

Kvalitatívne parametre zrna kukurice – napadnutie plesňami

Oficiálna definícia kategórie „poškodené zrná“ spadá v norme pre zrno potravinárskej kukurice pod zrnové nečistoty a zahŕňa zrná poškodené škodcami (vyžraté alebo napadnuté) a zrná poškodené teplom pri sušení, ktoré vykazujú zrejmu zmenu farby obalu. Avšak kategória „poškodené“ je z veľkej časti výsledkom napadnutia kukuričných zŕn plesňami.

Ing. Marek Jakubec, vedúci poľnej výroby osiva kukurice a marketingový manažér RWA SLOVAKIA

Kategórie poškodení

Prevítané zrná poškodené škodcami sa považujú za poškodené, ak nesú dôkazy o požeroch, alebo tunelovaní, čo naznačuje prítomnosť hmyzu v zrnách. Za zrná poškodené teplom sa považujú poškodenia zapríčinené vonkajším teplom spôsobeným umelým dosušením. Pod nečistoty zaradujeme aj kategóriu „naklíčené zrná,“ ktorým je viditeľný korienok, alebo klíček.

Do kategórie „ostatné zrnové nečistoty“ patria tiež zrná s narušeným jadrom s poškodeniami zapríčinenými sušičkami obilia, ktoré sa vyznačujú odfarbeným, zvrásneným a pľuzgierovitým vzhľadom, alebo ktoré sú napuchnuté a mierne sfarbené a ktoré majú často poškodené jadro, alebo ktorých okraje semien sa odlupujú alebo majú zmenenú farbu klíčka, alebo sú „inak materiálne poškodené“.

Norma STN 46 1100-8 v požiadavkách na zdravotnú neškodnosť zrna potravinárskej kukurice uvádza, že zrno nesmie obsahovať

zrná hnilé, nahnité a plesnivé. Zrno musí byť zdravé, bez cudzích zápachov a nepripúšťa výskyt plesnivých zŕn v potravinárskej kukurici. Nákupcovia sa obvykle riadia výsledkami vzoriek monitorujúc zmluvne ustanovenú max. hodnotu sledovaných mykotoxínov.

Norma STN 46 1200-6 pripúšťa pri dodávkach kŕmnej kukurice najviac 5 % nečistôt (o.i. zrná s porušeným jadrom, t. j. zrná s hnedým až čiernym endospermom, čiernym zafarbením klíčka) a najviac 10 % prímiesí (o.i. zrná s hnedým zafarbením klíčka, poškodené zaparením alebo sušením so zmenou farbou obalu).

Úloha mikroorganizmov pri zhoršovaní kvality

Mikroorganizmy sa nachádzajú v pôde, rozkladajúcim sa rastlinnom materiáli, v prachu zo zariadení na zber a spracovanie, v prachu z dopravníkov atď. a sú prirodzeným kontaminantom povrchu ku-

kuričných zŕn. Avšak len niekoľko druhov skutočne napadne zrná do takej miery, že sa zníži ich kvalita. Baktérie a kvasinky majú malý význam, pokiaľ nie sú prítomné podmienky s veľmi vysokou vlhkosťou. Potom prispievajú k tvorbe tepla v „miestach zahrievania“ a vytvárajú cudzorodé alebo fermentované pachy, ktoré znehodnocujú skladované zrno.

Huby, resp. plesne napádajúce kukuricu sa často delia do dvoch skupín: plesne, ktoré napádajú kukuricu v poľných podmienkach a vo všeobecnosti vyhynú vo vymoržovanej alebo skladovanej kukurici a skladové plesne, ktoré napádajú kukuricu po uskladnení. Výnimkou je pleseň z rodu *Aspergillus flavus*, ktorá napáda obilie v skladovacích aj poľných podmienkach a môže produkovať aflatoxín v oboch situáciách. Viaceré druhy plesní rastú v skladoch najmä za podmienok vysokej vlhkosti.

