

ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМЕНІ В.Я. ЮР'ЄВА
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПОНУРЕНКО СЕРГІЙ ГЕННАДІЙОВИЧ

УДК 633.15:631.527:581.16

ДИСЕРТАЦІЯ

**ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИНА
ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА В УМОВАХ
СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.05 – селекція і насінництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ С.Г. Понуренко

Науковий керівник: Коломацька Валерія Павлівна, доктор
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Понуренко С.Г. Вихідний матеріал для селекції кукурудзи на продуктивність та якість зерна в умовах східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво» – Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, 2021.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення важливого наукового завдання з визначення особливостей вихідного матеріалу кукурудзи за продуктивністю та якістю зерна шляхом встановлення закономірностей формування рівнів ознак в залежності від генотипових та екологічних чинників, характеру сполученої мінливості, прояву комбінаційної здатності, механізмів генетичного контролю та адаптивних реакцій.

Установлено діапазони фенотипового, генотипового та екологічного варіювання продуктивності та якості зерна серед зразків Національної колекції кукурудзи. Визначено, що найбільш варіабельними за всіма джерелами мінливості є ознаки «продуктивність», «кількість зерен на качані», «маса 1000 зерен», «вміст олії», для яких фенотипові та генотипові коефіцієнти варіації були на високому та середньому рівнях. Для ознаки «продуктивність» відмічено високе значення коефіцієнту екологічної варіації (19,4 %), в той час як для інших ознак він не перевищував 10 %.

Весь спектр розподілу значень рівнів ознак якості зерна в системі «країна походження» – «підвид» – «група стиглості» розподілено на три типи з різною селекційною цінністю.

Визначено взаємозв'язки між ознаками якості зерна, країною походження, групою стиглості і підвидом у лінії кукурудзи. За вмістом білка частка зразків з високим рівнем ознаки переважає над часткою з низьким рівнем у зразків з Канади і Німеччини незалежно від підвиду і групи стиглості та у середньостиглих кременистих і середньоранніх зубовидних зразків з США. За

вмістом олії високі значення ознаки властиві напівзубовидним лініям з Канади як середньораннім, так середньостиглим, зубовидним середньостиглим лініям з Польщі, кременистим середньораннім лініям США, середньораннім і середньостиглим кременистим, а також середньостиглим зубовидним зразкам з України. При розподілі зразків за вмістом крохмалю спостерігається тенденція наявності в класі високого рівня ознаки зразків з України і РФ з майже однорідним представництвом за підвидами і групами стиглості.

Установлено, що в робочій колекції кукурудзи має місце диференціація ліній за морфобіологічними та господарськими ознаками в залежності від групи стиглості та підвиду. Середньостиглі лінії є більш високорослими (в середньому на 12 см), та мають вище прикріплення качана (в середньому на 7 см) порівняно із середньостиглими лініями. За рівнем зернової продуктивності середньостиглі лінії мають переваги, але за цією ознакою спостерігається диференціація за типом зернини.

Найбільш продуктивними є групи середньостиглих кременистих та середньостиглих напівзубовидних ліній кукурудзи (99,6 та 92,1 г зерна з рослини відповідно) та група середньоранніх зубовидних ліній – 84,3 г зерна з рослини. Продуктивність інших груп знаходиться в межах 78,0 – 80,2 г зерна з рослини. Кременисті середньостиглі лінії відзначались більшою, порівняно з іншими групами, кількістю зерен на качані (508 шт.), більшими довжиною та діаметром качана (15,5 та 4,2 см відповідно) та більшою кількістю рядів зерен на качані – 16,7 шт. За масою 1000 зерен виділялись напівзубовидні середньостиглі зразки, хоча в кожній групі за цією ознакою має місце значна мінливість.

Встановлено, що в робочій колекції ліній кукурудзи за типом екологічної пластичності переважають гомеостатичні зразки та зразки інтенсивного типу, що дає можливість вести селекцію гібридів як для умов з нестабільними параметрами зовнішнього середовища, так і для контрольованих або прогнозованих умов.

Установлено відсутність стабільних значних за силою кореляційних зв'язків ознак якості зерна з ознаками продуктивності ліній кукурудзи, що свідчить про незалежний генетичний контроль цих груп ознак і відсутність плейотропних ефектів та надає можливість одночасного покращання ознак якості зерна і продуктивності.

Установлено високі значення прямих шляхових коефіцієнтів за впливом на продуктивність ліній кукурудзи для ознак «кількість зерен на качані» та «маса 1000 зерен» (0,835 та 0,812 відповідно). Ознаки «діаметр качана», «кількість рядів зерен» та «кількість зерен в ряду» мали дуже низькі значення прямих шляхових коефіцієнтів (від 0,041 до 0,098), але впливали на продуктивність опосередковано через ознаку «кількість зерен на качані» з значеннями побічних шляхових коефіцієнтів від 0,477 до 0,622. Для ознаки «маса 1000 зерен» встановлено суттєвий від'ємний побічний вплив ознак «кількість зерен на качані» та «кількість рядів зерен» з шляховими коефіцієнтами $-0,350$ та $-0,362$ відповідно.

Установлено, що добори на продуктивність доцільно проводити безпосередньо за кількістю зерен на качані та масою 1000 зерен, в той час як добори за ознаками «діаметр качана», «кількість рядів зерен», «кількість зерен в ряду» є опосередкованими. Високі значення прямих шляхових коефіцієнтів за впливом на продуктивність відмічено лише для ознак «кількість зерен на качані» та «маса 1000 зерен» (0,835 та 0,812 відповідно).

Доведено, що впливи рецесивних ендоспермальних мутацій кукурудзи на кількісні зміни в структурі вуглеводного комплексу є досить стабільними і не відзначаються значним генотиповим різноманіттям на фоні значної генотипової мінливості для кожної мутації за продуктивністю і вмістом олії та білка в зерні.

В групах *o2*, *su1*, *su2*, *wx* виділені зразки з високою продуктивністю (> 75 г зерна з рослини), максимальні значення продуктивності ліній з мутаціями *se*, *sh2*, *sh1* сягали 72,3, 72,4 та 72,1 г зерна з рослини відповідно, а мінімальні значення продуктивності для всіх типів мутацій були вище 54 г зерна з рослини. Встановлено, що серед ліній -носіїв мутації *su2*, є достатнє різноманіття за

продуктивністю, вмістом амілози в крохмалі та типами екологічної пластичності. Додатковим критерієм комплексної оцінки господарської групи високоамілозної кукурудзи є ознака «вміст олії в зерні», коливання генотипових значень якої відмічено на рівні 4,8 – 6,2 %. Виділено лінії з високим вмістом олії в зерні: АС-32 та АС-43 (6,2 % та 5,6 % відповідно).

Визначено структуру корелятивних зв'язків між вмістом незамінних амінокислот. Встановлено додатні і середні за силою ($>0,50$) парні кореляції між вмістом треоніну і валіну, ізолейцину і суми сіркувмісних (метионін + цистеїн) амінокислот, з останніми також додатно корелює і вміст лизину. Деяко слабші, але достовірні додатні кореляції відзначені між вмістом лейцину і треоніну, лейцину і валіну, лизину і триптофану. Незначна за силою від'ємна кореляція зафіксована між вмістом лизину і валіну.

Установлено наявність різних типів профілю незамінних амінокислот в білку зерна кукурудзи, що обумовлено особливостями кореляційних зв'язків. Виділені зразки з підвищеним вмістом незамінних амінокислот в білку пропонуються як джерела покращання біологічної цінності білка кукурудзи. Лінії УХ 178, СО 72-75-13 PR, ОН 45, ІГ 341, ІГ 473, С 25 є джерелами підвищеного вмісту триптофану, треоніну і валіну, а лінії ТВА 2008-3, УХ 629-1, НМV 1528, ХЛГ 1551, ХЛГ 1558, СМ145, С 9, ХЛГ 1500, УХК 388, є джерелами підвищеного вмісту лизину і ізолейцину.

Встановлено найбільший внесок ефектів ЗКЗ ліній кукурудзи в генотипову дисперсію за масою 1000 зерен та вмістом олії (61 % та 50 % відповідно), помірний внесок за продуктивністю (30 %) та доволі низький за вмістом крохмалю та вмістом білка – 16 % та 10 % відповідно.

Визначено, що частка впливів ефектів СКЗ в структурі генотипової мінливості виявилась досить однорідною для всіх ознак і коливалась від 21% для вмісту олії до 41 % для вмісту білку. Вплив ефектів взаємодії ЗКЗ×рік не перевищував 10%, а для маси 1000 зерен та вмісту крохмалю був майже відсутнім (4 % та 0,4 % відповідно). Навпаки, ефекти взаємодії СКЗ×рік мають

значний внесок в структуру генотипової дисперсії більшості ознак (19-47 %) за виключенням маси 1000 зерен (1 %).

Виділено лінії з високими стабільно відтворюваними в різних екологічних умовах ефектами ЗКЗ: за продуктивністю – ХА 412, ХА 408; масою 1000 зерен – ХА 408, ХАР 164, УКУ 10; вмістом білка – ХА 408, УКУ 1, ХАР 144; вмістом олії – УКУ 1, УКУ 20; вмістом крохмалю – ХА 412, ХАР 144, та лінії, що поєднують високі донорські властивості за кількома ознаками: (ХА 412, ХА 408, УКУ 1, ХАР 144).

Встановлено, що високими значеннями варіанс СКЗ по серії характеризувались лінії: ХА 408, ХА 412, УКУ 20 – за продуктивністю; ХА 408, УКУ 20 – за масою 1000 зерен; ХА 412, УКУ 10, УКУ 12, УКУ 20 – за вмістом білка; ХАР 144, УКУ 10, УКУ 20 – за вмістом олії; УКУ 10, УКУ 23 – за вмістом крохмалю.

Визначено значення істинного та гіпотетичного гетерозису у гібридів кукурудзи за продуктивністю та якістю зерна, гібриди розподілені за рівнями гетерозису вивчених ознак. За ознакою «продуктивність» у більшості гібридних комбінацій відмічено ефект гетерозису різного рівня. За вмістом білка переважна кількість гібридів мала депресивний тип успадкування, при цьому виділено гібриди з рівнем гетерозису від 100 до 140 %. За вмістом олії в сприятливому році було ідентифіковано гібриди з рівнем істинного і гіпотетичного гетерозису в межах 120-140 %. За вмістом крохмалю відзначено значні коливання кількості гібридів як за типами гетерозису, так і по роках в між групами з депресивним типом успадкування та гетерозисом в межах 100-120 %.

Встановлено механізми генетичного контролю ознак продуктивності та якості зерна кукурудзи за співвідношенням адитивних та неадитивних ефектів, напрямом домінування, розподілом домінантних та рецесивних генів, коефіцієнтами успадкованості.

Визначено, що тип успадкування був стабільним по роках і відповідав повному домінуванню для всіх ознак за виключенням ознаки продуктивності,

для якої ідентифіковано наддомінування. Напрямом домінування не змінювався по роках для ознак «продуктивність», «маса 1000 зерен» та «вміст олії» і характеризувався тим, що домінантні гени визначали зменшення рівня ознаки. Для ознак «вміст білка» і «вміст крохмалю» за напрямом домінування зафіксовано перевизначення генетичної формули ознаки за роками в протилежних напрямках.

За результатами досліджень сформовано та зареєстровано в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН ознакові колекції ліній кукурудзи за ознаками продуктивності та якості зерна.

Створено високоврожайні гібриди кукурудзи з високим вмістом крохмалю в зерні: Зоряний (ФАО 190), Елітнянський (ФАО 270), Мавка (ФАО 270), Вектор (ФАО 270), ХА Болід (ФАО 280), Гопак (ФАО 300) і Дарунок (ФАО 310), які внесені в Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, визначено економічну ефективність їх вирощування.

Доведено, що прибавки урожайності зерна створених гібридів кукурудзи забезпечують в середньому 4353 грн/га прибутку (в цінах на грудень 2020 р.) з коливаннями від 840 грн/га до 10860 грн/га в залежності від гібриду та зони вирощування. Впровадження гібридів з високим вмістом крохмалю (більше 70 %) забезпечує додатковий середній прибуток 302 грн/га при коливаннях від 41 грн/га до 912 грн/га. Частка вартості додаткової продукції переробки відносно вартості прибавки урожайності складає 11,4 % при середньому значенні 6,3 %.

Ключові слова: *селекція, кукурудза, генетичні ресурси, інбредна лінія, гетерозис, продуктивність, біохімічний склад зерна, комбінаційна здатність.*

ANNOTATION

Ponurenko S.G. Starting Material for Corn Breeding for the Performance and Grain Quality in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. - Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for the Academic Degree of Candidate of Agricultural Sciences, specialty 06.01.05 "Breeding and Seed Production" – Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, Kharkiv, 2021.

The thesis presents a theoretical generalization of and a new solution to an important scientific problem of evaluation of corn starting material for the performance and grain quality by establishing patterns in trait levels depending on genotypic and environmental factors, combinative variability, combining ability as well as of mechanisms of genetic regulation and adaptive responses. Based on to the research results, sources of valuable traits have been identified; trait collections have been built up; new high-yielding corn hybrids with high starch content have been created; and the economic efficiency of their cultivation has been estimated.

