



# Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 633.15:631.52:581.1

© 2019

## **ЗВ'ЯЗОК ДОБОРУ ЗА ДОВЖИНОЮ ЗЕРНИНИ З МОРФОЛОГІЧНИМИ ОЗНАКАМИ ПЕРВИННОЇ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS L.*)**

*А.О. Белоусов<sup>1</sup>, В.М. Соколов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>доктор біологічних наук*

*<sup>2</sup>кандидат сільськогосподарських наук, член кореспондент НААН*

*<sup>1,2</sup>Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення  
вул. Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна  
e-mail: <sup>1</sup>belanat@ukr.net, <sup>2</sup>sgi-uaan@ukr.net*

Надійшла 28.03.2019

**Мета.** Виявити зв'язок та рівень впливу добору за довжиною зернини на морфологічні ознаки зародкової кореневої системи ліній кукурудзи. **Методи.** Польові: багаторічний дизруптивний добір на максимальну і середню довжину зернини. Лабораторні: пророщування 25-ти схожих зерен у чашках Петрі в 4-разовій повторності за температури 24°C у темряві протягом 6-ти днів, визначення морфометричних показників первинної кореневої системи. **Статистичні:** методи варіаційної статистики. **Результати.** Після 10-річного добору створено лінії кукурудзи, які за довжиною зернини на 40–60% перевищують показники ліній, одержаних без направлено добору. Експериментально доведено, що істотне збільшення довжини зернини в результаті добору призводить до значного ( $P < 0,05 - 0,01$ ) зростання показників основних морфологічних ознак первинної кореневої системи кукурудзи: кількості, загальної довжини і маси первинних корінців, довжини і маси колеоптиля, співвідношення маси первинних корінців до загальної маси проростків. Виявлено глибоку диференціацію ліній за темпами змін їхніх морфометричних показників у відповідь на зростання довжини зернини. Сформульовано припущення про значний вплив скорегованого зростання довжини зернини і морфологічних ознак первинної кореневої системи на адаптивну здатність та посухостійкість кукурудзи у післясходовий період. **Висновки.** Доведено, що збільшення довжини зернини кукурудзи шляхом добору призводить до істотного зростання морфологічних ознак первинної кореневої системи. Припускається, що це може спричиняти значне підвищення адаптивності та посухостійкості кукурудзи у післясходовий період.

**Ключові слова:** лінії кукурудзи, довжина зернини, морфологічні ознаки первинної кореневої системи, колеоптиля, посухостійкість.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-7>

Довжина зернини у кукурудзи завжди вважа-  
лась однією з важливих морфологічних ознак.

У роботах вітчизняних і закордонних авторів  
проділялася значна увага вивченню різних

аспектів ролі цієї ознаки у формуванні господарських властивостей ліній і гібридів кукурудзи. Досліджувалось її значення як цільової ознаки за добору ліній, зв'язок з основними морфо-біологічними ознаками: кількість рядів зерен, діаметр качана, урожайність зерна, його збиральна вологість тощо [1–3]. Але у проаналізованих фахових джерелах ми не зустрічали наукових даних щодо зв'язку довжини зернини з адаптивною здатністю генотипу кукурудзи. У окремих дослідженнях обґрунтовувався висновок про неможливість прогнозу адаптивної здатності генотипу кукурудзи за морфологічними ознаками [4].

Проблема адаптивності генотипу, зокрема посухотолерантності, до стресових чинників умов вирощування є однією з найбільш актуальних у сучасному агропромисловому виробництві. Використовуються різні наукові шляхи її розв'язання: методи класичної селекції [4–5], біохімічні підходи [6–7], технології молекулярних маркерів для комп'ютерної оцінки морфологічних ознак зернівки, качана та посухостійкості кукурудзи [8–11].

