

УДК 631.53.02-021.465:633.15

DOI: 10.37128/2707-5826-2020-2-11

**ОЦІНКА ВИХІДНОГО
МАТЕРІАЛУ КУКУРУДЗИ ЗА
ЯКІСНИМИ ПОКАЗНИКАМИ
ЗЕРНА**

В.Л. ЖЕМОЙДА, канд. с.-г. наук,
доцент

О.С. МАКАРЧУК, канд. с.-г. наук,
доцент

Р.О. СПРЯЖКА, аспірант

Національний університет біоресурсів
і природокористування України

Кукурудза є однією із стратегічних культур сільськогосподарського виробництва, як в Україні, так і у всьому світі. Тому, для аграріїв важливим є постійне поліпшення господарсько-цінних та біохімічних якостей зерна кукурудзи.

Основою складного та тривалого процесу створення нових гібридів кукурудзи є підбір батьківських компонентів, які можуть слугувати джерелами поліпшених біохімічних та господарсько-цінних ознак. Так, в залежності від особливостей напрямів переробки зерна кукурудзи виробництву необхідні гібриди із підвищеним вмістом крохмалю, а в самому крохмалі – амілози або амілопектину. При використанні на фуражні цілі обов'язковою умовою є підвищений вміст білку. У статті наведено результати оцінки колекції самозапильних ліній кукурудзи, яка налічує 38 зразків. До її складу увійшли зразки селекції Національного університету біоресурсів і природокористування України, Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, а також лінії канадського та російського походження, отримані із Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Проведено розподіл зразків на групи відповідно до вмісту в зерні білку, крохмалю та олії. Обрано інбредні лінії, які слугують аналізаторами у схемі тестерних схрещувань.

Результатом проведених досліджень є розподіл колекції самозапильних ліній кукурудзи на групи за вмістом основних біохімічних показників (білок, крохмаль, олія), підбір ліній-тестерів. Після проведення тестерних схрещувань було отримано 156 гібридних комбінацій кукурудзи, у яких буде визначено ступінь успадкування вмісту білку, крохмалю та олії в зерні і дано рекомендації щодо використання досліджуваних самозапильних ліній кукурудзи у подальшій селекційній практиці.

Ключові слова: кукурудза, інбредна лінія, гібрид, біохімічні показники, амілоза, амілопектин, тестер, комбінаційна здатність.

Табл. 2. Рис. 3. Літ. 10.

Постановка проблеми. Кукурудза третя в світі за площами вирощування, є стратегічною культурою як для людства в цілому, так і для України зокрема. Використовуючи дану культуру за різними напрямками, необхідно знати її біохімічний склад та потенціал підвищення тих чи інших показників поживності. Це може бути як корегування фракційного складу білку та крохмалю, так і їх відсотковий вміст у зерні кукурудзи [1].

Якість зерна та придатність його для переробки визначається біохімічними показниками, такими як вміст білків, жирів та вуглеводів, що в кукурудзі представлені крохмалем. Проте, специфічні вимоги виробництва, як

правило, не задовольняються якістю крохмалю кукурудзи традиційного типу, який потребує поліпшення. Найбільш результативним і дієвим методом поліпшення вважається генетичний метод. [2]

Виходячи з потреб виробництва у відмінних за біохімічним складом гібридах кукурудзи необхідно підібрати батьківські компоненти, які б забезпечили підвищення необхідних показників якості зерна у гібридів кукурудзи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За хімічним складом зерно кукурудзи виділяється серед злакових кормів високим вмістом вуглеводів, головним чином крохмалю (до 70%), і високим відсотком олії (до 8%). Вміст протеїну становить близько 9-10%. Кукурудза бідна золою, особливо кальцієм, якого міститься лише 0,05%, тобто в кілька разів менше, ніж у зерні вівса. Із складових білка відмічається недостатня кількість незамінних амінокислот – лізину, триптофану, валіну. За іншими амінокислотами зерно кукурудзи не поступається зерну пшениці, а за вмістом лейцину перевищує бобові культури – горох, сою [3, 4].

