

УДК 633.15:631.52.

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.29>

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РОЗЛУСНОЇ (*ZEА MAYS L. EVERTA STURT.*)

КУПРІЧЕНКОВ Д.С. – доктор філософії

orcid.org/0000-0003-0543-0686

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Комерційна цінність гібридів кукурудзи розлусної (*Zea mays L. everta Sturt.*) залежить від величини і стабільності прояву основних технологічних показників зерна, таких як об'ємне розширення зерна (*ropping expansion*), відсоток нерозлуснених зерен (*unpropped kernels*), тип розлуснення зернівки (*type of popcorn*) і смакові якості попкорну. Незважаючи на генетичну зумовленість цих показників, для досягнення оптимальних результатів потрібно враховувати вплив різноманітних чинників, які можуть кардинально погіршити як кількість, так і якість готової продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Об'ємне розширення зерна (ОРЗ) є галузевим стандартом вимірювання якості попкорну в США та інших країнах [1–3]. Воно розраховується за формулою: $ОРЗ = \frac{V}{m}$, де V – об'єм розлуснених зерен (см³), m – маса зерна (г). Комерційні гібриди кукурудзи мають ОРЗ більше 40,0 см³/г і однорідний тип розлуснення. Величина ОРЗ залежить не лише від генотипу гібрида, але й від вологості зерна при розлусненні, способу розлуснення, розміру зернівки та інше.

Розлуснення зерна за допомогою апарату з гарячим повітрям було більш ефективнішим і результативнішим, ніж використання мікрохвильової печі. За першим методом отримали найбільший об'єм попкорну і меншу кількість нерозлуснених зерен [4].

Вологість зерна при розлусненні значною мірою впливає як на об'єм попкорну, так і на кількість нерозлуснених зерен, оскільки від неї залежить тиск, який буде всередині зернівки під час нагрівання: низька вологість не дозволить досягти внутрішнього тиску пари, необхідного для розлуснення, а її високий вміст зменшить жорсткість оплодня і знизить швидкість розлуснення [5]. Вважається, що кукурудза найкраще «вибухає» за вологості зерна 13,5–14,0% [6–8].

Біотичні і абіотичні чинники середовища впливають як на якість зерна розлусної кукурудзи, так і на кількість нерозлуснених зерен. Середнє значення нерозлуснених зерен залежно від року вирощування змінювалося від 6,72% у 2006 р. до 4,86% у 2008 р. З огляду на середні значення, генотипи TSM-05-05 та TSM-05-06 мали найнижчий відсоток нерозлуснених зерен – 2,8%, а сорт Кофкомпрозіт – найвищий – 10,1%, що, можливо, пояснюється високою гетерогенністю розмірів зерен [9].

Р. А. А. Ranathunga та ін. [10] встановили значні розбіжності щодо ОРЗ різних попкорн-пластівців. Так, до сортування об'ємне розширення зерна кукурудзи розлусної дорівнювало 10–11 см³/г, а після – односторонні попкорн-пластівці – 9,34 см³/г, двосторонні – 8,86 см³/г та багатосторонні – 12,29 см³/г.

J. C. Sweley та ін. [11] досліджували попкорн, виготовлений у мікрохвильовій печі в діапазоні мікрохвильової потужності (750–1240 Вт) з додаванням олії (0–30%) із зерна трьох гібридів кукурудзи розлусної, які вирощувалися в трьох різних середовищах. Встановлено, що тип розлуснення змінювався від 1 до 24% односторонніх, від 20 до 55% – двосторонніх і від 31 до 68% – багатосторонніх попкорн-пластівців за всіма групами. На відносний відсоток кожного типу розлуснення впливав генотип гібрида, місце вирощування, співвідношення кукурудза – олія та потужність мікрохвильової печі.

Серед чинників, які впливають на кількість і якість попкорну, найменш дослідженим є питання оптимального часу для проведення розлуснення зерна. Встановлено, що за час післязбирального досягання волога в зерні приходить у стан рівноваги з відносною вологістю повітря, у результаті чого, досягається найбільш рівномірне її розміщення в межах зернівки, що сприяє найкращому її розлусненню під час нагрівання [1].

О. J. Margues та ін. [12] проводили розлуснення зерна через 30 днів після збирання для стабілізації вмісту вологи в зерні між 11% і 13%. V. Y. Srinivasa та ін. [13] безпосередньо після збору врожаю протягом 6 тижнів тримали зерно розлусної кукурудзи в кімнаті з кондиціонером для врівноваження вологи в межах 14%, після чого помістили зерно в марковані, герметичні пластикові банки для тривалого збереження.