The ranges of phenotypic, genotypic and ecological variations of the performance and grain quality have been determined for accessions of the National Corn Collection. The "performance", "kernel number per cob", "1000-kernel weight", and "oil content" traits were determined to be the most variable by all variability sources, as their phenotypic and genotypic coefficients of variation were high or medium. As to the "pperformance" trait, the coefficient of environmental variation was high (19.4%), while it did not exceed 10% for the other traits.

Relationships between the grain quality traits, origin country, ripeness group and subspecies of corn lines have been determined, which allowed dividing the whole range of expression levels of the grain quality traits into three types of different breeding value in the "origin country - subspecies - ripeness group" system. As to the protein content, the proportion of high-protein accessions is bigger than the proportion of low-protein ones in the samples from Canada and Germany, regardless of subspecies and ripeness group, and in the mid-ripening

flint and mid-early dent samples from the US. As to the oil content, high oil content is intrinsic both to mid-early and mid-ripening semi-dent lines from Canada, mid-ripening dent lines from Poland, mid-early flint lines from the US, as well as to mid-early and mid-ripening flint and mid-ripening dent accessions from Ukraine. When we categorized the accessions by starch content, we observed a trend that there were more accessions from Ukraine and Russia in the high starch class, with almost homogeneous representation by subspecies and ripeness groups.

It has been established that in the working collection, the corn lines are differentiated by morphobiological and economic characteristics, depending on ripeness group and subspecies. Mid-ripening lines are taller (on average by 12 cm), and their cobs are attached higher (on average by 7 cm) compared to mid-early lines. As to the grain productivity, mid-ripening lines have advantages, but there is a differentiation by kernel type for this trait.

The groups of mid-ripening flint and mid-ripening semi-dent corn lines (99.6 and 92.1 g of grain per plant, respectively) and the group of mid-early dent lines (84.3 g of grain per plant) are the most productive. The productivity of the other groups ranges 78.0 to 80.2 g of grain per plant. Mid-ripening flint lines had more kernels per cob (508), longer cobs of larger diameter (15.5 and 4.2 cm, respectively) more kernel rows per cob (16.7) compared to the other groups. Mid-ripening semi-dent accessions were distinguished by 1000-kernel weight, although a considerable variability of this trait is observed in each group .

As to type of environmental plasticity, it has been revealed that in the working collection of corn lines homeostatic and intensive accessions prevail, allowing for breeding of hybrids both for environments with unstable conditions and for those with controlled or predicted conditions.

There were no stable significant correlations between the grain quality traits and performance traits in the corn lines, indicating independent genetic regulation of these trait groups and absence of pleiotropic effects and allowing for concurrent improvement of the grain quality traits and performance.

The direct path coefficients were high for the effects of the "kernel number per cob" and "1000-kernel weight" traits on the performance of the corn lines (0.835 and 0.812, respectively). The "cob diameter", "number of kernel rows" and "kernel number per row" traits had very low values of the direct path coefficients (0.041 - 0.098), but affected the performance indirectly, through the "kernel number per cob" trait, with the indirect path coefficients ranging 0.477 to 0.622. As to the "1000-kernel weight" trait, there were significant negative indirect effects of the "kernel number per cob" and "number of kernel rows" traits, with the path coefficients of -0.350 and -0.362, respectively.

It has been demonstrated that the selection for the performance should be directly driven by the kernel per cob and 1000-kernel weight, while the selections driven by cob diameter, number of kernel rows and kernel number per row are indirect. High values of the direct path coefficients were only seen for the effects of the "kernel number per cob" and "1000-kernel weight" on the performance (0.835 and 0.812, respectively).

It has been proven that the effects of recessive endosperm mutations altering the carbohydrate composition in corn on quantitative changes are quite stable and none of the mutations is associated with significant genotypic diversity (upon considerable genotypic variability) of the performance and oil and protein contents in grain.

In the *o2*, *su1*, *su2*, and *wx* groups, highly productive accessions were selected (> 75 g of grain per plant); the maximum performance of the lines – carriers of the *se*, *sh2*, and *sh1* mutations reached 72.3, 72.4 and 72.1 g of grain per plant, respectively, and the minimum performance was > 54 g of grain per plant, regardless of mutations. The lines - carriers of the *su2* mutation were shown to be sufficiently diverse in terms of performance, amylose content in starch and types of environmental plasticity. The oil content in grain is an additional criterion for a comprehensive assessment of the economic group of high-amylose corn, and fluctuations in the genotypic values of this trait amounted to 4.8 - 6.2%. Lines with

high oil content in grain were distinguished: AS-32 and AS-43 (6.2% and 5.6%, respectively).

Correlations between the contents of essential amino acids have been evaluated. There were positive, mid-strong (> 0.50) paired correlations between the contents of threonine and valine and between the isoleucine content and the amount of sulfur-containing (methionine + cysteine) amino acids; in addition, the lysine content also positively correlated with the latter. Slightly weaker but significant positive correlations were observed between the contents of leucine and threonine, leucine and valine, lysine and tryptophan. There was a slight negative correlation between the contents of lysine and valine.

Different profiles of essential amino acid in corn grain protein have been observed due to the correlation peculiarities. The wide genotypic diversity of the collection corn accessions in terms of amino acid composition in grain is reduced to three classes with various biological value of protein. Selected accessions with high contents of essential amino acids in protein are recommended as sources for improving the biological value of corn protein.

Lines UKh 178, CO 72-75-13 PR, OKh 45, IG 341, IG 473, and S 25 are sources of high contents of tryptophan, threonine and valine, and lines TVA 2008-3, UKh 629-1, H MV 1528, KhLH 1551, KhLH 1558, SM 145, C 9, KhLH 1500, and UKhS 388 are sources of high contents of lysine and isoleucine.

The contributions of the GCA effects to the genotypic dispersion of the “1000-kernel weight” and “oil content” traits were greatest (61% and 50%, respectively); the contribution to the genotypic dispersion of the performance was moderate (30%); the contributions to the genotypic dispersion of starch content and protein content were rather low (16% and 10%, respectively).

It has been determined that the shares of the SCA effects in the genotypic variability were quite similar for all traits and ranged from 21% for the oil content to 41% for the protein content. The impact of the ‘GCA effects – year’ interaction did not exceed 10% and was negligible for the 1000-kernel weight and starch content (4% and 0.4%, respectively). On the contrary, the impact of SCA

effects – year' interaction made significant contribution to the genotypic dispersion of most traits (19-47%), except for the 1000-kernel weigh (1%).

There were statistically significant effects both of the general (GCA) and specific (SCA) combining abilities of the corn lines and of their interaction with environmental factors. Lines with consistently high GCA effects in various environments have been distinguished: for the performance - KhA 412, KhA 408; for the 1000-kernel weight - KhA 408, KhAR 164, UKY 10; for protein content - KhA 408, UKY 1, KhAR 144; for oil content - UKY 1, UKY 20; for starch content - KhA 412, KhAR 144; and lines that combine high donor capacities for several traits - KhA 412, KhA 408, UKY 1, KhAR 144.

The following lines had high values of the GCA variances: KhA 408, KhA 412, and UKY 20 (for the performance); KhA 408 and UKY 20 (for the 1000-kernel weight); KhA 412, UKY 10, UKY 12, and UKY 20 (for the protein content); KhAR 144, UKY 10, and UKY 20 (for the oil content); UKY 10 and UKY 23 (for the starch content).

The values of true and hypothetical heterosis by grain productivity and quality were determined in corn hybrids and the hybrids were categorized according to heterosis levels of the studied traits. As to the performance, various levels of heterosis were noted in most hybrid combinations. As to the protein content, most of hybrids had a depressive type of inheritance; at the same time there were hybrids with a heterosis level of 100 - 140%. As to the oil content, in the favorable year, hybrids with levels of true and hypothetical heterosis of 120-140% were identified. As to the starch content, significant fluctuations (100-120%) in the number of hybrids both by types of heterosis and by years were observed between groups with depressive type of inheritance and heterosis .

Mechanisms of genetic regulation of the performance and grain quality traits in corn have been revealed from ratios of additive and non-additive effects, dominance direction, distribution of dominant and recessive genes, and heredity coefficients.

It has been found that the type of inheritance is stable over the years and corresponds to complete dominance for all the traits except for the performance, which is inherited by overdominance. The dominance direction did not change over the years for the "performance", "1000-kernel weight" and "oil content" traits and dominant genes encoded the decrease in the trait level. As to the "protein content" and "starch content" traits, the dominance direction changed to the opposite over the years.

Based on the research results, trait collections of corn lines for performance and grain quality have been built up and registered with National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine at the Plant Production Institute named after VYa Yuriev of NAAS.

High-yielding corn hybrids with high content of starch in grain have been created: (Zorianyi [FAO 190], Elitnianskyi [FAO 270], Mavka [FAO 270], Vektor [FAO 270], KaA Bolid [FAO 280], Hopak [FAO 300], and Darunok [FAO 300]) and included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine; the economic efficiency of their cultivation have been estimated.

It has been proven that the gains in the grain yields from the created corn hybrids provide the average profit of 4,353 UAH/ha (in December 2020 prices), with fluctuations from 840 UAH/ha to 10,860 UAH/ha depending on the hybrid and growing location. The cultivation of hybrids with a high starch content (more than 70%) provides the additional average profit of 302 UAH/ha, with fluctuations from 41 UAH/ha to 912 UAH/ha. The share of the cost of additional processing of products in the value of the gain in the yield amounts to 11.4%, averaging 6.3%.

Keywords: *breeding, corn, genetic resources, inbred line, heterosis, performance, biochemical composition of grain, combining ability.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А., Панченко І. А. Особливості сумісного прояву ознак якості зерна і продуктивності у зразків колекції кукурудзи. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2004. Вип. 89. С. 102-110. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

2. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А. Розподіл зразків колекції кукурудзи за ознаками якості зерна в залежності від країни походження, підвиду і групи стиглості. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, НЦГРРУ. Харків, 2006. № 3. С. 140-148. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

3. **Понуренко С. Г.**, Токар І. В. Особливості генотипової мінливості вмісту незамінних амінокислот в білку зерна колекційних зразків кукурудзи. *Таврійський науковий вісник* : міжвід. темат. наук. зб. Херсон, 2006. Вип. 47. С. 46-50. (80% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

4. Результати селекції гібридів кукурудзи на низьку збиральну вологість зерна / Козубенко Л.В., Сікалова О.В., Івлева Т.В., **Понуренко С.Г.**, Чернобай Л.М. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2011. Вип. 99. С. 91-101. (40% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

5. Аналіз складу гібридів кукурудзи, занесених до державного реєстру сортів рослин України / Чернобай Л. М., Музафаров Н. М., Барсуков І. П., **Понуренко С. Г.**, Васьківська С. В. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2012. Вип. 101. С. 279-288. (50% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

6. Темпи вологовіддачі зерна кукурудзи при досяганні гібридів різних груп стиглості / Китайова С. С., **Понуренко С. Г.**, Чернобай Л. М., Деркач І. Б. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2013. Вип. 104. С. 66-74. (55% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

7. Високоврожайні гібриди кукурудзи – на поля / Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Музафаров Н. М., Сікалова О. В., **Понуренко С. Г.**, Таганцова М. М. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області* : науково-виробничий збірник / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2016. Вип. 20. С. 140-149. (45% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Статті у наукових виданнях включених до міжнародних наукометричних баз:

8. **Понуренко С. Г.** Особенности структуры генотипической дисперсии признаков качества зерна кукурузы в различных экологических условиях. *Вестник БГСХА*. Горки, 2015. № 1. С. 69-72.

9. Чернобай Л. М., **Понуренко С. Г.**, Сікалова О. В. Оцінка стабільності характеристик генотипів кукурудзи за індексами посухостійкості в різних гідротермічних умовах. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2016. Vol. 6. № 4(8). Р. 69-75. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

10. Chernobai L. N., **Ponurenko S. G.** Use of drought tolerance indices in corn breeding . *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2018. Vol. 4. № 3(31). Р. 9-17. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Тези і матеріали наукових конференцій:

11. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А., Рогуліна Л. В. Особливості біохімічного складу зерна зразків колекції кукурудзи Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. *Наукові основи стабілізації виробництва продукції*

рослинництва : тез. доп. міжн. конф. Харків, 1999. С. 190-191. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

12. **Понуренко С. Г.** Якість зерна і продуктивність колекції кукурудзи в залежності від країни походження. *Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання* : тез. доп. міжнар. наук.-практ. конф. (29 черв. – 1 лип. 2005 р.). Оброшино, 2005. С. 161-162.

