

УДК 631.555: 631.153.7

Фадєєв Л., кандидат технічних наук, доцент, директор (компанія Спецелеватормлинмаш)

До технології підготовки насіння кукурудзи до сівби, його переробки і використання

У статті наведена інформація про технологію підготовки насіння кукурудзи до сівби, про ефективність його використання в раціоні тварин і харчуванні людей

Ключові слова: кукурудза, технологія підготовки насіння до сівби, решета Фадєєва, сфери використання кукурудзи

Харківський науковець і практик зумів розв'язати проблему видалення насіння бур'янів із зерна кукурудзи за допомогою решіт нової геометрії.

У кого з допитливих аграріїв нуртує думка, не ігноруйте революційну новацію. Ви ж бо прагнете мати чистий посівний матеріал без смітної домішки.

Вступ. Облаштовуючи своє життя, людина цілеспрямовано прискорює чи уповільнює багато процесів. Цю закономірність переконливо ілюструє практика вирощування сільськогосподарських культур. Тож розглянемо зусібч одну з них – кукурудзу. Для поетичного виокремлення в хрещовські часи журналісти називали її і качанистою, і стеблистою, і навіть королевою полів. А один газетяр-початківець, втративши відчуття міри, якось пафосно писав, що в передовому колгоспі під королеву полів вивезли аж ... тисячу тонн гною! Такий творчий "перл" навіть потрапив у журнал "Перець", де була комічна рубрика "Страшне перо не в гусака". Утім, ближче до справи.

Основна частина. З графіків на рис. 1 можна зробити висновки:

- серед усього розмаїття зернових агробізнес надає перевагу якраз качанистій. Це видно зі зміни посівних масивів під нею та іншими культурами (рис. 1, в);

- світове вирощування кукурудзи в період від 1940 до 2010 року примножилось в сім разів, середні намоти – в чотири, а площі під нею зросли на 7,5%;

- основний приріст урожайності кукурудзи відбува-

ється завдяки підвищенню її зборів;

- істотне збільшення намотів такої культури особливо спостерігалось в 50-ті роки минулого століття у зв'язку з виведенням селекціонерами нових гібридів.

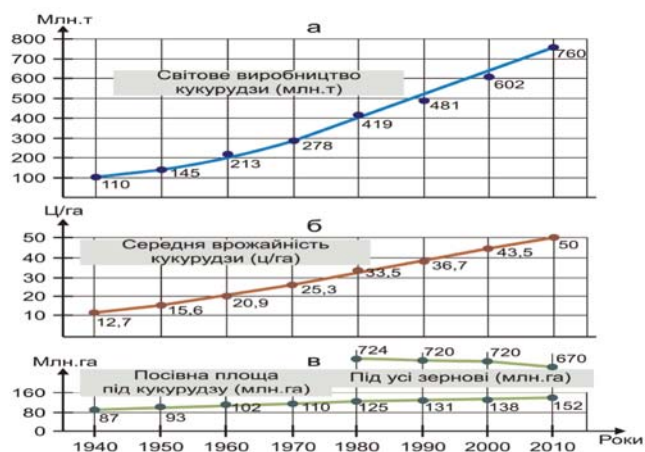


Рис. 1 – Зміни за 70 років (від 1940 до 2010-го) світових зборів кукурудзи (а), середньої врожайності (б) і посівних площ під нею (в)

Значимість кукурудзи в світовому агробізнесі зумовлена постійним збільшенням її валових зборів. Прогноз до 2050 року подано на рис. 2. З нього видно, що за фіксованого споживання на душу населення і без розширення площ під такою культурою планетар-

© Фадєєв Л., 2016

ного приросту її вирощування на рівні 300 млн. тонн можна досягти тільки за примноження врожайності. Як і стосовно пшениці, роль України на міжнародному ринку кукурудзи буде лише зростати. Адже можливість для цього в нашій країні майже ідеальні.