Každý druh plesní má špecifické limitujúce podmienky pre svoj rast a užší súbor podmienok pre optimálny rast a konkurenčný boj. **Medzi faktory, ktoré ovplyvňujú rast plesní na zrnách kukurice patria rovnovážna relatívna vlhkosť vzduchu v hmote, teplota, čas, fyzikálna kondícia zrna** (genetická predispozícia na lámavosť, prítomnosť poškodených zŕn škodcami, množstvo cudzorodého materiálu, spôsob sušenia atď.), **hladina inokula plesní, obsah kyselika medzi semenami a spôsob predchádzajúceho uskladnenia**. Napadnutie zrna škodcami môže iniciovať alebo zhoršiť vývoj plesní zo zdroja inokula a viesť k tvorbe tepla, vlhkosti a nečistôt v dôsledku ich činnosti.

Spóry húb klíčia a mycélium rastie v priamej reakcii na relatívnu vlhkosť a teplotu. Vzduch medzi semenami v uskladnenej zrnovej kukurici dosahuje stav rovnovážnej relatívnej vlhkosti vo vzťahu k obsahu vlhkosti v samotných zrnách. Avšak stav, v akom sa nachádza kukurica, ovplyvňuje rovnováhu tohto systému. Napríklad kukurica, ktorá bola iba prirodzene vysušená, má nižšiu rovnovážnu relatívnu vlhkosť ako kukurica sušená pri vysokej teplote. To z dôvodu hysterézneho efektu, ktorý zohľadňuje predchádzajúci stav systému (pamäťový efekt). Preto rôzne partie kukurice o rovnakej vlhkosti môžu podporovať rôzne populácie plesní.

Poľné plesne

Plesne, ktoré napádajú kukuricu, pokým ešte rastie na poli, majú stanovištné po-



Bielo sfarbený povlak hviezdčovitého vzoru na zrnách je jasný diagnostický znak pre fuzariózu šúľka kukurice. Pozorujeme ho v raných fázach nástupu plesne. Je známy aj ako „starburst“ syndróm (orig. M. Jakubec).

žiadavky, ktoré im neumožňujú príliš rásť a rozvíjať sa v správne uskladnenej kukurici. Hlavnými zástupcami, s ktorými sa stretávame v poľných podmienkach, sú rôzne druhy rodu *Fusarium*, *Aspergillus* a *Penicillium*. Všetky poľné huby vyžadujú na rast 90 – 100 % relatívnu vlhkosť, čo znamená obsah vlhkosti pri kukurici vyšší ako 22 – 23 %. Poľná pleseň rýchlo odumiera pri obsahu vlhkosti 16 – 20 %, ale v suchej kukurici môže prežívať roky.

Šírenie poľných plesní je vo všeobecnosti obmedzené na kolonizáciu stoniek a vonkajšieho obalu zrna (perikarpu), kde parazitujú povrchovo v reakcii od vlhkosťných podmienok počas dozrievania zrna. V sezóne, keď sa zber oneskoruje v dôsledku nadmerného dažďa, môžu poľné huby spôsobovať farebné zmeny napadnutého zrna, ovplyvniť zdravotnú nezávadnosť a vitalitu. Straty kvality poväčšine spôsobujú druhy z rodu *Fusarium*. Najčastejšie ide o patogény ***Fusarium graminearum* s pohlavným štádiom *Giberella zeae***, *F. culmorum*, *F. roseum*. *Gibberella* je zdrojom hniloby kukuričných klasov, ktorá môže vážne poškodiť zrná. Mycélium patogénu dokáže rásť aj na zrnách uskladnených pri vysokej vlhkosti. Okrem toho produkuje množstvo toxínov ako deoxynivalenol (DON), T-2 toxín a zearalenón (ZEA). Vizuálnym dôkazom hniloby sú ružové alebo červené až hnedé škvrny na zrnách začínajúce na špičkách klasov, ktoré prechádzajú po stranách šúľkov. Túto farbu si nezamieňajte s „červeným pruhom“, červeným sfarbením z boku zdravého zrna kukurice, ktoré je typické pre niektoré hybridy. Ďalšími častými zástupcami sú ***Fusarium verticillioides* (synonymum *Fusarium moniliforme*)**, ktoré produkuje mykotoxíny ako fumonizín (B1+B2) a moniliformín (MON).