L. Parsons, O. Rodriguez та D. R. Holding зіплі качани розлусної кукурудзи без обгортки в сітчастих мішках висувували в теплом, добре провітрюваному приміщенні. Першу партію качанів на розлуснення перевірили через 2 тижні. Потім щотижня повторювали процедуру до досягнення найкращого результату. Після цього зерно обмолочували і зберігали в герметичному контейнері [14].

Після шести місяців зберігання зерна вологістю 13% за температур 5 °C, 15 °C, 25 °C та 35 °C об'ємне розширення зерна зменшилось в порівнянні з вихідним значенням на 2,94 см³/г; 5,47 см³/г; 8,54 см³/г та 9,30 см³/г [15]. Зберігання за температури 35 °C сприяло збільшенню часу розлуснення і кількості нерозлуснених зерен та зменшенню об'єму готової продукції, а також зниженню електропровідності, рН та розчинності білків попкорну. Попкорн, приготовлений із зерна, яке зберігалось за температури 15 °C, показав найбільші розміри попкорн-пластівців та вищу привабливість для покупців, ніж попкорн, за інших температур зберігання.

Мета. Мета досліджень полягала у вивченні впливу тривалості періоду від збирання до розлуснення на технологічні показники зерна кукурудзи розлусної.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалом для проведення досліджень були 14 експериментальних трилінійних гібридів кукурудзи розлусної власної селекції. Дослід проводився в 2024 р. в лабораторії селекції кукурудзи середньостиглих і середньопізніх гібридів Державної установи Інститут зернових культур НААН.

Технологічні показники зерна вивчали за методикою, розробленою в ДУ ІЗК НААН в 2023 р. [16]. Оскільки погодні умови 2024 р. були жаркі і посушливі, станом на 5 жовтня всі гібриди повністю достигли і збиральна вологість зерна була менше 14%. Тому зерно в качанах не досушувалося, а було обмолочено вручну на 5 добу після збирання. Вологість зерна вимірювали вологоміром He lite. Після обмолоту зерно тримали в герметичних пакетах в добре провітрюваному приміщенні за температури 5–15%. Розлуснення зерна проводили за допомогою апарату з гарячим повітрям Clatronic PM 3635 на 5, 25, 45, 60, 75 та 90 добу після збирання. Окремо по кожному гібриду визначали ОРЗ, відсоток нерозлуснених зерен та кількість попкорн-пластівців за кожним типом розлуснення.

Математичну обробку даних проводили на персональному комп'ютері з використанням спеціальних прикладних програм Microsoft Office Excel (Statistica). Статистичну достовірність експериментальних даних розраховували за П. П. Літуном та ін. [17].

Результати досліджень. У результаті проведених досліджень було встановлено, що гібриди кукурудзи розлусної мали статистично достовірні відмінності за вологістю і об'ємним розширенням зерна (табл. 1).

Вологість зерна у гібридів коливалася в межах від 13,0% до 13,5%, що зважаючи на літературні дані, повинно було забезпечити високий рівень розлуснення.

Об'ємне розширення зерна варіювало від 25,5 см³/г до 47,5 см³/г, а середні значення ознаки змінювалися від 34,0 см³/г на 5 добу після збирання до 39,6 см³/г – на 60 добу. У 50% гібридів найвище значення ОРЗ спостерігалось на 60 добу після збирання; у 29% гібридів – на

90 добу; у 14% гібридів – на 75 добу, а у 7% гібридів – на 45 добу.

На 45 добу після збирання у гібрида розлусної кукурудзи (Веселка × РР 2) стабілізувалось значення об'ємного розширення зерна – 40,0 см³/г; на 60 добу – у гібридів (Веселка × РВ 6) – 41,5 см³/г, (Циклон × РС 19) – 47,0 см³/г та (Циклон × РК 25) – 47,5 см³/г; на 75 добу – у гібридів (Шанс × РС 11) – 41,5 см³/г та (Корал × РВ 1) – 45,5 см³/г.

В цілому у 93% гібридів кукурудзи розлусної спостерігалось підвищення об'ємного розширення зерна з 5 доби на 60 добу, а після 60 доби воно залишалось незмінним у 29% гібридів, підвищувалося – у 42% гібридів, і зменшувалося – у 29% гібридів.