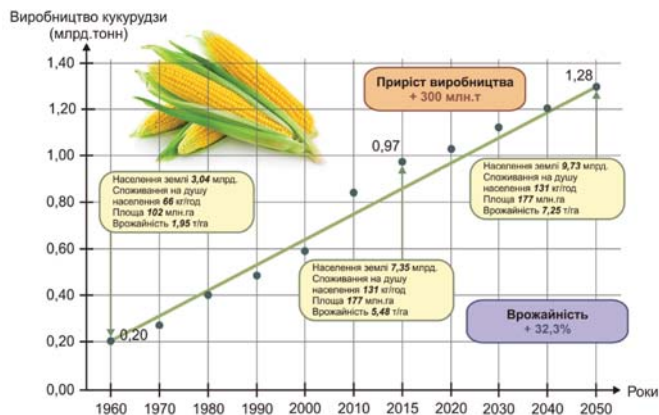


Рис. 2 – Планетарне вирощування кукурудзи, млрд. тонн

Агропотенціал держави дає змогу відповісти на будь-яке підвищення попиту на збіжжя однієї з основних кормових культур. Річ у тім, що 68% території країни перебувають під сільськогосподарськими угіддями. На одного жителя України доводиться 0,72 га (рис. 3). То чому б нам і не бути крупним гравцем на міжнародному агроринку? У цьому можна переконатися з динаміки намолотів качанистої в державі. Якщо порівняти темпи збільшення посівних масивів під кукурудзою, прирости врожайності та валові збори за останні 20 років зі світовою динамікою, то в нас ці показники незрівнянно вищі (рис. 4).

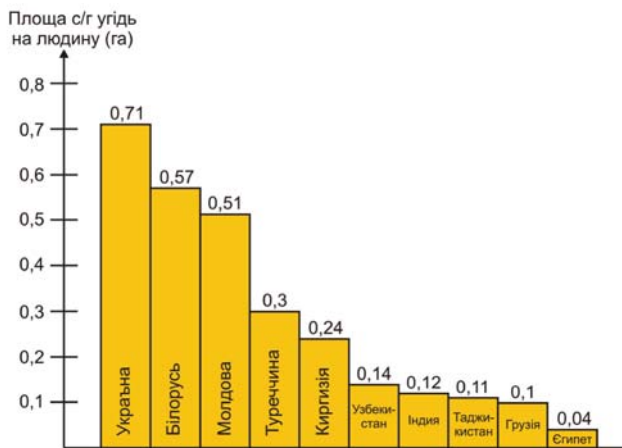


Рис. 3 – Площа сільськогосподарських угідь на одного жителя в розрізі країн

Якраз підвищення врожайності й виступає основним ресурсом для нарощування намолотів кукурудзи в Україні. Про таку тенденцію можна говорити впевнено, бо ж у провідних європейських країнах качаниста на зерно постійно дає врожаї на рівні 100 ц/га. Тут маються на увазі Іспанія, Італія, Німеччина та Франція. У нас теж багато агрофірм мають подібні намолоти й навіть вищі. На жаль, далеко не всі.

А світовий рекорд за збором кукурудзи зафіксовано у 2014 році в американському штаті Вірджинія – 224 ц/га. Щоправда, при цьому вдавалися до краплин-

ного зрошення посівів. Узагалі ж, за даними світових селекційних центрів, максимальна генетична родючість кукурудзи сягає близько 300 ц/га. І, нарешті, збільшення врожаїв качанистої зумовлено ще і вдумливою селекцією посівного матеріалу.

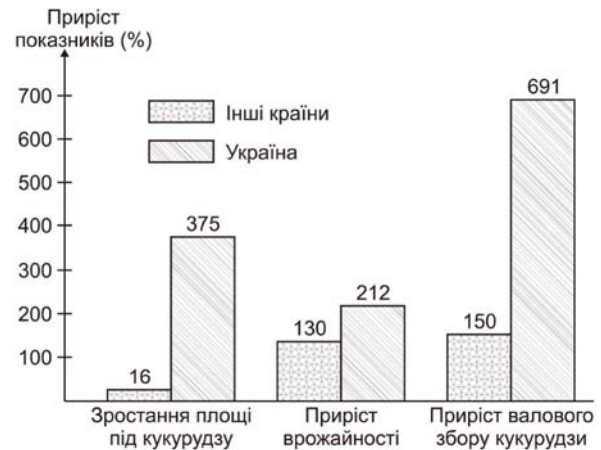


Рис. 4 – Приріст показників у період 1995 - 2013 роки

Сьогодні вітчизняні аграрії кукурудзу культивують в основному на експорт. Але в найближчому майбутньому пріоритетом має стати внутрішня переробка. Відразу навіть важко перелічити, де її можна використовувати. Наприклад, для вироблення кормів, крохмалю, пива, солодошів, м'ясних і ковбасних виробів, пластівців, снєків, клею і багато чого іншого. Зокрема крохмаль із зерна цієї культури застосовують у понад 500 технологіях. Одне слово, глибока переробка кукурудзи – потужний бізнесовий ресурс України, який лише набирає силу. Та й економічну привабливість такого напрямку важко переоцінити.

