

ЗАДОРЖНА О. А.

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Національний центр генетичних ресурсів рослин України,  
Україна, 61060, м. Харків, Московський просп., 142, e-mail: olzador@ukr.net, (097) 689-01-12

## ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ ГЕНОФОНДУ КУКУРУДЗИ В МОДЕЛЬНИХ УМОВАХ

**Мета.** Визначити генотипові особливості довговічності насіння в модельних умовах різних різновидів кукурудзи – носіїв відповідних генів. **Методи.** Досліджено зразки генофонду кукурудзи (*Zea mays* L.) груп різновидів зубкувата (*conv.indentata*), напівзубкувата (*conv.semindentata*), воскувата (*conv.ceratina*) *wx*, розлусна (*conv.everta*), цукрова (*conv.saccharata*) *sh* в умовах модельного дослідження «прискорене старіння». **Результати.** Встановлена довговічність насіння досліджених генотипів кукурудзи в умовах модельного дослідження за показниками енергії проростання, схожості насіння і морфофізіологічного стану паростків. Застосовані умови прискореного старіння викликали незначний вплив на досліджені показники, що відповідало початковим етапам старіння насіння. Спостерігали варіювання морфофізіологічних показників. **Висновки.** Найбільшу чутливість до прискореного старіння виявили для цукрової (*sh*) та воскуватої кукурудзи (*wx*). Варіювання морфофізіологічних показників проростків у дослідних і контрольних варіантах, довговічність насіння досліджених різновидів обговорюється.

**Ключові слова:** генофонд, насіння, кукурудза, різновид, довговічність.

Кукурудза є зараз однією з найпоширеніших сільськогосподарських культур. За даними ФАО, в Україні на 2019 рік під кукурудзою зайнято 4986900 га [1]. Для порівняння: в США, які є найбільшим виробником цієї культури, площі під кукурудзою займають 32950670 га [2]. Ці площі більші у порівнянні з 2000 роком, коли вони склали відповідно 1278800 га та 29315740 га. У 1992 році ці площі склали відповідно 1137060 га та 27851580 га. Така тенденція свідчить про важливість і перспективність цієї кукурудзи. Селекція цієї культури постійно вдосконалюється, зростає потреба в різних різновидах кукурудзи, що, у свою чергу, активізує роботу з генетичними ресурсами цієї культури, зокрема зі збереженням вихідного генофонду.

Учених неодноразово цікавила довговічність насіння кукурудзи. Відомо про певні біохімічні зміни в насінні та втрати насінням життєздатності [3]. Важливе місце тут займане вологістю насіння [4]. Що стосується терміну зберігання, то відомо про зберігання насінням кукурудзи життєздатності протягом 20 років за  $20,3 \pm 2,3$  °C [5]. Існують відомості про довговічність насіння розлусної кукурудзи (довше 25 років) навіть за кімнатної та низької додатної температури [6]. За даними Міжнародного центру з покращення кукурудзи і пшениці (СІММУТ), зразки базової колекції кукурудзи можуть зберігатися в закритих контейнерах за від'ємної температури і низької відносної вологості протягом 50–100 років. Зразки насіння активних колекцій повинні знаходитися за температури 0–2 °C [7].

Взагалі даних пор особливості зберігання насіння різних різновидів кукурудзи обмаль [2]. Відомо, що зернівку кукурудзи вкриває перикарп. Під перикарпом міститься неклітинний алейроновий прошарок [8], тому насінини гірше віддають вологу під час сушки і потребують обов'язкового сушіння для довгострокового зберігання [9]. Ендосперм насінини кукурудзи, крім борошнистої частини з великими проміжками між крохмальними зернами має рогоподібну частину з щільними зернами, крохмалю та проміжками, заповненими білком. За особливостями та морфологією насінини виділяють різні групи різновидів кукурудзи: кремениста (*Zea mays conv. indurate* Sturt.), зубкувата (*Z. mays conv. indentata* Sturt.), напівзубкувата (*Z. mays conv. semindentata* Kulesh.), розлусна (*Z. mays conv. everta* Sturt.), цукрова (*Z. mays conv. saccharata* Körn.) та інші [8, 10]. Відомо про різну довговічність насіння кукурудзи різних різновидів. Вважається, що насіння цукрової і зубкуватої кукурудзи мало меншу довговічність під час зберігання, ніж насіння розлусної та кременистої кукурудзи [11].