Білки кукурудзи представлені двома групами – білками протоплазми та запасними білками. Основними компонентами запасних білків кукурудзи є спирторозчинний зеїн (на його долю припадає близько половини всіх білків зерна кукурудзи) та луговідокремлюваний – глютелін (близько 30 %). Альбуміни та глобуліни найбільш збалансовані білки, складають незначну частину. У зв'язку із тим, що кожна фракція білка з різним набором і співвідношенням амінокислот, харчові якості білків визначаються відсотковим вмістом і співвідношенням цих амінокислот.

Високий вміст білка в зерні кукурудзи зазвичай позитивно корелює і з вмістом олії. Зерно кукурудзи у порівнянні із іншими зерновими культурами, виключаючи овес, характеризується найвищим вмістом олії (3,5 – 7 %). Жири в зернівці розподіляються нерівномірно. Найбільша кількість (до 60 %) сконцентровано у зародку і лише 0,61-0,73 % знаходиться в ендоспермі. [5]

Основним компонентом зерна кукурудзи є крохмаль, який складає близько 70 % від загальної маси зернівки. Представлений він амілозою та амілопектином.

На даний час у кукурудзи ідентифіковано серію моногенних мутацій, які викликають утворення крохмалів з високими частками амілози, або амілопектину і встановлено, що цей ефект супроводжується суттєвими змінами морфології крохмальних гранул і технологічних властивостей крохмалю [6].

Матеріали та методи досліджень. Для проведення досліджень було зібрано колекцію самозапильних ліній кукурудзи із різними біохімічними показниками якості зерна. До складу колекції увійшли інбредні лінії кукурудзи селекції Національного університету біоресурсів і природокористування України, Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, лінії канадського та російського походження, отримані із Національного центру генетичних

ресурсів рослин України. Всього за біохімічними показниками було проаналізовано 38 самозапильних ліній кукурудзи.

Польові дослідження проводились на дослідних полях лабораторії кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України виробничого підрозділу «Агрономічна дослідна станція», яка розташована в Васильківському районі Київської області. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий, малогумусний, крупнопилювато-середньосуглинковий за гранулометричним складом. Польові дослідження проводили відповідно загальноприйнятої методики [7].

В лабораторних дослідженнях увага була сконцентрована на наступних біохімічних показниках зерна кукурудзи: відсотковий вміст протеїну, олії та крохмалю.

Показники якості зерна визначали за допомогою аналізатора «Infratec 1241 Grain Analyzer». Принцип роботи приладу ґрунтується на вимірюванні поглинання пробою електромагнітного випромінювання. Під час проведення аналізу основні компоненти зерна (протеїн, вода, жир, тощо) поглинають електромагнітне випромінювання в області ближнього інфрачервоного діапазону, тому не виникає потреби у підготовці зерна. Для аналізу використовують не подрібнене, необроблене протруйниками, регуляторами росту та іншими хімічними препаратами зерно [8].

Виклад основного матеріалу досліджень. Провівши лабораторний аналіз колекції інбредних ліній кукурудзи за вмістом основних складових якості зерна було виділено лінії, які можуть слугувати джерелами підвищення певних біохімічних ознак (Табл. 1). Так найвищим вмістом білку характеризувались лінії АЕ 464, АЕ 801, АЕ 746, G 255; дуже високий вміст крохмалю показали лінії АЕ 464, ВК 13, ВК 69, Q 170; а лінії АЕ 801, АЕ 746, ВК 69 та АЕ 392 містили в своєму складі найбільшу кількість олії.

Таблиця 1

Вміст основних складових якості у зерні кращих самозапильних ліній кукурудзи (2019-2020 рр.)

