

ОСНОВА ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ – КОНТРОЛЬ МІКОТОКСИНІВ У НЬОМУ

***Г. І. Подпрятков, професор
В. І. Рожко, В. А. Насіковський, Н. О. Ящук,
кандидати сільськогосподарських наук***

Наведено дані щодо шкідливості зараженості зерна кукурудзи пліснявими грибами та необхідність його контролю щодо забрудненості мікотоксинами.

Зерно кукурудзи, плісняві гриби, мікотоксини, режими зберігання, способи зберігання, післязбиральна доробка, зерносховища

Завдяки генетичній різноманітності і чудовим перспективам, що пропонує гібридизація та чисельні канали збуту, кукурудза стає однією з найвагоміших культур для сільського господарства у світі.

Щороку площі під кукурудзою збільшуються, одночасно зі збільшенням урожайності. Зростання масштабів виробництва кукурудзи є природним, адже ця високопродуктивна злакова культура використовується як на кормові, так і на продовольчі та технічні цілі.

Кукурудза є основною фуражною культурою у світі. Обсяги її виробництва постійно зростають. Як кормова культура вона

© Г.І.Подпрятков, В.І.Рожко,
В.А.Насіковський, Н.О.Ящук, 2015

використовується для забезпечення тваринництва концентрованими кормами, силосом і зеленою масою. Більш цінним кормом є зерно кукурудзи, у якого 9-12% білків, 65-70% вуглеводів, 4-8% олії, 2% мінеральних речовин. 100 кг зерна кукурудзи міститься 134 корм. од. та до 8 кг перетравного протеїну. У вигляді кормового борошна, висівки воно добре перетравлюється і засвоюється організмом тварин. З кукурудзи отримують цінний силос для великої рогатої худоби шляхом силосування усієї маси рослин – стебел, листя та качанів. Вона посідає важливе місце в зеленому конвеєрі, забезпечуючи тваринництво зеленою масою, багатою на вуглеводи й каротин [1].

Згідно з даними Maisadour Semences, сьогодні розподіл сфер використання кукурудзи в Європі має чітку тенденцію до збільшення використання зерна кукурудзи у переробних галузях, а саме: виробництві крохмалю – 18%, переробці на крупу та борошно – 8%, тощо [2].

З давніх часів кукурудза знаходила продовольче застосування. Кукурудзяне борошно використовується у кондитерській промисловості для виготовлення бісквітів, печива, запіканок. Із зерна виробляють харчові пластівці, повітряну кукурудзу (попкорн), крупу. До того ж, за вмістом білків (12,5%) кукурудзяна крупа перевищує інші (гречану, ячмінну, пшоно). Із зерна виробляють харчовий крохмаль, сироп, цукор. Вживають у їжу недостигле зерно, особливо цукрової кукурудзи у вигляді варених качанів. Із зародків зерна добувають рослинну олію, яка є не тільки висококалорійним продуктом харчування, а й має лікувальні властивості: містить лецитин, який знижує вміст холестерину в крові і запобігає атеросклерозу.

Окрім цього, зерно кукурудзи використовують для виробництва різних прохолодних напоїв, піностійких сортів пива, гліцерину, органічних кислот (молочної, лимонної, оцтової), етилового спирту. Зі стебел та стрижнів качанів виробляють папір, целюлозу, ацетон, метиловий спирт тощо. Підраховано, що з кукурудзи виготовляють понад 300 різних виробів, значна частина яких є сировиною для виготовлення іншої продукції. Наприклад, із кукурудзяного сиропу виробляють каучук, фарби, різні антисептики, розчинники олії тощо [1].

У міру зростання урожайності та збільшення посівних площ під кукурудзою, товаровиробники цієї продукції часто не приділяють увагу до її якості. В сільському господарстві важливо не тільки отримати високий врожай, але і мати продукцію високої якості. Так як більшість продукції кукурудзи використовується, або на корм тваринам, або на виробництво продуктів харчування, контроль за її якістю повинен мати першочергове завдання.

Якість продукції сільськогосподарських культур формується в процесі їх вирощування, а її зміна відбувається як на етапах вирощування, так і в процесі післязбиральної обробки та зберігання. Погіршити якість продукції можуть багато факторів як антропогенного, чи абіотичного, так і біотичного типу. Значної шкоди якості зернових культур надають мікроорганізми, особливо ті, що продукують мікотоксини.

Зараження зерна грибами і продуктами їх життєдіяльності – мікотоксинами нині є серйозною проблемою зернових господарств, комбікормових підприємств та тваринницьких ферм. Це завдає значних економічних збитків, оскільки основу раціону тварин становить зерно, яке є основним джерелом мікотоксинів. Забруднення зерна мікотоксинами можливе на всіх етапах його виробництва, зберігання, переробки і транспортування. Отже, проблема зачіпає широке коло підприємств як кормової, так і харчової індустрії.

