

## ***ТЕРМОСТІЙКІСТЬ ТА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМІВ ЇХ СУШІННЯ***

Кирпа М. Я., Стюрко М. О.

ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН

Визначено елементи термостійкості насіння гібридів кукурудзи, які включають їх стиглість, вологість, сортову особливість, температуру та швидкість вологовіддачі насінни. Виходячи із термостійкості та схожості насіння, встановлено оптимальні температурні режими сушіння, які становлять 30–50 °С для зерна з вологістю 22–40 %.

### *Сушіння, термостійкість, вологість, схожість, насіння кукурудзи*

Із усіх процесів післязбиральної обробки гібридів кукурудзи найбільш важливе значення має теплове (термічне) сушіння. Залежно від режимів змінюються показники якості, насамперед, схожість, вона може як підвищуватись, так і знижуватись порівняно з тією, яка складається при збиранні вологого насіння. Сушіння ще значним чином впливає на вартість, а отже конкурентоспроможність насіння, оскільки питома частка енергоресурсів (паливо, електроенергія) складає 12–20 % і більше залежно від ціни реалізації готової продукції та виду палива.

До основних параметрів, які характеризують режим сушіння, відносяться температура теплоносія та нагрів насіння. Було встановлено, що оптимальний режим залежить від вологості насіння, при вищій вологості температура має знижуватись і навпаки. Виходячи із такого співвідношення, ми розробили температурно-вентиляційні режими сушіння качанів кукурудзи в сушарках камерного типу, які на сьогодні є рекомендованими і вже тривалий час застосовуються [1, 2].

Однак на практиці рекомендовані режими не завжди забезпечують оптимальне сушіння і якість насіння кукурудзи, оскільки при їх розробленні не враховували ряд важливих положень. Аналіз показує, що розроблення здійснювали в основному теоретичним шляхом, виходячи із статичної і динамічної характеристики термостійкості насіння кукурудзи та за умови постійних показників процесу сушіння [3]. Наприклад, максимально допустиму температуру нагріву насіння ( $t$ , °С) в статисти розраховували за формулою:

$$t = 62,3 - 0,6 W - 7 \lg \tau, \text{ де:}$$

$W$  – вологість насіння, %;  $\tau$  – тривалість впливу постійної температури, год. У динаміці допустиму температуру визначали графічним методом шляхом суміщення кривих сушіння (зміни вологості за одиницю часу) із кривими впливу різних температур, але на фоні постійних показників – швидкості фільтрації теплоносія 0,4 м/сек, різниці між температурою нагріву зерна і теплоносієм в 4 °С та за умови односторонньої продувки качанів в камерах. Таким чином було розраховано температурні режими теплоносія, які є безпечними для зерна різної вологості. Температура і вологість поєднані наступним чином: 35 °С – 45 %, 36 °С – 40 %, 40 °С – 35 %, 43 °С – 30 %, 47 °С – 25 %; 50 °С – 20 %.

Однак у подальших дослідженнях виявлено, що процес сушіння качанів у сушарках не є стабільним і супроводжується зміною різних показників та умов, внаслідок чого порушуються залежності, прийняті при теоретично-графічному обчисленні температурних режимів.

Особливо відчувається коливання між температурою теплоносія і нагрівом зерна, в наших дослідах воно складало 1–15 °С залежно від часу сушіння і розміщення качанів у насипу. Також помічено, що за однакових умов різні гібриди кукурудзи по різному реагують на режими сушіння, а отже формують і різну якість насіння. Тому рекомендовані температурні режими потребують вивчення і уточнення залежно від вологості і сортової термостійкості насіння кукурудзи.

**Метою роботи** було визначення оптимальних температур нагріву зерна, дослідження термостійкості різних гібридів кукурудзи, встановлення впливу режимів сушіння на схожість насіння.