№ з/п	Назва інбредної лінії	Вміст поживних речовин, %		
		Білок	Крохмаль	Олія
1.	АЕ 464	13,69	71,47	3,99
2.	АЕ 801	13,80	66,50	5,90
3.	АЕ 746	13,30	67,10	5,50
4.	G 255	13,00	69,30	4,20
5.	ВК 13	12,23	71,41	4,15
6.	ВК 69	11,20	71,40	5,40
7.	Q 170	11,81	71,58	4,05
8.	АЕ 392	12,28	71,15	4,48
	НІР ₀₅	0,83	4,77	0,27

Джерело сформовано на основі власних досліджень

Для забезпечення подальших досліджень науковим підґрунтям було проведено ранжування зразків колекції та розподіл за групами відповідно до вмісту в зерні білку, крохмалю та олії (Рис. 1-3). Групи формувались відповідно до «Класифікатора-довідника виду *Zea Mays L.*» [9].

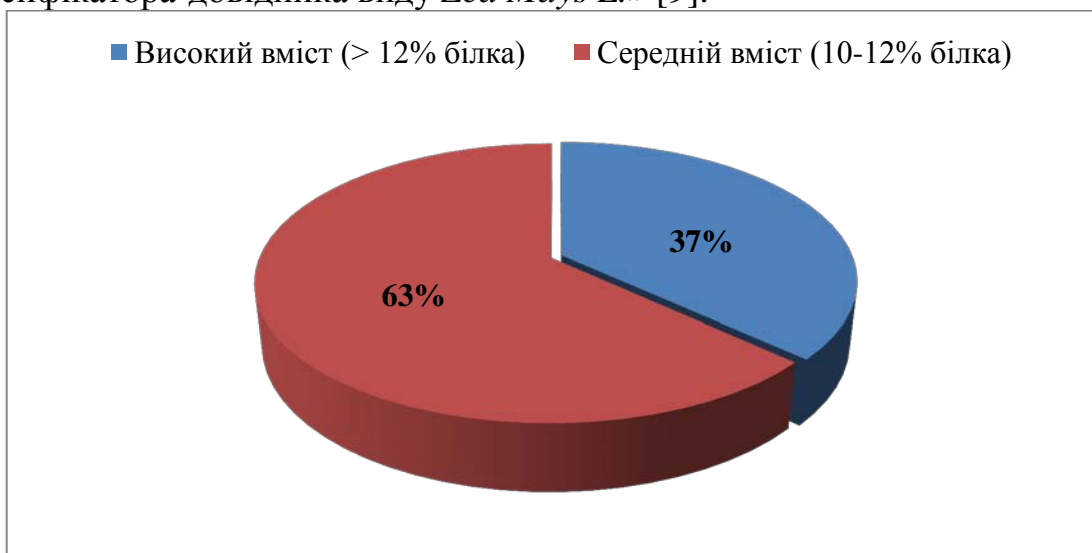


Рис. 1. Розподіл зразків колекції за відсотковим вмістом білка, 2019 р.
Джерело сформовано на основі власних досліджень

14 із 38 ліній характеризувались високим вмістом білка, а 24 лінії – середнім вмістом. До групи із високим вмістом білка увійшли лінії: АЕ 464, АЕ746, АЕ 801, G 255, УХК 669, НЛГ 1239, ВК 13 та ін. В загальному показники вмісту білка варіювали в межах від 10 до 13,8 %.



Рис. 2. Розподіл зразків колекції за відсотковим вмістом крохмалю, 2019 р.
Джерело сформовано на основі власних досліджень

Всі інбредні лінії колекції можна класифікувати, як зразки із підвищеним вмістом крохмалю, проте згідно «Класифікатора-довідника виду *Zea Mays L.*» їх розділено на підгрупи із: високим та дуже високим вмістом крохмалю, до яких увійшло 20 та 18 зразків відповідно. До підгрупи із дуже високим вмістом крохмалю увійшли такі лінії: ВК 13, ВК 69, Q 170, АЕ 392, АЕ 464, УХК 686 та ін., а до підгрупи із високим вмістом крохмалю – АЕ 746, АЕ 801, ВК 36, УХК667, G 255 та ін. Відсотковий показник вмісту крохмалю варіював в межах 66,5 – 71,58 %.