Аналізуючи середні значення ОРЗ бачимо, що воно зросло з 5 до 60 доби на 5,6 см³/г, а з 60 до 90 доби – зменшилось на 0,5 см³/г. На 60 добу після збирання у 7 гібридів кукурудзи розлусної було ОРЗ ≥ 40,0 см³/г, а на 90 добу – у 9 гібридів. Найкращою за об'ємним розширенням зерна була гібридна комбінація (Циклон × РК 25) – 47,5 см³/г.

Відсоток нерозлуснених зерен у гібридів кукурудзи розлусної варіював від 0% до 10,6%, а середні значення цього показника змінювалися від 2,51% до 3,14% (табл. 2).

У 60% гібридів протягом усього періоду дослідження відсоток нерозлуснених зерен не перевищував 5%, що відповідає оцінці «відмінно» [16]. На 5 добу після збирання оцінку 5 балів мав 71% гібридів; на 25 добу – 86% гібридів; на 45–75 добу – 93% гібридів; на 90 добу – 78% гібридів. Найвищі відсотки нерозлуснених зерен були у гібрида (Веселка × ІКР 1). Значення цього показника варіювало від 6,4% до 10,6%.

Тривалість періоду від збирання до розлуснення також впливала на тип розлуснення зерна. На 5 добу, в залежності від генотипу гібрида, відсоток попкорн-пластівців «метелик» (*bilateral popcorn flakes*) варіював від 0% до 56%, «тро-янда» (*multilateral popcorn flakes*) – від 7% до 63%; «гриб»

Таблиця 1

Об'ємне розширення зерна гібридів кукурудзи розлусної, см³/г

Назва гібрида	Вологість зерна, %	Час розлуснення, доба					
		5	25	45	60	75	90
Шанс × РС 11	13,2	36,0	39,5	39,5	41,0	41,5	41,5
Шанс × РК 25	13,2	31,5	36,0	38,5	41,0	36,0	33,0
Шанс × РП 60	13,3	33,0	34,5	34,5	35,0	35,5	36,5
Веселка × РП 61	13,5	37,0	39,0	39,0	42,5	42,0	42,0
Веселка × РР 1	13,4	31,0	35,5	38,0	38,5	39,5	40,5
Веселка × РР 2	13,3	36,5	39,5	40,0	40,0	40,0	40,0
Веселка × РР 7	13,4	25,5	28,5	33,0	35,0	33,5	33,5
Веселка × ІКР 11	13,5	28,5	29,0	30,0	31,0	28,5	27,0
Веселка × РВ 6	13,5	39,0	41,0	40,0	41,5	41,5	41,5
Циклон × РС 5	13,4	27,5	30,0	31,0	31,0	31,0	31,5
Циклон × РС 19	13,3	41,5	43,5	45,5	47,0	47,0	47,0
Циклон × РК 25	13,0	39,5	41,0	46,0	47,5	47,5	47,5
Корал × РР 2	13,2	32,5	35,0	37,0	39,0	38,0	40,0
Корал × РВ 1	13,5	37,0	41,5	42,5	45,0	45,5	45,5
$\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$	13,3 ± 0,11	34,0 ± 2,1	36,7 ± 2,8	38,2 ± 1,4	39,6 ± 2,7	39,1 ± 1,7	39,1 ± 0,9
HIP _{0,05}	0,15	2,89	3,90	1,94	3,80	2,40	1,27

Таблиця 2

Нерозлуснені зерна, %

Назва гібрида	Час розлуснення, доба					
	5	25	45	60	75	90
Шанс × PC 11	0,0	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6
Шанс × PK 25	3,7	1,5	1,5	3,9	2,4	6,1
Шанс × PP 60	3,2	1,6	5,0	3,3	4,1	3,3
Веселка × PP 61	2,6	1,7	1,8	0,9	0,0	1,8
Веселка × PP 1	6,5	3,7	0,9	3,8	2,8	2,8
Веселка × PP 2	0,7	3,6	2,2	0,0	0,7	0,8
Веселка × PP 7	6,0	9,7	1,8	2,7	2,7	5,2
Веселка × IKP 11	6,4	10,6	9,0	8,3	9,1	8,4
Веселка × PB 6	0,7	0,7	1,5	3,0	4,3	0,8
Циклон × PC 5	1,9	1,9	2,8	4,8	3,8	0,9
Циклон × PC 19	0,7	2,8	1,4	2,8	1,4	0,0
Циклон × PK 25	0,8	1,6	2,4	0,8	0,8	0,0
Корал × PP 2	3,6	1,5	0,8	4,7	1,5	2,2
Корал × PB 1	5,8	1,5	2,4	3,8	2,3	3,1
$\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$	3,00 ± 0,8	3,12 ± 0,8	2,51 ± 0,7	3,14 ± 0,6	2,66 ± 0,7	2,63 ± 0,8