13. Тимчук С. М., Мовчан Т. Д., **Понуренко С. Г.** Екологічні реакції ліній цукрової кукурудзи за продуктивністю та елементами її структури. *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : матер. наук.-практ. конф. молодих учених (22- 24 трав. 2007 р.) / УААН, Інститут агроекології. Київ, 2007. С. 59-61. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

14. Регуляція вмісту та фракційного складу крохмалю в зерні кукурудзи мутантними генами структури ендосперму / Тимчук С. М., Мартинюк М. М. Поздняков В. В. **Понуренко С. Г.** *Биотехнология. Наука. Образование. Практика* : тез. докл. IV міждун. научно-практ. конф. (11-13 нояб.) / Украинский государственный химико-технологический университет Днепропетровск, 2008. С.150-151. (50% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

15. Робоча колекція ліній кукурудзи за продуктивністю / Чернобай Л. М., Овсяннікова Н. С., Сікалова О. В., **Понуренко С. Г.** *Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату* : матер. міжнар. науково-практ. конф. (7-9 лип.) / НААН, Ін.-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2015. С. 47-99. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

16. **Понуренко С. Г.**, Шелякіна Т. А., Ільченко Н. К. Особливості генетичного контролю ознак якості зерна кукурудзи. *Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату* : матер. міжн. науково-практ. конф. (Харків, 7-9 лип.) / НААН, Ін.-т рослинництва

ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2015. С.72-74. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

17. **Понуренко С. Г.**, Сікалова О. В. Стабільність гібридів кукурудзи за індексами посухостійкості в різних умовах вирощування. Генетичне та сортове різноманіття рослин для покращання якості життя людей : тези міжн. наук. конф., присвяченої 25-річчю Національного генбанку України (4-7 лип.) / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Український інститут експертизи сортів рослин. Київ : ТОВ «Нілан-ЛТД, 2016. С. 82-84. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

18. Виявлення джерел цінних господарських ознак в колекційному розсаднику / Сікалова О. В., Чернобай Л. М, **Понуренко С. Г.**, Деркач І. Б. Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах : матер. міжн. наук. конф., присвяч. пам'яті і науковій спадщині видатного вченого Василя Яковича Юр'єва (3-5 лип.). Харків, 2019. С.104-105. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

19. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А., Панченко І. А. Екологічна пластичність зразків генофонду кукурудзи за ознаками якості зерна і продуктивності. *Наук. пр. Полтавської державної аграрної академії*. Полтава. 2005. Т. 4 (23). С. 64-66. (80% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

20. Ефекти взаємодій генотип:погодні умови вирощування у ліній цукрової кукурудзи за продуктивністю та основними елементами її структури / Мовчан Т. Д., Тимчук С. М., **Понуренко С. Г.**, Тимчук В. М. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. Київ, 2007. Т. 5. №1-2. С. 39-47. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

21. Вуглеводний склад зернівок ендоспермальних мутантів кукурудзи в процесі їх дозрівання / Тимчук С. М., Тимчук Д. С., Поздняков В. В., **Понуренко С. Г.** *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку* /

НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Українське товариство фізіологів рослин; голов.ред. В. В.Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 2. С. 411-418. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

22. Виробництво спеціалізованих гібридів кукурудзи : методичні рекомендації / Л. М. Чернобай, В. М. Попов, В. М. Авраменко, **С. Г. Понуренко** [та ін.] / НААН, ІР ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2014. 32 с. (30% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

23. Каталог генетичної цінності ліній кукурудзи з ендоспермальними мутаціями; підгот. : В. В. Поздняков, С. М. Тимчук, Н. В. Кузьмишина, **С. Г. Понуренко** [та ін.] / НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2016. 65 с. (30% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

24. Ефект гетерозису у гібридів кукурудзи і його використання в селекції на адаптивність / Кириченко В. В., Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Сікалова О. В., Музафаров Н. М., **Понуренко С. Г.** *Основи управління продукційним процесом польових культур* : монографія ; за ред. В.В. Кириченка. Харків : ФОП Бровін О.В., 2016. С. 481 – 493. (40% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

25. Етапи селекції кукурудзи в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН / Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Сікалова О. В., Музафаров Н. М., **Понуренко С. Г.** *Теоретичні дослідження та практичні досягнення Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН: історія та сьогодення (1908-2018 рр.)*. Харків : ФОП Бровін О.В., 2018. С. 482-504. (40% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

26. А. с. № 170829. Кукурудза звичайна. Гібрид Зоряний / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., **Понуренко С.Г.**, Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 189. (авторство 10%).

27. А. с. № 170827. Кукурудза звичайна. Гібрид Мавка / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., **Понуренко С.Г.**, Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 216. (авторство 10%).

28. А. с. № 190740. Кукурудза звичайна. Гібрид Елітнянський / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2019. № 2. С. 107. (авторство 10%).

29. А. с. № 210670. Кукурудза звичайна. Гібрид ХА Болід / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б., Кузьмишина Н.В., Капустян М.В., Бібель Ю.О., Ортман О.Є.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2021. № 3. С. 17. (авторство 10%).

30. А. с. № 210453. Кукурудза звичайна. Гібрид Вектор / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б., Кузьмишина Н.В., Капустян М.В., Бібель Ю.О.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2021. № 1. С. 179. (авторство 10%).

31. А. с. № 180810. Кукурудза звичайна. Гібрид Гопак / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2018. № 4. С. 68. (авторство 10%).

32. А. с. № 170828. Кукурудза звичайна. Гібрид Дарунок / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., **Понуренко С.Г.**, Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 135. (авторство 5%).

ЗМІСТ

	Стор.
АНОТАЦІЯ.....	2
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	14
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1 СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА (Огляд літератури).....	28
1.1. Місце кукурудзи в землеробстві світу і України.....	28
1.2. Якість зерна як комплексна проблема.....	29
1.3. Біохімічні складові якості зерна.....	31
1.4. Селекційне покращення біохімічного складу зерна з використанням полігенних систем	34
1.5. Використання генів структури ендосперму для покращення якості зерна кукурудзи	38
Висновки до розділу 1.....	46
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ... ..	48
2.1. Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови.....	48
2.2. Матеріал для досліджень.....	51
2.3. Методика проведення досліджень.....	51
Висновки до розділу 2.....	53
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕР ГЕНОТИПОВОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ОЗНАК ПРОДУКТИВНОСТІ І ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА ФОРМУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОЛЕКЦІЙ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ.....	55
3.1. Структура фенотипової мінливості ліній кукурудзи за ознаками продуктивності та якості зерна.....	55
3.2. Особливості кореляційного взаємозв'язку ознак продуктивності та якості зерна.....	73
3.3. Продуктивність, біохімічний склад зерна та адаптивність ліній-носіїв ендоспермальних мутацій.....	77

3.4. Генотипова мінливість колекційних зразків кукурудзи за вмістом незамінних амінокислот білка зерна.....	87
Висновки до розділу 3.....	92
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ ТА МЕХАНІЗМІВ ГЕНЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ОЗНАК ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА В СИСТЕМІ ДІАЛЕЛЬНИХ СХРЕЩУВАНЬ.....	95
4.1. Компоненти генотипової дисперсії за ознаками продуктивності і якості зерна та їх мінливість в різних екологічних умовах.....	95
4.2. Характер успадкування та механізми генетичної детермінації ознак продуктивності та якості зерна.....	101
Висновки до розділу 4.....	111
РОЗДІЛ 5 ГОСПОДАРСЬКА ЦІННІСТЬ ТА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ СТВОРЕНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ.....	114
5.1. Економічна ефективність вирощування.....	122
Висновки до розділу 5.....	123
ВИСНОВКИ.....	124
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТА ВИРОБНИЦТВА	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	130
ДОДАТКИ.....	152

ВСТУП

За останнє десятиліття Україна зайняла міцні позиції серед світових виробників та експортерів зерна кукурудзи, а в Європі вона є безумовним лідером в цих сферах. Займаючи до 5 млн га, що становить близько 17% від загальної площі ріллі та при досягнутому рівні валових зборів зерна на рівні 28 млн т, кукурудза стала вагомим фактором розвитку галузі рослинництва, а експорт зерна кукурудзи є важливим бюджетоутворюючим чинником. Наслідком такої ситуації стало значне посилення вимог до виробничих характеристик гібридів та зростання конкуренції на внутрішньому ринку насіння.

Посилення експортного потенціалу України на світовому ринку зерна кукурудзи можливе не лише за рахунок збільшення валових зборів зерна. Рок від року зростає попит на зерно кукурудзи зі зміненим біохімічним складом і особливими технологічними властивостями в залежності від чого виділяють окремі господарські групи кукурудзи (круп'яна, цукрова, з високим вмістом олії, восковидна або амілопектинова, високоамілозна, з високим вмістом каротину). Ціни на таку товарну продукцію та насіннєвий матеріал значно вищі порівняно зі звичайною кукурудзою. Крім того створення сировинної бази зерна кукурудзи зі зміненим біохімічним складом сприятиме розвитку харчової та переробної промисловості, дозволить поширити асортимент продуктів харчування та технічних матеріалів з унікальними властивостями.

Актуальність теми. Продуктивність рослин є найважливішою агрономічною ознакою, реалізація якої на ценотичному рівні під впливом екологічних і агротехнологічних факторів зумовлює формування рівня урожайності. Селекція на продуктивність є магістральним, але не єдиним, напрямом селекційних програм і повинна поєднуватись з селекційним покращанням інших ознак та має бути забезпечена генетичними системами адаптивності для сталої реалізації в певному виробничому ареалі. Незважаючи на значні успіхи в селекції кукурудзи, недостатньо реалізованим залишається

потенціал культури щодо покращеного біохімічного складу зерна. Видове генетичне різноманіття та наявність мутантних форм надають підстави для створення спеціалізованих гібридів кукурудзи харчового, фуражного, крохмало-патокового, біоенергетичного напрямів використання. Проте, сучасний колекційний та селекційний вихідний матеріал кукурудзи є недостатньо вивченим за особливостями прояву ознак продуктивності та якості зерна, рівнями їх сполученої та екологічної мінливості, що зумовлює актуальність цих досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН впродовж 1996–2020 рр. відповідно до державних пріоритетних завдань НТП «Генетичні ресурси рослин»: «Формування та ведення Національного банку генетичних ресурсів рослин України для використання в селекції високопродуктивних сортів та гібридів сільськогосподарських культур» (№ державної реєстрації 0197U012408), «Збагачення генетичної різноманітності культурних рослин на основі базових, ознакових та спеціальних колекцій генетичного банку рослин України» (№ державної реєстрації 0101U006142); ПНД «Зернові культури»: «Створити та передати до Державного сортопробування скоростиглі та середньостиглі гібриди кукурудзи, стійкі до хвороб та шкідників, стресових факторів навколишнього середовища, розгорнути їх насінництво, впровадити у виробництво» (№ державної реєстрації 0106U004916), «Розробити теоретичні основи лабільності і гомеостатичності ліній та гібридів кукурудзи різних груп стиглості, екологічно адаптованих до умов вирощування з економічно вигідним насінництвом» (№ державної реєстрації 0111U0033198), «Розробити теоретичні основи багатокритеріального добору селекційного матеріалу кукурудзи для створення гібридів різного цільового призначення з оптимальною узгодженістю морфогенетичних реакцій з динамікою факторів навколишнього середовища» (№ державної реєстрації 0116U001050).

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є встановлення закономірностей у формуванні ознак продуктивності та якості зерна кукурудзи в залежності від генотипових та екологічних чинників, а також прояву комбінаційної здатності, створення колекцій з різними рівнями ознак та типами адаптивних реакцій.

Для досягнення даної мети вирішували наступні завдання:

- установити рівні мінливості ознак продуктивності та якості зерна в залежності від генотипових та екологічних факторів у зразків генофонду національної та робочої колекцій ліній кукурудзи;
- класифікувати зразки національної колекції кукурудзи за генотиповими значеннями ознак якості зерна та параметрами екологічної пластичності;
- сформувати набір еталонних зразків кукурудзи з стабільним проявом ознак для кожної класифікаційної групи;
- установити генотипові рівні та характер сполученої мінливості продуктивності та інших агрономічних ознак у ліній кукурудзи робочої колекції;
- установити рівень гетерозису у експериментальних гібридів кукурудзи відносно їх батьківських форм, вивчити особливості реакції параметрів комбінаційної здатності в різних екологічних умовах;
- дослідити особливості успадкування ознак продуктивності та якості зерна, вивчити їх генетичний контроль;
- створити високопродуктивні та адаптивні гібриди кукурудзи різного напрямку використання середньоранньої та середньостиглої груп стиглості.

Об'єкт дослідження—закономірності формування ознак продуктивності та якості зерна ліній кукурудзи, кореляційні зв'язки, комбінаційна здатність та механізми їх генетичного контролю.

Предмет дослідження—продуктивність та якість зерна ліній кукурудзи в умовах східної частини Лісостепу України, як вихідний матеріал для селекції.