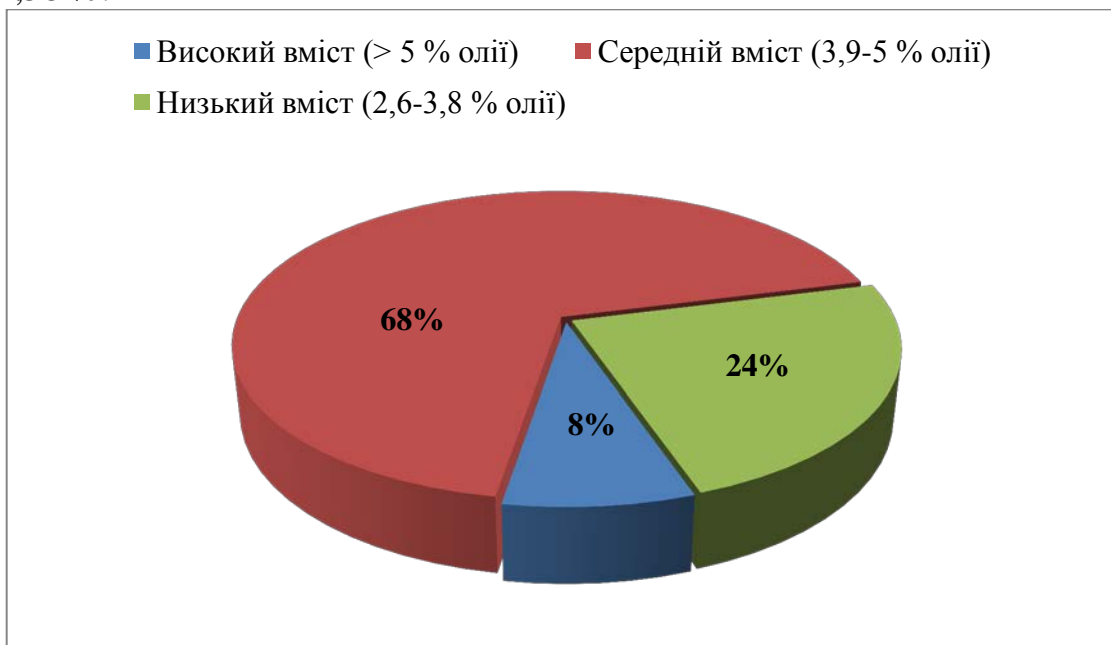


Рис. 3. Розподіл зразків колекції за відсотковим вмістом олії, 2019 р.
Джерело сформовано на основі власних досліджень

На відміну від білку та крохмалю, за вмістом олії колекцію було розділено на 3 групи. До групи із високим вмістом олії увійшли лінії ВК 69, АЕ746 та АЕ 801; із середнім вмістом – 26 зразків, серед них лінії АЕ 392, Q170, ВК 13, ВК 64, ВК 36 та ін.; низьким вмістом характеризувались 19 зразків. Діапазон вмісту олії в зерні самозапильних ліній був у межах від 3,0 до 5,9 %.

Для оцінки успадкування у гібридів кукурудзи конкретних біохімічних ознак було проведено схрещування із 5-ма лініями-тестерами: ВК 13, ВК 69, АЕ392, АЕ 801 та Q 170, які характеризувались не лише підвищеним вмістом одного із основних складових якості зерна, а і комплексом господарсько-цінних ознак. Важливою частиною цього комплексу безпосередньо є показник урожайності інбредних ліній кукурудзи (Табл. 2).

Лінії ВК 13 та ВК 69 за даними С.М. Тимчука також проявляють високі ефекти загальної комбінаційної здатності за вмістом крохмалю у зерні [10].

