

УДК 633.15:631.562
© 2014

М.Я. КИРПА,
доктор сільськогосподарських наук

С.О. СКОТАР,
кандидат сільськогосподарських наук

О.О. РОСЛИК,
аспірант

*ДУ "Інститут сільського господарства степової зони НААН",
м. Дніпропетровськ, Україна
E-mail: inst_zerna@mail.ru*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ПАРАМЕТРІВ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРУВАННЯ ОДНОКОМПОНЕНТНИХ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ

Виявлено нестабільність процесу аеродинамічного сепарування однокомпонентних насіннєвих сумішей на прикладі гібридів кукурудзи. Не встановлено достовірного прямолінійного зв'язку між фракціями і схожістю насіння, тому процес рекомендується виконувати лише в режимі очищення і виділення легких домішок.

Ключові слова: кукурудза, насіннєва суміш, фракції, аеродинамічне сепарування, техніко-технологічні ознаки.

Зібраний насіннєвий матеріал являє собою багатокомпонентну суміш. Окрім насіння основної культури, серед компонентів – різні домішки: сміття органічного і мінерального походження, насіння інших рослин, частки насіння тощо. Тому насіннєвий матеріал після збирання сепарують, тобто механічним шляхом розділяють на окремі компоненти (фракції).

Існують різні способи сепарування: просіювання суміші на ситах і трієрних поверхнях; обробка на гравітаційних столах, електромагнітних і оптичних сепараторах; провіювання у повітряному потоці. Останній спосіб відноситься до так званого аеродинамічного сепарування, за яким розділення відбувається внаслідок різних аеродинамічних властивостей деяких компонентів суміші.

Аеродинамічне сепарування застосовують в основному для очищення та виділення з багатокомпонентної суміші легких компонентів, для сортування-калібрування однокомпонентної суміші з метою виділення найбільш повноцінних фракцій з основного насіння [1–4]. До однокомпонентної прийнято відносити суміш основного насіння, яка містить різні фракції за розміром, масою, питомою масою, тобто за якістю. Однак процес розділення однокомпонентної суміші досліджено недостатньо і в

літературних наукових джерелах пояснюється суперечливо. За нашими даними, у процесі аеродинамічного сепарування діє комплекс таких техніко-технологічних ознак, які можуть впливати на характер розділення суміші: форма, крупність, маса, питома маса, характер зовнішньої поверхні насінини [5]. Виходячи з впливу комплексу ознак, аеродинамічне сепарування може мати різну ефективність, яка залежить від фізико-механічних і сортових особливостей насіння різних культур.

Метою роботи було вивчити процес аеродинамічного сортування-калібрування однокомпонентної зернової суміші, встановити його вплив на вихід і якість насіння кукурудзи.

Дослідження проводили з однокомпонентною сумішшю насіння гібридів кукурудзи, яку отримували після їх очищення на кукурудзо-обробному заводі. Дослідженню підлягали такі гібриди селекції Інституту сільського господарства степової зони НААН: Ушицький 167 СВ, П'ятихатський 270 СВ, Борозенський 277 МВ, Солонянський 298 СВ, Збруч. Процес аеродинамічного сепарування-калібрування моделювали на лабораторному класифікаторі КСП-1, обладнаному аспіратором з можливістю регулювати швидкості повітряного потоку [5]. Швидкість потоку в досліджах становила

1. Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від фракцій, отриманих за аеродинамічного сепарування, 2012–2013 рр.

Гібрид	Схожість, %					
	стандарт-метод		холодний тест		польова	
	1*	3*	1	3	1	3
Ушицький 167 СВ	96	98	95	97	77	81
П'ятихатський 270 СВ	92	92	82	75	71	72
Борозенський 277 МВ	97	96	60	64	72	71
Солонянський 298 СВ	98	99	87	90	82	80
Збруч	93	98	89	84	64	57

Тут і далі: *1 – легка фракція, 2 – середня, 3 – важка.

