



Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України

МЕТОДИКА

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА
САМОЗАПИЛЕНИХ ЛІНІЙ І ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РОЗЛУСНОЇ



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА ІНСТИТУТ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

МЕТОДИКА

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА

САМОЗАПИЛЕНИХ ЛІНІЙ І ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

РОЗЛУСНОЇ

(методичні рекомендації)

ДНІПРО, 2023

Методику розроблено в Державній установі Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України (ДУ ІЗК НААН) згідно виконання завдання 15.01.00.11.П «Наукові основи селекції гібридів кукурудзи харчового напрямку використання з покращеною якістю зерна», № д. р. 0121U107861, ПНД 15 Агробіологічні системи виробництва зерна в Україні. Селекція та насінництво кукурудзи і сорго. («Системи виробництва зерна»).

Методика розглянута та схвалена вченою радою ДУ ІЗК НААН 12 липня 2023 р. (протокол № 7).

Рецензенти:

В. В. Ващенко –

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри селекції і насінництва
Дніпровського державного аграрно-економічного університету;

Т. Ю. Марченко –

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач
відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту кліматично
орієнтованого сільського господарства НААН

Методику підготували: В. Ю. Черчель, Д. С. Купріченков

В методичних рекомендаціях висвітлено методи визначення технологічних показників зерна самозапиленних ліній і гібридів кукурудзи розлусної, запропоновано українську термінологію, наведено формули для обчислення основних технологічних показників. Видання розраховане на здобувачів вищої освіти, аспірантів, викладачів вищих учбових закладів, наукових співробітників і селекціонерів.

Комп'ютерна верстка: Д. С. Купріченков

© Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України, 2023

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Термінологія і формули	5
2. Підготовка зерна до розлуснення	8
3. Визначення технологічних показників зерна кукурудзи розлусної	9
3.1. Необхідне обладнання	9
3.2. Визначення крупності зерна кукурудзи розлусної ...	9
3.3. Визначення коефіцієнта збільшення об'єму зерна кукурудзи розлусної	10
3.4. Комплексна оцінка технологічних показників зерна самозапилених ліній і гібридів кукурудзи розлусної	11
3.5. Визначення об'ємного розширення зерна самозапилених ліній і гібридів кукурудзи розлусної	12
3.6. Типи розлуснення зерна кукурудзи розлусної.....	12
3.7. Визначення смаку попкорну	14
4. Визначення об'єму попкорну з 1 га посіву	15
Список використаної літератури	16

ВСТУП

Головна особливість кукурудзи розлусної (*Zea mays everta* Sturt.) – здатність зерна розлускуватися (вибухати) під дією високих температур, перетворюючись на смачний і корисний продукт харчування – попкорн. Незважаючи на те що селекція гібридів кукурудзи розлусної в Україні почалася ще в 30-х роках минулого століття, донедавна не існувало ні єдиної методики визначення технологічних показників зерна, ні затверджених українськомовних термінів.

У 80-их роках двадцятого століття у Всесоюзному науково-дослідному інституті кукурудзи була розроблена методика для оцінки селекційного матеріалу кукурудзи розлусної, яка базувалася на об'єднанні 4 технологічних показників якості попкорну: відсоток нерозлуснених зерен, вихід готової продукції, об'ємна маса розлуснених зерен і коефіцієнт збільшення об'єму зерна. Але в цій методиці, по-перше, використовуються російськомовні терміни, а, по-друге, вона не враховує сучасних досягнень світової науки в цьому напрямку.

Водночас у світовій практиці широко використовувалися інші підходи до оцінки технологічних і якісних показників зерна, розроблялися методичні рекомендації щодо збиральної вологості зерна, умов висушування і зберігання, використання сучасних апаратів для приготування попкорну, проводилися вивчення смаків споживачів цього продукту. Тому головною метою проведеної нами роботи було розроблення методики визначення технологічних показників зерна

кукурудзи розлусної, яка ґрунтується як на традиційних підходах, так і на сучасних досягненнях світової науки.

1. Термінологія і формули

Кукурудза розлусна (*popcorn*) – підвид кукурудзи звичайної (*Zea mays everta Sturt.*)

Рисове зерно (*rice popcorn kernels*) – тип розлусного зерна, яке має видовжену форму й гостру верхівку;

Перлове зерно (*pearl popcorn kernels*) – тип розлусного зерна, яке має округлу форму і гладеньку верхівку;

Розлуснення (*popring*)– процес, під час якого зерно кукурудзи розлусної перетворюється на попкорн.

Попкорн (*popcorn, popped kernels*) – розлуснене зерно, готовий продукт.

Нерозлуснені зерна (*unpopped kernels*) – зерно, яке після нагрівання не змінило своєї форми, або лише частково вивернулося назовні.