**Методика досліджень.** Качани кукурудзи збирали при різній вологості зерна і висушували до сухого стану в лабораторній електросушарці. Температура теплоносія у камері сушарки становила 30, 40, 50 °С, практично таким був і нагрів зерна в качанах. Сухі качани обмолочували і визначали схожість насіння в лабораторних і польових дослідах. У лабораторії схожість визначали за стандартним методом, встановленим ДСТУ 4138, а також за методом двостадійного холодного пророщування [4, 5]. На першій стадії температура становила 8–10 °С, на другій 18–20 °С, загальна експозиція пророщування – 14 діб. Польову схожість визначали шляхом сівби насіння, відрахованого з пакетів, згідно проведення дослідів із кукурудзою [6]. У дослідах були задіяні гібриди, які належали до різних груп стиглості: Дніпровський 181СВ (ранньостиглий), Кремінь 200СВ, Любава 279МВ (середньоранні), Розівський 311СВ (середньостиглий). Збиральна вологість зерна гібридів у роки досліджень складала 17,3–53,3 %.

**Результати досліджень.** Схожість насіння змінювалась залежно від його збиральної вологості, температурного режиму сушіння та теплофізичних особливостей гібридів. На схожість впливав також метод пророщування насіння.

Так, при стандартному пророщуванні схожість насіння, зібраного при різній вологості і просушеного при температурі 30 °С, становила 93–100 % (табл. 1).

Таблиця 1

**Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від їх збиральної вологості і температурних режимів сушіння, %, 2011–2012 рр.**

Гібрид	Вологість зерна, %	Температурний режим, °С					
		30		40		50	
		1*	2**	1	2	1	2
Дніпровський 181СВ	47,0	98	93	92	69	0	0
	36,3	100	97	97	82	38	5
	30,0	100	98	100	94	48	35
	17,3	100	99	100	99	100	96
Кремінь 200СВ	44,5	93	83	90	23	1	0
	37,5	99	93	94	59	26	3
	27,2	98	94	98	74	62	22
	19,7	100	99	100	96	98	92
Любава 279МВ	50,1	99	87	95	17	1	0
	37,3	99	96	95	69	72	3
	26,5	99	95	100	87	78	48
	21,2	100	97	100	98	94	85
Розівський 311СВ	53,3	99	94	91	6	0	0
	41,9	100	94	90	58	9	0
	32,6	97	95	93	81	42	1
	27,3	100	97	99	82	90	77

Примітка для табл. 1, 2, 3: \* – схожість за стандартним пророщуванням, \*\* – схожість за холодним пророщуванням.

При підвищенні температури до 40 °С схожість дещо знижувалась у того насіння, яке мало вологість 41,9 % і вище. При температурі 50 °С схожість залишалась достатньо високою лише при вологості 17,3–21,2 %.

Схожість насіння, яку визначали методом холодного пророщування, складалась наступним чином залежно від збиральної вологості та температури сушіння. Схожість була високою, якщо при температурі 30 °С вологість насіння не перевищувала 36,3–41,9 % залежно від гібридів, при температурі 40 °С відповідно 26,5–36,3 %, при температурі 50 °С не більше 17,3–21,2 %.

З усіх досліджуваних гібридів найменш стійким до нагріву виявився Кремінь 200СВ. Наприклад, при вологості 36,3–37,5 % схожість насіння цього гібрида знижувалась внаслідок сушіння при температурі 30 °С – на 3–4 %, 40 °С – на 10–23 % порівняно з гібридами Дніпровський 181СВ, Любава 279МВ. При вологості 26,5–27,3 % зниження схожості при тих же температурах становило 1–3 і 8–13 % порівняно з гібридами Любава 279МВ, Розівський 311СВ.

Дані, отримані в 2011–2012 рр., співпадали з результатами досліджень 2012–2014 рр. (табл. 2, 3). Наприклад, схожість насіння при стандартному пророщуванні становила 92–100 % після збирання з різною вологістю і сушіння при температурі 30 °С і 40 °С. Виключення складав лише гібрид Кремінь 200СВ, у якого схожість знижувалась до 88–89 %. При температурі 50 °С схожість залишалась високою, якщо збиральна вологість не перевищувала 19,0–23,2 % залежно від гібридів.