Таблиця 3

Розподіл попкорну за типом розлуснення зерна, %

Назва гібрида	5 доба після збирання				60 доба після збирання				90 доба після збирання			
	M*	T	G	K	M	T	G	K	M	T	G	K
Шанс × PC 11	31	24	26	19	69	14	11	6	76	5	19	0
Шанс × PK 25	23	20	13	45	75	10	8	7	84	0	16	0
Шанс × PP 60	6	40	32	22	60	13	25	3	60	14	20	5
Веселка × PP 61	26	20	14	40	57	22	4	17	66	17	6	11
Веселка × PP 1	0	35	7	58	54	14	22	10	71	6	23	0
Веселка × PP 2	27	14	40	19	58	10	26	6	63	6	31	0
Веселка × PP 7	16	44	11	29	45	20	22	12	55	19	21	5
Веселка × IKP 11	9	32	8	51	47	26	16	10	37	34	23	6
Веселка × PB 6	0	63	21	17	77	11	10	2	88	4	8	0
Циклон × PC 5	8	38	25	29	46	27	27	0	25	22	41	12
Циклон × PC 19	56	7	37	0	98	1	1	0	97	2	1	0
Циклон × PK 25	35	26	39	0	72	10	18	0	85	5	10	0
Корал × PP 2	2	29	66	3	75	2	23	0	87	3	10	0
Корал × PB 1	40	22	37	0	52	16	32	0	66	14	20	0
Середнє	20	30	27	24	63	14	18	5	69	11	18	3

Примітка: * M – тип розлуснення «метелик»; T – тип розлуснення «троянда»; G – тип розлуснення «гриб»; K – тип розлуснення «кулястий».

(unilateral popcorn flakes) – від 7% до 65% та «кулястий» (mushroom-shaped popcorn) – від 0% до 58% (табл. 3).

Жоден із гібридів не мав «переважного типу розлуснення», тобто, такого типу, який би у 2 повтореннях мав 75% і більше (16). На 60 добу після збирання 4 гібрида, або 29% мали переважний тип розлуснення – «метелик», а на 90 добу таких гібридів було 6, або 48%.

Аналізуючи склад попкорну на 5, 60 та 90 добу після збирання було встановлено, що середній відсоток попкорн-пластівців типу «метелик» зростав – 20%, 63% та 69%, відповідно. На противагу цьому, відсоток інших попкорн-пластівців зменшувався: «троянда» – 30%, 14%, 11%; «гриб» – 27%, 18%, 18% та «кулястий» – 24%, 5%, 3%, відповідно.

В табл. 4 представлена кореляційна залежність між часом розлуснення і технологічними показниками зерна.

Час розлуснення зерна мав сильний позитивний зв'язок з об'ємним розширенням зерна та типом розлуснення «метелик» і сильний негативний зв'язок з типами розлуснення «троянда», «гриб» і «кулястий». Сильний прямий зв'язок був встановлений між об'ємним розширенням зерна і типом розлуснення «метелик», тоді як з іншими типами розлуснення зв'язок був сильний обернений. Відсоток нерозлуснених зерен мав негативний зв'язок середньої сили з часом розлуснення та позитивний зв'язок середньої сили з типом розлуснення «гриб».

Висновки. Встановлено, що тривалість періоду від збирання кукурудзи розлусної до розлуснення зерна

Таблиця 4

Кореляційна залежність між часом розлуснення та технологічними показниками зерна кукурудзи розлусної

Назва показника	Час розлуснення зерна, доба	Об'ємне розширення зерна, см ³ /г	Нерозлуснених зерен, %	Тип розлуснення "метелик", %	Тип розлуснення "тройянда", %	Тип розлуснення "гриб", %	Тип розлуснення "кулястий", %
Час розлуснення зерна, доба	1,00						
Об'ємне розширення зерна, см ³ /г	*0,89	1,00					
Нерозлуснених зерен, %	*-0,54	-0,38	1,00				
Тип розлуснення "метелик", %	*0,97	*0,97	-0,47	1,00			
Тип розлуснення "тройянда", %	*-0,96	*-0,97	0,44	*-0,99	1,00		
Тип розлуснення "гриб", %	*-0,88	*-0,97	*0,55	*-0,96	*0,94	1,00	
Тип розлуснення "кулястий", %	*-0,98	*-0,93	0,43	*-0,98	*0,95	*0,91	1,00

Примітка. * – Істотно при 5% рівні значущості.

