

# НАСІННИЦТВО І НАСІННЄЗНАВСТВО

УДК 633.15:631.563.2

## ***НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ ТА СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЙОГО ОБРОБКИ***

---

М.Я. Кирпа

Інститут зернового господарства УААН

Виявлені чинники, залежно від яких формується якість насіння кукурудзи на стадіях вегетації, дозрівання, збирання та обробки. Розроблені диференційовані температурні режими сушіння залежно від термостійкості гібридів і самозапилених ліній. Розрахований тепловий баланс камерних кукурудзосушарок, запропонована енергозберігаюча система сушіння шляхом рециркуляції теплоносія, яка знижувала витрату палива на 26%, електроенергії на 5%.

*Кукурудза, насіння, післязбиральна обробка, якість, сушіння, енергозбереження*

Забезпечення стабільно високого рівня врожайності кукурудзи значним чином залежить від якості підготовленого для сівби насінневого матеріалу. Фундаментальними дослідженнями, проведеними в Інституті рослинництва, Селекційно-генетичному Інституті, Інституті зернового господарства, Кримському агротехнологічному університеті, Харківському аграрному університеті та інших, доведено, що віддача продуктивності рослини від якісного насіння складає 20% і вище [1- 5].

Проте, аналіз багатьох партій насіння кукурудзи, підготовлених до сівби, свідчить про його незадовільні сортові, посівні і врожайні властивості. Насіння має низьку гібридність (типовість), воно значною мірою травмоване, не вирівняне, характеризується доволі різноякісним складом. Встановлено, що проблеми з якістю розпочинаються ще з поля і підтримання сортової чистоти, посилюються при збиранні, обробці і зберіганні. Причинами такого становища є слабо розвинена матеріально-технічна база, порушення технологічних вимог, недостатній контроль за процесами вирощування і підготовки насіння кукурудзи.

Існують також причини науково-теоретичного характеру. Порів-

няно слабким є наукове забезпечення процесів підготовки насіння кукурудзи в технологіях, пов'язаних з обробкою, недостатньо враховані закономірності формування його якості та особливості виконання окремих технологічних процесів. Основні наукові положення базуються на обмеженому генетичному матеріалі, концептуально не пов'язані з енергозбереженням та забезпеченням високих сортових, посівних і врожайних якостей насіння.

У зв'язку з цим значну актуальність мають дослідження, спрямовані на розробку нових і удосконалення чинних техніко-технологічних методів поліпшення якості насіння сучасного асортименту гібридів кукурудзи, а також їх батьківських форм. Ці методи повинні забезпечувати не тільки високу якість кукурудзи, а й бути достатньо енергозберігаючими, оскільки її обробка потребує значних об'ємів енергії.

Виходячи з цих передумов метою роботи було проведення аналізу і встановлення науково-теоретичних закономірностей формування якості насіння на стадіях його дозрівання і післязбиральної обробки, обґрунтування способів і режимів виконання окремих технологічних процесів підготовки насіннєвого матеріалу з урахуванням особливостей гібридів кукурудзи та їх батьківських форм з обов'язковими елементами енергозбереження.

Для проведення аналізу були використані дані збирання та обробки насіннєвого матеріалу різних гібридів і самозапилених ліній, а також результати роботи кукурудзообробних заводів, дослідних станцій та господарств за багаторічний проміжок часу. Дослідження якості та вивчення окремих показників вели за методами ДСТУ, ГОСТ, загальноприйнятих агротехнічних і технологічних вимог [6-7].

В дослідях встановлені основні чинники, залежно від яких формується якість насіння в процесі його дозрівання і збирання: температура і відносна вологість повітря, забезпеченість вологою, заморозки критичного рівня. Важливе значення при цьому має співвідношення окремих показників, наприклад, температури і суми опадів, що виражається у вигляді гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Від гідротермічного коефіцієнта залежить динаміка накопичення сухої речовини, синтез високомолекулярних сполук, в тому числі тих, з яких безпосередньо складаються посівні та врожайні властивості насіння.