Тож розглянемо основні вектори його застосування. Почнемо з комбікормів. Коли зернівка проростає, то для живлення зародка відбувається розщеплення складних сполук (крохмалю, жиру, білка) у прості та придатні для засвоєння форми (цукри). Перебіг такого процесу залежить від дії ферментів. Подібне трапляється і в кишково-шлунковому тракті тварин. Однак виявилось, що крохмаль пшениці, ячменя, рису й трикале не весь потрапляє до тонкого кишківника великої рогатої худоби (ВРХ), більша його частина осідає у товстому, що й спричиняє різні захворювання. Такі зміни не властиві тваринам з однокамерним шлунком.

Прирости живої ваги в телят і надої у великої рогатої худоби, котру годують комбікормами, зростають до того рівня, за яким починаються проблеми з проходженням крохмалю. А ось крохмаль кукурудзи потрапляє до тонкого кишківника ВРХ без затримки у товстому. Тому ферментація і повне засвоєння продуктів розщеплення прохідного кукурудзяного крохмалю (такі ж властивості й у сорго) дає змогу регулювати і надої молока в корів, і прирости живої маси молодняка в тваринництві.

Перспективним нині виступає і вироблення на основі кукурудзи глюкозно-фруктозного сиропу, який дешевший від цукру. Ефективність такої заміни – майже 1 млрд доларів за рік. У США для виготовлення солодких сиропів та напоїв у кондитерській промисловості щороку переробляють близько 16 млн. тонн кукурудзяного зерна. Для отримання полімерів такий

крохмаль невдовзі замінить вуглеводи. Відбудеться це з двох причин:

- через дорожнечу вуглеводів;
- пластик на основі кукурудзяного крохмалю за температури 30°C руйнується протягом двох місяців, не забруднюючи довкілля.

Варто назвати й інші переваги. Нині центнер кукурудзяного збіжжя дає змогу виробляти 32 л етанолу, а переробка його в спирт зменшує собівартість на 30-40 %. Спеціальні ж гібриди з наявністю олії 7-8% дають можливість отримувати її на 50% більше.

Стосовно олії з кукурудзи, то тут - окрема розмова. Серед її особливостей - високий вміст вітаміну Е (рис. 5) і стеринів (рис. 6). Вони відіграють вкрай важливу роль у життєдіяльності людини. Так, вітаміни групи Е (токоферолі, токотрієнолі та їхні ефіри) справляють позитивний вплив на систему вільних радикальних реакцій у живих клітинах. Це сприятливо позначається на профілактиці онкологічних недуг.

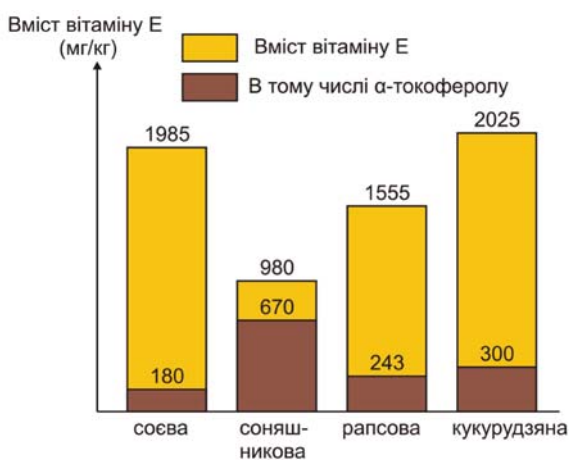


Рис. 5 – Вміст вітаміну Е в олії, у тому числі α- токоферолів (мг/кг)

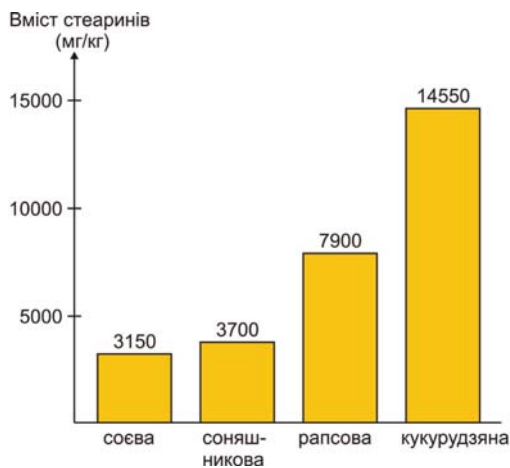


Рис. 6 – Середня наявність стеарину в олії різних культур

А ще вони допомагають краще засвоюватися білкам, підтримують функції м'язової тканини й статевих залоз, справляють лікувальний ефект на ішемічні хвороби серця та після радикального хірургічного втручання. Найбільшою біологічною активністю відзначається α-токоферол. За даними Американської асоціації дієтологів, діти грудного віку повинні отримувати 7,5 мг вітаміну Е упродовж доби, передчасно народже-

ні малята - 9 мг. Потреба ж дорослої людини становить 15 мг, але не більше 100 мг.