впливає на технологічні показники зерна. Із збільшенням часу збільшується об'ємне розширення зерна і зменшується відсоток нерозлуснених зерен. Доведено, що розлуснення зерна треба проводити не раніше ніж на 60 добу після збирання. Виявлено, що із зростанням ОРЗ зростає відсоток попкорн-пластівців «метелик», тоді як відсоток інших типів розлуснення зменшується. Показано, що на 90 добу лише у 48% гібридів сформувався переважний тип розлуснення. Встановлено, що за результатами дослідження технологічних показників на 90 добу після збирання для комерційного використання підходять такі гібриди: (Циклон × PC 19) – об'ємне розширення зерна – 47,0 см³/г; розлуснення – 100%; тип розлуснення – «метелик» та (Циклон × PK 25) – об'ємне розширення зерна – 47,5 см³/г; розлуснення – 100%; тип розлуснення – «метелик».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Hallauer A. R. Specialty corn: CRC Press LLC. 2001. P. 205–240.
- Silva T. R. D. C., Amaral Júnior A. T. D., Gonçalves L. S. A., Candido L. S. et al. Agronomic performance of popcorn genotypes in Northern and Northwestern Rio de Janeiro State. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2013. Vol. 35. P. 57–63. DOI: 10.4025/actasciagron.v35i1.15694.
- Srdić J., Milašinović-Šeremešić M., Radosavljević M., Kravić N. et al. Evaluation of agronomic and sensory characteristics of the popcorn kernel. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 2017. Vol. 21, No. 4. P. 185–187.
- Shandu S. F. Genetic diversity, correlations and path coefficient analysis in popcorn (*Zea mays* L. everta). *Biology*. 2013. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Genetic-diversity%2C-correlations-and-path-analysis-Shandu/dc83e668d828e477902d2a1969ee5bd57acc68ff> (Last accessed: 01.05.2025).
- Cañizares L. D. C. C., da Silva Timm N., Ramos A. H., Neutzling H. P. et al. Effects of moisture content and expansion method on the technological and sensory properties of white popcorn. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2020. Vol. 22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100282>.
- Srdić J., Pajić Z., Filipović M., Sečanski M. The influence of moisture content of grain on popping volume of popcorn hybrids (*Zea mays* L. everta). *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 2015. Vol. 19, No. 1. P. 24–26. URL: <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=1821-44871501024S> (Last accessed: 01.05.2025).
- Gökmen S. Effects of moisture content and popping method on popping characteristics of popcorn. *Journal of Food Engineering*. 2004. Vol. 65, No. 3. P. 357–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.034>.
- Pajić Z., Srdić J., Todorović G. Effects of the popcorn grain moisture content on the popping volume. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi/PTEP*. 2006. Vol. 10, No. 3–4. P. 122–123. URL: <http://rik.mrizp.rs/handle/123456789/148> (Last accessed: 01.05.2025).
- Ahmet Ö. Z., Kapar H. Determination of grain yield, some yield and quality traits of promising hybrid popcorn genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*. 2011. Vol. 16, No. 2. P. 233–238. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/158731> (Last accessed: 01.05.2025).
- Ranathunga R. A. A., Gunasekara G. T. N., Wijewardana D. C. M. S. I. Quality performance, proximate composition and sensory evaluation of developed fla-voured instant popcorn. *Procedia food science*. 2016. Vol. 6. P. 143–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.034>.
- Sweley J. C., Rose D. J., Jia X., Williams R. A. et al. Effect of flake shape on packing characteristics of popped popcorn. *Journal of Food Engineering*. 2014. Vol. 127. P. 75–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.028>.
- Marques O. J., Filho P. S. V., Scapim C. A., Bonato C. M. et al. Sowing time of popcorn during the summer harvest under supplemental irrigation in Ferralic Nitisol and subtropical climate. *Australian Journal of Crop Science*. 2015. Vol. 9, No. 5. P. 413–423. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.221456993819438> (Last accessed: 01.05.2025).
- Srinivasa Reddy V., Chandramohan Y., Rao N. V. and Krishna L. Character association and path analysis in