Таблиця 2

**Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від їх збиральної вологості і температурних режимів сушіння, %, 2012–2013 рр.**

Гібрид	Вологість зерна, %	Температурний режим, °С					
		30		40		50	
		1*	2**	1	2	1	2
Дніпровський 181СВ	45,9	96	88	96	43	5	0
	30,9	96	95	94	89	41	17
	20,4	99	96	100	92	99	84
Кремінь 200СВ	45,2	98	74	89	30	5	0
	31,7	99	75	100	58	30	0
	22,6	99	94	100	84	97	69
Любава 279МВ	39,0	99	81	98	38	36	0
	32,3	97	86	98	79	66	22
	22,7	99	87	99	87	87	53
Розівський 311СВ	40,5	100	93	99	91	26	1
	29,8	100	96	99	90	74	66
	21,3	98	96	100	93	95	75

При холодному пророщуванні залежність схожості насіння від його збиральної вологості і режиму сушіння була значно сильнішою. Так, при вологості в межах 32–40 % гранично допустимою температурою нагріву насіння можна вважати 30 °С, при вологості 22–32 % – відповідно 40 °С, при нижчій вологості – температуру до 50 °С залежно від гібридів. При цьому найменш термостійким був гібрид Кремінь 200СВ, у якого схожість внаслідок нагрівання знижувалась сильніше як при стандартному, так і при холодному пророщуванні.

Дані, отримані в польових дослідах, повністю підтвержують результати лабораторного пророщування насіння гібридів кукурудзи. Польова схожість змінювалась залежно від збиральної вологості та температурних режимів сушіння у співвідношеннях, встановлених при лабораторній оцінці схожості насіння.

Також встановлено, що термостійкість певною мірою пов'язана з умовами року вирощування насіння. Так, насіння, яке сформувалось у 2011 р., виявилось найменш стійким до нагріву в процесі термічного сушіння. Ймовірно, що таке зниження термостійкості пов'язане з тим, що в 2011 році середньодобова температура повітря відносно його вологості та суми опадів в період формування-дозрівання насіння кукурудзи була нижчою. Тому при одній і тій же збиральній вологості насіння має різний фізіолого-біохімічний стан, що впливає на його термостійкість і якість. Наприклад, відомо, що насіння кукурудзи, сформоване в умовах прохолодної вологої осені і зібране навіть у сухому стані, відрізняється нижчою силою росту та стійкістю в процесі післязбиральної обробки і зберігання.

Таблиця 3

**Схожість насіння гібридів кукурудзи залежно від їх збиральної вологості і температурних режимів сушіння, %, 2013–2014 рр.**

Гібрид	Вологість зерна, %	Температурний режим, °С					
		30		40		50	
		1*	2**	1	2	1	2
Дніпровський 181СВ	50,7	100	79	92	2	2	0
	41,0	100	88	100	76	11	0
	32,8	100	88	99	82	55	17
	19,5	99	98	100	98	99	95
Креміль 200СВ	49,4	99	22	88	0	0	0
	42,3	100	86	96	61	4	0
	31,4	98	98	96	88	43	18
	19,0	100	97	99	96	100	90
Любава 279МВ	50,7	97	20	95	0	0	0
	42,9	100	93	100	44	2	0
	32,8	99	95	100	85	85	58
	20,9	100	99	99	96	100	95
Розівський 311СВ	51,0	100	94	99	30	1	0
	41,2	96	94	100	91	18	6
	30,0	99	95	98	94	99	90
	23,2	100	97	100	94	100	92

Взагалі, при дослідженні термостійкості необхідно зважати на те, що кукурудза входить до групи так званих термолабільних культур, тобто нестійких при нагріванні. Ступінь термолабільності залежить від умов тепломасопереносу, у першу чергу розподілу температури та вологовипаровування між окремими частинами насіння. В умовах надто інтенсивного тепломасопереносу в межах насінини виникають сили напруги, які призводять до появи внутрішніх тріщин та травмування. Внутрішня тріщинуватість, як правило, з'являється на заключному періоді сушіння, коли швидко зростає перепад вологості між зовнішньою і внутрішньою частиною насінини.