Значення зародкової кореневої системи в онтогенезі кукурудзи, особливо на перших етапах морфогенезу, також важко переоцінити: вона забезпечує дружні сходи, високі темпи початкового росту і, у кінцевому рахунку, адаптованість культури до посушливих умов південного Степу України на етапі початкового розвитку: сходи — 10-й листок [12–13]. У доступних нам вітчизняних та закордонних джерелах ми не знайшли публікацій щодо дослідження зв'язку направленої добору за довжиною зернини з мінливістю морфологічних ознак первинної кореневої системи створених ліній кукурудзи. Цей аспект у сучасній вітчизняній і закордонній селекції кукурудзи залишився, фактично, не вивченим. Наша робота певною мірою заповнює означену прогалину. У ній викладено результати 10-річного добору в гібридних популяціях кукурудзи на довжину зернини та виявлений вплив її мінливості на морфологічні ознаки первинної кореневої системи: кількість корінців, їхню загальну довжину, масу, співвідношення маси корінців і маси проростка, темпи початкового розвитку проростків, розміри і масу колеоптиля.

**Матеріал та методи досліджень.** Вихідним матеріалом для добору слугували 5 вихідних гібридних популяцій ( $F_4$ ) різного походження: NS 377/2-122 (Сербія), Моніка

111-3 (Україна), Джорджія 224/38С (США), КВС 2744/321 (Німеччина), О20/5-264 (США). У них було виявлено розщеплення за довжиною зернини, тому їх вибрали як об'єкт для подальшого добору за цією ознакою. У кожній популяції самозапилювали 40 рослин, добирали по 30–35 добре озернених качанів, на кожному з середньої частини заміряли довжину 10-ти зернин. Отримували середні значення по кожному качану і по вибірці загалом. На початку добору в кожній популяції отримали 2 групи генотипів — із максимальним і середнім для цієї популяції значеннями ознаки. Надалі у субпопуляції «максимальна» добір провадили тільки на максимальну довжину зернини, а в субпопуляції «середня» тільки на середню. Такий модифікований дисруптивний добір провадили впродовж 10-ти років (2005–2014).

Для визначення морфометричних параметрів первинних корінців по кожній сублінії пророщували 25 схожих зерен у чашках Петрі в 4-разовій повторності за температури 24°C у темряві. Вимірювання проводили через 6 діб пророщування. Досліджували довжину головного корінця, кількість, загальну довжину і повітряно-суху масу зародкових корінців, довжину та масу колеоптиля, співвідношення маси корінців і маси проростка. Дані статистично обробляли за Г.Ф. Лакінім (1990) на комп'ютері з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel.

**Результати досліджень.** Статистичні параметри вихідних популяцій і отриманих через 10 генерацій добору популяцій інбредних субліній наведено у табл. 1.

Внаслідок 10-річного добору за цільовою ознакою «максимальна довжина зернини» отримано кінцеві популяції інбредних субліній, які включали константні самозапилені лінії із значно подовженою (на 40–60%) зерниною (табл. 1).

Оскільки характер добору був дисруптивним (розриваючим), то по кожній вихідній популяції водночас із доббором на максимальний рівень ознаки добирали групу субліній із середнім показником ознаки. Надалі, в першій субпопуляції провадили тільки направлений добір на максимальне значення ознаки, у другій — тільки на середнє стабілізуючий добір. Можна обґрунтовано стверджувати, що одержані в результаті багаторічного добору константні сублінії кукурудзи високовірогідно

**1. Статистичні параметри вихідних популяцій кукурудзи і кінцевих популяцій інбредних субліній, отриманих у результаті направлено добору на максимальну довжину зернини (2005–2014 рр.)**

Сублінія	2005			2014		
	lim	$\bar{x}$	V, %	Lim	$\bar{x}$	V, %
NS 377/2-122	0,71–1,19	0,86	58,8	1,26–1,35	1,3	2,3
Моніка 111-3	0,68–1,11	0,90	43,4	1,16–1,29	1,19	2,2
Джорджія 224/38С	0,61–1,13	0,84	45,4	1,23–1,47	1,34	4,1
КВС 2744/321	0,69–1,09	0,82	55,9	1,03–1,15	1,09	3,7
O20 /5-264	0,37–1,11	0,75	59,3	0,97–1,2	1,02	3,3

( $P_{0,001}^<$ ) перевищують за довжиною зернини (на 34–60%) сублінії-аналоги, одержані шляхом стабілізуючого добору (табл. 2). Виявлено також значний вплив збільшення довжини зернини на морфологічні параметри зародкової кореневої системи кукурудзи (табл. 2).