- popcorn (*Zea mays* var. *everta*). *Crop Research*. 2003. Vol. 25, No. 2. P. 297–300. <https://www.croprosearch.org/volume-25-number-2-march-2003/> (Last accessed: 01.05.2025).
14. Parsons L., Rodriguez O., Holding D. R. Improved taste and texture in novel popcorn varieties compared to conventional lines. *Journal of Sensory Studies*. 2021. Vol. 36, No. 5. <https://doi.org/10.1111/joss.12687>.
 15. Paraginski R. T., Ziegler V., Peter M., Rockenbach B. A. et al. Physicochemical and sensory properties of popcorn grain stored at different temperatures. *Current Agricultural Science and Technology*. 2016. Vol. 22, No. 1. P. 14–23. URL: <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST> (Last accessed: 01.05.2025).
 16. Черчель В. Ю., Купріченков Д. С. Методика визначення технологічних показників зерна самоzapилених ліній і гібридів кукурудзи розлусної. ДУ ІЗК НААН. Дніпро, 2023. 15 с.
 17. Літун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацька В. П. Системний аналіз в селекції польових культур: навч. посіб. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2009. 354 с.
- REFERENCES:**
1. Hallauer, A. R. (2001). Specialty corn: CRC Press LLC, 205–240.
 2. Silva, T. R. D. C., Amaral Júnior, A. T. D., Gonçalves, L. S. A., Candido, L. S. et al. (2013). Agronomic performance of popcorn genotypes in Northern and Northwestern Rio de Janeiro State. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35, 57–63. DOI: 10.4025/actasciagron.v35i1.15694.
 3. Srdić, J., Milašinović-Šeremešić, M., Radosavljević, M., Kravić, N. et al. (2017). Evaluation of agronomic and sensory characteristics of the popcorn kernel. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 21 (4), 185–187.
 4. Shandu, S. F. (2013). Genetic diversity, correlations and path coefficient analysis in popcorn (*Zea mays* L. *everta*). *Biology*. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Genetic-diversity%2C-correlations-and-path-analysis-Shandu/dc83e668d828e477902d2a1969ee5bd57acc68ff> (Last accessed: 01.05.2025).
 5. Cañizares, L. D. C. C., da Silva Timm, N., Ramos, A. H., Neutzling, H. P. et al. (2020). Effects of moisture content and expansion method on the technological and sensory properties of white popcorn. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100282>.
 6. Srdić, J., Pajić, Z., Filipović, M., Sečanski, M. (2015). The influence of moisture content of grain on popping volume of popcorn hybrids (*Zea mays* L. *everta*). *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 9 (1), 24–26. URL: <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=1821-44871501024S> (Last accessed: 01.05.2025).
 7. Gökmen, S. (2004). Effects of moisture content and popping method on popping characteristics of popcorn. *Journal of Food Engineering*, 65 (3), 357–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.034>.
 8. Pajić, Z., Srdić, J., Todorović, G. (2006). Effects of the popcorn grain moisture content on the popping volume. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi/PTE*, 10 (3–4), 122–123. URL: <http://rik.mrizp.rs/handle/123456789/148> (Last accessed: 01.05.2025).
 9. Ahmet, Ö. Z., Kapar, H. (2011). Determination of grain yield, some yield and quality traits of promising hybrid popcorn genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 16 (2), 233–238. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/158731> (Last accessed: 01.05.2025).
 10. Ranathunga, R. A. A., Gunasekara, G. T. N., Wijewardana, D. C. M. S. I. (2016). Quality performance, proximate composition and sensory evaluation of developed fla-voured instant popcorn. *Procedia food science*, 6, 143–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.034>.
 11. Sweley, J. C., Rose, D. J., Jia, X., Williams, R. A. et al. (2014). Effect of flake shape on packing characteristics of popped popcorn. *Journal of Food Engineering*, 127, 75–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.028>.
 12. Marques, O. J., Filho, P. S. V., Scapim, C. A., Bonato, C. M. et al. (2015). Sowing time of popcorn during the summer harvest under supplemental irrigation in Ferralic Nitisol and subtropical climate. *Australian Journal of Crop Science*, 9 (5), 413–423. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.221456993819438> (Last accessed: 01.05.2025).
 13. Srinivasa Reddy, V., Chandramohan, Y., Rao, N. V. & Krishna, L. 2003. Character association and path analysis in popcorn (*Zea mays* var. *everta*). *Crop Research*, 25 (2), 297–300. <https://www.croprosearch.org/volume-25-number-2-march-2003/> (Last accessed: 01.05.2025).
 14. Parsons, L., Rodriguez, O., Holding, D. R. (2021). Improved taste and texture in novel popcorn varieties compared to conventional lines. *Journal of Sensory Studies*, 36 (5). <https://doi.org/10.1111/joss.12687>.
 15. Paraginski, R. T., Ziegler, V., Peter, M., Rockenbach, B. A. et al. (2016). Physicochemical and sensory properties of popcorn grain stored at different temperatures. *Current Agricultural Science and Technology*, 22 (1), 14–23. URL: <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST> (Last accessed: 01.05.2025).
 16. Cherchel' V. YU., Kuprichenkov D. S. (2023). Metodyka vyznachennya tekhnolohichnykh pokaznykiv zerna samozapylennykh liniy i hibrydiv kukurudzy rozlusnoyi. [Methodology for determining technological indicators of grain of self-pollinated lines and hybrids of husked corn]. DU IZK NAAN. Dnipro, N. p. [in Ukrainian].
 17. Litun P. P., Kyrychenko V. V., Petrenkova V. P., & Kolomats'ka, V. P. (2009). Systemnyy analiz v selektsiyi pol'ovykh kul'tur: navch. posib. Instytut rosllynnytstva im. V. YA. Yur'yeva. [Institute of Plant Breeding named after V. Ya. Yuriev]. Kharkiv, N. p. [in Ukrainian].
- Купріченков Д.С. Особливості визначення технологічних показників зерна у гібридів кукурудзи розлусної (*Zea mays* L. *everta* Sturt.)**
- Мета.** Мета досліджень полягала у вивченні впливу тривалості періоду від збирання до розлуснення на технологічні показники зерна кукурудзи розлусної.
- Методи.** Дослід проводився в лабораторії селекції кукурудзи середньостиглих і середньопізніх гібридів Державної установи Інститут зернових культур НААН. Матеріалом для проведення досліджень були 14