Згідно із сучасними досягненнями молекулярно-генетичних досліджень, відомо про важливу роль генотипу для довговічності насіння. Зокрема, відомо, що, за результатами останніх досліджень, встановлені QTL твердої пшениці, які пов'язані з довговічністю насіння [12] і розташовані в конкретних хромосомах. Так, відомо, що вихідна схожість контролюється QTL, розташованими в 4В, 5А хромосомах. Прискорене старіння контролюється QTL, що розташовані в 6В, 5А, 7В хромосомах.

Ідентифіковано гени, пов'язані зі старінням насіння кукурудзи. За допомогою SSR аналізу була знайдена різниця між життєздатним насінням і насінням, що втратило схожість після 20–22-річного зберігання. Вважається, що це пояснюється залишковою варіабельністю, спонтанним мутагенезом та старінням. Встановлено, що найбільша варіабельність після старіння в модельних умовах спостерігалася для сьомої хромосоми кукурудзи, зокрема більше для дистальних маркерів у порівнянні з проксимальним. Поліморфізм за SSR між схожим і несхожим насінням був знайдений для шести генів, зокрема для *супероксиддисмутази 4*, *каталізи 3*, *орафіе ендосперму 2* тощо [13].

Метою нашої роботи було визначити генотипові особливості довговічності насіння різних різновидів кукурудзи – носіїв відповідних генів у модельних умовах.

### Матеріали і методи

Матеріалом для досліджень були зразки насіння кукурудзи (*Zea mays* L.) груп різновидів зубкувата (*Z. mays* conv. *indentata* Sturt.), напівзубкувата (*Z. mays* conv. *semindentata* Kulesh.),

воскувата (*Z. mays* conv. *ceratina* Kulesh.) *иx*, розлусна (*Z. mays* conv. *everta* Sturt.), цукрова (*Z. mays* conv. *saccharata* Körn.) *sh* та інші. Насіння висівали на полях Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, розташованих у східному лісостепу України у 2020 р. Перед дослідом вологість насіння становила в середньому 11 %.

Модельні умови штучного старіння створювалися за допомогою зберігання над дистильованою водою в герметичному ексікаторі протягом 72 годин за температури  $43 \pm 0.5$  °C [14]. Для визначення схожості насіння на час закладання та в контролі під час зберігання застосовували відповідні методики [15], які передбачають пророщування між аркушами фільтрувального паперу за температури 25 °C. Результати обробляли за допомогою методів варіаційної статистики.

### Результати та обговорення

За результатами досліджень встановлено мінімальне варіювання за показниками схожості й енергії проростання для зразків цукрової кукурудзи (рис. 1). Схожість насіння в контрольному варіанті була вищою від 80 %. Встановлена суттєва перевага енергії проростання насіння контрольного варіанта над дослідом лише для зразка SS389 (*sh2*), вона становила 12 %. Отже, застосовані умови прискореного старіння призвели до суттєвого зниження енергії проростання лише для цього генотипу. Інші зразки цукрової кукурудзи, у супереч очікуванням, в умовах прискореного старіння суттєво не знизили схожість та енергію проростання.