Одержані експериментальні дані чітко показують високодостовірне збільшення всіх досліджених морфологічних ознак зародкової кореневої системи: кількості первинних корінців, їхньої довжини, загальної маси та довжини головного корінця у сублінії із істотно збільшеною довжиною зернини. Аналогічні дані отримані і за ознаками довжини та маси колеоптіля, частка маси корінців у загальній масі рослини (табл. 3).

Реакція довжини і маси колеоптіля на істотне збільшення довжини зернини виявилася майже аналогічною до схарактеризованих вище ознак: у всіх субліній зі збільшенням довжини зернини морфометричні показники проростків значно зростали за виключенням сублінії Моніка 111-3, у яких ми не спостерігали

збільшення довжини колеоптіля.

На нашу думку, своєрідним інтегральним показником потужності первинної кореневої системи рослини є її загальна маса і, безумовно, такий критерій, як співвідношення маси зародкових корінців і загальної маси рослини (табл. 3). Цей показник можна розглядати як критерій здатності первинної кореневої системи забезпечувати рослину вологою і поживними речовинами у початковий період росту, а отже, і певною мірою як показник посухостійкості на цьому етапі розвитку. За рівнем визначеного співвідношення спостерігалася значна диференціація: показник зростав у всіх субліній, за виключенням NS 377/2-122. Особливо високого рівня співвідношення досягло у сублінії з довгим зерном — Джорджія 224/38С (+30,6%) і Моніка 111-3 (+27,3%). Це може свідчити про наявність підвищеної посухостійкості у цих ліній у період сходів — викидання волотей. Звертає на себе увагу унікальна здатність лінії Джорджія 224/38С генерувати таку потужну первинну кореневу систему, частка

**2. Морфометричні параметри ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) первинної кореневої системи субліній кукурудзи зі збільшеною і незміненою довжиною зернини**

Сублінія	Довжина зернини, см	Кількість корінців, шт.	Загальна довжина корінців, см	Довжина головного корінця, см	Маса корінців, г
NS 377/2-122	1,29±0,01***	4,30±0,27**	5,96±0,18*	7,60±0,45*	3,95±0,09*
Моніка 111-3	0,89±0,01	1,96±0,28	5,12±0,26	6,11±0,46	2,79±0,34
Джорджія 224/38С	1,22±0,02***	4,17±0,14**	6,59±0,35**	10,11±0,30**	4,37±0,28**
	0,88±0,02	2,45±0,10	4,44±0,32	5,56±0,26	1,91±0,2
КВС 2744/321	1,33±0,02***	3,96±0,03**	11,17±0,28**	15,20±0,44**	22,56±0,40***
	0,99±0,02	3,55±0,05	6,33±0,14	9,52±0,28	6,77±0,68
O20/5-264	1,09±0,01***	3,35±0,30**	10,79±0,83**	13,52±0,36**	5,96±0,11***
	0,80±0,01	1,95±0,03	7,01±0,12	8,77±0,35	3,04±0,02
	1,20±0,01***	4,09±0,23**	11,06±0,20**	14,27±0,37**	4,05±0,06*
	0,76±0,01	3,05±0,17	9,27±0,20	12,53±0,34	3,13±0,26

\*Різниця між сублініями-аналогами достовірна при  $P < 0,05$ ; \*\* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при  $P < 0,01$ ; \*\*\* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при  $P < 0,001$ .

**3. Вплив довжини зернини на морфометричні показники ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) колеоптиля і проростка у субліній кукурудзи зі збільшеною і незміненою довжиною зернини**

Сублінія	Довжина зернини, см	Довжина колеоптиля, см	Маса колеоптиля, г	Маса проростка, г	Співвіднош. маси корінців і маси проростків, %
NS 377/2-122	1,29±0,01*** 0,89±0,01	5,36±0,24** 4,27± 0,21	4,67±0,42* 3,34±0,30	8,62 6,13	45,8 45,5
Моніка 111-3	1,22±0,02*** 0,88±0,02	4,76±0,09 4,81±0,13	3,71±0,24* 2,58±0,23	8,08 4,49	54,1 42,5
Джорджія 224/38С	1,33±0,02*** 0,99±0,02	7,16±0,17** 6,30±0,03	5,89±0,37** 4,39±0,11	28,45 11,16	79,3 60,7
КВС 2744/321	1,09±0,01*** 0,80±0,01	8,79±0,78* 5,96±0,12	6,42±0,54** 4,09±0,40	12,38 7,13	48,1 42,6
О20/5-264	1,20±0,01*** 0,76±0,01	7,16±0,08* 6,05±0,33	5,23 ±0,10* 4,14±0,35	9,28 9,19	43,6 34,1

\* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при  $P < 0,05$ . \*\* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при  $P < 0,01$ . \*\*\* Різниця між сублініями-аналогами достовірна при  $P < 0,001$ .