експериментальних трилінійних гібридів кукурудзи розлусної власної селекції. Технологічні показники зерна вивчали за методикою, розробленою в ДУ ІЗК НААН в 2023 р. Розлуснення зерна проводили за допомогою апарату з гарячим повітрям Clatronic PM 3635 на 5, 25, 45, 60, 75 та 90 добу після збирання. Окремо по кожному гібриду визначали об'ємне розширення зерна (*popping expansion*), відсоток нерозлуснених зерен (*unpopped kernels*) та кількість попкорн-пластівців за кожним типом розлуснення (*type of popcorn*).

Результати. Об'ємне розширення зерна (ОРЗ) варіювало від 25,5 см³/г до 47,5 см³/г, а середні значення ознаки змінювалися від 34,0 см³/г на 5 добу після збирання до 39,6 см³/г – на 60 добу. У 50% гібридів найвище значення об'ємного розширення зерна спостерігалось на 60 добу після збирання. В цілому у 93% гібридів кукурудзи розлусної спостерігалось підвищення об'ємного розширення зерна з 5 добу на 60 добу, а після 60 добу воно залишалося незмінним у 29% гібридів, підвищувалося – у 42% гібридів, і зменшувалося – у 29% гібридів. Відсоток нерозлуснених зерен у гібридів кукурудзи розлусної варіював від 0% до 10,6%, а середні значення цього показника змінювалися від 2,51% до 3,14%. У 60% гібридів протягом усього періоду дослідження відсоток нерозлуснених зерен не перевищував 5%, що відповідає оцінці «відмінно». Тривалість періоду від збирання до розлуснення також впливала на тип розлуснення зерна. На 5 добу жоден із гібридів не мав «переважного типу розлуснення», тобто, такого типу, який би у 2 повтореннях мав $\geq 75\%$. На 90 добу після збирання переважний тип розлуснення був у 6 гібридів. Аналізуючи склад попкорну на 5, 60 та 90 добу після збирання було встановлено, що середній відсоток попкорн-пластівців типу «метелик» (*bilateral popcorn flakes*) становив 20%, 63% та 69%; «троянда» (*multilateral popcorn flakes*) – 30%, 14%, 11%; «гриб» (*unilateral popcorn flakes*) – 27%, 18%, 18% та «кулястий» (*mushroom-shaped popcorn*) – 24%, 5%, 3%, відповідно. Час розлуснення зерна мав сильний позитивний зв'язок з об'ємним розширенням зерна та типом розлуснення «метелик» і сильний негативний зв'язок з типами розлуснення «троянда», «гриб» і «кулястий».