Так, за роки досліджень (2000-2007 рр.) гідротермічний коефіцієнт у періоди вегетації-дозрівання кукурудзи був різним і складав 0,26-1,89. Від цього відповідним чином змінювалась схожість насіння: знижувалась при значеннях ГТК більше 1,0 і підвищувалась при значеннях менше 1,0 (табл. 1). При найменшому значенні ГТК (2005, 2007 рр.) схожість була найвищою за роки досліджень. Отже, відносно суха і тепла погода під час

дозрівання сприяє не тільки підсиханню зерна, а й формуванню підвищеної якості насіння. Таке насіння відрізняється посиленою стійкістю при зберіганні і силою росту при проростанні.

Таблиця 1.

Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від гідротермічного коефіцієнта (ГТК) в процесі вегетації і дозрівання, 2000-2007 рр.

Рік вирощування	ГТК		Схожість, %		
	вегетація	дозрівання	лабораторна	холодне пророщування	польова
2000	1,44	1,12	93	79	75
2001	0,76	0,30	98	84	87
2002	1,18	1,82	95	80	75
2003	0,80	0,35	97	84	85
2004	1,76	1,89	93	78	74
2005	0,74	0,26	98	86	88
2006	0,87	0,65	96	85	87
2007	0,46	0,41	98	88	90

На якість насіння особливим чином впливали його збиральна вологість, стиглість та заморозки критичного рівня (табл. 2). При збиранні навіть з підвищеною вологістю зерна 36-38 % життєздатність насіння гібридів кукурудзи складала 97-98%. Проте вологе зерно було нестійким до заморозків. Виходячи з отриманих даних, критичними слід вважати температури  $-3^{\circ}\text{C}$  і нижче – для зерна з вологістю 36-38%,  $-5^{\circ}\text{C}$  і нижче – 28-30%,  $-7^{\circ}\text{C}$  і нижче – 20-28%.

Таблиця 2.

Вплив вологості і низької температури зерна на життєздатність насіння гібридів кукурудзи, % за ДСТУ 4138 – 2002 (метод забарвлення)

Вологість зерна, %	Контроль*)	Температура, $^{\circ}\text{C}$			
		-3	-5	-7	-9
20-22	98	98	95	93	84
28-30	97	96	93	88	79
36-38	97	92	86	81	68

\*) Насіння, зібране до заморозків

Вірогідність заморозків критично низького рівня в період збирання кукурудзи була досить велика. Наприклад, в Придніпровському регіоні

вірогідність критичних температур за багаторічний проміжок часу складала 53-60%, вони найчастіше наступали з 2-3 декади жовтня. Фізіологічна стиглість поєднувалась з вологістю зерна 34-36% і наступала в період з 19 серпня по 9 вересня у сприятливі за агрокліматичними умовами роки та з 11 вересня по 20 жовтня в несприятливі. З цього витікає важливий науково-теоретичний висновок про те, що збирання кукурудзи з підвищено допустимою вологістю майже завжди дозволяє уникати негативної дії низьких температур, практично можливий період, без мінусових критичних температур, становить для пізньостиглих гібридів 30 діб, для середньостиглих і середньоранніх – 43-48 діб.

Отже якість насіння кукурудзи формується під впливом багатьох чинників біологічної та техніко-технологічної природи на різних стадіях його виробництва. Якщо взяти до уваги складну і насичену технологію післязбиральної обробки і підготовки насіння, то будемо мати значну мінливість посівних якостей і врожайних властивостей цієї культури. В наших дослідях при сівбі кондиційним насінням з лабораторною допустимою схожістю 92-100% отримали такі результати, що свідчать про значну різноякісність насінневого матеріалу – схожість при холодному пророщуванні 60-99%, польова – 69-94%, розбіжність врожаю зерна залежно від посівної групи – 0,13-0,60 т/га (табл. 3).

Таблиця 3.

Мінливість якості насіння гібридів кукурудзи в процесі їх обробки і підготовки до сівби, 1996-2005 рр.

