



Зберігання та переробка продукції

УДК 633.15 :
631.526.325/53.01

© 2023

ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ЇХ ЗБИРАННЯ ТА СУШІННЯ

М.Я. Кирпа ¹, Н.А. Боденко ², В.О. Кулик³

¹доктор сільськогосподарських наук, професор

^{2, 3}кандидати сільськогосподарських наук

Державна установа Інститут зернових культур НААН
вул. Вернадського Володимира, 14, м. Дніпро, 49009, Україна

e-mail: ¹⁻³inst_zerna@ukr.net

ORCID: ¹ 0000-0002-6893-8180; ²0000-0002-5881-4440; ³0000-0002-3701-8525

Надійшла 5.08.2022

Мета. Установити особливості формування якості насіння гібридів кукурудзи, визначити оптимальні строки збирання і способи сушіння, за яких можна отримати високоякісний насіннєвий матеріал та зменшити енерговитрати на його обробку. **Методи.** Лабораторні — для визначення показників посівної якості насіння (маса 1000 насінин, схожість, вологість), польовий — вивчення врожайних властивостей гібридів (урожайність сухого зерна); математико-статистичний — для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних з метою встановлення між ними достовірних відмінностей. Досліди зі збирання і сушіння здійснювали моделюванням на лабораторному обладнанні та у виробничих умовах із залученням промислових комбайнів і сушарок. **Результати.** Виявлено закономірності і показники формування якості насіння гібридів кукурудзи на стадіях їх дозрівання, збирання та сушіння. На стадії дозрівання збільшилася маса 1000 насінин фактична та в перерахунку на суху речовину, що відбувалося за підсихання зерна до вологості 28–30 % залежно від групи стиглості гібридів і погодно-кліматичних умов. На стадіях збирання – сушіння формувалася схожість насіння залежно від групи стиглості, вологості і термостійкості гібридів, кондиційного рівня (не нижче 92 %) схожості досягали за вологості 32–40 %. У процесі сушіння встановлено оптимальне співвідношення між температурою нагріву і вологістю насіння, за якого схожість підвищувалася на 2–8 % порівняно з контролем (вентилюванням качанів). **Висновки.** Для отримання високоякісного насіння кукурудзи його збирання рекомендується розпочинати за вологості 28–32 %, за якої настає фізіологічна стиглість гібридів. Для сушіння качанів із вологістю до 32 % температурний режим має бути в межах 35–40 °С, за нижчої вологості температуру можна підвищувати до 40–45 °С. З метою

зниження енерговитрат допускається сушіння насіннєвої кукурудзи в зерні, але за вологості не вище 22 % з контролюванням ряду показників — травми, сили росту, сортової чистоти насіннєвого матеріалу.

Ключові слова: насіннєвий матеріал, посівні якості, врожайні властивості, термостійкість, енерговитрати.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202302-09>

Якість насіння гібридів кукурудзи формується під впливом різних факторів, які проявляються під час вирощування, збирання та післязбиральної обробки. Значно впливають на якість способи збирання — сушіння кукурудзи, вони мають виконуватися з дотриманням певних техніко-технологічних правил і вимог. До обов'язкових правил належать збирання насіння за умови настання його повної фізіологічної стиглості і схожості, проведення сушіння залежно від термостійкості та вологовіддачі насінин. Обов'язковим є недопущення будь-якого травмування, сортового і механічного заміщення насіннєвого матеріалу.

У ряді робіт досліджено вплив різних факторів на формування і показники якості насіння гібридів кукурудзи залежно від умов їх збирання та способів сушіння. Зокрема, встановлено біохімічний склад і фізіологічні показники під час дозрівання зерна, виділено окремі фази його розвитку та стиглості. Виявлено, що повної фізіологічної стиглості насіння може досягати за вологості 40–45 % і нижче [1, 2]. Відзначено також, що візуальною ознакою фізіологічної стиглості є наявність чорного абсцизного шару на насінині в місці її кріплення зі стрижнем качана.

У досліджах, проведених різними авторами, встановлено закономірності формування якості насіння кукурудзи залежно від факторів, які можуть впливати на стадіях вирощування, збирання, обробки та зберігання [3–7]. Такими факторами є гідротермічний коефіцієнт при вирощуванні, способи збирання, температурний режим сушіння, наявність травмованого зерна, умови збереження посівного матеріалу.