Методи дослідження: Загальнонаукові – висування робочих гіпотез, аналіз, синтез; спеціальні методи— польові для вивчення морфо-біологічних та

господарських ознак ліній кукурудзи; біохімічні; вимірювально-ваговий для визначення метричних ознак рослин; генетико-статистичні для проведення системних схрещувань, визначення ефектів комбінаційної здатності, параметрів, що характеризують механізми генетичного контролю ознак, показників екологічної пластичності та стабільності; статистичні для визначення показників варіювання ознак, залежності між ознаками, багатомірних угруповань та оцінки достовірності результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше в умовах східної частини Лісостепу України встановлено рівні мінливості ознак продуктивності та якості зерна в ліній кукурудзи в залежності від генотипових та екологічних факторів. Визначено цінність за ознаками продуктивності та якості зерна зразків різного географічного походження, підвидів та груп стиглості, сформовано ознакові колекції. Виявлено особливості структури кореляційних зв'язків ознак продуктивності та якості зерна в ліній кукурудзи. Встановлено генотипові рівні та мінливість основних біохімічних ефектів ендоспермальних мутацій та особливості їх впливу на інші ознаки якості зерна та продуктивності. Визначено типи адаптивних реакцій ліній кукурудзи за генотиповим ефектом та параметрами екологічної пластичності для ознак продуктивності та якості зерна. Встановлено особливості амінокислотного складу білка зерна та виділено групи ліній з різним амінокислотним профілем та поживною цінністю білка. Визначено особливості параметрів комбінаційної здатності ліній кукурудзи в різних екологічних умовах та їх вплив на рівень гетерозису. Встановлено особливості генетичного контролю та типи успадкування ознак продуктивності і якості зерна гібридів кукурудзи.

Удосконалено спосіб класифікації зразків колекції за генотиповими значеннями ознак якості зерна та виділено набір еталонних зразків з стабільним проявом ознак для кожної класифікаційної групи.

Набули подальшого розвитку методичні підходи оцінок та класифікації вихідного матеріалу кукурудзи за комплексом ознак з урахуванням адаптивних реакцій.

Практичне значення одержаних результатів. Установлені закономірності формування та мінливості ознак продуктивності та якості зерна забезпечили виділення ліній кукурудзи різних груп стиглості з стабільною реакцією на погодні умови. На цій основі сформовано п'ять ознакових колекцій кукурудзи за біохімічним складом зерна, продуктивністю та її елементами, які зареєстровано в Національному центрі генетичних рослин України (додатки В1-В5). Виділено лінії кукурудзи з високою загальною та специфічною комбінаційною здатністю та гібридні комбінації з високим рівнем гетерозису, які рекомендовано для подальшого випробування в гетерозисній селекції. Виділені лінії, що поєднують високий рівень господарсько-цінних ознак з їх стабільністю включено до селекційних програм Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН та інших селекційних установ України (додатки Г1-Г7). Насіння кращих ліній було розмножено і закладено на середньострокове збереження в Національному сховищі. Отримано 20 свідоцтв НЦГРРУ про реєстрацію ліній кукурудзи та п'ять свідоцтв про реєстрацію ознакових колекцій ліній кукурудзи. За співавторством створено 7 гібридів кукурудзи з високим вмістом крохмалю (Зоряний, Елітнянський, Мавка, Вектор, ХА Болід, Гопак, Дарунок), які внесено до Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні (додатки Б1-Б7).

Особистий внесок здобувача полягає у здійсненні аналітичного огляду наукової літератури за темою дисертації, проведенні польових та лабораторних досліджень, аналізі й узагальненні одержаних результатів, статистичній обробці даних, формулюванні висновків і практичних результатів досліджень, написанні наукових публікацій та рукопису дисертації. Авторство здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, складає 30–80% і полягає в отриманні експериментальних даних, аналізі і узагальненні результатів, написанні тексту. Частка авторства у зареєстрованих в НЦГРРУ колекціях ліній кукурудзи, складає 10%. Авторство у створених гібридах, які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, складає 5-10%.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, основні положення та висновки дисертаційної роботи заслухано і обговорено на засіданнях вченої ради Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (м. Харків, 2005–2007 рр.); міжнародній конференції «Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва» (Харків, 1999р.); міжнародній науково-практичній конференції «Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання» (Оброшино, 29 червня – 1 липня 2005 р.); науково-практичній конференції молодих учених «Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва» (Київ, 22-24 травня 2007 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Біотехнологія. Наука. Освіта. Практика», (Дніпропетровськ, 11-13 листопада 2008 р.); міжнародній науковій конференції «Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату» (Харків, 7-9 липня, 2015 р.); міжнародній науковій конференції присвяченій 25-річчю Національного генбанку України (Київ, 4-7 липня 2016 р.); міжнародній науковій конференції «Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах» (Харків, 3-5 липня 2019 р.)

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 32 наукові праці, у тому числі сім статей у наукових фахових виданнях України, три статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, вісім тез доповідей конференцій, сім публікацій в наукових виданнях, сім авторських свідоцтв на гібриди кукурудзи.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація включає анотацію українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, практичні рекомендації, список використаних літературних джерел і додатки. Матеріали роботи викладено всього на 253 сторінках тексту, в тому числі на 144 сторінках основного комп'ютерного набору тексту. Вона містить 27 таблиць, 15 рисунків і 5 додатків. Список використаних літературних джерел містить 212 найменувань, із яких 136 латиницею.

РОЗДІЛ 1

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА (Огляд літератури)

1.1. Місце кукурудзи в землеробстві світу і України

Кукурудза – найбільш важлива та урожайна злакова культура у світі з найбільшим світовим виробництвом на рівні 1148 млн. тонн (2019 р.) [1]. Її використовують як їжу, корм для птиці та худоби, сировину для промислової переробки [2]. Життя понад 900 мільйонів людей залежить від кукурудзи як основної їжі, зокрема в Латинській Америці, Африці та Азії [3]. Кукурудза забезпечує 62% білків з усіх зернових у Центральній Америці, 43% у Східній та Південній Африці, 28% в Андському регіоні, 22% у Західній та Центральній Африці та 4% у Південній Азії [4]

Кукурудза займає третє місце в світовому виробництві зерна після пшениці і рису [5]. При цьому валове виробництво зерна стрімко зростає як за рахунок збільшення посівних площ, так і завдяки збільшенню врожайності. В 2000 році світовий валовий збір зерна кукурудзи становив 592 млн.т, а в 2019 році 1148 млн. т [1]. За динамікою зростання посівних площ і врожайності кукурудза значно випереджає рис та пшеницю. Приріст площ вирощування в світі з 1966 по 1999 рік становив для кукурудзи 25%, рису – 18, пшениці – 2%, при середньорічному зростанні врожайності кукурудзи на 60 кг/га, рису 58 кг/га, пшениці 43 кг/га [5]. Це забезпечується підвищенням ефективності гетерозисної селекції кукурудзи на основі використання різноманітного вихідного матеріалу [6].

Кукурудза забезпечує понад 20% загальних калорій у раціоні людини у 21 країні та понад 30% у 12 країнах, де проживає понад 310 мільйонів людей [7].

1.2. Якість зерна як комплексна проблема

Міжнародна організація з стандартизації визначає якість як сукупність властивостей і характеристик продукції або послуги, які надають їм здатність задовольняти обумовлені чи передбачувані потреби [8].

Якість продукції визначається сукупністю корисних властивостей, що знаходять своє вираження у відповідних параметрах або показниках. Виділяють такі основні властивості сільськогосподарської продукції: хімічні – вміст білків, жирів, крохмалю, цукрів, сухих речовин, вітамінів, мінеральних солей; фізичні – розмір, форма, забарвлення, міцність, консистенція, цілісність тощо; біологічні – терміни досягання, лежкість, сортова стабільність технологічних показників, а також наявність домішок, ступень зараженості шкідниками і хворобами [8].

Ступінь розвитку роговидної і борошністої частини ендосперму обумовлює різні технологічні властивості кукурудзи: легкість і повнота виділення крохмалю в крохмало-паточному виробництві, розмелюваність в борошномельному, здатність шліфуватися в круп'яному і концентратному, атакуємість ферментами в бродильних виробництвах [9–11].

Для крохмало-паточного виробництва найбільшу цінність мають крохмалисті і зубовидні форми кукурудзи. Наявність роговидного шару у кременистих зразків значно ускладнює виділення крохмалю. Показано, що при однаковому вмісті крохмалю в виробничих умовах зубовидні сорти забезпечують на 3% більший вихід крохмалю порівняно з кременистими сортами [12]. Для спиртового виробництва і пивоваріння також більш придатні крохмалисті і зубовидні форми, бо наявність роговидного шару ускладнює розварюємість сировини [9]. Для крохмало-паточного виробництва бажаною ознакою є білозерність, в той час як для спиртового виробництва і пивоваріння колір зерна не має принципового значення. Високий вміст білка, золи і розчинних вуглеводів є не бажаним для цих виробництв [13, 14]. Згідно

стандарта США на зерно кукурудзи для переробки на біоетанол зерно кукурудзи має містити 72-75 % крохмалю, та менше 4 % олії [15].

Кукурудзяне борошно можна використовувати як домішку до пшеничного і житнього при виготовленні хліба і кондитерських виробів за умови відокремлення зародків в процесі помелу, що забезпечує стійкість борошна до прогоркання завдяки зниженню вмісту жиру. Цікаво, що вимоги до борошнистості і роговидності, а також кольору борошна значною мірою залежать від місцевих вподобань і звичок. Так на Закарпатті і в Молдові, віддають перевагу кременистим і напівзубовидним жовтозерним формам, на Північному Кавказі воліють кременисту кукурудзу зубовидній, але в Дагестані – жовтозерну, а в Північній Осетії і Кабардіно-Балкарії – білозерну, навпаки в Краснодарському і Ставропольському краях де кукурудзяне борошно додають до пшеничного зацікавлені в виробництві зубовидних гібридів які забезпечують тонкий помел [9, 16, 17]. Цінною сировиною для виробництва круп є розлусна і кремениста білозерна кукурудза [18]. Ці ж групи кукурудзи можна використовувати для виробництва кукурудзяних пластівців. В цьому випадку висувуються додаткові вимоги до ознак зерна: крупнозерність (більше 7мм в діаметрі), видовжена і плоска форма, відсутність тріщин [9]. Сорти і гібриди цукрової кукурудзи використовуються переважно в консервній промисловості, а також для споживання в свіжому і замороженому вигляді. Сучасні сорти і гібриди цукрової кукурудзи для задоволення специфічних вимог консервної промисловості повинні мати високий вміст цукрів і високі смакові якості в фазу технічної стиглості, одночасне досягання, оптимальні і однорідні розмір і форму качанів. Для безперебійного забезпечення промислових потужностей переробних заводів заслуговує на увагу питання створення гібридів різних груп стиглості [19, 20].

Таким чином, принципово неможливе створення “ідеального” за якістю типу гібрида, здатного забезпечити весь спектр господарського використання культури цінною сировиною. Більш ефективним є створення гібридів

спеціалізованих за призначенням з оптимальними параметрами якості. Вирішення цієї проблеми потребує вивчення фізіолого-біохімічних механізмів формування ознак якості зерна, визначення способів ефективних селекційно-генетичних маніпуляцій та наявності різноманітного вихідного матеріалу.

1.3. Біохімічні складові якості зерна

Провідними біохімічними компонентами зерна кукурудзи є білок олія і крохмаль. Саме вони забезпечують поживність і енергетичну цінність кормів, якість сировини, напроми використання тому вже довгий час привертають увагу дослідників.

Білки являють собою високомолекулярні органічні сполуки, побудовані з амінокислот з'єднаних пептидним зв'язком. За функціональним призначенням білки поділяють на каталітичні (ферментні), структурні і запасні [21]. Також широко поширена класифікація білків за їх розчинністю в системі розчинників Осборна, яка передбачає виділення наступних фракцій: водорозчинна – альбуміни, солерозчинна – глобуліни, спирторозчинна – проламіни, лугорозчинна – глютеліни і залишкові білки не розчинні в перелічених розчинниках [22]. Вказані групи білків специфічні як за фізико-хімічними властивостями, так і за амінокислотним складом. Масова частка їх в зерні кукурудзи теж нерівнозначна. За даними Павлова [23] вміст азота білкових фракцій в зерні кукурудзи складає: альбуміни 16,3%, глобуліни 6,5, проламіни 31,5%, глютеліни 23,5,% нерозчинний залишок – 21,3%.

Встановлено нерівномірний вміст білка за анатомічними частками зернівки. В ендоспермі, частка якого складає 81% від маси зерна, накопичується 7,0-11,2% білка, а в зародку, який складає 11,7% зерна – 14,0-26,0% білка в абсолютно сухій речовині [24]. Найбільш високою є концентрація білка в алейроновому шарі, в клітинах якого виявлено до 36% білка до сухої маси ендосперма [25].

Білкові фракції мають різний амінокислотний склад і поживну цінність. Найбільш неповноцінною, з точки зору вмісту незамінних амінокислот і їх збалансованості, є зеїнова фракція, яка має підвищений вміст глютамінової кислоти і проліна і незначний вміст лізіна і триптофана [26]. Як показано в роботах Семіхова з співавторами [27], такий амінокислотний склад обумовлен еволюційно і має важливе фізіологічне значення при проростанні насіння, коли глютамінова кислота є донором аміногруп з яких шляхом переамінування утворюються нові амінокислоти, а пролін виконує захисну роль проти абіотичних стресів і входить до ростових білків, зокрема еластину [28].

