunkovej respirácie v rastline kukurice. Bunková respirácia spotrebováva uhlík prostredníctvom fotosyntézy (cukor) s cieľom získať energiu potrebnú na udržiavanie a zvyšovanie objemu rastlinnej biomasy. Respirácia zabezpečuje energiu potrebnú pre najdôležitejšie procesy v rastline, no respirácia môže aj spotrebovávať uhlík (cukor) s malým alebo žiadnym, ziskom energie, ktorú môže rastlina zužitkovať. Nižšia miera respirácie (spotreba cukru) oproti fotosyntéze (produkcia cukru) bola spravidla vnímaná ako prínos z hľadiska pôdohospodárskej produktivity a výnosov zrna. Fotosyntéza a respirácia pri nižších teplotách prebiehajú pomalšie, pričom ich intenzita sa zvyšuje spolu s teplotou a keď teplota stúpne príliš vysoko, zastavia sa. Optimálna teplota pre respiráciu je vyššia ako optimum pre fotosyntézu.

Rozdiel v teplote je spôsobený tým, že teplota na vrchnej ploche listu kukurice je za jasného slnečného dňa o niekoľko stupňov vyššia, než je teplota okolitého vzduchu. Meriame síce teplotu vzduchu, no chloroplasty v kukuričných listoch, kde prebieha fotosyntéza, reagujú na teplotu listu. Z hľadiska výnosov zrna to vychádza tak, že ak denná teplota zostáva rovnaká a nočná teplota sa zvýši, miera respirácie počas noci sa zvýši. Konečným výsledkom je, že miera čistej fotosyntézy sa znižuje a k dispozícii je menej cukru na premenu na škrob, ktorý sa ukladá v zrne.



Zrýchlený fenologický vývin

Druhou hypotézou prečo vysoké nočné teploty znižujú výnosy kukurice je zrýchlený fenologický vývin, ktorý má za následok skrátenie obdobia nalievania zrna. Výskumníci, ktorí realizovali štúdiu o výnosoch, postrehli, že vyššia nočná teplota skrátila čas, ktorý rastliny kukurice potrebovali na dosiahnutie fyziologickej zrelosti. Toto zistenie odštartovalo rozsiahly výskum s cieľom skúmať spôsob, akým tempo vývinu kukurice počas nalievania zrna ovplyvňuje výnosy zrna. Skrátením doby medzi vyhnaním blizien a dozretím sa zmenšuje počet dní, počas ktorých v rastline kukurice prebieha fotosyntéza počas nalievania zrna, čím sa účinne zmenšuje množstvo energie, ktorú rastlina kukurice dokáže premeniť na výnosy zrna. Vychádzajúc z dlhodobých priemerných denných minimálnych a maximálnych teplôt pre lokalitu Des Moines v štáte Iowa, hybrid so zrelosťou FAO 560, ktorý dosiahne úroveň vyhánania blizien na 50 % 10. júla, dosiahne fyziologickú zrelosť 2. septembra. Dvojtýždňové obdobie nasledujúce po vyhnaní blizien, počas ktorého sú nočné teploty 2,8 °C nad normálom, skráti časové obdobie do dozretia o dva dni.

Po pestovateľskej sezóne roku 2010, v ktorej boli nižšie než predpokladané výnosy plodiny pripísané nadpriemerným nočným teplotám po vyhnaní blizien, výskumníci zo Štátnej univerzity v Iowe skúmali účinky nočných teplôt na dĺžku nalievania zrna pomocou modelu Hybrid-Maize. Model bol použitý na porovnanie predpokladaného počtu dní po fyziologickej zrelosti kukurice v piatich lokalitách štátu Iowa na základe skutočných teplôt v roku 2010 oproti tým istým teplotným režimom s dennými minimálnymi teplotami od 15. júla do 15. augusta, nahradenými teplotami z pestovateľskej sezóny roku 2009. Denné minimálne teploty počas tohto obdobia boli priemerne o 4,4 °C nižšie v roku 2009 než v roku 2010



v Iowe. Výsledky týchto simulácií preukázali, že nižšie nočné teploty v priebehu obdobia jedného mesiaca po vyhnaní blizien predĺžili obdobie nalievania zrna najmenej o týždeň v prípade všetkých piatich lokalít.

V súčasnosti uprednostňovaná hypotéza znie, že vyššie teploty počas nalievania zrna skrátia reprodukčné obdobie počas nalievania zrna, takže výnosy zrna sú nižšie.

Napriek tomu, že vyššie nočné teploty nepochybne zvyšujú mieru respirácie kukurice, výskum vo všeobecnosti uvádza, že vyššia intenzita nočnej respirácie pravdepodobne nemá zásadný dopad na výnosy kukurice. V štúdiu, ktorá skúmala účinky zvýšených nočných teplôt počas obdobia, ktoré začalo 1 týždeň pred vyhnaním blizien a končilo 3 týždne po ňom, nočná respirácia v listoch rastliny nebola výrazne rozdielna medzi zahrievanými a kontrolnými políčkami.

Dôvodom môže byť skutočnosť, že kukurica je rastlina C-4 s biochemickou cestou zachytávania oxidu uhličitého, ktorý môže byť respirovaný počas noci do druhého dňa, kedy sa tento oxid uhličitý môže spotrebovať počas fotosyntézy. Väčšina výskumov spravidla dokazuje, že zrýchlený fenologický vývin je pravdepodobne primárnym mechanizmom, ktorým môžu vysoké nočné teploty negatívne ovplyvniť výnosy kukurice. Rýchlejší vývin rastliny znižuje celkový objem fotosyntézy prebiehajúcej v danej rastline počas reprodukčnej fázy rastu. Okrem toho klesá pomer objemu fotosyntézy na jednotku tepla a času počas kritického obdobia po vyhnaní blizien. Vysoké nočné teploty môžu následne ovplyvniť počet a hmotnosť zŕn v závislosti od načasovania a trvania tepelného stresu.

**Zo zdroja DuPont Pioneer pripravil
Ing. Marek Jakubec, country manažér,
produktový a marketingový manažér
Pioneer Hi-Bred Slovensko**