10–15 м/с, маса наважки насіння – 50 г, тривалість сепарування – 5 хв. У процесі сепарування відбирали 3 фракції – легку, важку та середню з різним виходом і масою 1000 насінин. У лабораторних умовах визначали якість насіння: його схожість, силу росту за “холодним” тестом, масу, питому масу, об’єм, лінійний розмір за чинними методами [6–8]. Схожість ще визначали в польових умовах за методикою проведення польових дослідів з кукурудзою [9].

Результати досліджень та їх обговорення. Якість фракцій, отриманих у процесі аеродинамічного сепарування-калібрування, була різною залежно від гібридів кукурудзи, тобто однакового впливу сепарування не виявлено. З усіх досліджуваних гібридів лише при сепаруванні гібрида Ушицький 167 СВ отримували важку фракцію з вищою схожістю насіння порівняно із легкою (табл. 1). В інших гібридів перевага однієї фракції була нестабільною і змінювалась унаслідок різних умов проростання.

Для того, щоб стабілізувати процес аеродинамічного розділення однокомпонентної суміші, рекомендується її попереднє сепарування на ситах, а подальшу обробку вести вже на більш вирівняній фракції [1]. Тому в наших дослідках однокомпонентну суміш насіння гібридів сепарували на ситах з отворами 7–9 мм, отримуючи дві фракції (схід, прохід), які обробляли окремо в потоці по-

вітря. Результати дослідів знову були близькими до попереднього, а саме: схожість насіння гібрида Ушицький 167 СВ закономірно підвищувалася на 3–6 % від легкої до важкої фракції (табл. 2).

В інших гібридів закономірності не виявлено, польова схожість насіння коливалася незалежно від фракції, сформованої за аеродинамічними властивостями. Набагато більше вплинуло ситове сепарування за ознакою ширини насінини, схожість насіння сходової фракції зі сита Ø 7–9 мм була на 6–15 % вище порівняно із фракцією проходу.

Отже, аеродинамічне сепарування є нестабільним процесом і не завжди забезпечує ефективність розділення однокомпонентної суміші насіння в режимі його сортування-калібрування. Ефективність залежить від взаємодії, яка складається між параметрами повітряного потоку та аеродинамічними властивостями насіння. Перебуваючи в повітряному потоці, насіння зазнає тиску (R) залежно від форми, розміру, характеру поверхні насінини за формулою

$$R = K F p V^2. \quad (1)$$

де K – коефіцієнт аеродинамічного опору (для кукурудзи 0,162–0,236); F – площа проекції насінини на поверхню, перпендикулярну повітряному потоку (міделевий переріз), м²; p – густина повітря, кг/м³; V – швидкість руху повітря відносно насіння, м/с.

2. Польова схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від фракцій, отриманих за ситового і аеродинамічного сепарування, %

Гібрид	Сито Ø 7–9 мм, схід			Сито Ø 7–9 мм, прохід		
	1*	2*	3*	1	2	3
Ушицький 167 СВ	81	83	84	72	75	78
П'ятихатський 270 СВ	77	77	77	65	62	67
Збруч	64	64	61	55	54	53

З боку насінини діє сила тяжіння (G), яка суміщує масу (m) і швидкість прискорення вільного падіння (g), тобто

$$G = mg. \quad (2)$$

Ефективність сепарування суміші насіння залежить ще від напрямку повітряного потоку, який може бути висхідним та горизонтальним. У висхідному потоці можливі такі співвідношення: $G > R$ – насіння рухається вниз; $G < R$ – насіння виноситься назовні; $G = R$ – насіння зависає. Швидкість повітря, за якої насіння зависає, є критичною, або ж швидкістю витання (C), і визначається за формулою

$$C = \sqrt{\frac{G}{K F p}} \quad (3)$$

Тому для забезпечення у висхідному потоці ефективності сепарування суміші насіння, наприклад на дві фракції швидкістю витання $C_1 > C_2$, необхідно підібрати таку робочу швидкість повітряного потоку, яка відповідала б співвідношенню $C_1 > V > C_2$.