лабораторна	Схожість, %				Сила росту		Врожайність зерна, т/га
	холодне пророщування		польова		повнота сходів, %	маса ростків, г	
	інтервал	середня	інтервал	середня			
92-100	60-75	71,4	69-83	76,8	82	25,4	4,12
	80-89	85,6	82-92	86,2	90	31,5	4,59
	94-99	96,0	90-94	92,0	93	33,2	4,72
НСР <sub>0,05</sub>					2,8-3,1	1,3-1,6	0,21-0,29

Досить по різному змінюється якість насіння кукурудзи залежно від періоду його заготівлі і обробки. За результатами роботи ряду кукурудзообробних заводів, насіння, що оброблялось у вересні, було найбільш якісним, незважаючи на його підвищену збиральну вологість при цьому (табл. 4). Схожість такого насіння становила 96-100%, його вихід складав 100%. У жовтні вихід якісного насіння змінювався залежно від

декади, а саме, поступово знижувався зі 100% до 75%. У листопаді і грудні об'єм кондиційного насіння, що відповідав вимогам ДСТУ, дорівнював відповідно 30 і 22% від обробленого. Різний вихід насіння, залежно від періоду його обробки, був пов'язаний з комплексом факторів, а саме дією низьких критичних температур, тривалістю зберігання в необробленому стані (вологому), вмістом самообрушеного зерна в масі качанів. Певне співвідношення цих факторів спричинювало в кінцевому підсумку різну якість насіння та його вихід.

Таблиця 4.

Вихід насіння кукурудзи та його схожість залежно від часу заготівлі і обробки качанів, дані кукурудзообробних заводів, 1996-2006 рр.

Час обробки	Оброблено від заготівлі	Вихід насіння зі схожістю, %			
		96-100	92-95	88-91	87 і нижче
Вересень	16	100	-	-	-
Жовтень, всього:	44	86	9	5	1
В т.ч.: I декада	15	100	-	-	-
II декада	10	95	5	-	-
III декада	19	51	24	17	8
Листопад	30	14	16	40	30
Грудень	10	5	17	42	36

Отже, найбільш сприятливим для отримання високоякісного насіння кукурудзи в Придніпровському регіоні був період, який календарно займав вересень та I – II декади жовтня. В цей період оброблялось до 41% насінневої кукурудзи, частка насіння зі схожістю 96-100% становила в межах 95-100%. Починаючи з листопада основну частину заготівлі становило некондиційне насіння зі схожістю нижче 91%.

У комплексі методів, спрямованих на підготовку насіння кукурудзи, найбільш важливою є операція сушіння вологих качанів. Від неї залежить вихід і якість насіння, його сортові, посівні та врожайні властивості.

До основних параметрів сушіння належить температурний режим, який насамперед пов'язаний з вологістю зерна. Теоретично температурний режим ґрунтується на динамічній характеристиці термостійкості насіння кукурудзи. Практично він полягає у підтриманні максимально допустимої температури нагріву зерна на рівні нульової точки денатурації білкових речовин. Виходячи з теоретично-практичних положень, були розроблені рекомендовані режими сушіння насінневої

кукурудзи, які включали температури в межах 35-50°C в діапазоні вологості 45-20% [8].

Проте проведений науково-теоретичний аналіз виявив ряд невідповідностей між закономірностями процесу сушіння кукурудзи та рекомендованими температурними режимами. По-перше, маса качанів в одній камері та в окремих камерах сушарки має різну теплодинамічну характеристику, а отже, неоднакову термостійкість. По-друге, термостійкість кукурудзи змінюється залежно від генотипу гібрида чи самоzapиленої лінії, які можуть відрізнятися за своїм хімічним складом, фізико-механічними і теплофізичними властивостями. По-третє, при розробці рекомендованих режимів була прийнята різниця температури між агентом сушіння і зерном качанів на рівні 4°C, що не підтвердилось при сушінні в камерних сушарках. Отже режими сушіння, теоретично розроблені на основі статистичної і динамічної характеристики термостійкості зерна кукурудзи, не повністю відповідають особливостям сушіння в камерних зерносушарках та властивостям цієї культури.

У зв'язку з цим нами розроблені параметри диференційованого сушіння, які включали ступінчаті і поступово наростаючі температури, а також постійні на рівні максимально допустимих (табл. 5).

Таблиця 5.