Мікроскопічні гриби на зерні, умовно поділяють на польові гриби і гриби зберігання. Польові гриби потрапляють на зерно в період росту і збирання, гриби зберігання – під час транспортування та зберігання зерна. Зараження зерна польовими грибами може відбуватися як зовні (спори переносяться з дощем, вітром і т.п.), так і зсередини (при контамінації ґрунту) [3].

Зернові культури, що вирощувались або збиралися під час несприятливих метеорологічних умовах, зібрані пізньої осені з поля, а також зерно, своєчасно зібране, але недостатньо просушене, чи зберігалось в умовах підвищеної вологості, можуть бути заражені токсигеними мікроскопічними грибами та набувати внаслідок цього отруйних властивостей.

Мікроорганізми – наші постійні супутники. До числа найбільш поширених з них належать цвілеві гриби, що поєднують кілька тисяч видів. Деякі види цвілевих грибів здатні продукувати отруйні речовини – мікотоксини [4].

Мікотоксини – це вторинні метаболіти, вироблені мікроскопічними грибами, що розвиваються в зерні, плодах, ягодах та продуктах їх переробки. Так гриб *Fusarium spp.* може розвиватись в зерні та утворювати мікотоксини до періоду збору врожаю. Інші види грибів заражають зерно також до збирання врожаю, але утворюють мікотоксини в період його зберігання.

Багато видів грибів тільки частково знижують рівень розвитку, або призводять до низької конверсії їжі, проте деякі мікотоксини, такі як афлатоксини, охратоксини, зеараленон, трихотецин (*deoxynivalenol*, *nivalenol*), фумонісіни діють більш інтенсивно. Ці токсини зустрічаються в різних регіонах і за певних ситуацій, тому попередні знання про обставини, пов'язані з їх розвитком, значно знизять ризик мікотоксикозами [5].

Основні представники мікотоксинів – це тріхотеценові мікотоксини, які синтезуються грибами родів *Fusarium*, *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma* і *Trichothecium*; містять 12, 13-епоксісесквітерпеноїдний залишок (тріхотекан); відомо близько 100 тріхотеценових мікотоксинів [6].

В основі механізму токсичної дії мікотоксинів лежить здатність пригнічувати синтез білка. До найбільш поширених мікотоксинів належать:

Афлатоксини - які виробляють гриби (*Aspergillus flavus* і *A. parasiticus*) в більшості випадків розвиваються в період зберігання свіжозібраного врожаю.

Зазвичай афлатоксини зустрічаються на фермах, які змішують свої корми з доморощеним зерном. Нездатність просушити зерно, або конденсація та накопичення вологи сприяють зростанню цвілі, яке посилюється під час нагрівання – ця цвіль найкраще розвивається за температури 30-40 °C. Афлатоксини виробляються протягом 2-6 тижнів, а ознаки мікотоксикозу з'являються протягом тижня з дня вживання заражених продуктів.

Охратоксин А виробляється грибами видів *Aspergillus* і *Penicillium*. *Ochratoxin A* може зустрічатися в комбінаціях з цитриніном і обидва ці види мікотоксинів призводить до ураження нирок, а також зниження апетиту та рівня розвитку. Охратоксин А часто заражає зернові, що вирощують в прохолодних вологих умовах.

Зеараленон є найбільш згубним мікотоксином, що має деякі якості жіночого статевого гормону естрогену. Деякі види цвілі *Fusarium* виробляють цей мікотоксин у зерні, особливо в кукурудзі, що вирощується в прохолодних, вологих регіонах. Гриби ростуть на зернових ще до періоду збору врожаю, коли високий рівень опадів та пошкоджень комахами. Зберігання зерна в сирому прохолодному місці після збору врожаю збільшує небезпеку.

Трихотецин - група мікотоксинів, яка включає deoxynivalenol, що періодично виявляється в кукурудзі та пшениці. Фіолетово-червона цвіль (*Fusarium graminearum*), яка заражає пшеницю, кукурудзу і сою до збору врожаю, виробляє ці мікотоксини часто разом з зеараленоном. Є ще кілька інших видів трихотецин, включаючи T2-toxin, HT-2, які можуть сильно вплинути на здоров'я тварин.

Фумонісіни зустрічаються в кукурудзі зараженій *Fusarium moniliforme*, в регіонах з різною температурою по всьому світу. Фумонісіни можуть з'явитися до збору врожаю. Вони спричиняють набряк легенів (рідина в легенях) [5].