Критерієм тріщинуватості слід вважати відношення  $K \left( \frac{W_1 - W_2}{W_0} \right)$ , де:

$W_1$  – вологість внутрішньої частини насіння, %;  $W_2$  – вологість зовнішньої частини насіння, %;  $W_0$  – початкова вологість, %;  $K$  – коефіцієнт для конкретної культури.

Для термолабільних культур критерій тріщинуватості звичайно не перевищує 0,35–0,85 [7]. Зменшити тріщинуватість можна за рахунок зниження температури і швидкості сушіння, а також застосування зволоженого теплоносія.

**Висновки.** 1. Встановлено оптимальні температури нагріву для насіння гібридів кукурудзи різної збиральної вологості. При вологості в межах 32–40 % гранично допустима температура становить 30–35 °С, при вологості 22–32 % – 40 °С, при нижчій допускається 50 °С, але залежно від термостійкості гібридів. У камерних сушарках температура теплоносія відносно нагріву насіння має підвищуватися на 3–5 °С.

2. Термостійкість насіння кукурудзи формується внаслідок дії комплексу біотично-абіотичних факторів: температури і вологості зерна, сортових особливостей, року вирощування і фізіолого-біохімічного стану насінини, швидкості її зневоднення. Бажано для основних гібридів, які належать до різного асортименту (зубоподібні, кременисті, цукрові), уточнювати оптимальний температурний режим з урахуванням також їх внутрішньої тріщинуватості.

3. Найкращим показником термостійкості насіння є його схожість та сила росту за методом холодного пророщування.

### Список використаних джерел

1. Баум А. Е. Сушка зерна / А. Е. Баум, В. А. Резчиков, – М.: Колос, 1983. – 223 с.
2. Атаназевич В. И. Сушка зерна / В. И. Атаназевич, – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.
3. Теленгатор М. А. Обработка и хранение семян / М. А. Теленгатор, В. С. Уколов, И. И. Кузьмин. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
4. Насіння сільськогосподарських культур. Метод визначання якості: ДСТУ 4138–2002 [Чинний від 2004–01–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с. – (Держспоживстандарт України).
5. Репин А. Н. Метод холодного пророщування семян кукурузы / А. Н. Репин, А. И. Науменко // Бюл. ВНИИ кукурузы, 1972. – Вып. 5 – 6. – С. 55 – 58.
6. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою / [Є. М. Лебідь, В. С. Циков, Ю. М. Пащенко та ін.]. – Дніпропетровськ, 2008. – 27 с.
7. Гірник М. Л. Механізація і автоматизація післязбиральної обробки зерна / М. Л. Гірник, С. К. Миронюк, В. І. Аніскін. – К.: Урожай, 1976. – 152с.

### References

1. Baum AE, Carvers VA. Corn drying. Moscow: Kolos; 1983. 223 p.
2. Atanazevich VI. Corn drying. Moscow: Agropromizdat; 1989. 240 p.
3. Telengator MA, Ukolov VS, Kuzmin II. Handling and storage of seeds. Moscow: Kolos; 1980. 272 p.
4. Crop seeds. The method of determining the quality of: DSTU 4138-2002 [introduction of 2004-01-01]. - Kiev: Derzhspozhivstandart of Ukraine; 173 p.
5. Repin AN, Naumenko AI. Method of cold germination of maize. Bull. Institute of maize. 1972; 5–6:55–58.
6. Lebid YeM, Tsikov VS, Pashchenko YuM et al. Methodology for conducting field experiments with corn. Dnipropetrovsk; 2008. 27 p.
7. Girnik ML, Myroniuk SK, Aniskin VI. Mechanization and automation of post-harvest grain handling. Kiev: Harvest; 1976. 152 p.

## **ТЕРМОСТОЙКОСТЬ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ИХ СУШКИ**

Кирпа Н. Я., Стюрко М. А.

Институт сельского хозяйства степной зоны НААН

Тепловая (термическая) сушка является наиболее важной технологической операцией в процессе послеуборочной обработки семян кукурузы. Типичный режим сушки установлен исходя из модельных расчетов, а именно статической и динамической характеристики термостойкости семян кукурузы, при условии постоянных показателей процесса сушки и не отражает его практические параметры в камерных кукурузосушилках.