Попкорн-пластівці (*popcorn flakes*) – окремі розлуснені зерна.

Тип розлуснення зерна (*type of popcorn*) – форма, зовнішній вигляд окремих попкорн-пластівців.

Тип розлуснення «гриб» (*mushroom-shaped popcorn*) – попкорн-пластівці, що мають кулясту форму, або кулі з невеликими «крильцями».

Тип розлуснення «метелик» (*butterfly-shaped popcorn*) – попкорн-пластівці неправильної форми з великою кількістю «крилець», які спрямовані в різні боки.

Односторонні попкорн-пластівці (*unilateral popcorn flakes*) – подальша диференціація типу розлуснення «метелик», за якої в попкорн-пластівців «крила» спрямовані в одну сторону.

Двосторонні попкорн-пластівці (*bilateral popcorn flakes*) – подальша диференціація типу розлуснення «метелик», за якої в попкорн-пластівців «крила» спрямовані в дві протилежні сторони.

Багатосторонні попкорн-пластівці (*multilateral popcorn flakes*) – подальша диференціація типу розлуснення «метелик», за якої в попкорн-пластівців «крила» спрямовані в різні сторони.

Крупність зерна (*size of popcorn kernels*) – кількість насінин в 10 г наважки зерна, взятої із об'єднаної проби.

Коефіцієнт збільшення об'єму зерна (КЗОЗ) (*popping fold*) – свідчить, у скільки разів збільшиться вихідний об'єм кукурудзи розлусної після розлуснення.

Об'ємне розширення зерна (ОРЗ) (*popping expansion*) – свідчить, який об'єм попкорну (cm^3) можна одержати з 1 г зерна кукурудзи розлусної.

Об'єм попкорну з 1 га посіву кукурудзи розлусної (ОПП), або суперознака (*super trait, popcorn volume per hectare*) – розраховується, як добуток урожайності зерна (т/га) на об'ємне розширення зерна ($\text{cm}^3/\text{г}$) і має розмірність $\text{м}^3/\text{га}$.

Розрахунок *коефіцієнта збільшення об'єму зерна* (КЗОЗ) проводиться за формулою:

$$\text{КЗОЗ} = \frac{V - V_0 \times a}{V_0 \times a}, \quad (1)$$

де V – об'єм розлуснених зерен (см^3);

V_0 – початковий об'єм зерна (см^3);

a – вихід розлуснених зерен представлений десятковим дробом.

Вихід розлуснених зерен (a) розраховують за формулою:

$$a = \frac{(N_0 - N_n)}{N_0}, \quad (2)$$

де N_0 – початкова кількість зерна (шт.);

N_n – кількість нерозлуснених зерен (шт.).

Вихід нерозлуснених зерен (ВНЗ) визначають наступним чином:

$$\text{ВНЗ} = \frac{N_n}{N_0} \times 100 \%, \quad (3)$$

де N_0 – початкова кількість зерна (шт.);

N_n – кількість нерозлуснених зерен (шт.).

Вихід готової продукції (ВГП) визначають за формулою:

$$\text{ВГП} = \frac{m_p}{m_0} \times 100\%, \quad (4)$$

де m_p – маса розлуснених зерен (г);

m_0 – початкова маса зерна (г).

Об'ємне розширення зерна (ОРЗ, $\text{см}^3/\text{г}$), розраховують за наступною формулою:

$$\text{ОРЗ} = \frac{V}{m}, \quad (5)$$

де V – об'єм розлуснених зерен (см^3);

m – початкова маса зерна (г).

Об'єм попкорну з 1 гектару посіву (ОПНГ, м³/га) визначають за формулою:

$$\text{ОПНГ} = Y \times \text{ОРЗ}, \quad (6)$$

де Y – урожайність зерна (т/га);

ОРЗ – об'ємне розширення зерна (см³/г).

2. Підготовка зерна до розлуснення

Перед визначенням технологічних показників зерна кукурудзи розлусної проводять попередню підготовку, а саме:

- на лініях самозапилюють по 5 качанів, а на гібридах – 3 качани запилюють сумішшю пилку з ділянки;
- запилені качани збирають вручну із вологістю зерна 14–18 %;
- після збирання качани кукурудзи розлусної досушують (перетримують) за температури 20 °С в добре провітрюваному приміщенні розстеленими в один шар, або підвішеними в невеликих поліпропіленових сітках упродовж 2–3 місяців;
- качани обрушують вручну, а зерно об'єднують у межах ділянки, формуючи об'єднану пробу;
- перед розлусненням визначають вологість зерна, яка мусить бути в межах від 10 % до 14 %. Зерно з вологістю більше 14 % – досушують, а з вологістю менше 10 % – звожують;
- зберігають зерно підготовлене до розлуснення за температури 15 °С і нижче.