Мікотоксини є природними забруднювальниками зерна злакових, бобових, насіння соняшнику, овочів і фруктів та продуктів їх переробки. Вони можуть утворюватися під час зберігання в багатьох харчових продуктах під дією мікроскопічних грибів. Продукти життєдіяльності грибів не втрачають своїх токсичних властивостей за термічної обробки (випічці хліба, варінні каші тощо).

Зараження мікотоксинами призводить до зменшення озерненості колоса і зумовлює зниження врожайності, зменшення маси 1000 зерен, схожості та сили росту – згодом може призвести до недобору врожаю до 50%, а зібраний урожай може виявитися непридатний для людини і тварин через вміст мікотоксинів.

Мікотоксини мають канцерогенну, мутагенну дію, пригнічують імунітет організму, вражають нирки, печінку, нервову і кровоносну системи, шлунково-кишковий тракт, спричиняють захворювання крові,

септичну ангіну, дерматити, судоми, гострі болі, стан важкого сп'яніння, порушують гормональну рівновагу і функції відтворення [4].

Більшість цвілевих грибів розвиваються в продукції (зернова маса, корми, тощо) в результаті поганої гігієни сховища. Спори цвілі є завжди в продукції і головний фактор, який зупиняє зростання цвілі, – відсутність вологості. Конденсат, порушення гідроізоляції, пошкодження комахами та гризунами сприяють інтенсифікації розвитку цвілі.

Головне для сільськогосподарських товаровиробників та підприємців, які здійснюють діяльність з вирощування та реалізації продукції сільського господарства, вчасно запобігти поширенню мікотоксинів, а також проводити дослідження продукції на визначення їх вмісту.

Вчені компанії «Кемін», визначаючи наявність мікотоксинів у кормових культурах, у тому числі і кукурудзи зібраної в Росії, Україні, Угорщині та Польщі, встановили наявність значної їх кількості. На підставі отриманих в лабораторії Гентського університету даних, у зразках кукурудзи з 23 найбільш поширених мікотоксинів було виявлено 17, серед яких переважали ДОН, Т-2 і НТ-2 токсини. Рівні останніх двох токсинів розглядалися як токсичні, а решта присутні в кукурудзі в низьких концентраціях. І тільки 25% проаналізованих зразків кукурудзи не містили мікотоксинів [7].

Такий стан якості фуражної кукурудзи, особливо тієї, що експортується за кордон, змушує покупців повертати продукцію товаровиробнику, або ж вимагають від них відповідних фінансових відшкодувань.

В Україні через особливості клімату зернові культури схильні до зараження пліснявими грибами роду *Fusarium*, які можуть виробляти мікотоксини в полі. Контроль для оцінки ризиків, пов'язаних з наявністю мікотоксинів у зерні, недостатній. Це відбувається через обмежене число лабораторій, де можна провести точний аналіз на наявність мікотоксинів, а також через високу вартість цих аналізів. Проте проблема мікотоксинів добре відома тваринникам і птахівникам. Ризик виникнення мікотоксикозів зазвичай пов'язують з токсинами, виробленими грибами роду *Fusarium* – Т-2 токсином, вомітоксіном та зеараленоном.

Наступною причиною зараження зерна пліснявими грибами є порушення технологій післязбиральної обробки та зберігання зерна. Особливо суттєво розвиваються гриби у зерні, зібраному з підвищеною вологістю (сире зерно), або в пізньоосінній, а то й зимовий період. Не менш важливий вплив на розвиток грибів має і сам процес збирання. Добре відрегульований зернозбиральний комбайн (швидкість руху, налаштування молотильного барабану, очистка) забезпечує чистоту зерна і знижує ризик подрібнення, чи розтріскування зерен. Збільшення травмованості зерна, підвищений вміст домішок також є важливими факторами інтенсифікації розвитку грибів.

Умови післязбиральної доробки, а особливо сушіння, мають визначальне значення для якості зерна та його промислової цінності:

ризика пошкодження позначаються на фізіологічних властивостях зерна, їх товарної якості та придатності для подальшого використання. Занадто гаряча, або занадто потужна просушка може пошкодити зерно кукурудзи, знизити його придатність, зокрема для переробки на продовольчі цілі. Температура сушіння встановлюється залежно від типу подальшого використання зерна. Під час цього процесу необхідно контролювати його розтріскування та пошкодження. Для запобігання їх виникнення, кукурудза обробляється м'якими режимами за зниження вологи на 4-5% за 1 прохід в сушарках шахтного типу [8, 9].