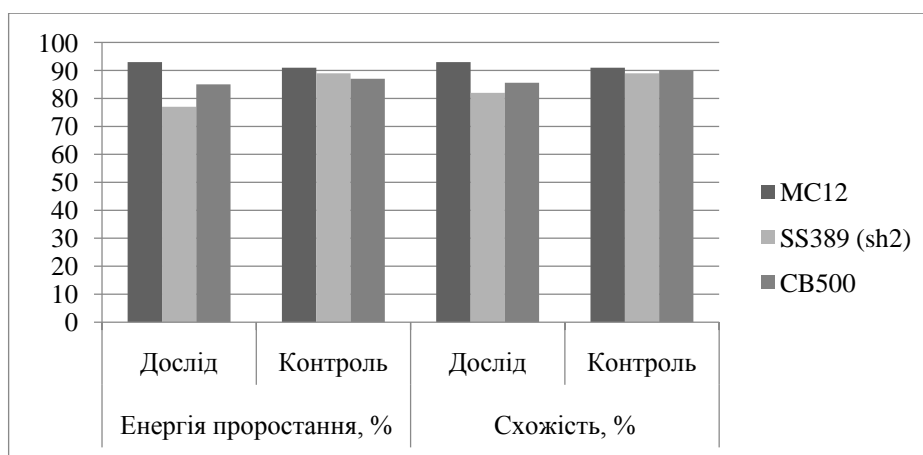


Рис. 1. Енергія проростання і схожість зразків насіння цукрової кукурудзи в умовах модельного дослідження

У дослідного зразка воскуватої кукурудзи енергія проростання була суттєво нижчою від контрольного варіанта (на 25 %), але на день визначення схожості ця різниця нівелювалася. Для зразка розлусної кукурудзи не відзначено суттєвої різниці за енергію проростання та схожістю у дослідному і контрольному варіантах (рис. 2). Схожість насіння в контрольному варіанті була вищою від 80 %. Насіння розлусної кукурудзи в умовах модельного дослідження виявило високу довговічність, що збігається з даними інших дослідників [11].

Для зубкуватої та напівзубкуватої кукурудзи не встановлено суттєвого зниження схожості у дослідних варіантах у порівнянні з контрольним. Схожість у контрольних варіантах становила 90 % і вище (рис. 3). Такі дані модельного дослідження підтверджують думку про високу довговічність насіння кукурудзи, зокрема зубкуватої та напівзубкуватої.

Дослідження морфологічного стану паростків, зокрема їх довжини, свідчать про варіювання цих показників в умовах дослідження і контролю (табл. 1).

Так, для зразків цукрової кукурудзи, всупереч очікуванням, спостерігається або відсутність суттєвої різниці в умовах дослідних і контрольних варіантів, або перевага в дослідних варіантах над контролем. Зокрема, встановлена суттєва перевага довжин корінців більш ніж на 4 см у зразка СВ500. Тенденція до збільшення паростка спостерігається в дослідному варіанті у зразка МС12.

Під час оцінки морфологічних показників кукурудзи інших різновидів спостерігається варіювання довжин паростків та корінців у дослідних і контрольних варіантах (табл. 2). Чіткої тенденції за цим показником і залежності від різновиду чи варіанта дослідження не спостерігається.

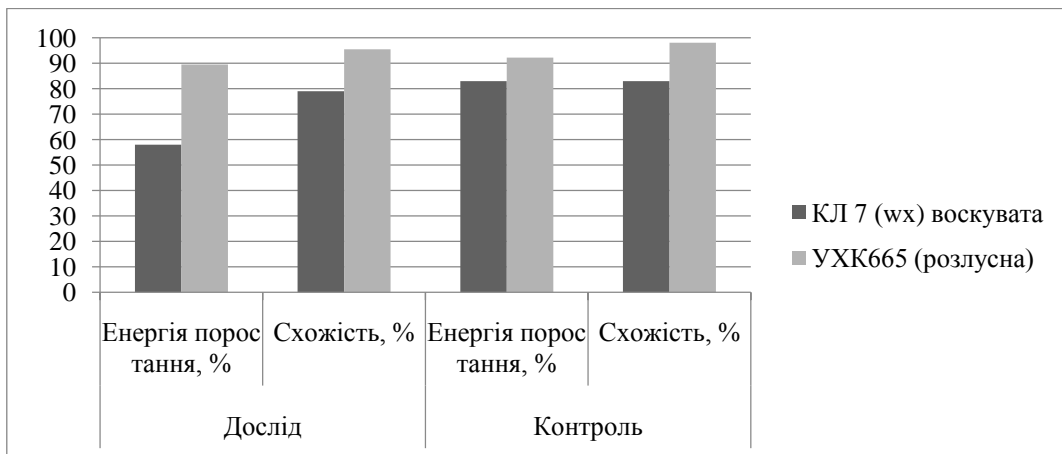


Рис. 2. Енергія проростання і схожість зразків насіння воскуватої і розлусної кукурудзи в умовах модельного дослідження