Особливе значення у формуванні якості насіння кукурудзи мають способи сушіння, основним є сушіння в качанах, проте цей спосіб пов'язаний із досить значними

витратами теплової та електричної енергії. Більшою мірою витрати зростають під час сушіння батьківських форм кукурудзи — самозапилених ліній, для яких слід застосовувати м'які температурні режими і збільшувати експозицію сушіння з витратою енергії [8, 9].

Попри значний вплив способів збирання та сушіння на якість насіння кукурудзи залишаються нез'ясованими важливі обставини щодо формування якості, зокрема інтенсивність вологовіддачі і динаміка накопичення сухої речовини, енергія проростання і схожість насіння, його допустимий нагрів залежно від різних температур.

Неповними є також дослідження щодо нових способів сушіння, які можуть зменшувати витрату енергоресурсів, насамперед палива. До енергоощадних способів належить збирання качанів із наступним обмолотом і сушінням вологого зерна в зерносушарках, а також так зване пряме збирання з обмолотом і отриманням сухого зерна в полі. За різними даними, економія палива при застосуванні енергоощадних способів може бути 20–38 % порівняно з традиційним способом — збиранням качанів з їх сушінням до сухого стану та подальшим обмолотом [10]. Проте не виявлено впливу прямого збирання на життєздатність насіння під час його зберігання.

Мета досліджень — встановити особливості формування якості насіння гібридів кукурудзи, визначити оптимальні строки збирання та способи сушіння, за яких можна отримати високоякісний насіннєвий матеріал і знижувати енерговитрати на його отримання.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили в лабораторії методів збереження та стандартизації зерна Державної установи Інститут зернових культур НААН (ДУ ІЗК НААН) упродовж

2016–2021 рр. Об'єктом досліджень були гібриди селекції ДУ ІЗК НААН різних груп стиглості. Гібриди збирали за різної вологості, з них відбирали зразки насіння для визначення його якості в лабораторних і польових дослідях. У лабораторних дослідях установлювали вологість, масу 1000 насінин, енергію проростання і схожість згідно з чинними методами ДСТУ [11]. Крім того, використовували холодний тест, за яким схожість оцінювали в умовах, наближених до польових [12]. У польових дослідях визначали дружність появи сходів кукурудзи, схожість і врожайність гібридів із дотриманням методики, розробленої ДУ ІЗК НААН [13].

Вплив способів сушіння вивчали в лабораторно-модельних дослідях за різної вологості качанів і температури їх нагріву. Крім того, сушіння здійснювали у виробничих умовах в сушарках, які застосовували для кукурудзи, — камерних, призначених для качанів, і шахтних — для зерна. В окремому досліді вивчали способи енергозбереження, що передбачали збирання кукурудзи в качанах та зерні у вологому і сухому станах. Отримані результати обробляли математико-статистичними методами [14].

Результати досліджень. У дослідях виявлено особливості формування якості насіння

гібридів кукурудзи під час їх дозрівання. Установлено, що маса насіння формується значною мірою під впливом групи стиглості гібридів і погодно-кліматичних умов. Залежно від гібридів найбільшою маса була в середньостиглих у перерахунку на фактичну вологість і на суху речовину (табл. 1).

Погодні умови особливо впливали на масу насіння і за певних обставин навіть її зменшували. Такими обставинами були опади та високі температури повітря, які склалися після повного дозрівання гібридів ранньостиглої і середньоранньої груп. За нашими даними, зменшення маси за показником сухої речовини становило від 3–9% до 6–15% залежно від умов конкретних років. Фізіологічно причиною втрати сухої речовини було зволоження зерна від опадів на 0,8–2,5% та його інтенсивне дихання, що супроводжувалося гідролізом і розпадом запасних речовин.

Численними дослідями встановлено, що збирання кукурудзи з різною вологістю зерна може значно впливати на посівні якості та врожайні властивості насіння (табл. 2). Визначено, що за збиральної вологості 50,1–52,0% насіння вже має досить високу лабораторну схожість, але в польових умовах схожість і врожайність істотно

1. Динаміка маси 1000 насінин та накопичення сухої речовини гібридів кукурудзи під час їх дозрівання (середнє за 2016–2020 рр.)