Zdá sa, že najdôležitejšie faktory mikroklimy stanoviska ovplyvňujúce rozsah infekcie hniloby stebiel a šúľka sú teplota a vlhkosť. Pre rozvoj fuzariózy šúľka sú rozhodujúce zrážky a teplota v priebehu júla, počas kvitnutia. Počasie behom septembra určuje rýchlosť rozvoja stonkových fuzarióz. Priaznivé podmienky pre infekciu *Giberella* sú nízke teploty a vysoké zrážky, pričom vysoké teploty a sucho podporuje infekciu *F. verticillioides*.

Je známych niekoľko ciest, ako môže huba prenikať do stebiel a zrn. Cez poranenia škodcami (vijačkou kukuričnou), prostredníctvom blizien alebo preniknutím cez korene. Hlavná cesta pri infekcii šúľkov a zrna sú blizny, ktoré sú vstupným kanálom, pričom najzávažnejšia je v raných štádiách vývinu blizien (začiatok kvitnutia). Patogén prežíva na pozberových zvyškoch a v pôde, ktoré sú zdrojom inokula, odkiaľ sa šíri vzduchom askospórami. Ďalšie rozširovanie je možné prostredníctvom vtákov alebo škodcami. Imága kukuričiara koreňového



Giberella zeae. Typickým znakom tejto plesne je jej šírenie od špičky klasu. Nazýva sa tiež „červená pleseň“ a môže sa rozšíriť na celý šúľok. Najrozšírenejšia huba na Slovensku spôsobujúca hniloby kukuričných klasov (orig. M. Jakubec).



Giberella zeae. Mycélium huby parazitujuce na zaschnutých bliznách kukurice. Produkovalé mykotoxíny deoxynivalenol a zearalenón spôsobujú vážne škody pestovateľom kukurice. Patogén prežíva na pozberových zvyškoch kukurice, odkiaľ sa šíri askospórami a konídiami prostredníctvom hmyzu a vtákmi (orig. M. Jakubec).



Fuzarióva hniloba šúľkov. Väčšinou nie je plesnivý celý šúľok, ale iba jednotlivé zrná rozptýlené po šúľku. Huba produkuje mykotoxín fumonizín. Fuzarióva hniloba šúľkov je viac bežná na poliach s vysokým výskytom vijačky kukuričnej (orig. M. Jakubec).

môžu pri liahnutí z pôdy prenášať konídie na čerstvo kvitnúce rastliny kukurice (infekcia bliznami). V niektorých chladných a vlhkých rokoch môže prísť až k „epidémii počas obdobia zberu“ a komodita sa môže stať úplne nepoužiteľná na krmenie oštipaných kvôli vysokej hladine toxínov.

Skladové plesne a prevencia strát

Skladové plesne prenikavo rýchlo rastú na vymoržovanej kukurici skladovanej v zásobníkoch síl, kontajneroch alebo na hromadách, ak ich k tomu vedú teplotné a vlhkosťné podmienky. Väčšinu problémov so skladovaním spôsobujú rody húb *Fusarium*, *Aspergillus* a *Penicillium*. Inokulum môže prežívať aj 13 rokov pri skladovaní pri 0 °C. Laboranti vizuálne preskúmajú kľúčok na **hnede sfarbenie**, zmeny vo farbe endospermu alebo iný neprirozený stav a v prípade potreby odlúpnu obal, aby urobili finálne rozhodnutie. Na vytvorenie hnedej farby a na klasifikáciu endospermu ako „poškodeného“ je potrebný rozsiahly rast plesní. Hnedá farba sa u niektorých druhov húb vyvíja rýchlejšie ako u iných a je ovplyvnená aj teplotou a vlhkosťou. Farba je výsledkom „Maillardových zlúčenín“ vznikajúcich pri reakciách redukujúcich cukrov v bunkách endospermu s aminokyselinami alebo amoniakom uvoľneným pôsobením plesňových proteolytických enzýmov.

Pre zaujímavosť uvedme pokus, ktorý mal identifikovať plesne zozbierané na 14 miestach nákupu komodít. V zozbieraných pokusných vzorkách so 100 % poškodenými kukuričnými zrnami sa zrná hodnotili na vnútornú plesň kultiváciou na vhodnom médiu a pozorovaním rastu plesní. Prevládajúcimi hubami, ktoré vyrástli, boli *Fusarium* 50 %, *Aspergillus* 25 % a druhy rodu *Penicillium* 10 %. Autori zistili, že v niektorých prípadoch *Aspergillus* aj *Penicillium* rastú z toho istého zrna.