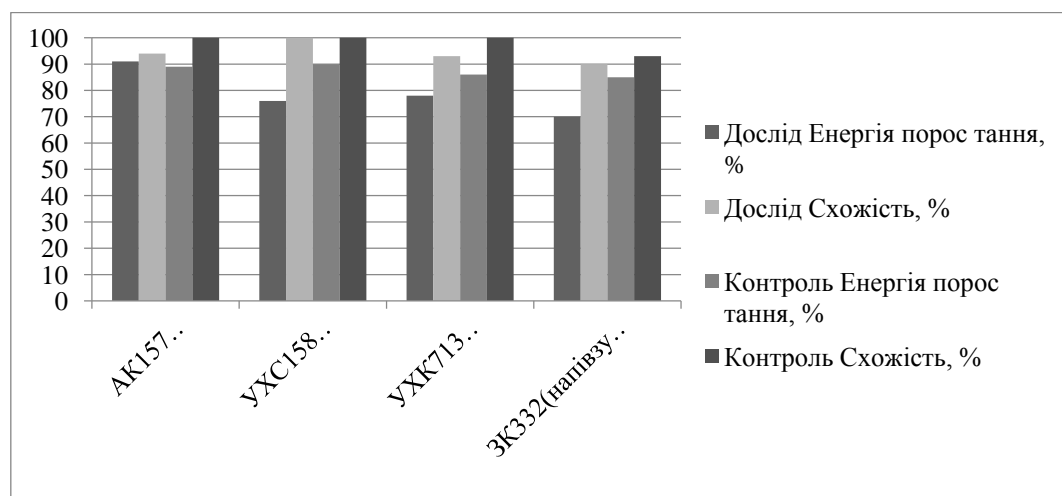


Рис. 3. Енергія проростання і схожість зразків насіння зубкуватої та напівзубкуватої кукурудзи в умовах модельного дослідження

Таблиця 1. Довжина паростків цукрової кукурудзи – носіїв генів *sh2* та інших – в умовах досліду

	Довжина, см (дослід)		Довжина, см (контроль)	
	паростка	корінців		
MC12	9.5	9.3	8	8.7
SS389 ( <i>sh2</i> )	4.0*	4.1	6.8	3.5
CB500	6.1	11.2*	5.6	6.8

Примітка. \*Суттєва відміна досліду над контролем.

Таблиця 2. Довжина паростків різновидів кукурудзи в умовах модельного досліду

	Довжина, см (дослід)		Довжина, см (контроль)	
	паростка	корінців	паростка	корінців
воскувата				
КЛ 7 ( <i>wx</i> )	2,4	5,9	2,4	6,1
розлусна				
УХК665	4,5	8,0*	5,4	11,7
зубкувата				
АК157	8,1*	10,5	5,3	10,6
УХС158	2,3	2,6*	2,5	5,1
напівзубкувата				
УХК713	4,1*	8,9*	2,4	5,9
ЗК332	6*	7,0	8	9,3

Примітка. \*Суттєва відміна досліду над контролю.

### Висновки

Таким чином, аналіз генетичних ресурсів кукурудзи різних різновидів (носіїв генів *sh*, *wx* та інших) встановив високу довговічність цих генотипів в умовах модельного досліду. Чутливість до прискороеного старіння за показниками енергії проростання в умовах модельного досліду визначилася лише вибірково: у зразка цукро-

вої та воскуватої кукурудзи. За показником схожості відмін за довговічністю насіння у досліджених зразках не виявлено. Спостерігається незначне варіювання морфофізіологічних показників проростків кукурудзи в дослідних і контрольних варіантах. Однозначної тенденції за цим показником залежно від варіанта досліду чи різновиду також не встановлено.