Значною мірою на вибір ліній-тестерів також вплинула генетична віддаленість цих ліній. Так лінії ВК 13 та ВК 69 несуть крохмаль-модифікуючий мутантний ген *wx*, котрий викликає утворення крохмалів, які

Таблиця 2

Урожайність (т/га) інбредних ліній кукурудзи (тестерів), 2019 р.

№ з/п	Назва лінії	Урожайність, т/га
1.	ВК 13	3,45
2.	ВК 69	3,11
3.	АЕ 392	4,84
4.	АЕ 801	3,56
5.	Q 170	3,49
НІР ₀₅ = 0,22		
S ² _x = 2,48 %		

Джерело сформовано на основі власних досліджень

повністю складаються із амілопектину. Лінії АЕ 392 та АЕ 801, навпроти, мають у своєму складі ген *ae*, завдяки якому 60 % крохмалю цих зразків складається із амілози.

Так саме утворення різних типів крохмалю у зерні кукурудзи може забезпечити галузь переробки продукції рослинництва сировиною, яка б повністю відповідала їх вимогам, що в свою чергу здешевить кінцеву продукцію та підвищить рентабельність виробництва.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Результатом проведених досліджень є розподіл колекції самозапильних ліній кукурудзи на групи за вмістом основних біохімічних показників (білок, крохмаль, олія), підбір ліній-тестерів.

Після проведення тестерних схрещувань було отримано 156 гібридних комбінацій кукурудзи, у яких буде визначено ступінь успадкування вмісту білку, крохмалю та олії в зерні і дано рекомендації щодо використання досліджуваних самозапильних ліній кукурудзи у подальшій селекційній практиці.

Список використаної літератури

1. Жемойда В.Л., Спряжка Р.О., Альохін В.І. Цінність вихідного матеріалу кукурудзи при селекції на якість зерна. «Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП Ужоріни» ІІ міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25-26 вересня 2019 р.: тези доповіді. Київ, 2019. С. 72.
2. Miller J.Be, Whistler R. Eds. Starch chemistry and technology, 3rd ed. Amsterdam – Boston – Heidelberg – London - New York – Oxford – Paris – San – Diego – San Francisco – Singapore : Acad. Press, Elsevier Publ. 2009. 900 p.
3. Рябчун В.К., Гур'єва І.А. Генетичні ресурси кукурудзи на Ужоріні (Монографія). Харків. ІР ім. В.Я. Юр'єва. 2007. С. 391
4. Діденко С.Ю. Розширення генетичного різноманіття за фракційним складом крохмалю. Генетичні ресурси рослин. 2008. №5. С.77-85
5. Шмараев Г.Е. Генофонд и селекция кукурузы. Под ред. В.А. Драгавцева. СПб.: ВИР, 1999. 390 с.

6. Dumanovic J., Pajic Z. Specificni tipovi kukuruza. Beograd- Zemun: Institut za kukuruz "Zemun Polje", 1998. 207 p.

7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

8. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. За ред. Ткачик С. О. 3-тє вид., випр. і доп. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 159 с.

9. Кириченко В. В., Гур'єва І. А., Рябчун В. К. та ін. Класифікатор-довідник виду *Zea mays* L. Харків, 2009. 82 с.

10. Тимчук С.М., Мартинюк М.М., Поздняков В.В. та ін. Генетичний аналіз основних ознак якості гранулярного крохмалю у зубовидної та восковидної кукурудзи. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 101. С. 198-206

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Zhemojda V.L., Spriazhka R.O., Alokhn V.I. (2019). Czinnist vikhidnogo materialu kukurudzi pri selekcziyi na yakist zerna. «Roslinnicztvo XXI stolittya: vikliki ta innovacziyi. Do 120-ti richchya kafedri roslinnicztva NUBiP Ukarayini» III mizhnarodna naukovopraktichna konferencziya [*The value of the source material of corn in the selection for grain quality. "Crop production of the XXI century: challenges and innovations. To the 120th anniversary of the Department of Plant Breeding NULES of Ukraine "*], m. Kiyiv, 25-26 veresnya 2019 r.: tezi dopovid. Kiyiv. [in Ukrainian].