Тепер давайте проаналізуємо: яка ж в Україні частина виробленої кукурудзи спрямовується на переробку? З рис. 7 видно, що ми переробляємо на власних потужностях не більше 1/3 усього зібраного збіжжя цієї культури. Решта – експортні поставки. Незалежно від призначення зерно кукурудзи має бути неушкодженим. Адже час від обмолоту до переробки може зайняти багатьох місяців. Тим більше, коли йдеться про транспортування її до далеких країн.

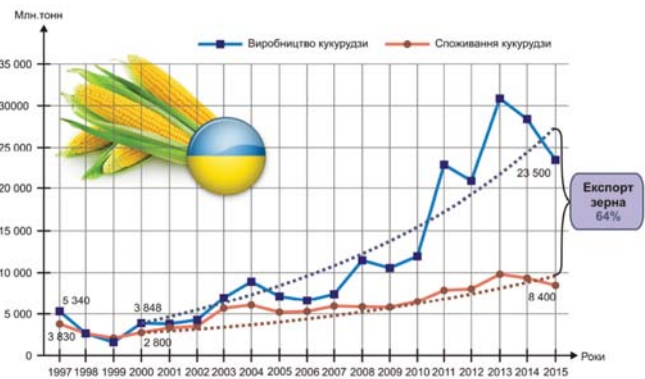


Рис. 7 – Вирощування кукурудзи в Україні, млрд. тонн

Не обминемо й характерні травми такого збіжжя. З усього різноманіття кукурудзяних злаків розглянемо найбільш поширені - зубоподібний та кременистий види. Особливість їх пошкодження полягає в тому, що під час збирання зерно зазнає мікротравм десь на рівні 10%. Однак упродовж післязбиральної обробки ураження сягають 40 - 80%. Характер травмування зубоподібної і кременистої кукурудзи істотно різниться. Так, під час комбайнування качани кременистої легше вимолочуються, тож подрібненого зерна майже немає. А ось травмування оболонки в неї значно вище ніж у зубоподібної. На рис. 8 показані відмінності в пошкодженнях згаданих різновидів.

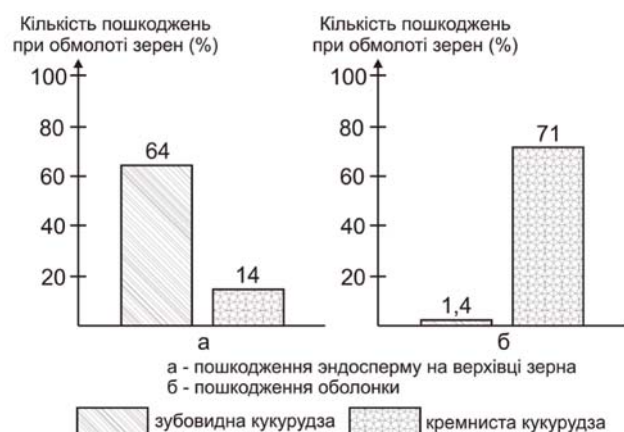


Рис. 8 – Механічні пошкодження зерна кукурудзи під час збирання від загальної кількості травмувань (%)

Збіжжя кременистої культури має щільнішу будову ніж зубоподібної завдяки незначній кількості пор. Остання травмується менше як кремениста. Пояснення цьому явищу – більш дірчасте розміщення крохмальних зерен ендосперму. Вони недостатньо

зв'язані між собою білковими сполуками, котрі створюють щільнішу консистенцію. Під час жнив крупне збіжжя кукурудзи травмується більшою мірою аніж дрібне. На рис. 9 наведені дані про залежність пошкодження злаків від їх розмірів. Помічено також: у великих зерен зубоподібної кукурудзи переважає ураження ендосперму, а в дрібних - оболонки.