**Цель.** Определить термостойкость различных гибридов кукурузы, установить влияние режимов сушки на всхожесть семян.

**Методика исследований.** Початки кукурузы собирали при влажности зерна 17,3–53,3 %, высушивали досуха, обмолачивали и определяли всхожесть семян стандартным и холодным методом проращивания, а также посевом в поле.

**Результаты исследований.** Всхожесть семян изменялась в зависимости от их уборочной влажности, температурного режима сушки и теплофизических особенностей гибридов. На всхожесть влиял также метод проращивания семян.

Так, при стандартном проращивании всхожесть семян, собранных при разной влажности и просушенных при температуре 30 °С, составляла 93–100 %. При повышении температуры до 40 °С всхожесть несколько снижалась в семях, имеющих влажность 41,9 % и выше. При температуре 50 °С всхожесть оставалась достаточно высокой лишь при влажности 17,3–21,2 %.

При холодном проращивании зависимость всхожести семян от их уборочной влажности и режима сушки была значительно сильнее. Так, при влажности 32–40 % предельно допустимой температурой нагрева семян является 30 °С, при влажности 22–32 % 40 °С соответственно, при низкой влажности – 50 °С в зависимости от гибридов. Наименее термостойким был гибрид Кремень 200СВ, у которого всхожесть вследствие нагревания снижалась сильнее, как при стандартном, так и холодном проращивании.

**Выводы.** Выявлено, что термостойкость семян кукурузы формируется вследствие действия комплекса биотически-абиотических факторов: температуры и влажности зерна; сортовых особенностей генотипа; года выращивания и физиолого-биохимического состояния семени; скорости его обезвоживания. Оптимальный температурный режим сушки для семян с влажностью 22–40 % составляет 50–30 °С соответственно.

*Сушка, термостойкость, влажность, всхожесть, семена кукурузы*

## **TERMORESISTANT AND GERMINATION OF MAIZE HYBRIDS SEED DEPENDING ON THE MODE THEIR DRYING**

Kirpa N. Ya., Stiurko M. A.

State Institution Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS

Heat (thermal) drying of maize seed is the most important operation in the process of post-harvest working. Typical drying mode is set on the basis of model calculations, namely static and dynamic characteristics of the thermal stability of maize seed and condition constant parameters of the drying process and it does not reflect the practical parameters in chamber dryer corn.

**Purpose.** Determine the thermal resistance of different maize hybrids; establish the effect of drying regimes on the germination of seed.

**Research methods.** Earcorn harvested at a moisture content of grain 17,3–3,3 %, dryness, threshed and seed germination was determined standard and cold germination method and sowing in the field.

**Research results.** Seed germination varied depending on the harvest moisture, drying temperature and thermal features of the hybrids corn. Germination also affects seed germination method.

Thus, in the standard thinning germination of seeds collected at different humidity and dried at a temperature 30 °C, was 93–100 %. When the temperature rises to 40 °C germination decreased slightly in those seeds which had 41,9 % moisture and above. At a temperature 50 °C germination remained high enough only for moisture 17,3–21,2 %.

In cold thinning germination dependence of their harvest moisture and drying mode was much stronger. So, with a moisture content of 32–40 % within the maximum allowable temperature of heating of seed is 30 °C, with humidity 22–32 %, respectively 40 °C, and low humidity – 50 °C depending on hybrids corn. Kremen 200SV is the least thermostable hybrid was whose germination strongly reduced due to heating, as in the standard and cold germination.

**Conclusions.** Revealed that the thermal stability of maize seed is formed due to the action of the complex biotica-abiotically factors: temperature and moisture content of grain; varietal characteristics of the genotype; years of cultivation, physiological and biochemical status of the seed; its rate of dehydration. Optimum temperature for drying seeds with a moisture content of 22–40 % is respectively 50–30 °C.

*Drying, termoresistant, moisture, germination, seed corn (Zea maize L.)*