Під час сепарування у горизонтальному повітряному потоці насіння рухається в напрямку рівнодіючої сил R і q , траєкторія такого руху має вигляд параболи. Насіння з напрямком рівнодіючої, близької до вертикалі, випадає із потоку на початку його руху, з напрямком, близьким до горизонталі – пізніше. Отже, при сепаруванні в горизонтальному повітряному потоці ефективність розділення суміші залежить від питомої парусності насінини, а саме:

$$G/KF. \quad (5)$$

Таким чином, враховуючи закономірності (1)–(5), можна пояснити нестабільність процесу аеродинамічного сепарування однокомпо-

3. Фізичні показники фракцій насіння, отриманих за аеродинамічного сепарування гібридів кукурудзи

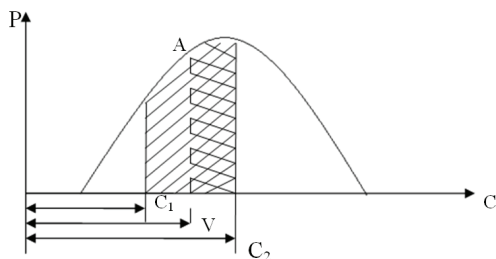
нентної суміші насіння. Нестабільність виникає внаслідок зміни показників, а саме: показника F (міделєвого перерізу) – з-за різної орієнтації (положення) насінини у повітряному потоці та коефіцієнта K (аеродинамічного опору насінини). Змінюються також концентрація насіння по довжині (висоті) повітряного потоку та швидкість і густина потоку повітря (показники V і p).

Виявлені теоретичні закономірності аеродинамічного сепарування підтверджуються результатами експериментальних досліджень (табл. 3). Встановлено, що фізичні показники гібридів кукурудзи змінювалися по-різному, залежно від фракцій насіння. Параметри лінійного розміру насінини (довжина, ширина, товщина) були достовірно різними лише за значеннями довжини і товщини. Співвідношення параметрів розміру становило на легкій фракції 1,17:1:0,56, на важкій 1,06:1:0,73, тобто перша фракція містила насіння здебільшого довгастої плоскої форми, друга – округлої компактної, що впливало на шлях розділення суміші.

Насіння важкої фракції характеризувалось і дещо більшою площею геометричної поверхні (на 16,6 мм², або 6,6 %) та об'ємом (на 33 мм³, або 12,0 %) порівняно з легкою. Але важливі ознаки аеродинамічного сепарування насінини – її питома поверхня (S/V) та питома маса – були близькими для різних фракцій. Отже, розподілення суміші на фракції відбувалось, у першу чергу, внаслідок варіювання параметрів лінійного розміру, форми, поверхні, об'єму насінини, а не її питомих показників – поверхні і маси.

Графічне зображення процесу зерно-сепарації за швидкістю витання (C) однокомпонентної суміші, яка складається з

Показник	Фракція	
	легка	важка
Лінійний розмір насінини, мм: довжина ширина товщина	10,43±0,20	9,96±0,27
	8,85±0,17	9,01±0,17
	5,03±0,19	6,13±0,27
Співвідношення довжини, ширини, товщини	1,17:1:0,56	1,06:1:0,73
Площа поверхні насінини, мм ²	234,9±9,30	251,5±7,04
Об'єм насінини, мм ³	242,1±8,41	275,1±8,65
Питома маса насінини, г/см ³	1,25±0,02	1,25±0,02
Питома поверхня насінини (S/V)	0,970	0,914
Довірчий інтервал $x \pm ts(x)$.		



Варіаційна крива аеродинамічного розподілу
однокомпонентної суміші насіння

основного насіння, але містить різні фракції, наприклад важку і легку – рисунок.