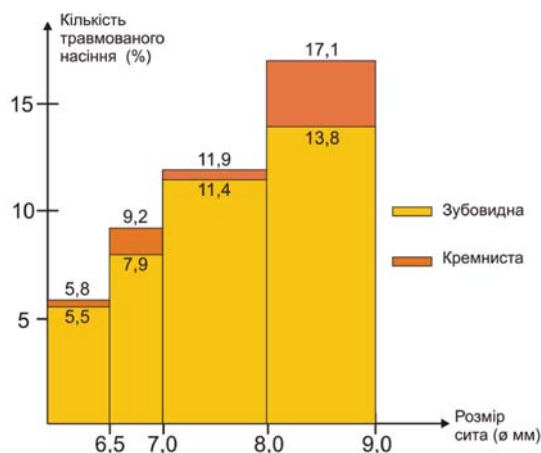


Рис. 9 – Вплив розміру збіжжя кукурудзи на кількість травмувань

Травмованість під час збирання істотно залежить від вологості зерна. Це добре видно з рис. 10. Найменше ураження спостерігається на злаках вологостю 15 - 18%. За підвищеного вмісту води збіжжя деформується, а за низької – тріскається і подрібнюється. Під час жнив пошкоджених зерен приблизно в 10 разів більше як подрібнених. Внутрішня тріщинуватість (без руйнування оболонки) більшою мірою стосується обмолоту кременистих форм кукурудзи. Для отримання достовірного результату травмування слід оцінювати на кожному етапі післязбиральної обробки - під час транспортування, очищення, калібрування та сепарації зерна.

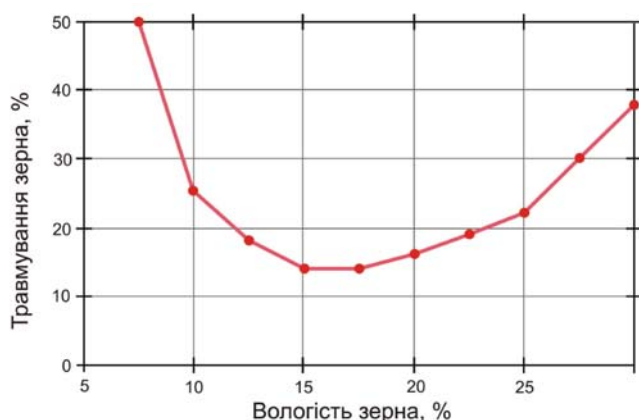


Рис. 10 – Залежність травмування зерен кукурудзи під час збирання від їх вологості

Найбільш характерне пошкодження кукурудзи - внутрішні тріщини. Вони можуть виникати від удару, хоча найчастіше спричиняються змінами температури й видаленням води. Під час сушіння зерна в ендоспермі утворюються внутрішні тріщини. Завдяки пластичній оболонці вони не розриваються на противагу біковим. А ось за механічні дії на збіжжя з внутрішніми тріщинами оболонки розриваються і зерно подріб-

нюється.

Тріщини під час сушіння зерна утворюються тому, що волога інтенсивно випаровується з близьких до поверхні шарів. Від цього різночасно змінюється об'єм окремих частин збіжжя, виникає напруження між ними, а відтак – тріщини. Окрім того, білки легко вбирають вологу й неохоче її віддають під час сушіння. Оце і є основна причина тріщинуватості злаків.

Як уже мовилося, тріщини в ендоспермі завдяки еластичній оболонці часто не виходять назовні. Передусім, це заслуга природи, яка тисячоліттями відбирала рослини з такими зернами, аби вони довше зберігалися. На жаль, у роботі сучасних сушарок рідко звертають увагу на рівномірність зневоднення. Для прикладу візьмемо модульну теплогенерувальну установку колонкового типу та проаналізуємо динаміку видалення води із зерна кукурудзи на вході в колонку та на виході з неї (рис. 11).

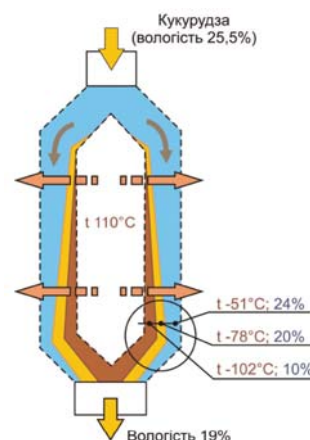


Рис. 11 – Схема зневоднення зерна кукурудзи в сушарці колонкового типу

Збіжжя на відстані 3 см від нагрітої стінки має температуру 102°C і висушене до вологості 10%. На віддалі вже 35 см воно нагріте до 51°C. Вологість же залишається такою як і на вході – 24%. Не дивно, що навіть за незначного механічного удару зерно легко кришиться. Тому й внутрішня тріщинуватість при 50°C і температурі теплоносія 90°C сягає 20%.