Група стиглості гібридів	Вологість зерна, %	Маса 1000 насінин, г	
		фактично	абсолютно суха
Ранньостигла	48–50	212,0	183,3
	38–40	244,4	211,0
	28–30	290,1	248,8
	18–20	275,4	233,0
НІР ₀₅		8,0	7,0
Середньорання	48–50	244,1	214,0
	38–40	281,7	253,0
	28–30	312,8	272,3
	18–20	301,5	263,1
НІР ₀₅		9,5	7,1
Середньостигла	48–50	241,3	210,5
	38–40	317,0	273,3
	28–30	326,0	290,3
	18–20	336,6	296,1
НІР ₀₅		9,4	7,8

2. Схожість та врожайність насіння гібридів кукурудзи залежно від їх збиральної вологості та сортових особливостей (середнє за 2016–2020 рр.)

Вологість зерна, %	Схожість насіння, %			Урожайність зерна, т/га
	лабораторна		польова	
	стандарт-метод	холодний тест		
50,1–52,0	90	69	71	5,98
38,1–40,4	97	80	80	6,65
30,8–32,0	98	83	83	6,71
20,1–22,3	97	80	81	6,58
НІР ₀₅		3,1	2,8	0,25

знижуються. Під час збирання за вологості 38,1–40,4 % отримано насіння, яке за поєднаними якостями та врожайними властивостями майже не поступалося насінню, зібраному пізніше.

Деякі інші результати щодо якості отримано під час збирання за вологості 20,1–22,3%. За такої вологості зафіксовано зниження схожості і врожайності насіння порівняно з насінням, зібраним за вологості 31,8–32,0%. До такого зниження якості могло призвести надто пізнє збирання, за якого зростає ураження насіння хворобами, шкідниками та його травмування.

Вплив строків і способів збирання та сушіння на якість насіння гібридів кукурудзи вивчали в наших дослідженнях поєднано, оскільки ці процеси пов'язані між собою і можуть діяти комплексно. Виявлено, що при збиранні кукурудзи в качанах кращим було термічне сушіння, але за оптимальних температурних режимів, оптимізованих із вологістю і термостійкістю насіння. Оптимальними режимами були температури в межах 35–40 °С під час збирання качанів із різною вологістю, зокрема з підвищеною — 30,4–31,3% (табл. 3). При підсиханні качанів до вологості 19,8–21,3%

3. Вплив способів збирання і температурних режимів сушіння на схожість насіння гібридів кукурудзи (2018–2021 рр.)

Спосіб збирання–сушіння	Вологість зерна, %	Температурний режим, °С	Схожість, %		
			стандарт-метод	холодний тест	польова
Качани	30,4–31,3	20–25	95	82	80
		35–40	98	89	88
		40–45	95	80	78
	19,8–21,3	20–25	98	85	83
		35–40	98	87	85
		40–45	97	86	86
Зерно	30,4–31,3	20–25	92	83	80
		35–40	95	76	73
		40–45	90	70	68
	19,8–21,3	20–25	93	81	82
		35–40	97	86	84
		40–45	95	84	82
НІР ₀₅			2,1	3,2	

температуру можна підвищувати до 40–45 °С. Загалом підвищення схожості за термічного сушіння качанів при оптимальних режимах становило 2–8% порівняно з контролем — вентиляванням за низьких температур у межах 20–25 °С.

За іншого способу сушіння зерна кукурудзи можуть значно зменшуватися енерговитрати, тому його також вивчали в дослідях. Установлено, що за цього способу слід ураховувати 2 показники — вологість зерна і температурний режим, від яких залежить схожість насіння. У лабораторно-модельних дослідях схожість залишилася на високому рівні, якщо сушіння в зерні здійснювали за вологості 19,8–21,3%.

З урахуванням важливості і практичного значення енергоощадного способу збирання і сушіння насінневої кукурудзи в зерні нами проведено науково-виробничий дослід, який містить варіанти із залученням промислових комбайнів і сушарок. Перший варіант — збирання і сушіння вологих качанів кукурудзи з наступним їх обмолотом, другий — збирання вологих качанів, їх обмолот і сушіння вологого зерна, третій — збирання і обмолот сухих качанів, тому сушіння за третім варіантом досліджу не проводилося. Якість зібраного насіння досліджували під час зберігання, оскільки різні способи збирання-сушіння могли впливати на його господарчу довговічність. Із показників якості при зберіганні визначали схожість насіння за різними методами пророщування, результати наведено в табл. 4.

Виявлено різний вплив способів збирання–сушіння на схожість насіння гібридів

кукурудзи. За збирання–сушіння качанів у вологому стані з наступним обмолотом формується насіння з високою схожістю (стандарт-метод), яка майже не знижується впродовж 3-х років зберігання. Збирання вологих качанів із подальшим обмолотом і досушуванням зерна призводило до значного травмування насіння і як наслідок, до зниження схожості на 6 % порівняно з контролем після першого року зберігання. У разі збирання сухих качанів з одночасним обмолотом також зростало травмування насіння і знижувалася схожість на 5 % після 2-го року зберігання та на 12% — після 3-го року порівняно з контролем.