3. Визначення технологічних показників зерна кукурудзи розлусної

3.1. Необхідне обладнання

1. Електричний апарат для приготування попкорну «Clatronic PM 3635» потужністю 1200 Вт.
2. Вологомір.
3. Секундомір.
4. Градуйований циліндр об'ємом 1000 см³.
5. Градуйований циліндр об'ємом 25 см³.
6. Електронні ваги з точністю до 0,01 г.
7. Паперові пакети 320×200 мм.

3.2. Визначення крупності зерна кукурудзи розлусної

Для визначення крупності зерна відбирають 2 наважки масою 10 г із об'єднаної проби. Підраховують кількість зерен у кожній. Розраховують середнє значення кількості зерен з двох наважок. Середнє значення кількості зерен використовують для визначення крупності зерна. Крупність зерна визначають за наступною шкалою: дуже велике зерно – кількість насінин < 52 шт.; велике зерно – 52–67 насінин; середнє зерно – 68–75 насінин; дрібне зерно – 76–105 насінин; дуже дрібне зерно > 106 насінин.

Для промислового виробництва попкорну використовують дуже велике, велике й середнє за крупністю зерно. Для індивідуального використання найкраще добирати гібриди із середнім і дрібним зерном, тому що вони утворюють ніжний попкорн із високими смаковими якістьми.

3.3. Визначення коефіцієнту збільшення об'єму зерна (КЗОЗ) кукурудзи розлусної



Рис. 1. Апарат для приготування попкорну «Clatronic PM 3635»

Для визначення КЗОЗ відбирають 2 наважки об'ємом 10 мл, користуючись градуйованим циліндром на 25 мл. Зерна зважують та рахують їхню кількість. Розлуснення зерна проводять за допомогою апарату «Clatronic PM 3635» (рис. 1). На початку роботи апарат прогрівають впродовж 10 с, а після кожного розлуснення і перед початком наступного, його охолоджують впродовж 15 хв., для підтримання однакової початкової температури. Час вимірюють секундоміром. Розлуснене зерно спочатку збирають в паперовий пакет, а потім, розстеливши його на столі, проводять наступні дії:

- підраховують кількість нерозлуснених зерен і кількість зерен, з відповідним типом розлуснення;
- повністю розлуснене зерно зважують та вимірюють його об'єм за допомогою градуйованого циліндру на 1000 см³. За формулою 2 визначають вихід розлуснених зерен, а за формулою 1 – коефіцієнт збільшення об'єму зерна.

3.4. Комплексна оцінка технологічних показників зерна самозапилених ліній і гібридів кукурудзи розлусної

Для визначення комплексної оцінки технологічних показників зерна ми розробили параметри оцінювання величини КЗОЗ, виходу готової продукції і відсотку нерозлуснених зерен (табл. 1).

Таблиця 1. Параметри оцінювання технологічних показників зерна кукурудзи розлусної

<i>Оцінка, бал</i>	<i>Вихід нерозлуснених зерен (ВНЗ), %</i>	<i>Вихід готової продукції (ВГП), %</i>	<i>Коефіцієнт збільшення об'єму зерна (КЗОЗ)</i>
5	< 5	> 82	> 35
4	від 5 до 12	від 78 до 82	від 30 до 35
3	від 12 до 25	від 70 до 78	від 25 до 30
2	> 25	< 70	< 25

Відсоток нерозлуснених зерен розраховують за формулою 3, а вихід готової продукції – за формулою 4.

Комплексна оцінка ліній і гібридів кукурудзи розлусної за технологічними показниками зерна розраховується, як сума балів трьох ознак за наступною шкалою: відмінно – 15 балів, добре – від 12

до 14 балів, задовільно – від 9 до 11 балів та незадовільно – від 6 до 8 балів.

3.5. Визначення об'ємного розширення зерна самозапилених ліній і гібридів кукурудзи розлусної

Для визначення об'ємного розширення зерна відбирають дві наважки масою 10 г. Підраховують кількість зерен в наважці.

Розлуснення зерна проводять за допомогою апарату «Clatronic PM 3635». Для підтримання однакової початкової температури апарату, кожний наступний зразок розлускується через 15 хв. після попереднього. Після закінчення «вибухання» зерна готовий продукт розстеляють на столі і проводять наступні дії:

- підраховують кількість нерозлуснених зерен і кількість зерен, з відповідним типом розлуснення;
- повністю розлуснене зерно зважують та вимірюють його об'єм за допомогою градуйованого циліндру на 1000 см³;
- за формулою 5 визначають об'ємне розширення зерна.

Для комерційних гібридів величина ОРЗ мусить бути більше ніж 40 см³/г.