Pretože kukurica poškodená plesňami je nežiaduca pre všetky použitia, napadnutie kukurice hubami má za následok ekonomické straty. Pestovatelia, nákupcovia a spracovatelia by sa preto mali snažiť znížiť straty spôsobené plesňami. Dá sa to dosiahnuť starostlivým zberom, aby sa znížilo mechanické poškodenie zŕn a rýchlym sušením za šetrných podmienok na úroveň vlhkosti pod minimom pre rast plesní (14 % vlhkosť). Skladovaná kukurica by sa mala starostlivo monitorovať senzormi, aby sa zistilo zvýšenie vlhkosti, teploty, príp. oxidu uhličitého, čo sú dôležité kritériá, ktoré možno použiť na zistenie skorého vývoja invázie plesní. Keď je to možné, potom rýchle prevzdušnenie uskladneného zrna na udržanie teploty zrna **pod 10 °C**, ktoré zabráni vzniku „hotspotov“ - miest zahrievania a poskytne lepšiu rovnomernosť a pre rozdelenie vlhkosti. Teplota max. do 15 °C



Trichoderma zelená. Menej významný škodca na kukurici, nakoľko sa často nevyskytuje. Rozpoznáme ju podľa tmavo zeleného povlaku, ktorý sa rozrastá na zrnách a v medzerách medzi nimi. Často pokrýva celý súľok (orig. M. Jakubec).



Vivipária. Predčasné klíčenie semien kukurice. Fenomén sa objavuje pri teplom jesennom počasí, keď vlhkosť v zrnách poklesne na 16 - 18 % a následné dažde zmáčajú šúľky vzpriamene stojace na rastlinách. Vivipáriu spôsobuje nerovnováha medzi rastlinnými hormónmi giberelínom a kyselinou abscisovou (orig. M. Jakubec).

je dôležitá aj pre utlmenie aktivity škodcov. V praxi sa jednotlivé bunky v silách schladzujú práve na túto teplotu.

Správne používanie prevzdušňovania a časté sledovanie stavu uskladneného obilia sú pravdepodobne najviac zanedbávané, ale sú to najdôležitejšie aspekty správneho manažmentu skladovania obilia na farmách a v nákupných organizáciách. **Pre dobré prevzdušnenie je dôležité odstránenie prebytočných zlomkov zŕn a zrnových nečistôt** (zlomená kukurica, cudzorodý materiál, prach), alebo ich rovnomerná distribúcia. Práve drobné nečistoty a zlomky prispievajú k vzniku a množeniu patogénov. V niektorých prípadoch majú chemické inhibítory rastu húb určitú praktickú hodnotu. Hlavne, keď sa potvrdí podozrenie na vznik plesní a to vizuálne, alebo analýzou na prítomnosť DON toxínu. Jedinými protiplesňovými prípravkami, ktoré sú schválené, sú prípravky na báze kyseliny propiónovej v kombinácii s vybranými organickými

kyselinami ako k. sorbová (E200), k. benzoová (E210), butylovaný hydroxytoluén BHT (E321) a iné. Samotná kyselina propiónová (E280) sa používa na konzerváciu a skladovanie vlhkého kukuričného zrna pre zvieratá.

Dlhodobším spôsobom zníženia invázie kukurice plesňami je výber genotypov, ktoré odolávajú rastu plesní. Boli zistené významné dedičné rozdiely v stupňoch tolerancie proti fuzariózam stebľa a klasov medzi rodičovskými líniami a následne F1 hybridmi. Jedna štúdia, v ktorej boli desiatky hybridov a rodičovských línii umelo infikovaných fuzariózou v rôznych prostrediach naznačila, že rozsah napadnutia šúľkov a zŕn plesňou bolo pod genetickou kontrolou, pričom **obal zrna bol identifikovaný ako miesto faktorov rezistencie**. Tieto genetické rozdiely v citlivosti sú ďalej študované výskumom s cieľom nájsť vhodné hybridy, ktoré by bolo možné uvádzať do praxe. □