Температурні режими сушіння насіння кукурудзи з підвищеною вологістю (для камерних сушарок)

Вологість зерна, %	Температура, °C			
	самозапилені лінії		гібриди	
	зубовидні	кременисті	зубовидні	кременисті
26-30	40-45	40-43	42-47	40-45
31-35	39-44	38-42	40-45	40-44
36-40	38-42	36-40	39-42	37-41
41-45	36-40	34-37	37-41	36-40

Ступінчаті та поступово наростаючі температури більшою мірою призначені для насіння з підвищеною вологістю, вони узгоджені з динамікою їх підсихання, а також ботанічними ознаками і біологічними особливостями різних форм кукурудзи – гібридів, сортів, самоzapилених ліній. Враховані також фізико-механічні і теплофізичні властивості зернівки різної структури – зубовидної, кременистої. Для зернівки кременистого типу температура має бути нижчою, з метою пом'якшення процесу вологовипаровування і зменшення числа внутрішніх тріщин.

В разі збирання кукурудзи з вологістю 20-25% температуру су-

шіння насіння можна підвищити до 48-50°C, а самозапиленних ліній – до 45-47°C залежно від їх ботанічної групи. Також в разі сушіння гібридів з вологістю до 30-32°C можна застосовувати режим інтенсифікації, який полягав в підвищенні температури до 50-55°C з обов'язковою умовою частого реверсування агента сушіння (зміна напрямку продувки камер) через кожні 30 хвилин. За таких умов нагрів зерна не перевищував допустиму норму, насіння зберігало посівні якості та врожайні властивості. Крім того, помічено оздоровчий ефект від інтенсивного режиму – ураженість насіння зерною та бактеріальною мікрофлорою знижувалась в 1,3-1,9 рази порівняно зі звичайним сушінням.

Окрім збереження високої якості, режим сушіння повинен бути оптимально енерговитратним, тобто виконуватись при раціональному енергоспоживанні. Відомо, що споживання енергії залежить від таких факторів, як вологість зерна на початку і наприкінці сушіння, температурного режиму, умов навколишнього середовища, характеристики сушарки. Аналіз показав, що при сушінні кукурудзи з вологістю 20-38% і температурі повітря 1-15°C витрати теплової енергії на випаровування 1 кг води з качанів становили 5,58-12,49 МДж. Споживання палива зменшувалось, коли температурна різниця між агентом сушіння і атмосферним повітрям не перевищувала 30-36°C. Загалом коливання температури на 1°C в ту чи іншу сторону зміщувало споживання теплової енергії на 0,284 МДж.

Для аналізу витрат теплової енергії в камерних кукурудзосушарках була розроблена формула теплового балансу ( $Q_{\text{заг}}$ ), яка включала продуктивні і непродуктивні витрати:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ де:}$$

$Q_1$  – витрата тепла на нагрів качанів;  $Q_2$  – витрата на вологовипаровування;  $Q_3$  – втрати тепла з відпрацьованим теплоносієм;  $Q_4$  – втрати через негерметичність сушарки;  $Q_5$  – втрати від режиму роботи сушарки;  $Q_6$  – втрати у паливному відділенні (топці).

Найбільш непродуктивні втрати енергії ( $Q_3$ ) були пов'язані з відпрацьованим теплоносієм, їх частка у тепловому балансі складала 38-42%. Інші втрати становили 5-7% ( $Q_4$ ), 9-15% ( $Q_5$ ), до 3% ( $Q_6$ ). Виходячи з розрахунків, найбільш ефективними прийомами енергозбереження слід вважати ті, що пов'язані з використанням потенціалу відпрацьованого теплоносія. До таких прийомів може належати рециркуляція, тобто зворотне повернення відпрацьованого теплоносія в систему сушіння.

У дослідах встановлені параметри рециркуляції за умови роботи

сушарки у постійному режимі (без зупинки) та періодичному, коли сушарку зупиняли повністю для розвантаження і завантаження сушильних камер. При постійній роботі умови для рециркуляції складались після закінчення сушіння в одній камері і входження сушарки в безциклічний режим. При періодичній роботі рециркуляція була можливою після перших 25-30 годин сушіння, коли відпрацьований агент досягав температури близько 30°C та відносної вологості 60% і нижче.

Сушіння у режимі рециркуляції знижувало в дослідях витрату газоподібного палива на 26%, електроенергії на 5% порівняно з типовим контрольним сушінням (табл. 6).

Таблиця 6.