Кукурудзяна олія цінується за високий вміст енергії. Енергетична цінність 100 г кукурудзяної олії становить 884 ккал проти 86 ккал при однаковій кількості кукурудзяного борошна. Хороша якість кулінарної олії зазвичай пов'язана з підвищеною часткою ненасичених та насичених жирних кислот. Кукурудзяна олія вирізняється низьким вмістом насичених жирних кислот, та містить у середньому 11 % пальмітинової кислоти та 2 % стеаринової кислоти, порівняно з відносно високими рівнями поліненасичених жирних кислот, таких як лінолева кислота (24 %). Кукурудзяна олія порівняно стабільна, оскільки містить лише невелику кількість ліноленової кислоти (0,7 %) та має високий рівень природних антиоксидантів [29]. Калорійність олії в 2,25 рази більша, ніж у крохмалю, а дослідження з годівлі худоби показали більшу швидкість збільшення ваги на одиницю корму для високоолійної, ніж для звичайної кукурудзи [30].

Серед запасних речовин зерна кукурудзи крохмаль є кількісно домінуючою сполукою. Його вміст в зерні коливається, в залежності від генотипу та ґрунтово-кліматичних умов вирощування, у дуже широких межах від 38 до 72 %, і основні ботанічні підвиди суттєво відмінні за цим показником. Найвищий вміст крохмалю характерний для зубовидної та крохмалистої кукурудзи, а найнижчий - для цукрової. Разом з цим, в межах кожного підвиду виявлена широка мінливість за вмістом крохмалю в зерні, яка створює можливості для селекційного поліпшення ознаки.

Крохмаль складається з двох мономерів: амілопектину і амілози; крохмаль восковидної кукурудзи – виключно з амілопектину. У кукурудзи традиційного типу вміст амілози в крохмалі складає 22-27 %. Приблизно такий же фракційний склад мають і інші зернові крохмалі, тоді як крохмалі традиційного типу зернобобових культур відрізняється підвищеною до 30-32 % часткою амілози.

Амілоза представляє собою лінійний полімер глюкози, в якому мономерні зв'язки між собою α -1,4 – глюкозидними зв'язками і має дуже мало бокових відгалужень, тоді як інший сополімер крохмалю амілопектин – сильно розгалужений глюкан, в якому через кожні 15-45 мономерів наявні α -1,6 – глюкозидні зв'язки, які поєднують лінійні ланцюги. За рахунок просторових взаємодій сусідніх ланцюгів молекула амілопектину набуває не тільки розгалуженої, але й спіралізованої структури.

Структурні сополімери крохмалю чітко різняться за характером йод-крохмальної реакції, причому амілоза забарвлюється розчином йоду в синій колір, а амілопектин – в червоно-фіолетовий. Встановлено, що забарвлення амілози йодом є наслідком утворення комплексної хімічної сполуки. При цьому молекули йоду розташовуються всередині спіраліно скручених ланцюжків амілози. Що стосується амілопектину, то його забарвлення є результатом утворення адсорбційних сполук.

Молекулярна маса амілози оцінюється приблизно в 10^4 - 10^5 дальтон, тоді як молекулярна маса амілопектину значно більша (10^7 - 10^8 дальтон). Амілопектин є одним з найбільших природних полімерів і за молекулярною масою поступається тільки глікогену.

1.4. Селекційне покращення біохімічного складу зерна з використанням полігенних систем

Результати генетичних досліджень показали, що вміст поживних речовин зерна кукурудзи зумовлюють полігенні системи. За останні два десятиліття генетичний аналіз ознак зерна кукурудзи шляхом класичного картографування QTL призвів до ідентифікації численних QTL якості зерна кукурудзи. Mangolin та співавт. виявили 13 QTL шляхом картирування QTL вмісту олії кукурудзяного зерна у популяції F₂: 3 [31]. Liu, Y. Y. та ін. виявили сім QTL, пов'язаних з вмістом білка, шість QTL, пов'язаних з вмістом крохмалю, і п'ять QTL, пов'язаних з вмістом олії, за допомогою популяції F₂: 3 та популяції BC₂F₂ [31]. Wang, Z. Y. та ін. виявили 38 QTL для ознак якості зерна кукурудзи, використовуючи три популяції RIL у трьох середовищах.[32]

Cook J.P. з співавт. виконував QTL аналіз вмісту крохмалю, білка та олії в зерні кукурудзи методом гніздового асоціативного картування (NAM) на матеріалі популяції, створеної з 25 інбредних ліній та B73 з використанням маркерів SNP високої щільності. В результаті були виявлені 21, 22 і 26 QTL пов'язані з вмістом крохмалю, білка та олії, відповідно. Виділені QTL, для вмісту крохмалю, білка та олії, пояснювали 59 %, 61 % та 70% дисперсії відповідно [33].

Аналізуючи генетичні особливості Іллінойських високобілкових і високоолійних зразків, отриманих внаслідок 100 поколінь індивідуального добору, дослідники дійшли висновку про наявність, принаймі, 69 факторів високого вмісту олії і 173 високого вмісту білка [34]. В роботі Голдмана з співавт. з допомогою молекулярних RFLP маркерів ідентифіковано 25 локусів кількісних ознак на 13 хромосомних плечах асоційованих з вмістом олії в зерні [35]. Чотири основні за впливом локуси розміщені на хромосомах 2, 5, 6 і 9 [36]. Використання SSR маркерів дозволило Вассому з спів. визначити 7 локусів на 6 хромосомах і 6 локусів на 5 хромосомах в різних комбінаціях схрещування, причому мала місце стійка локалізація локусів на хромосомах 5, 6, 8 і 10 [37]. Подібні результати картування локусів кількісних ознак за вмістом олії в зерні на

хромосомах 1, 2, 5, 6, 9 і 10 наведені в роботі [38]. Маркери на хромосомах 2 і 10 розміщені поруч з генами відповідальними за синтез фермента ацетил-коензим А карбоксилази [39], який відіграє провідну регуляторну роль в синтезі жирних кислот [40], а маркер на хромосомі 1 знаходиться поруч з локусом що кодує омега-3-десатуразу [41].

В селекції на покращення якості зерна кукурудзи з використанням полігенних систем виникають труднощі пов'язані з конкуренцією метаболічних шляхів біосинтезу сполук за пул ассимілятів [42]. Оскільки, вміст крохмалю в зерні відіграє важливу роль у потенціалі врожаю зерна, то інтенсивні добори на підвищений вміст білка та олії призводять до зниження вмісту крохмалю, і як наслідок, зумовлюють зниження продуктивності [43]. Так, середній вміст білка та олії Іллінойських ліній з високим вмістом білка (ІНР) були збільшені на 0,12% та 0,01% за цикл протягом добору з 67 до 99 покоління відповідно, тоді як середній вміст крохмалю зменшувався на 0,26% на покоління. Для високоолійних форм (ІНО) при доборі з 65 по 99 покоління середні вмісти білка та олії були збільшені на 0,17% і 0,03% на покоління, тоді як середнє значення вмісту крохмалю зменшилися на 0,28% за покоління [34].

Селекція на високу продуктивність різним чином відбивається на показниках якості зерна. При аналізі біохімічного складу зерна комерційних гібридів компанії «Pioneer» які були у виробництві з 1930 по 2001 рр. встановлено, що вміст білку в зерні зменшувався в середньому на 0,3% в 10 років, вміст крохмалю, навпаки, зростав тими же темпами, в той час як вміст олії в зерні лишався стабільним у гібридів на різних етапах селекції [44]. В близькій за змістом роботі, підтверджено висновки стосовно характеру темпів змін вмісту білку і протеїну при вдвічі менших абсолютних оцінках і встановлено достовірне зменшення вмісту олії в зерні на 0,06% в 10 років [45].

Moose S.P. з співавт. повідомляє, що зусилля, спрямовані на збільшення вмісту олії в зерні кукурудзи шляхом доборів високоолійних форм, були успішними, але, на жаль, лінії з високим вмістом олії значно знизили врожайність, оскільки, порівняно з крохмалем, синтез олії є енергоємним

процесом. Загалом, високоолійні гібриди кукурудзи дають урожай на 5-10 % нижче звичайної кукурудзи; тому робляться спроби підвищити вміст олії без шкоди для потенціалу врожайності [46].

Для отримання високоолійних форм без значної депресії урожайності запропоновано схему отримання гібридного насіння з використанням ксенійного ефекту. Було встановлено, що чужорідний пилок впливає на вміст олії в рік запилення. Практична схема використання ксенійного ефекту була створена в компанії «Pfister Hybrid Corn Company», (штат Іллінойс, США) і була позначена як "TopCross". Впровадження такої схеми вимагає двох генетично різних генотипів, посіяних одночасно на одній ділянці. Елітний чоловічостерильний гібрид F1 звичайної кукурудзи, широко поширений у регіоні, використовується як один з батьків (жіночий компонент). Інший батько (чоловічий компонент) - це форма з високим відсотком олії в зерні. Насіння обох батьків змішане. Співвідношення батьківських компонентів становить 90-92% (жіночий компонент): 8-10% (чоловічий компонент). Урожайність рослин -запилювачів може бути нижчою за врожайність рослин жіночих компонентів, отже, загальний урожай може бути дещо нижчим, ніж тоді, коли весь урожай представлений жіночим компонентом, але в ряді робіт показано, що за наявними даними, врожайність такої культури порівнянна з врожайністю інших комерційних гібридів, при цьому рівень олії був приблизно на 75% вищим, ніж вміст олії у звичайному типі кукурудзи [29,30].

Також є відомості про інший спосіб подолання метаболічного антагонізму між накопиченням олії та крохмалю. Wu Z.K. створив новий тип кукурудзи з мікроендоспермом, зерно якого має надзвичайно високий вміст олії – більше 20% та невелику частку ендосперму. Вагове співвідношення зародок / насіння в перерахунку на суху речовину у мікроендоспермової кукурудзи було більше 40% і її можна безпосередньо використовувати для видобутку олії [47].

Не зважаючи на вказані труднощі, в селекції високоолійної кукурудзи є значні здобутки, і створено та достатньо широко впроваджено ряд комерційних гібридів з вмістом олії в зерні більше 7 %. В США кукурудза з

високим вмістом олії в зерні утворює господарсько відокремлену групу, до якої відносять гібриди з вмістом олії в зерні вище 6%, в той час як у гібридів звичайного типу цей показник не перевищує 4% [48]; посіви кукурудзи з підвищеним вмістом олії в 2002 році сягали 100 тисяч гектарів [30].

Методами класичної генетики на основі статистичних моделей було показано, що вміст олії в зерні кукурудзи є складною ознакою, яка контролюється багатьма генами з малими ефектами [31, 49], тому практична селекція високоолійної кукурудзи пішла шляхом накопичення корисних алелей шляхом рекурентного періодичного добору.

В 1950-х роках Александер розпочав створення селекційного матеріалу з високим вмістом олії в зерні шляхом рекурентної селекції генетично неспоріднених синтетичних сортів. Після 27 циклів добору вміст олії в зерні у поліпшуваній популяції становив 21,2% [50], що дорівнює результату ІНО за 90 циклів добору [51]. Успіху цієї і подальших селекційних програм значною мірою сприяло використання недеструктивного методу аналізу вмісту олії в зерні за допомогою ядерно-магнітно резонансної спектроскопії, що дозволило вести рекурентну селекцію за фенотипом окремих зерен [52, 53]. Метод рекурентної селекції синтетичних популяцій на підвищення вмісту олії виявився досить ефективним і ним був створений цінний вихідний матеріал, зокрема, в США – це синтетичні популяції Alexho, Syn. D. O. (SyntheticDisease-Oil), RYD (ReidYellowDent) [30], югославські YUSSS, DS7U та китайські ВНО (Beijing High Oil), АІНО (ІНО С80 x Alexho С23), КУНО [54].

За даними [55] китайські синтетичні популяції характеризуються найбільш високим селекційним диференціалом, який поступово зростає в наступних циклах добору і дорівнює 2,65 і 2,80% в 16 і 17 циклі відповідно. Ця тенденція не властива американським популяціям ІНО і Alexho. Використання зимових розсадників дозволило китайським селекціонерам провести сім циклів добору за чотири роки і підвищити вміст олії в зерні з 3,73% до 11,92%, що еквівалентно 34 поколінням добору в ІНО [56]. При селекції на підвищений вміст олії в зерні слід

проводити одночасний добір на масу зерна, оскільки відзначена стійка тенденція її зменшення при олійності вище 7% [50], або за іншими даними вище 8,5% [52].

Значна кількість популяцій з високим вмістом олії: ІНО, SHO, DHO, ALHO, ASK, ALEX, КУНО та гібридів – Іллінойс 6021, 6052, 6001 та Burr white були створені на основі ліній отриманих методом рекурентного періодичного добору [32].

1.5. Використання генів структури ендосперму для покращення якості зерна кукурудзи

В селекційних програмах, які направлені на покращення якості зерна кукурудзи, найчастіше використовують гени, що контролюють структуру ендосперму. В цій групі відомо близько 40 генів і багато з них можна контролювати візуально за морфологією насіння. Близько 20 моногенних ендоспермальних мутацій із корисним ефектом за основними якостями продукції в різній мірі використовуються в селекційних програмах [57].

Сучасні селекційні розробки орієнтовані, переважно, на покращення біологічної повноцінності білка кукурудзи за рахунок підвищення вмісту незамінних амінокислот, зокрема лізину та триптофану. Лізин має вирішальне значення для синтезу білка та росту тканин і виявляється важливим для всмоктування кальцію зі слизової оболонки кишковика, а триптофан є біологічним попередником вітаміну В - ніацину [58].