Більшою мірою знижувалася схожість насіння гібридів кукурудзи, яка визначалася за холодним тестом. За цим методом після першого року зберігання зниження становило 3–10% за таких способів, як збирання–обмолот вологих качанів — сушіння зерна та збирання сухих качанів–обмолот порівняно з контролем. Після 2-го року зберігання зниження схожості насіння становило 9–16%, 3-го року — 16–23%.

Крім лабораторних методів, схожість насіння визначали також у польових умовах, її результати були близькими до схожості, визначеної холодним тестом. Скажімо, після першого року зберігання зниження польової схожості насіння становило 5–11%, 2-го — 8–17%, 3-го — 18–25% порівняно з контролем, який включав збирання–сушіння вологих качанів із наступним обмолотом.

Аналізування отриманих результатів показує, що погіршення якості, передусім

4. Вплив способів збирання–сушіння на якість насіння кукурудзи під час його зберігання (2018–2020 рр.)

Спосіб	Вологість зерна під час збирання	Травмованість насіння	Схожість (%), роки зберігання		
	%		1	2	3
Збирання – сушіння – обмолот качанів (контроль)	20–22	35,0	97/90	95/89	95/86
Збирання – обмолот качанів – сушіння	20–22	68,0	91/80	85/73	78/63
Збирання – обмолот качанів без сушіння	13–14	55,0	96/87	90/80	83/70

Примітка. Чисельник–схожість за стандарт-методом, знаменник–схожість за холодним тестом.

схожості травмованого насіння, пов'язане з фізіологічними процесами, що відбуваються в насінині під час зберігання. До них належить посилене дихання зі втратою сухої речовини і, як наслідок, значне погіршення життєздатності насіння. Також у досліджах установлено, що під час зберігання травмованого насіння підвищується його кислотність унаслідок окиснення жирів, які є в зародковій частині насінини.

У досліджах виявлено операції, за яких відбувалося механічне травмування насіння, до них належали обмолот вологих качанів і сушіння кукурудзи в зерні. Поява механічних травм за цих операцій могла

спричинитися технікою та обладнанням, режимом їх роботи, які не відповідають обробці та отриманню високоякісного насіннєвого матеріалу. Пошкодження було внаслідок надто інтенсивних режимів обмолоту за підвищених обертів молотарок.

Виявлено також теплове травмування в разі інтенсивного сушіння вологого насіння в промислових зерносушарках. Відповідно до інструкції сушіння зерна кукурудзи проводили за температури теплоносія не вище 60 °С, нагріву насінини 45 °С, але і за таких умов теплова тріщинуватість перевищувала 50%, що призводило до зниження якості кукурудзи.

Висновки

Якість насіння гібридів кукурудзи значною мірою формується під час дозрівання та післязбиральної обробки залежно від способів їх збирання та сушіння. Виявлено, що вміст сухої речовини в насінині досягає максимуму за вологості зерна 28–30%. Настання фізіологічної стиглості і високої схожості відбувається за вологості 32–40% залежно від гібридів.

Із різних техніко-технологічних способів кращим є збирання і сушіння кукурудзи в качанах за оптимальних температурних режимів. Для насіння гібридів з вологістю до 32 % режим має бути в межах 35–40 °С, за нижчої вологості температуру можна

підвищувати до 40–45 °С. Установлено, що за вологості 20–22% можливе сушіння насіннєвої кукурудзи в зерні, але з контролем ряду показників — сортової чистоти, рівня травмування, схожості, визначеної методом холодного тесту (сили росту). Не рекомендується застосовувати способи збирання та сушіння в зерні для насіння гібридів кукурудзи, яке зберігатиметься тривалий час (понад 1–2 роки). На перспективу слід продовжити дослідження енергоощадних способів збирання та сушіння насіннєвої кукурудзи в зерні із застосуванням нових техніко-технологічних рішень і випробувань у виробничих умовах.