2. Miller J.Be, Whistler R. Eds. (2009). Starch chemistry and technology, 3rd ed. / - Amsterdam – Boston – Heidelberg – London - New York – Oxford – Paris – San –Diego – San Francisco – Singapore : Acad. Press, Elsevier Publ. [in English].

3. Ryabchun V.K., Gur'yeva I.A. (2007). Genetychni resursy kukurudzy na Ukrayini (Monografiya) [*Genetic resources of corn in Ukraine (Monograph)*] Kharkiv. – IR im. V.Ya. Yuryeva. [in Ukrainian].

4. Didenko S.Iu. (2008). Rozshyrennia henetychnoho riznomanittia za fraktsiinym skladom krokhmalu [*Expansion of genetic diversity by fractional composition of starch*]. *Henetychni resursy roslyn – Genetic resources of plants*. №5. 77-85 [in Ukrainian].

5. Shmaraev H.E. (1999). Henofond y selektsiya kukuruzy [*Gene pool and selection of corn*]. Pod red. V.A. Drahavtseva. SPb.: VYR. [in Russian]

6. Dumanovic J., Pajic Z. (1998). Specificni tipovi kukuruza.- Beograd- Zemun: Institut za kukuruz "Zemun Polje". [in English].

7. Dospekhov B. A. (1985). Metodyka polevoho opyta [*Field Experience Methodology*]. M. : Ahropromyzdat. [in Russian].

8. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini (2017). Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslынnystva [*Methods of qualification examination of plant varieties for*

suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining the quality of crop products]. Za red. Tkachyk S. O. 3-tie vyd., vypr. i dop. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].

9. Kyrychenko B. B., Hurieva I. A., Riabchun V. K. ta in. (2009). *Klasyfikator-dovidnyk vydu Zea mays L. [Classifier-reference species Zea mays L.]*. Kharkiv. [in Ukrainian].

10. Tymchuk S.M., Martyniuk M.M., Pozdniakov V.V. ta in. (2012). *Henetychnyi analiz osnovnykh oznak yakosti hranuliarnoho krokhmalu u zubovydnoi ta voskovydnoi kukurudzy [Genetic analysis of the main characteristics of the quality of granular starch in toothed and waxy corn]*. *Selektsiia i nasinnytstvo – Breeding and seed production*. Issue 101. 198-206 [in Ukrainian].

АННОТАЦИЯ

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КУКУРУЗЫ ПО КАЧЕСТВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗЕРНА

Кукуруза является одной из стратегических культур сельскохозяйственного производства, как в Украине, так и во всем мире. Поэтому, для аграриев важно постоянное улучшение хозяйственно-ценных и биохимических качеств зерна кукурузы.

Основой сложного и продолжительного процесса создания новых гибридов кукурузы есть подбор родительских компонентов, которые могут служить источниками улучшенных биохимических и хозяйственно-ценных признаков. Так, в зависимости от особенностей направлений переработки зерна кукурузы производству необходимы гибриды с увеличенным содержанием крахмала, а в самом крахмале – амилозы или амилопектина. При использовании на фуражные цели обязательным условием есть увеличенное содержание белка.

В статье приведены результаты оценки коллекции самоопыляемых линий кукурузы, которая состоит из 38 образцов. В состав коллекции вошли образцы селекции Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, а также линии канадского и российского происхождения, полученные из Национального центра генетических ресурсов растений Украины. Проведено разделение образцов на группы в соответствии к содержанию в зерне белка, крахмала и жира. Выбрано инцухт линии, которые служат анализаторами в схеме тестерных скрещиваний.

Ключевые слова: кукуруза, инбредная линия, гибрид, биохимические показатели, амилоза, амилопектин, тестер, комбинационная способность.

Табл. 2. Рис. 3. Лит. 10.