Звичайно, підвищення температури агента сушіння прискорює зневоднення, але водночас із тріщинуватістю спричиняє ще й денатурацію білка в зародку. Передусім, легко розчинних у воді альбумінів і глобулінів. Для посівного матеріалу така динаміка просто недопустима, а в товарного збіжжя знижується вихід крохмалю. Приміром, за температури 140°C цей показник знижується на 27 - 35%.

Злаки кременистої кукурудзи з розвиненим роговидним ендоспермом містять більше білка, а значить і тріщин, аніж зерна зубоподібної. В останньої наявна менша кількість білків і більша крохмалю. Адже білок, на противагу крохмалю, значно повільніше віддає вологу. У кременистої кукурудзи тріщини глибокі. Вони облягають зародок і розміщену поблизу ендосперму.

Нагрівання збіжжя призводить до ущільнення тканин, розділених тріщинами. Цей процес стає особливо помітним у разі підвищення температури понад 35 - 40°C. Подальше зневоднення ускладнює загальну картину – кількість тріщин зростає від того, що зімкнуті мікрощілини розкриваються ще більше. На завершальному етапі (охолодження) кількість їх додається. Тріщинуватість кукурудзяних злаків під час сушіння зростає, починаючи від стартової вологості 22% і вище. Збіжжя із тріщинами навіть на глибину 0,25 мм має схильність до руйнування.

Оскільки валовий збір зерна кукурудзи постійно зростає, то післязбиральну обробку зазвичай прово-

дять за підвищених режимів роботи. Передусім, тут маються на увазі параметри нагрівання, зневоднення та охолодження врожаю. Тому-то й варто зупинитися на загальних рекомендаціях з цього приводу:

- зерно перед сушінням повинно бути вирівняним за вологістю;
- необхідно уникати нерівномірного зневоднення;
- чим вища початкова вологість збіжжя, тим щаднішою має бути температура теплоносія і подовжений у часі процес сушіння;
- охолодження зерна не слід прискорювати. Краще нехай воно довше відлежить.
- Справа в тому, що тривале відлежування забезпечує повільне вирівнювання вологи в усій зерновій масі, а подальша активна вентиляція надає збіжжю рівноважного стану. Закономірно, що й зерно за такої технології зневоднення травмується щонайменше.

Очищати врожай цієї культури перед сушінням і після нього рекомендуємо на зерноаспіраторі Фадеєва (ЗАФ). Це устаткування відзначається двома перевагами:

- збіжжя майже не травмується;
- глибоке регулювання повітряних струменів і потоків збіжжя дає змогу очищати будь-які сільськогосподарські культури в режимах, які оптимально відповідають якості очищення;

Наша компанія випускає очисні аспіратори з такими конкурентними перевагами:

- оптимізованою траєкторією повітряного струменя з огляду на бокові потоки повітря;
- повітря в такому обладнанні рухається замкненим циклом. Це виключає потребу в циклоні й істотно зменшує споживання електроенергії. Адже надування повітря на вхід вентилятора послаблює навантаження на електропривод робочого колеса;
- безступінчасте регулювання пропускної здатності та швидкості повітряного потоку оптимізує протиріччя між якістю очищення і продуктивністю устаткування.

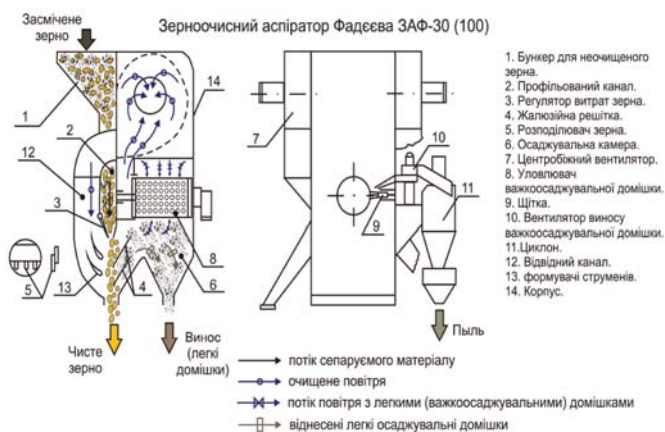


Рис. 12 – Технологічна схема зерноаспіратора Фадеєва (ЗАФ - 30)

На рис. 12 подано схему зерноаспіратора Фадеєва (ЗАФ - 30). Неочищене збіжжя з бункера зсипається до профільованого каналу прямокутної форми, ширина якого в 10 разів більша від товщини. Регулятор витрат зерна створює потрібну продуктивність завдяки зміні положення і забезпечує рівномірний потік збіжжя. Під впливом струменя повітря воно зноситься на полиці жалюзійних решіток, біля кожної з яких прикрі-

плюють розподілювач. Цей агрегат розосереджує і затримує зерновий потік, який падає (рис. 13). У такий спосіб подовжується взаємодія збіжжя і повітря. Пропонована технологія очищення істотно підвищує ймовірність виносу з масиву частинок, швидкість витання в яких нижча ніж у зерна.