Техніко-економічні показники сушарки і якість насіння кукурудзи залежно від системи сушіння, сушарка СКПМ18 (дослідне господарство «Дніпро», Синельниківська дослідна станція ІЗГ УААН)

Система сушіння	Техніко-економічні показники			Схожість насіння, %		Врожайність зерна, т/га
	швидкість сушіння, % за год	витрата на 1 т-%		лабораторна	польова	
		паливо, МДж	ел. енергія, кВт·год			
Контроль *)	0,28	87,9	1,50	96	82	7,15
Енергозберігаюча з рециркуляцією	0,27	65,1	1,43	96	86	7,21

\*) Без рециркуляції з вільним випуском відпрацьованого агента сушіння

Ефект одержано за рахунок енергії відпрацьованого теплоносія, який підвищував температуру газоповітряної суміші в змішувальному відділенні топки на 5-12°C. Після сушіння в режимі рециркуляції зберігались високі посівні якості та врожайні властивості насіння.

Таким чином, в ході теоретичного аналізу і практичних досліджень встановлені чинники, які комплексно впливають на якість насіння кукурудзи та на витрату енергії, необхідної для сушіння. На стадіях вегетації та дозрівання необхідно враховувати гідротермічний коефіцієнт, при його значенні менше 1,0 насіння може мати високу схожість. В процесі збирання якість пов'язана з вологістю і заморозками критичного рівня, які становлять -3°C для зерна з вологістю до 36-38%, -5°C і нижче, відповідно – 28-30%, -7°C і нижче 20-28%. В



післязбиральний період якості залежить від часу і технологічних режимів обробки, найбільш сприятливим в календарному відношенні був вересень та I – II декади жовтня, вихід насіння зі схожістю 96-100% становив 95% і вище. В процесі заготівлі кондиційного насіння слід зважати на його різноякісність та відбирати для сівби найбільш високоякісні партії зі схожістю не нижче ніж 90% при холодному пророщуванні.

З метою забезпечення високої якості насіння, особливо з підвищеною збиральною вологістю, рекомендуються розроблені нами ступінчаті та поступово наростаючі температури сушіння, а також постійні на рівні максимально допустимих.

Вперше розраховано тепловий баланс камерних кукурудзосушарок, визначені його продуктивні і непродуктивні складові. До найбільш непродуктивних відносяться витрати теплової енергії з відпрацьованим агентом сушіння. З метою енергозбереження запропонована система рециркуляції, яка знижувала витрату палива в сушарках на 26%, електроенергії – на 5%, повністю зберігала високі посівні якості та врожайні властивості насіння кукурудзи.

#### Бібліографічний список

1. *Строна И.Г.* Общее семеноведение полевых культур. – М.: Колос, 1966. – 464 с.
2. Насінництво й насіннезнавство польових культур / За ред. М.М. Гаврилюка – К.: Аграрна наука, 2007. – 216 с.
3. *Кирпа М.Я.* Теоретичні аспекти формування якості насіння кукурудзи // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2000. - № 14. – С. 51-56.
4. *Макрушин М.М.* Насіннезнавство польових культур. – К.: «Урожай», 1994. – 208 с. (Учбовий посібник для аграрних вузів).
5. *Ижик Н.К.* Полевая всхожесть семян. – К.: Урожай, 1976. – 200 с.
6. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. – К.: Держспоживстандарт України. – 173 с
7. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / Состав. Д.С. Филев, В.С. Циков, В.И. Золотов и др. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.
8. *Теленгатор М.А., Уколов В.С., Кузьмин И.И.* Обработка и хранение семян. – М.: Колос, 1980. – 272 с.

Виявлені фактори, впливаючі на якість насіння кукурудзи на стадіях вегетації, дозрівання, збирання та обробки. Розроблені диференційовані температурні режими сушки в залежності від

термостойкости гибридов и самоопыленных линий. Рассчитан тепловой баланс камерных кукурузосушилок, предложена энергосберегающая система сушки путем рециркуляции теплоносителя, которая снизила расход топлива на 26%, электроэнергии на 5%.

The factors influencing the quality of seeds of corn at stages of vegetation, ripening, cleaning and processing were revealed. The differentiated temperature modes of drying depending on thermostability of hybrids and the self-pollinated lines were developed. The thermal balance of chamber dryers of corn is calculated, the system of drying saving up energy by returning the heat-carrier, which reduced the charge of fuel, by 26%, was offered to the electric power by 5%.