Курпа М.¹, Bodenko N.², Kulyk V.³

State establishment Institute of Grain Crops of NAAS, 14 V. Vernadskyi Str., Dnipro, 49009, Ukraine; e-mail: ¹⁻³inst_zerna@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-6893-8180; ²0000-0002-5881-4440; ³0000-0002-3701-8525

The quality of the seeds of corn hybrids subject to the methods of their harvesting and drying

Goal. To establish the peculiarities of the formation of the quality of the seeds of corn hybrids, to determine the optimal harvesting dates and drying methods, which can be used to obtain high-quality seed material and reduce energy costs for its processing. **Methods.** Laboratory — to determine indicators of the sowing quality of seeds (weight of 1000 seeds, germination, moisture); field — to study yield properties of hybrids (yield of dry grain); mathematical-statistical — for dispersion analysis

and statistical processing of data to establish reliable differences between them. Harvesting and drying experiments were carried out by simulation on laboratory equipment and in production conditions with the involvement of industrial harvesters and dryers. **Results.** Abnormalities and indicators of seed quality formation of corn hybrids at the stages of ripening, harvesting, and drying were revealed. At the stage of ripening, the mass of 1000 seeds increased, both actual and in terms of dry matter, which occurred when the grain dried to a moisture content of 28–30%, depending on the maturity group of the hybrids and weather and climate conditions. At the stages of harvesting and drying, the germination of seeds was formed depending on the group of ripeness, humidity, and heat resistance of hybrids, the condition level (not lower than 92%) of germination was reached at a humidity of 32–40%. In the drying process, the

optimal ratio between the heating temperature and the moisture of the seeds was established, during which the germination increased by 2–8% compared to the control (ventilation of the cobs). **Conclusions.** To obtain high-quality corn seeds, it is recommended to start harvesting at a humidity of 28–32%, at which the physiological maturity of hybrids occurs. For drying cobs with humidity up to 32%, the temperature regime should be within

35–40 °C, with lower humidity, the temperature can be increased to 40–45 °C. To reduce energy consumption, it is allowed to dry seed corn in grain, but at a humidity not higher than 22%, with the control of several indicators — injury, growth strength, and varietal purity of the seed material.

Key words: seed material, sowing qualities, yield properties, heat resistance, energy consumption.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202302-09>

Бібліографія

1. Циков В.С. Кукуруза: технологія, гібриди, семена. Днепропетровск: Зоря. 2003. 296 с.
2. Югенхеймер Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование; пер.с англ. Г. В. Дерягина, Н. А. Емельяновой; под ред. и с предил. Г. Е. Шмараева. Москва: Колос. 1979. 519 с.
3. Кіндрюк М.О., Соколов В.М., Вишневецький В.В. Насінництво з основами насіннезнавства. Київ: Аграрна наука. 2012. 264 с.
4. Макрушин М.М., Макрушина Є.М. Насінництво (методологія, теорія, практика). Сімферополь: ВД Аріал. 2012. 53 с.
5. Бібель Ю.О., Чернобай Л.М., Понуренко С.Г. та ін. Динаміка вологості зерна при досяганні ліній кукурудзи різних груп стиглості. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 8–16. doi:10.30835/2413–7510.2020.206932
6. Стюрко М.О. Формування схожості насіння гібридів кукурудзи в умовах Північного Степу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. №1 (39). С. 5–10.
7. Babkov A.V., Zhelobkova M.V. Study of physiological processes in Corn grain during storage under hermetic conditions. *Зернові продукти і комбікорми*. Березень, 2019. Т. 19. Вип. 1. С. 15–19.
8. Coradi P.C., Fernandes C.P., Helmsch J.C., Goneli A.D. Effects of drying air temperature and grain initial moisture on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Engenharia Agricola*. 2016. №36 (5). doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p866-876/2016
9. Claumann C.A., Cancelier A., Silva A. et al. Fitting semiempirical drying models using a tool based on wavelet neural networks: Modeling a maize drying process. *Journal of Food Process Engineering*. 2017. № 41 (1). P. 1–12. doi: 10.1111/jfpe.12633
10. Кургя М., Кulyk V., Kupar J., Stasiv O. Influence of a New Energy-Saving Drying Method on the Quality of Corn Seeds. *American Journal of Agriculture and Forestry*. V. 9. № 1. 2021. P. 1–6.
11. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України. 2003. 173 с.
12. Красновський С.А. Холодне пророщування (coldtest) як основний метод добору вихідного матеріалу при створенні холодостійких гібридів. *Селекція і насінництво*. 2011. № 100. С. 115–119.
13. Лебідь Є.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
14. Леснікова І.Ю., Харченко С.М. Основи роботи і вирішення задач сільського господарства в середовищі електронних таблиць EXCEL. Дніпропетровськ: Пороги. 2002. 147 с.