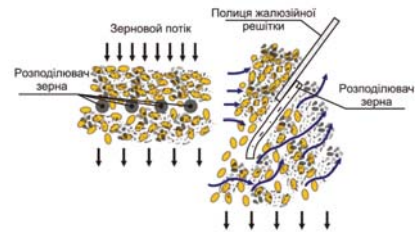


Рис. 13. Схема роботи розподілювача зерна

Повітря з легкими домішками всмоктують вентилятори. На шляху руху цього потоку монтують уловлювач, обертовий барабан якого скидає важко відокремлювані частинки на щітки. Надходять такі домішки в циклон, а очищене повітря знову подають для вентиляції.

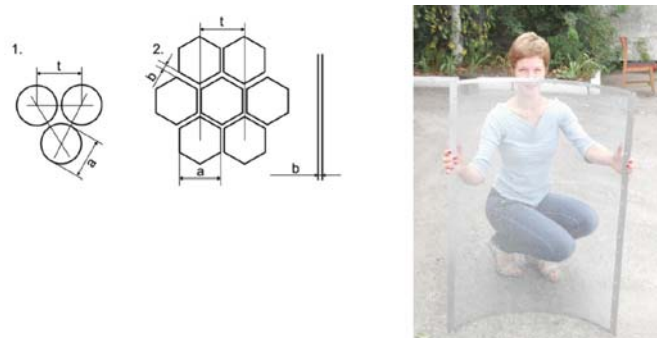


Рис. 14 – Геометрія сит: 1 - традиційний варіант; 2 - сито Фадеєва

Глибокого очищення досягають шляхом заміни традиційних сит на аналоги Фадеєва (рис. 14). Таке технічне вирішення просте, недороге й доволі ефективне. Крім того зростає і якість очищення, і продуктивність. Після встановлення згаданих сит на зерноочисних машинах одного з елеваторів фірми "Агротрейд" продуктивність очищення зросла на 30%. При цьому вдалося видалити й насіння амброзії полиноцистою. Подібний результат від того, що "живий переріз" такого сита за однакового розміру отворів у 1,5 - 2 рази вищий як в аналога з отворами круглої форми.

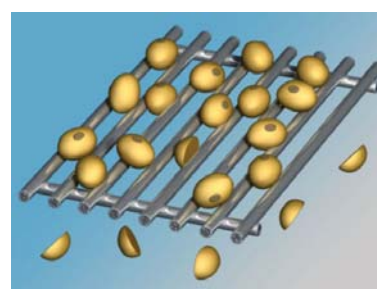


Рис. 15 – Принципи взаємодії зерна і решета Фадеєва

Підвищують якість очищення також решета нової геометрії (решета Фадеєва), котрі встановлюють замість плоских щілинних сит (рис. 15). Збіжжя на такому решеті розвертається в напрямі, який визначають поперечники й приміряється до зазору між ними найменшим боком - товщиною. Під час очищення зерна від крупної домішки встановлюють решета, розмір яких між поперечниками не менший від товщини зернівки. За такого варіанта все зерно проходить через решето, а домішка, крупніша від його довжини, сходить. На

плоскому ситі такого ж розміру збіжжя від великої домішки відбирається гірше. Річ у тому, що воно прирізняється до отвору сита товщиною. Відносна різниця (у %) товщини й ширини злаків різних культур зазначена на рис. 16.

Наведений принцип взаємодії решета із сипким матеріалом, частинки якого мають неоднакові довжину, ширину й товщину, дає змогу повністю видалити із зернового масиву насіння диких рослин. Аналіз зерен 40 видів різних бур'янів показав, що всі вони проходять через решето з розміром 1,7 мм.

У такому разі все збіжжя сходить із решета. На рис. 17 наведено розміри шести видів бур'янів і принцип їх видалення із зерна на решеті. На ньому можна також відбирати плюсклі, уражені та невивпнені зерна.