якої до маси рослини становить близько 80%, що майже у два рази більше аналогічного показника окремих ліній (див. табл. 3).

Отже, у генотипів із суттєво збільшеною довжиною зернини формується більша коренева маса на одиницю маси проростка порівняно із рослинами з незміненою довжиною зернини. Така особливість може сприяти зміцненню стресостійкості рослин, підвищенню їхніх можливостей виживати і розвиватись у посушливих умовах післясходового періоду в південному Степу України.

Слід також підкреслити унікальні особливості сублінії з довгим зерном Джорджії 224/38С, яка майже за усіма показниками істотно перевищила і свій звичайний аналог, і генотипи інших ліній. Це може свідчити про те, що сублінії зі збільшеною довжиною зернини такі, як Моніка 111-3, КВС 2744/321, NS 377/2-122 і, особливо, лінія Джорджія 224/38С, можуть виявляти значно більшу стресостійкість до посушливих умов початкового періоду розвитку за рахунок кращого забезпечення рослин кореневою масою і вищими темпами її розвитку.

**Висновки**

У результаті багаторічного цільового добору за довжиною зернини створено інбредні лінії кукурудзи, у яких довжина зернини на 40–60% перевищує цей показник у ліній-аналогів, отриманих шляхом стабілізуючого добору. Доведено, що суттєве збільшення довжини зернини призводить до значного ( $P < 0,05 - 0,01$ ) зростання показників морфометричних ознак первинної кореневої системи кукурудзи, а також довжини і маси

колеоптиля, співвідношення маси первинних корінців і загальної маси проростків. Виявлено глибоку диференціацію ліній за темпами і рівнем змін їхніх морфометричних показників у відповідь на зростання довжини зернини. Сформульовано припущення про значний вплив збільшення довжини зернини і морфологічних ознак первинних корінців на адаптивну здатність і посухостійкість кукурудзи у післясходовий період.

**Белоусов А.А.<sup>1</sup>, Соколов В.М.<sup>2</sup>**

Селекційно-генетический институт — Національний центр семеноведения и сортоизучения, ул. Овидиопольская дорога, 3, г. Одесса, 65036, Украина; e-mail: <sup>1</sup>belanat@ukr.net, <sup>2</sup>sgj-uaan@ukr.net

**Связь отбора по длине зерновки с морфологическими признаками первичной корневой системы кукурузы (*Zea mays L.*)**

**Цель.** Выявить связь многолетнего отбора по длине зерновки с изменениями морфологических признаков первичной корневой системы линий кукурузы. **Методы.** Полевые: дизруптивный отбор. Лабораторные: проращивание семян в чашках Петри в течение 6-ти суток. Методы вариационной статистики. **Результаты.** После 10-летнего направленного отбора созданы линии кукурузы, которые по длине зерновки на 40–60% превосходят

лінії-аналоги, не подвергавшіся такому отбору. Доказано, що суттєве збільшення довжини зерновки приводить до значительного збільшенню морфологічних ознак первинної кореневої системи кукурудзи. Виявлена глибока диференціація ліній по темпам зміни їх морфологічних показників в відповідь на збільшення довжини зерновки. Сформульовано припущення про вплив збільшення довжини зерновки і морфологічних ознак первинної кореневої системи на адаптивну здатність і стійкість кукурудзи в післязбирочний період. **Висновки.** Доказано, що збільшення довжини зерновки кукурудзи шляхом відбору приводить до суттєвому зростанню значень морфологічних ознак первинної кореневої системи. Припускається, що це може викликати значительне покращення адаптивності і стійкості кукурудзи в післязбирочний період.