Інший фактор, який впливає на інтенсифікацію розвитку грибів у зерновій масі, є спосіб її зберігання. Різна кукурудза за типами зберігається по-різному. Найбільший вплив на стійкість кукурудзяних насипів під час зберігання належить температурі і вологості. Зерно кукурудзи необхідно зберігати нарізно: сире (17% і більше), вологе (15,6-17%), середньої сухості (15,5%) і сухе (до 14%). Сухе зерно зберігають у сховищі з будь-якою висотою насипу. Зерно середньої сухості за температури 10⁰С зберігається в насипу заввишки 2-2,5 м і не більше. Під час зберігання кукурудзи в елеваторах його необхідно охолоджувати до температури навколишнього середовища і закладати з вологістю не більше 14%.

Правильно підібраний тип сховища залежно від виду культури, способу її зберігання та вологості зерна допоможе мінімізувати природні втрати врожаю та зараженість її хворобами.

Усі сховища поділяються на три типи: наземний склад, бетонний силос і силос металевий. Вони мають різну функціональну спрямованість і технологічність.

Незважаючи на відносну примітивність конструкції, склад має ряд технологічних переваг. Оскільки він забезпечує стабільний режим зберігання та мінімальне пошкодження зерна, його краще використовувати для зберігання насінневого та продовольчого зерна.

Бетонний силос, як і наземний склад, добре захищає зерно від перепаду температур і відносної вологості зовнішнього повітря. Крім того, його можна часто перезавантажувати, не побоючись погіршення експлуатаційних показників. Він підходить як для тимчасового, так і для тривалого зберігання зернових запасів.

Металевий силос має найвищі техніко-експлуатаційні показники: широкий типорозмірний ряд, можливість механізації, своєчасний контроль якості зерна, продування в різному режимі. Однак він не захищає зерно від впливу зовнішнього середовища, особливо в пристінкових шарах насипу. Тому його краще використовувати як оперативну ємність, або для концентрації і тимчасового зберігання зерна [10].

Отже, для вирішення цієї проблеми товаровиробникам зернової продукції потрібно:

- чітко дотримуватись відповідних технологій вирощування, збирання та післязбиральної доробки зерна, особливо для захисту посівів від хвороб та шкідників;

– залежно від якості отриманого врожаю, провести відповідну післязбиральну обробку, яка б мінімалізувала розвиток грибів та їх мікотоксичний вплив на зернову масу. Особливу увагу звернути на параметри сушіння та операції завантаження-розвантаження зерна;

– створювати і контролювати необхідні умови зберігання зерна та продуктів його переробки. Контролювати органолептичні показники та вологість і температуру зерна, температуру, вологість та газовий склад повітря;

– здійснювати регулярний лабораторний контроль мікотоксинів у зерні на всіх етапах його обробки.

Список літератури

1. Маслак О. Кукурудза: куди подіти врожай? <http://www.agro-business.com.ua/makroekonomika/701-kukurudza-kudy-podity-vrozhai.html>.
2. Використання зернової кукурудзи в промисловості. <http://www.maisadour-semences.fr/ua/dossier-debouches-mais.php>.
3. Котик А. Н. Микотоксини в кормах. Контроль и профилактика / А. Н. Котик, О. В. Труфанов, В. А. Труфанова // Эксклюзивные технологии – 2014. – № 2. – С.42 – 48.
4. Микотоксини в зерне – проблема современного сельхозтоваропроизводителя. http://www.kras-ref.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=221:2012-11-29-03-51-14&catid=3:2010-03-12-05-25-10&Itemid=1.
5. Фермер Е. Важность профилактики заражения микотоксинами у свиней. http://www.agranco.com/r_importance_mycotoxins_pigs.html.
6. Микотоксини. Википедия: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микотоксини>.
7. Аверкиева О. Какие микотоксини "прячутся" в нашем зерне / О. Аверкиева, Т. Айдинян, О. Крюков // <http://www.webpticeprom.ru/ru/articles-birdseed.html?pageID=1363157380>.
8. Рену Ж. Качество зерна кукурузы закладывается в поле / Ж. Рену, К. Готье // Зерно. – 2011. – № 11. – С.20 – 26.
9. Хеллевен К. Сушить кукурузу или пусть сохнет сама? / К. Хеллевен // Зерно. – 2011. – № 10. – С.64 – 71.
10. Кирпа Н. Хранение без потерь и ухудшения качества / Н. Кирпа // Зерно. – 2011. – № 6. – С.82 – 88.

Приведены данные о вреде зараженности зерна кукурузы плесневыми грибами и необходимость его контроля на зараженность микотоксинами.

Зерно кукурузы, плесневые грибы, микотоксини, режимы хранения, способы хранения, послеуборочная доработка, зернохранилища.

The data about the dangers of contamination of corn by fungi and the need to monitor for contamination with mycotoxins.

Grain corn, molds, mycotoxins, storage modes, methods of storage, post harvest handling, granaries.