Покращення якості білка кукурудзи базується на використанні мутантних генів ендосперму, які в значній мірі зменшують синтез зеїну – основного запасного білка зерна кукурудзи, який і зумовлює низьку якість білка в цілому [59].

Відкриття Мертцом того факту, що мутація *opaque₂(o₂)* призводить до підвищення вмісту лізину в зерні кукурудзи [60] дала великі надії на покращення якості кукурудзяного білка селекційними методами, але багато часу пішло на

виправлення такого недоліку носіїв цієї мутації як підвищена післязбиральна вологість насіння, зумовлена м'яким крохмалистим ендоспермом, що також приводить до високої крихкості зерна [61]. Для цього були підібрані гени-модифікатори, які шляхом регуляції дії ферментів крохмаль-синтази Па, розгалуджуючого фермента і ізоамілаза-дерозгалуджуючого фермента зменшили кількість проміжних α -1,4-глюкозидних зв'язків і завдяки цьому зробили більш міцними зв'язки між крохмальними гранулами в ендоспермі [62]. Таким чином, була змінена структура аморфної області цих гранул, вони більше набухають в порівнянні з гранулами звичайної кукурудзи та кукурудзи з геном o_2 [63].

Ще один важливий мутантний ген o_{16} був ідентифікований у Китаї. Мутантні лінії QCL3024 (o_{16}) та QCL3021 (o_{16}) були отримані самозапиленням популяції Robertson's Mutator stock. Були створені і оцінені на вміст лізину дві популяції F₂: 3, одна від схрещування між QCL3024 та QCL3010 (лінії дикого типу), а інша від схрещування між Qi205 (o_2) та QCL3021. Розщеплення вказує на те, що вміст лізину в двох популяціях регулюється як основним геном o_{16} та генами o_2 та o_{16} (подвійні мутанти) відповідно. Носії гену o_{16} мають більший вміст лізину і триптофану ніж o_2 і мають прозорий ендосперм [64]. На противагу вищезгаданим рецесивним мутаціям, відома також домінантна мутація DeV-30, що містить на 50% більше лізину, ніж звичайна кукурудза, але з нею пов'язано зменшення маси насіння, що обмежує її практичне використання [65].

Кукурудза з підвищеним вмістом лізину і триптофану, за рахунок введення гену o_2 , отримала в сучасній англомовній літературі назву QPM (аббревіатура від quality protein maize – кукурудза з якісним білком) і утворює специфічну групу як за біохімічним складом зерна, зумовленим наявністю рецесивного гена і, в деяких випадках генів модифікаторів, так і за особливостями вихідного матеріалу. QPM має жорсткий ендосперм і поживно підвищена, має порівнянну із звичайною кукурудзою врожайність [66]. Bressani R повідомив, що біологічна цінність QPM становить близько 80%, тоді як звичайної кукурудзи від 40 до 57% через збільшення засвоюваності та поглинання азоту QPM [67].

Найбільший інтерес до QPM спостерігається в країнах що розвиваються, а саме в країнах Латинської Америки, Африки, південно-східної Азії, Індії, де найбільш гостро стоїть проблема незбалансованості раціонів людини і тварин [68]. В більшості з цих країн існують власні селекційні програми з покращення якості білка, але найбільш крупна і розгалужена програма, орієнтована на широке міжнародне співробітництво, яка вже має суттєві практичні здобутки реалізована в CIMMYT [69]. Зважаючи на географічну локалізацію цієї програми, найбільш цінний і різноманітний генофонд QPM представлений зразками адаптованими до умов тропічного і субтропічного клімату [70].

Цінний вихідний матеріал (переважно о2 аналоги елітних ліній і синтетичних сортів) накопичено і в США, за майже тридцятирічний період робіт з використання мутації о2, хоча в даний час селекцією в цій країні займаються лише науковці Техаського університету і комерційна компанія [71]. Відомі також роботи з покращення якості білка в Югославії [72] і Краснодарі [73]. За оцінками [74] площі QPM в світі становлять більше 1 млн га в 20 країнах і є підстави для їх зростання. Наприклад, в Китаї в 2000 році площа під QPM сягала 100000 гектарів, але уряд країни зацікавлений в збільшенні виробництва цієї продукції і очікувалось, що в 2020 році частка QPM складатиме третину від загальних посівів кукурудзи [75]. Підраховано, що при сучасних об'ємах виробництва зерна кукурудзи в США подвоєння вмісту лізину може забезпечити економічний ефект в 360 млн доларів щороку, а одночасне з цим підвищення вмісту білка – 480 млн [76].

Селекція кукурудзи з використанням мутації о2 пов'язана з рядом труднощів, до яких слід віднести зниження врожайності, підвищену збиральну вологість, борошністий ендосперм що травмується під час механізованого збирання і є більш сприйнятливим до ураження хворобами [74]. Проте, як засвідчує селекційна практика, вказані проблеми не є непереборними. Сучасні гібриди QPM не поступаються за врожайністю звичайним аналогам, наближаються до них за твердістю зерна, а наявність різноманітного вихідного матеріалу африканського, мексиканського, американського і азійського

походження дозволяє формувати перспективні гетерозисні групи [77–79]. Запропоновано низку ефективних рішень, здатних надати скловидність ендосперму, таких як використання генів модифікаторів та інших рецесивних генів структури ендосперму, зокрема *wx*, та *su₂*, [80]. При цьому генетична система стає дигенною, або навіть олігогенною і для підвищення ефективності селекційних доборів використовують технології MAS (добір за допомогою маркерів) [81–85].

Найбільш поширеними у використанні є ендоспермальні мутації, пов'язані з порушеннями синтезу і накопичення крохмалю: *su₁*, *su₂*, *sh₁*, *sh₂*, *se* (цукрова і надцукрова кукурудза), *wx* (восковидна кукурудза) і *ae* (високоамілозна кукурудза) [86]. Використання ліній-носіїв цих мутацій дозволяє створювати гібриди для різних напрямків використання у харчовій, фармацевтичній і технічній галузях промислової переробки сільськогосподарської продукції [87].

Технологічні властивості крохмалю характеризує численна сукупність незалежних ознак, однак провідними в ній є здатність крохмальних гранул до набрякання, стабільність молекулярної структури крохмалю в дисперсній фазі, желуюча здатність крохмалю та його здатність до розщеплення амілолітичними ферментами.

В другій половині ХХ сторіччя для селекції цукрової кукурудзи найчастіше використовували мутацію *su₁* (в США до 1985 року 99 % цукрової кукурудзи створено на основі використання ефекту цієї мутації), але носії цієї мутації мали суттєві недоліки: дуже короткий період технічної стиглості, різке зниження вмісту цукрів в зерні після збирання, внаслідок чого продукція швидко втрачала свою споживчу якість [88]. Тому поступово вони були витіснені з ринку мутаціями *se* та *sh₂* [89]. Ген *sugary (su₁)* регулює активність крохмаль-дерозгалуджуючого фермента, що викликає сильну депресію синтезу крохмалю і приводить до накопичення високорозгалуджених водорозчинних поліцукридів і підвищення майже вдвічі вмісту цукрози [90,91]. Порівняно зі звичайною кукурудзою мутанти з геном *su₁* мають підвищений до 30-33 % вміст амілози в крохмалі і більшу частку ацилгліцеридів олеїнової кислоти в олії (35-38 %). Цей

ген разом з генами *wx* та *ae* відноситься до групи крохмаль-модифікуючих мутантних генів, які регулюють реакції утворення та взаємоперетворення структурних компонентів крохмалю.

Ген *sugary enhancer (se₁)* є рецесивним модифікатором ендоспермальної мутації *su₁* [92]. Коли цей ген знаходиться в гомозиготному стані, він підвищує вміст загальних цукрів майже до рівня дії гену *sh₂* (тобто до рівня надцукрової кукурудзи), але при цьому не змінює загальну кількість водорозчинних поліцукридів, і тому продукція за своїми смаковими якостями переважає надцукрову кукурудзу на основі дії гену *sh₂* [93–95]. Саме тому гібриди-носії цього гену широко використовуються у виробництві надцукрової кукурудзи і зараз становлять понад 60 % всього світового ринку цієї продукції [88].

Останні два десятиріччя індустрія цукрової кукурудзи більш широко використовує мутацію *shrunkен (sh₂)* для створення гібридів надцукрової кукурудзи (*super sweet corn*), яка складає приблизно третину всього світового виробництва цукрової кукурудзи [89]. Відомий своїми високими споживчими якостями гібрид *Triple Sweet™* (Syngenta/Rogers), створений за участі батьківських форм гомологічних до *su₁se₁*, а також до *sh₂*. Зерно на качанах цього гібриду на 75 % було гомозиготне мутації *se*, а на 25 % - гомозиготне мутації *sh₂* [96].

Ген *sh₂* кодує велику субодиницю АДФ-глюкозо-пірофосфорилази, яка відіграє важливу роль для перетворення АДФ-глюкози в глюкозо-1-фосфат, який є субстратом для синтезу крохмалю [97]. Ця мутація в порівнянні з мутацією *su₁* ще більш знижує вміст крохмалю в зерні і підвищує рівень цукрів в 2-3 рази [98], також має найбільший вміст ацилгліцеридів олеїнової кислоти в олії (38-40 %). Серед всіх ендоспермальних мутацій носії гену *sh₂* мають найнижчі показники зернової продуктивності, схожості і енергії проростання, а також найбільш страждають від грибкових захворювань [99].

Використання джерел крохмалів з генетично перерозподіленим співвідношенням лінійного та розгалуженого сополімерів має безумовне

практичне значення і розглядається як один з найбільш пріоритетних напрямів прикладної генетики культурних рослин [100].

Нажаль, в Україні цей напрямок до цього часу не був предметом спеціальних селекційно-генетичних досліджень, а високоякісні крохмалі, що використовуються харчовою та технічною галузями промисловості, мають виключно імпортне походження [101]. Тому виникає гостра потреба у створенні власних імпортозамінних джерел крохмалів із специфічними технологічними властивостями. Це досягається шляхом перерозподілу в крохмалі співвідношення амілоза : амілопектин. Тому створення восковидних та високоамілозних гібридів як джерел високоякісної сировини для виробництва крохмалів з унікальними якостями є одним з важливих сучасних напрямків селекції.

Починаючи з 80-х років минулого сторіччя фахівці в галузі харчування досить багато уваги приділяли такому питанню, як наявність стійкої до перетравлювання частки крохмалю – так званому резистивному крохмалю. Ця частка крохмалю є важливим компонентом для життєдіяльності корисних мікроорганізмів у товстому кишківнику людини та тварин [102,103]. Ферментація резистивного крохмалю під впливом ферментів мікрофлори супроводжується утворенням коротколанцюгових жирних кислот, які позитивно впливають на метаболізм, структуру та важливі функції клітинного епітелію, знижуючи вірогідність виникнення деяких хвороб кишківника в людини, зокрема ракової пухлини кишківника.

Високоамілозні мутанти кукурудзи є цінними джерелами крохмалю з високою часткою резистивного крохмалю і тому привертають увагу фахівців в галузі створення і використання функціональних продуктів харчування та дієтичного харчування [104]. Дослідники встановили, що частка резистивного крохмалю у високоамілозної кукурудзи сягає майже 70 %, тоді як у воскоподібної кукурудзи – лише 5 % [105]. Вважається, що крохмаль, що знаходиться в середині крохмальних гранул високоамілозної кукурудзи, є менш доступним для дії амілаз, а самі крохмальні гранули відрізняються від таких у

звичайної та воскоподібної кукурудзи: вони менші за розміром і мають багато видовжених за формою гранул [106].

З іншого боку, також дуже важливою характеристикою продуктів харчування є швидкість перетравлення крохмалю і всмоктування глюкози та мальтози в тонкому кишківнику. Переважна більшість продуктів харчування має високий глікемічний індекс, тобто їх споживання швидко збільшує вміст глюкози в крові. Згідно рекомендаціям ВОЗ та ФАО треба збільшити частку продуктів харчування з низьким рівнем цього показника, і одним з шляхів створення таких продуктів є також і перерозподіл основних компонентів крохмалю в бік збільшення частки амілози в крохмалі [107]. Високоамілозні крохмалі проявляють підвищену резистентність до амілолітичного гідролізу і розглядаються як дуже перспективна сировина для створення харчових продуктів з гіпоглікемічною активністю [108]. Довготривале споживання продуктів з таким крохмалем сприяє зниженню рівня глюкози і триацилгліцеридів в крові в порівнянні з контрольним харчуванням з продуктами, збагаченими амілопектиновим крохмалем [109].

Крохмалі амілозного типу формують міцні щільні гелі з великою силою розтягнення та пружною структурою. Такі властивості є дуже бажаними для виготовлення деяких специфічних видів продуктів харчування, наприклад, крохмальної локшини та особливих “пружних” видів хлібобулочних виробів. Останнім часом, крохмалі амілозного типу розглядаються як найкраща сировина для отримання біоутилізованих термопластиків [110].

Мутація *su₂* спочатку використовувалась для селекції цукрової кукурудзи, але була визнана неперспективною для цих цілей. Для вуглеводного складу зерна носіїв цієї мутації характерна підвищена частка амілози в крохмалі до 40-45 %, тому з практичного погляду ця мутація разом з *ae* має найбільші перспективи для створення високоамілозної кукурудзи [87].