Розподілення суміші має бути по лінії A , по лівий бік від якого знаходиться легка фракція швидкістю C_1 , по правий – важка швидкістю C_2 . У такому разі швидкість повітряного потоку (V)

має бути більшою, ніж швидкість витання легкої фракції, та меншою, ніж важкої.

Однак чіткого розподілення фракцій не відбувається внаслідок безперервної зміни показників F (міделевий переріз) V і ρ (швидкість і густина повітря відносно насіння). Частина насіння на ділянці A має швидкість витання C_1 і C_2 , близьку до швидкості повітряного потоку, тому з однаковою вірогідністю попадає в будь-яку із фракцій. Теоретично, щоб досягти чіткості розподілення, необхідно частину насіння на ділянці A виділити і повторно просепарувати. Але практично межі ділянки встановити неможливо, до того ж це призводить до певної втрати повноцінного насіння. Відзначимо, що подібні втрати схожого насіння спостерігались і в дослідженнях аеродинамічної сепарації зернобобових культур [10].

Висновки

Аеродинамічне сепарування однокомпонентних насіннєвих сумішей є нестабільним процесом при його проведенні як у висхідному (вертикальному), так і горизонтальному повітряному потоці. До дестабілізації призводить значна спонтанність розподілення суміші в повітряному потоці, змінення у ній показників нарусності насінини залежно від її місця і положення, а також швидкості і густини повітря.

Особливо ускладнюється аеродинамічне сепарування насіння культур зі складною формою і значною різноманітністю, наприклад кукурудзи. Насіння гібридів у повітряному пото-

ці розподілялося залежно від форми, розміру, об'єму, маси 1000 насінин і набагато менше – від показників питомої поверхні й маси (густини). Не виявлено достовірного прямолінійного зв'язку між фракціями і схожістю насіння більшості досліджених гібридів.

З огляду на викладене недоцільно проводити аеродинамічне сепарування однокомпонентної суміші насіння, наприклад кукурудзи, з метою його сортування-калібрування. Цей спосіб рекомендується застосовувати для очищення насіння з подальшим його, більш глибоким ситовим і гравітаційним сепаруванням на відповідних машинах.

Бібліографія

1. Теленгатор М.А. Обработка семян зерновых культур / Теленгатор М.А., Уколов В.С., Цециновский В.М. – М.: Колос, 1972. – 271 с.
2. Воронцов О.С. Элеваторная промышленность, зерносушение и зерноочистка / О.С. Воронцов. – М.: Колос, 1974. – 432 с.
3. Кирпа Н.Я. Принципы и способы сепарирования зерновых масс / Н.Я. Кирпа // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2011. – № 4(142). – С. 33–36.
4. Сепарирующие машины “Алмаз” / <http://www.info@agrotech.lg.ua>
5. Кирпа М.Я. Повітряне сепарування насіння кукурудзи та методика визначення його параметрів / М.Я. Кирпа, С.О. Скотар // Селекція і насінництво. – 2012. – № 101. – С. 239–246.
6. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002 [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с. – (Національний стандарт України).
7. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна / Е.Д. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.
8. Ретин А.Н. Метод холодного прорастивания семян кукурузы / А.Н. Ретин, А.И. Науменко // Бюл. ВНИИ кукурузы, 1972. – Вып. 5–6. – С. 55–58.
9. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою: методичні рекомендації / [Підгот. Є.М. Лебідь, В.С. Циков, Ю.М. Пащенко та ін.]. – Дніпропетровськ, 2008. – 27 с.
10. Результаты исследования процесса пневмосепарации семян бобовых культур / [П.Ф. Купреев, Я.Д. Мельцер, Л.Н. Шибеко, А.П. Цирина, В.Н. Савуха] // Совершенствование послеуборочной обработки и хранения зерна в колхозах и совхозах: сб. научных трудов. – М., 1984. – № 10. – С. 45–48.

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор О.П. Якунін