Рис. 16 – Характерні розміри зернівки

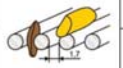
№ п/п	Назва рослини	Розмір семян	Внешний вид	Размер решета
1	Амброзія польнолистая (<i>Ambrosia artemisiifolia L.</i>)	длина 1,5-2,3 мм ширина и толщина 0,8-1,5 мм		1,7
2	Бодяк шетинистый (<i>Cirsium setosum (Willd.) Bess.</i>)	длина 2,5-3,5 мм ширина 0,8-1,0 мм толщина 0,7 мм		1,7
3	Геліотроп європейський (<i>Heliotropium europaeum L.</i>)	длина 1,7-2,0 мм, ширина и толщина 1,0-1,5 мм		1,7
4	Гібіскус трійчатий (<i>Hibiscus trionum L.</i>)	длина 2,2-2,5 мм ширина 1,7-2,2 мм толщина 1,2-1,7 мм		1,7
5	Горчица полевая (<i>Sinapis arvensis L.</i>)	диаметр 1,2-1,7 мм		1,7
6	Дескурайнія Софья (<i>Descurainia Sophia (L.) Wedd.</i>)	длина 0,7-1,2 мм, ширина 0,4-0,5 мм толщина 0,3 мм		1,7

Рис. 17 – Видалення насіння і чашечок польових бур'янів на решетах Фадеєва

Особливе значення такі решета мають, коли встановлені на барабанних сепараторах з горизонтальною віссю обертання. Адже дрібна домішка падає повільніше від крупного зерна. Останнє встигає закрити отвори в нижній частині барабана раніше, ніж до них наблизиться дрібна частинка (рис. 18). Так відбувається під час очищення великих зерен кукурудзи від насіння амброзії (рис. 19).

Рис. 18 – Відмінність у розмірах зерен кукурудзи й амброзії полинолистої



Рис. 19 – Схема взаємодії зерна з горизонтальним перфорованим барабаном

Оскільки в нижній частині барабана отвори від застряглих зерен не вивільняються, то домішка разом із зерном потрапляє до відповідної секції барабана з крупними отворами.

Вихід з цієї патової ситуації можна знайти за допомогою решіт нової геометрії, розміщуючи поперечники як напрямні канали (рис. 20). У такому разі кільцеві щілини неможливо перекрити зерном. Вони ж бо утво-



Рис. 20 – Схема взаємодії зерна з решетом Фадеєва

рені за допомогою кілець круглого перерізу, з яким сферичне збіжжя контактує у двох місцях (рис. 21). Установлення таких решіт на барабанні сепаратори типу КБС, "Луч" та інші агрегати розв'язує проблему видалення насіння бур'янів, зокрема й амброзії полинолистої. Величина решета при цьому для колосових має становити 1,7, а кукурудзи та сої - 2,5.



Рис. 21 – Схема взаємодії збіжжя з кільцевою щілиною

Висновок. Сьогодні Україна утверджується як країна-житниця, а її перспектива – стати країною-годувальницею і зайняти місце в ніші вирощування органічної продукції та виробництва з неї продуктів здорового харчування.

Список використаної літератури:

1. Шпаар Д. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование. – К.: Издательский дом «Зерно», 2012. – 464 с.: ил.
2. Коваль А.В., научный сотрудник, Подрушьяк А.Е., кандидат медицинских наук, ГП «Институт экогигиены и токсикологии им. Л.И. Медведя». Медицинские аспекты использования растительных масел./Коваль А.В., Подрушьяк А.Е.// Масложировой комплекс. – 2009. – №4 (27) декабрь. – С. 55.
3. И. Г. Строна. Травмирование семян и его предупреждение. М. «Колос» 1972.
4. Фейденгольд В.Б., Закладной Г.А., Алексеева Л.В., Львова Л.С., Темирбекова С.А. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях/ Под ред. В.Б.Фейденгольда – М.: ДеЛи принт, 2007. – 320 с.
5. Фадеев Л.В. Зерно нельзя бить – оно основа жизни человека. – Харьков. – 2014.
6. Дональд Брукер, Фред Баккер и Карл Холл. Сушка и хранение масличных культур. Ван Норстренд Рейнхолдрокер 1992 г. (From Drying and Storage of Grains and Oilseeds, by Donald V. Brooker, Fred W. Bakker-Arkema and Carl W. Hall, published by Van Nostrand Reinhold, 1992).
7. М. Кизатова, Алмаатинский технологический университет. За яких умов сушіння зберігається оптимальна термостійкість збіжжя качанистої./Кизатова М.// Зерно і Хліб №2. – 2015. – С. 99.

Аннотация. В статье приведена информация о технологии подготовки семян кукурузы к севу, об эффективности его использования в рационе животных и питания людей.

Summary. This article provides information about the technology of corn seeds preparing for sowing, the efficiency of corn seeds use in the diet of animals and human nutrition

Стаття надійшла до редакції 19 серпня 2016 р.