За сучасними уявленнями ген *su₂* вважається класичним двоалельним локусом і викликає значне зниження активності розчинної крохмаль-синтази [111], пригнічує синтез амілопектину і викликає утворення крохмалю з

підвищеним вмістом амілози. Крохмалі такого типу вирізняються скороченою тривалістю клейстеризації, високими структурно-механічними властивостями гелів, підвищеною атакованістю амілолітичними ферментами [112]. Носії рецесивних гомозигот *su₂* мають скловидний, злегка зморшкуватий по периферії ендосперм, який в проминаючому світлі варіює від напівпрозорого до майже непрозорого.

Ген *amilose extender (ae)* регулює активність крохмаль-розгалуджуючого ферменту, підвищуючи співвідношення амілоза:амілопектин. На відміну від гену *su₂* він відрізняється множинним алелізмом і представлений, щонайменше шістьма алелями, п'ять з яких викликають підвищення вмісту амілози [113]. Отримано експериментальні докази того, що різні ізоформи крохмаль-розгалужуючого ферменту контролюються різними комбінаціями алелів локусу *ae*[114]. Крохмалі, утворення яких контролюється різними алелями локусу *ae*, нетотожні за відносною часткою амілози, ступенем конверсії амілопектину в мальтозу, а також характером утворення абсорбційних комплексів з йодом [115].

У виробництво перші гібриди кукурудзи на основі мутації *ae* потрапили в 1946 році в США внаслідок успішної співпраці хіміка в галузі вуглеводів Уістлера і генетика Крамера. Їм вдалося підвищити частку амілози в крохмалі кукурудзи з 25 % в звичайній зубовидній кукурудзі до 65 %, що дало змогу отримати кукурудзяний крохмаль з унікальними технологічними властивостями. Деякі селекційні лінії – носії мутації *ae* мають до 85 % амілози в крохмалі. Високоамілозний крохмаль широко використовується в харчовій промисловості для структурування яблучного соку, різних соусів і кетчупів, виготовлених з томатної пасти, а також при виробництві біоутилізуємих плівок і пакувальних матеріалів.

Серед всіх ендоспермальних мутантів воскоподібна кукурудза на основі мутації *wx* за врожайністю і вмістом крохмалю в зерні майже не поступається звичайній кукурудзі.

Відомо, що мутантний ген *wx* знижує активність гранулозв'язаної крохмаль-синтази і викликає утворення крохмалів, які майже повністю

складаються з амілопектину. Його використання в селекції спеціалізованих гібридів кукурудзи забезпечує утворення крохмалів, які відрізняються низькою температурою клейстеризації, прозорістю, підвищеною в'язкістю та стабільністю клейстерів [116–118]. До того ж, крохмаль воскоподібної кукурудзи має підвищену здатність до розщеплення амілолітичними ферментами і дає можливість швидко засвоюватися [119]. Ці властивості забезпечують використання амілопектинового крохмалю як загущувача, емульгатора, клеючого матеріалу та цінного компоненту продуктів дитячого та дієтичного харчування.

Найбільш перспективними сферами використання такого крохмалю в харчовій промисловості є виробництво концентратів супів, пудингів, киселів, желе, фруктових та молочних десертів, йогуртів, різноманітних типів соусів, паштетів та паст. У зв'язку з поширенням останнім часом метаболічних захворювань, що викликані порушеннями обміну амінокислот, амілопектинові крохмалі розглядаються як структуроутворюючі компоненти безбілкових продуктів харчування. В фармацевтичній промисловості є значні перспективи використання амілопектинових крохмалів для виробництва обволікаючих, емульгуючих лікарських засобів та виготовлених у вигляді пігулок [120], а в видобувній промисловості – як компоненту бурових розчинів.

Однак, при створенні промислових джерел крохмалів амілопектинового типу слід враховувати, що при виділенні крохмалю із зерна кукурудзи виникає можливість отримання і інших цінних супутніх продуктів промислової переробки, насамперед, олії і білкового концентрата [121]. Тому важливими показниками якості зерна гібридів восковидної кукурудзи є не тільки вміст та якість крохмалю, але й вміст олії та білка.

Висновки до розділу 1

1. Різноманітне використання продуктів, які виготовляються з кукурудзи, спонукає переробну промисловість ставити особливі вимоги до сировини в

залежності від кінцевого продукту. Ці вимоги інколи бувають протилежними і взаємовиключними. В зв'язку з цим селекціонери мають свою роботу в багатьох напрямках щодо покращення якості кукурудзи, створюючи спеціалізовані гібриди для конкретних напрямків використання.

2. Для розв'язання комплексу задач з покращення якості зерна кукурудзи необхідно використати широке генетичне різноманіття вихідного матеріалу, надати йому генетичну оцінку і створити колекції ідентифікованих мутантів – носіїв цих ознак і якостей для покращення ліній та гібридів в ході селекційного процесу.

3. Як наслідок спонтанного мутагенезу і природнього відбору в різноманітних умовах навколишнього середовища у місцевих форм виникли і накопичились генетично зумовлені зміни по самих різних ознаках, які можуть слугувати основою для всебічного покращення кукурудзи.

4. Інтенсивне використання невеликої кількості ліній та гібридів в значній мірі витіснило з виробництва краще пристосовані до місцевих умов докільця, але менш врожайні, місцеві форми і створило загрозу втрати генетичного багатства виду *Zea mays* L., що може негативно позначитись на ефективності селекційної роботи. Необхідна цілеспрямована робота по збору, збереженню і ідентифікації генетичних ресурсів, спрямована на збереження цінних ознак і запобігання генетичній ерозії.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови

Дослідження за темою дисертаційної роботи були проведені в 1996–2020 рр. в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Польові дослідження закладались на полях наукової сівозміни інституту, розміщених в с. Елітне Харківського району Харківської області в умовах, типових для східної частини Лісостепу України.

Харківська область розташована в межах двох ґрунтово-кліматичних зон Лівобережної України – Лісостепу і Степу. Рельєф місцевості хвилясто-рівнинний. Ґрунти переважно представлені міцним, слабо лужним, важкосуглинисто-пилеватим чорноземом на пилевато-суглинистому карбонатному лесі і характеризуються зернисто-грудкуватою структурою, добрими фізико-механічними властивостями і містять в орному шарі досить великі запаси поживних речовин: азоту – $0,28 \div 0,29$ %, фосфору – $0,17 \div 0,18$ %, калію – $1,90 \div 2,0$ %, реакція ґрунтового розчину слабо кисла (рН сольової витяжки $5,8 \div 6,0$), гідролітична кислотність – $3,28$, обмінна кислотність – $0,16$, сума поглинутих основ $37,4$ мг. екв. на 100 г ґрунту. Загальна міцність ґрунтового профілю біля $110-140$ см з високим вмістом гумусу (в орному горизонті $5,46-7,28$ %). Ґрунт має високу максимальну гігроскопічність, яка коливається в межах від 8 до 10 %, з невеликою варіабельністю за профілем. Ґрунтові води залягають на значній глибині – $15-20$ м [123].

Клімат в зоні проведення досліджень помірно-континентальний. Середня багаторічна сума активних температур (більше $+10^{\circ}\text{C}$) – 2669°C , а середньорічна температура повітря становить $+6,7^{\circ}\text{C}$. В першій декаді квітня відбувається перехід середньодобової температури повітря через $+5^{\circ}\text{C}$. Відтаювання ґрунту розпочинається на початку березня і закінчується

в першій декаді квітня, а прогрівання ґрунту до $+10^{\circ}\text{C}$ на глибині 10 см настає в третій декаді квітня, а в деякі роки спостерігається і в травні.

Літні місяці характеризуються високою температурою повітря. Середня багаторічна температура повітря за цей період в червні дорівнює $+18,9^{\circ}\text{C}$, в липні $+21,0^{\circ}\text{C}$, в серпні $+19,7^{\circ}\text{C}$. В окремі роки максимальна температура повітря в літній період досягає $+37-39^{\circ}\text{C}$, а на поверхні ґрунту 50°C . Оподи літом випадають у вигляді сильних короткочасних дощів, які супроводжуються сильними вітрами західного і північно-західного напрямку. Розподіл опадів протягом року за місяцями нерівномірний. Найбільша їх кількість випадає в липні – 63,0 мм, червні – 62,4 мм і в серпні – 60,7 мм. Березень і квітень характеризуються невеликою кількістю опадів. За період вегетації кукурудзи кількість опадів складає 285,0 мм [124].

Погодні умови під час проведення досліджень відзначались нестабільністю термічного режиму та зволоження. При аналізі метеорологічних умов за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (ГТК) за період травень–серпень встановлено, що найбільшу частку склали посушливі (43 %) з ГТК від 0,7 до 1 (1995, 2000, 2002, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2015 рр.) та гостропосушливі роки (27 %) з ГТК менше 0,7 (1996, 1998, 1999, 2001, 2017, 2018, 2019 рр.). Менш ніж третина припадає на роки з достатнім (ГТК 1-1,3) – 1997, 2014, 2016, 2020 рр. та надмірним (ГТК більше 1,3) зволоженням (2003, 2004, 2005, 2011 рр.).

Погодні умови за роки досліджень протягом вегетаційного періоду кукурудзи (травень – серпень) характеризуються доволі складною динамікою режиму зволоження та термічних умов та різною їх амплітудою відносно середніх багаторічних значень (кліматичної норми) (рис. 2.1). Частіше перевищення середньомісячних температур спостерігається в травні, червні та серпні. Хоча середньодобові температури липня знаходяться здебільшого в межах норми, в цей в цей період спостерігаються високі денні температури.

Вищі за норму температури червня, які з 2009 по 2020 роки спостерігаються щорічно, за виключенням 2014 та 2017 років, на фоні

недостатньої вологозабезпеченості пригнічують ріст та розвиток рослин кукурудзи.

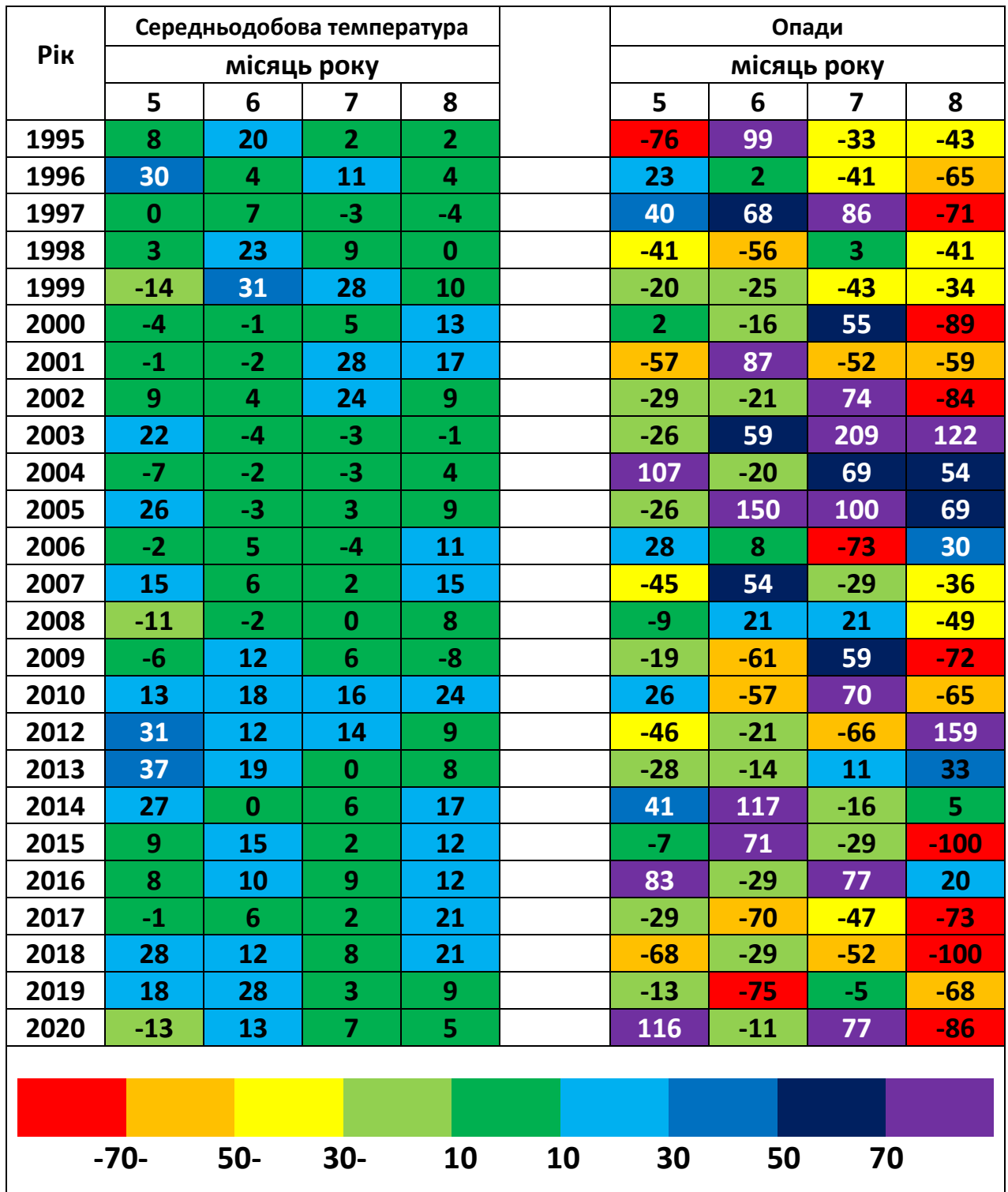


Рисунок 2.1 Відхилення місячних метеоелементів в % від кліматичної норми

Найбільший дефіцит опадів, як за частотою, так і за рівнями відносних відхилень спостерігається переважно в серпні, під час наливу зерна. Перехідні

запаси вологи липня в цей період зазвичай незначні, оскільки липневі дощі мають переважно зливовий характер і не формують достатнього запасу ґрунтової вологи. Достатня зволоженість протягом всього періоду вегетації відмічена лише в 2003, 2004, 2005, 2016 роках.