### References

1. FAOstat. 2019. Retrieved from: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
2. Zadorozhna O.A., Shiyanova T.P., Vakulenko S.M. Seed viability level of maize genepool accessions after long-term storage. *Genetični resursi roslin*. 2013. 23. P. 85–96.
3. Ovcharov K.E., Koshelev Yu.P., Murashova N.D., Henkel' K.P., Sedenko D.M. Biochemical changes during seeds aging. *Biulleten' VIR*. 1978. Is. 77. P. 36–39. [in Russian]
4. Daniell. O. Longevity of maize (*Zea mays* L.) seeds during low input storage under ambient conditions of southwestern Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture*. 2007. 45 (1–2). P. 42–48.
5. Nagel M., Borner A. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. *Seed Science Research*. 2010. 20 (1). P. 1–12.
6. Khoroshaylov N.H., Zhukova N.V. Long-term seeds storage of world-wide VYR collection. *Biulleten' VIR*. 1978. Is. 77. P. 9–19.
7. Taba S. Maize Genetic Resources. Maize Program Special Report. Mexico, 1995. 95 p.
8. Strona I.H. Total seed science of field crops. Moscow: Kolos, 1966. 464 p.
9. Lukiyashko A.K., Aleinikov V.Y., Ostapchuk N.V. Improving of the maize seeds drying process and drying chambers. Moscow: TsNIITEI Mynzaha SSSR, 1975. 64 p.
10. Polonskyi Kh. Dictionary of natural terminology. 1928. 159 p.
11. Linyk Yu. O., Tymchuk S.M., Chupikov M.M., Kuz'myshyna N.V. Endurance maize seeds of different subspecies aging. *Tavriys'kyi nauk. visnyk*. Kherson, 2010. Is. 69. P. 67–74.
12. Arif MAR, Börner A. Mapping of QTL associated with seed longevity in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Journal of Applied Genetics*. 2019. 60 (1). P. 33–36. doi: 10.1007/s13353-018-0477-y.
13. Revilla P., Butron A., Rodriguez V.M., Malvar R.A., Ordas A. Identification of genes related to germination in aged maize seed by screening natural variability. *Journal of Experimental Botany*. 2009. 60 (14). P. 4151–4157. doi: 10.1093/jxb/erp249.
14. Pillen K., Borner A., Grausgruber H. Seed longevity and dormancy in wheat (*Triticum aestivum* L.) – phenotypic variation and genetic mapping Halle/Saale. 2012. 194 p. Retrieved from: <https://d-nb.info/1025303288/34>.
15. International rules for seed testing. 1984. Moscow: Kolos. 311 p.

**ZADOROZHNA O.A.**

*Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuriev of NAAS National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine, Ukraine, 61060, Kharkiv, Moskovskyi ave., 142, e-mail: olzador@ukr.net*

**LONGEVITY OF GENEPOOL MAIZE SEEDS UNDER MODEL CONDITIONS**

**Aim.** To determine genotypic features of seed longevity of different subspecieses of maize - carriers of the corresponding genes under model conditions. **Methods.** Accessions of the maize (*Zea mays* L.) gene pool: dent maize (*subsp.indentata*), semi-dent (*subsp. semindentata*), waxy (*subsp.ceratina*) *wx*, popcorn (*subsp.everta*), sweet maize (*subsp.saccharata*.) *sh* were investigated in the conditions of model experiment "accelerated aging". **Results.** The seed longevity of studied maize genotypes was established in the conditions of model experiment on indicators of germination energy, seed germination and morphophysiological indexes of sprouting. The applied conditions of accelerated aging had a negligible effect on the studied parameters, which corresponded to the initial stages of seed aging. Variations in morphophysiological indexes were observed. **Conclusions.** *The highest* sensitivity to accelerated aging was found for sweet (*sh*) and waxy maize (*wx*). Variation of morphophysiological parameters of seedlings in experimental and control variants, seed longevity of the studied varieties are discussed.

**Keywords:** gene pool, seeds, maize, subspecies, longevity.