3.6. Типи розлуснення зерна кукурудзи розлусної

В Україні до останнього часу для визначення типу розлуснення зерна користувалися Методикою проведення експертизи сортів рослин кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.) на відмінність, однорідність і стабільність (ВОС). За цією методикою розрізняють такі типи розлуснення, як «кулястий», «метелик» і «проміжний».

З метою приведення до деякої відповідності української термінології до міжнародної, ми пропонуємо розділити проміжний тип розлуснення на «гриб» і «троянда». На рисунку 2 представлені типи розлуснення зерна кукурудзи розлусної.



Рис. 2. Типи розлуснення зерна кукурудзи розлусної

У таблиці 2 наведена відповідність українських назв типів розлуснення зерна міжнародним.

Таблиця 2. Типи розлуснення зерна кукурудзи розлусної

<i>Міжнародна назва</i>	<i>Українська назва</i>
Гриб	Кулястий
Метелик, односторонні попкорн-пластівці	Гриб
Метелик, двосторонні попкорн-пластівці	Метелик
Метелик, багатосторонні попкорн-пластівці	Троянда

У зв'язку з тим, що під час розлуснення зерна найчастіше утворюються всі типи, ми пропонуємо ввести поняття «переважний тип розлуснення», тобто, такий тип, який у 2 повтореннях дорівнював або перевищував 75 %. Для визначення переважного типу розлуснення в кожному повторенні і для кожного зразка попкорну підраховують кількість попкорн-пластівців, які належать до «кулястого» типу, «метелика», «гриба» і «троянди», потім дані підсумовують і визначають відсоток кожного типу розлуснення від загальної кількості попкорн-пластівців.

3.7. Смакові якості попкорну

Смакові якості попкорну відмічають відразу після розлуснення в кожному повторенні окремо за 5-ти бальною шкалою, де 5 балів – це найкращий смак (табл. 3).

Таблиця 3. Параметри оцінювання смакових якостей попкорну

<i>Оцінка зразка, бал</i>	<i>Запах</i>	<i>Смак</i>	<i>Консистенція</i>	<i>Оболонки зернівки (лушпиння)</i>
5	Приємний	Солодкуватий	Хрустка й ніжна. Пластівці повністю «тануть» у роті	Дуже дрібні, не відчуються під час споживання
4	Приємний	Солодкуватий	Хрустка й жорстка. Пластівці частково «тануть» у роті	Часточки лушпиння відчуються під час споживання
3	Приємний	Солодкуватий	В'язка й жорстка. Пластівці прилипають до зубів	Часточки лушпиння відчуються під час споживання
2	Підгорілі й неповністю розлусненні пластівці не дегустували			

Підгорілі, з неприємним запахом, а також не повністю розлущенні зерна не дегустують, а оцінюють на 2 бали.

Остаточний результат смакових якостей попкорну у самозапилених ліній і гібридів кукурудзи розлущної визначають, як середнє за 2 повтореннями.

4. Визначення об'єму попкорну з 1 гектару посіву

Для визначення найкращих гібридів кукурудзи розлущної з високими врожайними й технологічними показниками зерна пропонуємо використовувати суперознаку, або об'єм попкорну з 1 га посіву, яка розраховується за формулою 6:

$$\text{ОПНГ} = Y \times \text{ОРЗ},$$

де Y – урожайність зерна (т/га);

ОРЗ – об'ємне розширення зерна ($\text{см}^3/\text{г}$).

Застосування вище наведеної методики дозволить всебічно оцінювати як селекційний матеріал, так і комерційні гібриди кукурудзи розлущної, що впроваджуються у виробництво.

Список використаної літератури

1. Бабиченко Л. В., Сорочинская Е. Н. Ошибки при определении объема воздушной кукурузы. *Кукуруза*. 1967. № 12. С. 28–29.
2. Hallauer A. R. Specialty corn: CRC Press LLC. 2001. P. 205–240. URL: <http://pustakapertanianub.staff.ub.ac.id/files/2012/12/Specialty-Corns.pdf>.
3. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність. / Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С. О.; укл. Костенко Н. П., Гринів С. М. та ін. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 164 с.
4. Иванов И. Е. Методика для технологической оценки селекционного материала. *Кукуруза*. 1976. № 11. С. 25–26.
5. Sweley J. C., Rose D. J., Jackson D.S. Composition and sensory evaluation of popcorn flake polymorphisms for a select butterfly-type hybrid. *Cereal Chemistry*. 2011. Vol. 88, No. 3. P. 321–327. DOI: 10.1094/cchem-09-10-0129.
6. Amaral Júnior A. T., Santos A., Gerhardt I. F. S., Kurosawa R. N. F. et al. Proposal of a super trait for the optimum selection of popcorn progenies based on path analysis. *Genetics and Molecular Research*. 2016. Vol. 15, No. 4. P. 1–9. DOI: 10.4238/gmr15049309.

Наклад 100 примірників

2023 рік