Висновки. Встановлено, що тривалість періоду від збирання кукурудзи розлусної до розлуснення зерна впливає на технологічні показники зерна. Із збільшенням часу збільшується об'ємне розширення зерна і зменшується відсоток нерозлуснених зерен. Доведено, що розлуснення зерна треба проводити не раніше ніж на 60 добу після збирання. Виявлено, що із зростанням об'ємного розширення зерна зростає відсоток попкорн-пластівців «метелик», тоді як відсоток інших типів розлуснення зменшується. Показано, що на 90 добу лише у 48% гібридів сформувався переважний тип розлуснення. Встановлено, що за результатами дослідження технологічних показників на 90 добу після збирання для комерційного використання підходять такі гібриди: (Циклон $\times$ РС 19) – об'ємне розширення зерна – 47,0 см³/г; розлуснення – 100%; тип розлуснення – «метелик» та (Циклон $\times$ РК 25) – об'ємне розширення зерна – 47,5 см³/г; розлуснення – 100%; тип розлуснення – «метелик».

Ключові слова: об'ємне розширення зерна, нерозлуснені зерна, розлуснення, тип розлуснення зерна, попкорн-пластівці.

Kuprichenkov D.S. Features of determining the technological indicators of grain in hybrids of popcorn (*Zea mays L. everta* Sturt.)

Purpose. The purpose of the research was to study the influence of the duration of the period from harvesting to popping on the technological indicators of popcorn grain.

Methods. The experiment was conducted in the laboratory of breeding corn of mid-ripening and mid-late hybrids of SE Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The material for the research was 14 experimental trilinear popcorn hybrids of our own selection. Technological indicators of grain were studied according to the method developed at the SE Institute of Grain Crops of the NAAS in 2023. The Clatronic PM 3635 was used for popping at 5, 25, 45, 60, 75 and 90 days after harvest. The popping expansion, percentage of unpopped kernels and number of popcorn flakes were determined separately for each hybrid for each type of popping.

Results. Popping expansion (PE) varied from 25.5 cm³/g to 47.5 cm³/g, and the mean values of the trait varied from 34.0 cm³/g on day 5 after harvest to 39.6 cm³/g on day 60. In 50% of the hybrids, the highest PE was observed on the 60th day after harvesting. In general, 93% of popcorn hybrids showed an increase in PE from day 5 to day 60, and after day 60 it remained unchanged in 29% of hybrids, increased in 42% of hybrids, and decreased in 29% of hybrids. The percentage of unpopped kernels in popcorn hybrids varied from 0% to 10.6%, and the average values of this indicator varied from 2.51% to 3.14%. In 60% of the hybrids, the percentage of unpopped kernels did not exceed 5% throughout the study period, which corresponds to the assessment of "excellent". The length of the period from harvest to popping also affected the type of popcorn. On day 5, none of the hybrids had a "predominant type of popcorn," i.e., a type that had $\geq 75\%$ in 2 replicates. At 90 days after harvest, 6 hybrids had "predominant type of popcorn." Analyzing the composition of popcorn at 5, 60, and 90 days after harvest, it was found that the average percentage of "bilateral popcorn flakes" was 20%, 63%, and 69%; "multilateral popcorn flakes" – 30%, 14%, 11%; "unilateral popcorn flakes" – 27%, 18%, 18%, and "mushroom-shaped popcorn" – 24%, 5%, 3%, respectively. The time of popping had a strong positive relationship with the popping expansion and the bilateral popcorn flakes and a strong negative relationship with the multilateral popcorn flakes, unilateral popcorn flakes and mushroom-shaped popcorn types.

Conclusions. It was established that the duration of the period from popcorn harvesting to popping affects the technological indicators of grain. With increasing time, the popping expansion increases and the percentage of unpopped kernels decreases. It has been proven that popping should be carried out no earlier than 60 days after harvesting. It was found that with the increase in the popping expansion, the percentage of bilateral popcorn flakes increases, while the percentage of other popcorn flakes decreases. It was shown that on the 90th day only 48% of hybrids formed the predominant type of popcorn. It was established that, according to the results of the study of technological indicators, the following hybrids are suitable for commercial use 90 days after harvesting: (Cyclone $\times$ RS 19) – popping expansion – 47.0 cm³/g; popping – 100%; type of popcorn – "bilateral popcorn flakes" and (Cyclone $\times$ RK 25) – popping expansion – 47.5 cm³/g; popping – 100%; type of popcorn – "bilateral popcorn flakes".

Key words: popping expansion, unpopped kernels, popping, type of popcorn, popcorn flakes.