ANNOTATION

EVALUATION OF MAIZE SOURCE MATERIAL BY QUALITATIVE GRAIN INDICATORS

The basis of a complex and long process of creating new maize hybrids is the selection of parent components that can serve as sources of improved biochemical and economically valuable traits. Thus, depending on the peculiarities of the directions of maize grain processing, the production requires hybrids with a high starch content, and in the starch itself – amylose or amylopectin. When used for fodder purposes, high protein content is a must. This distribution of hybrids by areas of use will increase the profitability of production and reduce the cost of final products.

The article presents the evaluation results of self-pollinating maize lines collection, which has 38 samples. The collection includes selection samples of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Institute of Plant Breeding. V.Ya. Yuriev NAAS and lines of Canadian and Russian origin which are obtained from the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine. Field research was conducted according to generally accepted methods in the research fields of the Department of genetics, breeding and seed production. prof. M.O. Zelensky National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine of the production unit "Agronomic Research Station", which is located in Vasylkiv district of Kyiv region laboratory. The soil of the experimental area is typical, low-humus, coarse-grained-medium-loam chernozem in terms of granulometric composition. Weather conditions were favorable for maize growing. Determination of quality indicators of maize grain was carried out on the «Infratec 1241 Grain Analyzer». The samples were divided into groups according to the content of quality indicators in the grain. In terms of protein content, two groups with high and medium content were formed, and the total variation of the indicator ranged from 10.0 to 13.8%. According to the starch content, the samples were also divided into two groups with very high and high content, and the percentage varied in the range of 66.5-71.8%. The range of oil content in the grain was in the range of 3.0-5.9% and, accordingly, three groups with high, medium and low content were formed. Selected inbred lines according to a set of indicators that serve as analyzers in the scheme of tester crosses to determine the degree of inheritance of specific biochemical traits.

Key words: corn, inbred line, hybrid, biochemical parameters, amylose, amylopectin, tester, combination ability.

Tabl. 2. Fig. 3. Lit. 10.

Інформація про авторів

Жемойда Віталій Леонідович – кандидат с.-г. наук, доцент кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (03041 м. Київ, пров. Сільськогосподарський 1, кв. 29, e-mail: wisena.seeds@gmail.com).

Макарчук Олександр Сергійович – кандидат с.-г. наук, в.о. завідувача кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (03041 м. Київ, вул. Генерала Родімцева 1а, e-mail: mcar2010@ukr.net).

Спряжка Роман Олегович – аспірант кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (02160 м. Київ, вул. Харківське Шосе 18/1, кв 67, e-mail: spriaga96@gmail.com).

Жемойда Віталій Леонидович – кандидат с.-х. наук, доцент кафедри генетики, селекції і семеноводства ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (03041 г. Київ, пр. Сельськогосподарський 1, кв. 29, e-mail: wisena.seeds@gmail.com).

Макарчук Олександр Сергеевич – кандидат с.-х. наук, в.о. завідувача кафедри генетики, селекції і семеноводства ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (03041 м. Київ, вул. Генерала Родімцева 1а, e-mail: mcar2010@ukr.net).

Спряжка Роман Олегович – аспірант кафедри генетики, селекції і семеноводства ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України (02160 г. Київ, вул. Харківське Шосе 18/1, кв 67, e-mail: spriaga96@gmail.com).

Zhemoida Vitali – candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Genetics, Breeding and Seed Production. prof. M.O. Zelensky department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (03041, Kiev, Silskohospodarskyi 1, f. 29, e-mail: wisena.seeds@gmail.com).

Makarchuk Oleksandr – candidate of Agricultural Sciences, acting manager of Genetics, Breeding and Seed Production. prof. M.O. Zelensky department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (03041, Kiev, Generala Rodimtceva str. 1a, e-mail: mcar2010@ukr.net).

Spriazhka Roman – postgraduate student of Genetics, Breeding and Seed Production. prof. M.O. Zelensky department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (02160, Kiev, Kharkivske Shose str. 18/1, f. 67, e-mail: spriaga96@gmail.com).