**Ключові слова:** лінії кукурудзи, довжина зерновки, первинні корешки, їх морфологічні ознаки, стійкість, засухостійкість.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-07>

**Belousov A.<sup>1</sup>, Sokolov V.<sup>2</sup>**

*Selection-genetic institute - National centre of seed growing and strain investigation, Ovidiopska Doroha Str., 3, Odesa, 65036, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>belanat@ukr.net, <sup>2</sup>sgi-uaan@ukr.net*

**Long-term selection for length of weevil and its**

**influence on morphological indexes of primary root system of corn (*Zea mays L.*)**

**The purpose.** To determine link of long-term selection on length of weevils with changes in morphological characters of primary root system of lines of corn.

**Methods.** Field: disruptive takeoff. Laboratory: sprouting seeds in Petri dishes within 6 days. Methods of analysis of variance. **Results.** After 10-years directed selection they created lines of corn with length of weevils on 40–60% more than at lines-analogues, which were not exposed to such takeoff. It is proved that essential increase of length of a weevil results in substantial growth of morphological characters of primary root system of corn. Deep differentiation of lines on rates of change of their morphological indexes in reply to increase of length of a weevil is determined. A supposition is made about influence of increase of length of a weevil and morphological characters of primary root system on adaptive ability and drought resistance of corn in after-germination period. **Conclusions.** It is proved that increase of length of a weevil of corn by selection results in essential raise of values of morphological characters of primary root system. It is supposed that it can call significant improvement of autoadaptivity and drought resistance of corn in after-germination period.

**Key words:** lines of corn, length of a weevil, primary little roots, morphological characters, drought resistance.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-07>

**Бібліографія**

1. Домашнев П.П., Дзюбецький Б.В., Мороз В.В. Зв'язок між вологістю зерна кукурудзи і його ознаками: тез. докл. 5-го з'їзду генет. і селекц. України. Київ, 1986. С. 126–128.
2. Бєліков Є.І., Клімова О.Є. Кореляційні зв'язки продуктивності з морфо-біологічними ознаками у інбредних ліній цукрової кукурудзи. *Бюл. Інституту зернового господарства*. 2003. № 21–22. С. 109–112.
3. Walters S.P., Russell W.A., Lamkey K.R. Comparisons of phenotypic correlations among S<sub>1</sub> lines and their testcrosses from four Iowa Stiff Stalk populations of maize. *Madica*. 1991. V. 39. P. 39–44.
4. Федько М.М. Адаптивний потенціал та екологічна стабільність простих гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*). *Бюл. Інст. зерн. господарства*. 2010. № 39. С. 161–166.
5. Дзюбецький Б.В., Черчель В.Ю. Селекція гібридів кукурудзи, стійких до екстремальних умов вирощування. *Бюл. Інституту зерн. господарства*. 2007. № 31–32. С. 3–11.
6. Белоусов А.О., Соколов В.М., Молодченкова О.О., Адамовська В.Г. Напрями та результати селекції кукурудзи (*Zea mays L.*) у СГІ–НЦНС на посухостійкість. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2016. Вип. 28 (68). С. 33–43.
7. Філіпов Г.Л., Черчель В.Ю., Вишневецький М.В. Агрофізіологічне обґрунтування добору стрессоростійких селекційних форм кукурудзи. *Бюл. Інст. с.-г. степової зони*. 2012. № 2. С. 16–20.
8. Badicean D., Scholten S., Jacota A. Transcriptional profiling of *Zea mays* genotypes with different drought tolerances — new perspectives for gene expression markers selection. *Maydica*. 2011. 56–1724. P. 61–69.
9. Liu Y., Wang L., Sun C. et al. Genetic analysis and major QTL detection for maize kernel size and weight in multy-environments. *Theor. Appl. Genet.* 2014: 127: 1019–1037.
10. Grift T.E., Zhao W., Momin M.A. et al. Semi-automated machine vision based maize kernel counting on the ear. *Biosyst. Eng.* 2017: 164: 171–180.
11. Miller N.D., Haase N.J., Lee J. et al. A robust high-throughput method for computing maize ear, cob and kernel attributes automatically from images. *Plant J.* 2017: 89(1): 169–178.
12. Марченко Л.О. Методи дослідження зародкової кореневої системи кукурудзи. *Вісник с.-г. науки*. 1968. № 10. С. 65–70.
13. Жунько В.С. Роль эпикотельных корней у кукурудзи. *Селекція і семеноводство*. 1975. № 3. С. 75.