2.2. Матеріал для досліджень

Матеріалом для досліджень слугували 326 ліній кукурудзи різного географічного походження з колекції НЦГРРУ, 70 ліній-ендоспермальних мутантів, 229 ліній з робочої колекції лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, 55 експериментальних гібридів діалельної схеми схрещувань та 11 ліній їх батьківських компонентів, 347 експериментальних гібридів кукурудзи попереднього та конкурсного випробування.

2.3. Методика проведення досліджень

Колекційні зразки та лінії-носії ендоспермальних мутацій висівали ручними саджалками на однорядкових ділянках площею $4,9 \text{ м}^2$ при ширині міжрядь 70 см та відстані в рядку 35 см. Стандартами слугували ранньостигла лінія F 2, середньоранні – Харківська 215 та Харківська 164, середньостигла лінія ХА 408. Стандарти розміщували через кожні 20 ділянок посіву. Експериментальні гібриди та лінії батьківські компоненти діалельної схеми схрещувань висівали ручними саджалками на дворядкових ділянках площею $9,8 \text{ м}^2$ в двократній повторності. Посів пунктирний з міжряддями 70 см та густотою стояння рослин 60 тис./га. Експериментальні гібриди попереднього та конкурсного випробування вивчали на дворядкових ділянках площею $9,8 \text{ м}^2$ при густоті стояння рослин 60 тис./га. В розсаднику конкурсного випробування повторність чотирьохкратна та пунктирний посів ручними саджалками, в

розсаднику попереднього випробування повторність двократна та посів сівалкою «Клен-4,2». Стандартами в розсадниках конкурсного та попереднього випробувань було обрано ранньостиглі гібриди Дніпровський 181 СВ (2006-2010 рр.) та ДН Патріот (2011-2020 рр.), середньоранній гібрид Хотин, та середньостиглий – Моніка 350 МВ. Блок ділянок стандартів розміщували через кожні 50 ділянок посіву.

Агротехніка вирощування на дослідних ділянках відповідала прийнятій в зоні, була направлена на оптимізацію росту та розвитку рослин і включала своєчасне проведення комплексу заходів по обробітку ґрунту, захисту від бур'янів та догляду за посівами.

Фенологічні спостереження, польові оцінки та обліки, лабораторні аналізи проводили відповідно до «Методичних рекомендацій польового і лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи» [125]. Розподіл ознак на класи в залежності від рівня ознак проводили згідно «Класифікатора–довідника виду *Zea mays* L.» [126].

Вміст білка, олії і крохмалю визначали методом інфрачервоної спектроскопії і виражали у відсотках до сухої речовини. Калібровку приладу за вмістом білка здійснювали титрометричним методом К'ельдаля, за вмістом олії – гравіметричним методом С.В. Рушковського, а за вмістом крохмалю – поляриметричним методом Еверса. Амінокислотний склад білка визначали методом рідинної хроматографії на аналізаторі «Alpha-Plus M-4154». Вміст триптофану в білку аналізували колориметричним методом з п – діметиламінобензальдегідом. Визначення вмісту амілози в крохмалі проводили колориметричним методом В. О. Juliano. Вміст вільних цукрів та водорозчинних полісахаридів (ВРП) аналізували після фракціонування вуглеводів зерна за схемою А.Р. Кизеля і визначали за допомогою ферроціанідного методу А.С. Швецова та Е.Х. Лук'яненко [127].

Для визначення компонентів генотипової дисперсії, параметрів комбінаційної здатності інбредних ліній та ефектів їх екологічної мінливості результати дворічного вивчення гібридів та їх батьківських форм з діалельної

схеми схрещувань за другим методом Гріфінга були оброблені в єдиному експериментальному комплексі як серія дослідів згідно з рекомендаціями В.Г. Вольфа з співавторами [128]. Визначення механізмів генетичного контролю ознак в діалельному аналізі проводили за алгоритмом Хеймана, керуючись посібниками М.А. Федіна з співавт [129] та П.П. Літуна, М.В. Проскурніна [130]. Визначали гіпотетичний та істинний гетерозис по відношенню рівня ознаки у гібрида до напівсуми батьківських форм та до кращої вихідної форми відповідно. Параметри екологічної пластичності та стабільності оцінювали з використанням методу регресійного аналізу. Для виявлення відмінностей між досліджуваними зразками за типом екологічної реакції визначали генотиповий ефект і коефіцієнт екологічної пластичності згідно з рекомендаціями [131]. Достовірність відмінностей за генотиповим ефектом і коефіцієнтом регресії встановлювали ранжуванням зразків з урахуванням найменшої істотної різниці. За типом реакції на зміну екологічних умов зразки поділяли на три групи: ранг 1- інтенсивного типу – чутливі до покращення і погіршення умов вирощування, ранг 2- середнепластичні – адекватно реагуючі на зміну екологічних факторів в межах норми реакції; ранг 3– гомеостатичні з високою абсолютною стабільністю реалізації ознаки.

Статистична обробка експериментальних даних, що включала методи варіаційного, дисперсійного, кореляційного, регресійного та кластерного аналізів, виконувалась з використанням ліцензійних комп'ютерних програм MS Excel 2007 та Statistica 6.0.

Висновки до розділу 2

1. Погодні умови під час проведення досліджень відзначались нестабільністю термічного режиму та зволоження. Найбільшу частку складали посушливі (43 %) з ГТК від 0,7 до 1 (1995, 2000, 2002, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2015 рр.) та гостропосушливі роки (27 %) з ГТК менше 0,7 (1996, 1998, 1999, 2001, 2017, 2018, 2019 рр.).

2. Визначено роки з достатнім (ГТК 1-1,3) – 1997,2014,2016,2020 рр. та надмірним (ГТК більше 1,3) зволоженням (2003, 2004, 2005, 2011 рр.). Найбільший дефіцит опадів, як за частотою, так і за рівнями відносних відхилень спостерігається переважно в серпні, під час наливу зерна.

3. Польові та лабораторні дослідження проведено згідно методичних рекомендацій польового і лабораторного вивчення генетичних ресурсів та випробування експериментальних гібридівкукурудзи.

3. Статистична обробка експериментальних даних включала методи варіаційного, дисперсійного, кореляційного, регресійного та кластерного аналізів, що дозволило зробити поглиблений аналіз результатів досліджень і сформулювати обґрунтовані висновки.

РОЗДІЛ 3
ХАРАКТЕР ГЕНОТИПОВОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ
ОЗНАК ПРОДУКТИВНОСТІ І ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА ФОРМУВАННЯ
СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ КОЛЕКЦІЙ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ
КУКУРУДЗИ

3.1. Структура фенотипової мінливості ліній кукурудзи за ознаками продуктивності та якості зерна

Успіх будь-якої селекційної програми обумовлен наявністю генетичного різноманіття за поліпшуваною ознакою яке, як відомо, має фенотиповий прояв лише в опосередкованому середовищем вигляді. Методам розподілу фенотипової мінливості на генотипову і паратипову складові присвячені численні роботи [132–134] і, без сумніву, ця проблема є вирішальною в плануванні селекційних програм з поліпшення певної ознаки.

При вивченні мінливості ознак продуктивності та якості зерна зразків Національної колекції встановлено діапазони їх фенотипового, генотипового та екологічного варіювання (табл. 3.1). Визначено, що найбільш варіабельними за всіма джерелами мінливості є ознаки «продуктивність», «кількість зерен на качані», «маса 1000 зерен», «вміст олії», для яких фенотипові та генотипові коефіцієнти варіації були на високому та середньому рівнях. Для ознаки «продуктивність» також відмічено високе значення коефіцієнту екологічної варіації (19,4 %), в той час як для інших ознак він не перевищував 10 %. Встановлено високу генотипову мінливість в досліджуваній вибірці, яка охоплювала для більшості ознак чотири з п'яти категорій «Класифікатору-довідника виду *Zea mays L.*», тобто рівні ознак були в межах груп «низька» - «дуже висока». За продуктивністю у вибірці були представлені всі п'ять категорій рівня ознаки.

Таблиця 3.1

Варіація ознак продуктивності та якості зерна кукурудзи в залежності від джерела мінливості (1995-1998 рр.)

Ознака	Діапазон мінливості в залежності від			Коефіцієнт варіації в залежності від		
	генотипа, D_G	року, D_Y	генотипа і року, D_{GXY}	генотипа, V_G	року, V_Y	генотипа і року, V_{GXY}
Продуктивність, г зерна з рослини	33,3-114,5	57,2-84,7	17,2-156,4	30,8	19,4	43,3
Кількість зерен на качані, шт.	220-554	368-413	200-648	18,6	5,8	24,1
Маса 1000 зерен, г	150-322	189-224	130-380	15,2	8,6	21
Вміст білка, %	10,2-16,6	10,5-13,3	8,7-17,7	9,8	7,6	9,8
Вміст олії, %	3,2-7,0	4,3- ,8	2,4-7,9	12,6	9,0	16,8
Вміст крохмалю, %	58,1-73,2	58,6-69,2	51,9-74,7	7,7	6,2	6,6

Літературні дані свідчать про наявність відмінностей в біохімічному складі зерна у різних підвидів кукурудзи [23, 135, 136]. Вважається майже загальноприйнятим положенням, що кременистий підвид перевищує зубовидний за вмістом білка та олії і, навпаки, має нижчий вміст крохмалю. Напівзубовидний підвид займає проміжне положення між кременистим і зубовидним. Подібна закономірність простежується і в наших дослідях, де середні значення по ознаках якості достовірно відрізняються, при незначних розбіжностях за абсолютними значеннями, і відповідають зазначеному положенню. Необхідно відмітити, що в кожному підвиді має місце значний розмах мінливості, що дає змогу ідентифікувати в їх межах зразки з бажаним рівнем ознаки (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Характеристика основних підвидів кукурудзи за ознаками якості зерна
(1995-1998 рр.)**

Ознака	Показник	Підвид			Середнє по вибірці
		кременистий	зубовидний	напів - зубовидний	
Вміст білку в зерні, %	середнє	12,8	12,4	12,6	12,6
	lim	10,4 – 16,6	10,6 – 14,9	10,2 – 15,0	10,2 – 16,6
	V, %	8,4	7,3	7,3	7,8
Вміст олії в зерні, %	середнє	5,4	5,1	5,3	5,2
	lim	3,2 – 6,9	3,2 – 6,7	4,1 – 7,0	3,2 – 7,0
	V, %	12,8	13,4	12,0	13,0
Вміст крохмалю в зерні, %	середнє	65,4	65,7	65,8	65,6
	lim	58,1 – 71,1	60,1 – 70,4	61,0 – 73,2	58,1 – 73,2
	V, %	3,4	3,9	3,6	3,7

Досліджувані ознаки якості зерна кукурудзи є безперервно варіюючими, тому важливим питанням при вивченні їх мінливості є розподіл на класи та визначення певної селекційної цінності класів, відповідно до практичних потреб. Найбільш поширеним в практиці вивчення генетичних ресурсів рослин способом класифікації ознак за рівнем їх прояву є використання класифікаторів, які є загальноприйнятими для окремих культур і стають консолідуючою основою для дослідників з різних установ. При всій простоті і зручності використання класифікаторів, виникає ряд труднощів пов'язаних зі значним впливом модифікаційної мінливості на більшість господарсько-цінних ознак. Показано, що при вирощуванні в різних екологічних умовах відбувається зсув значень класифікатора при збереженні

рангів сортів [137]. Тому, вважається перспективною побудова оціночних шкал на основі варіаційних характеристик розподілу самої ознаки, основними з яких є середнє значення та стандартне відхилення [138]. Прикладом такої шкали є, так звана, сигмальна монотипова шкала, описана Зайцевим [139], класи якої будуються за рахунок збільшення та зменшення середнього значення на величину стандартного відхилення, або його частки в залежності від бажаної кількості класів.

В нашій роботі ми побудували монотипові сигмальні шкали для вмісту білку, олії і крохмалю. За основу була взята п'ятибальна шкала, розподіл за якою є достатнім для більшості практичних потреб. В такому випадку межі класів становлять 1) $< -2\sigma$, 2) $-2\sigma \div -1\sigma$, 3) $-1\sigma \div 1\sigma$, 4) $1\sigma \div 2\sigma$, 5) $> 2\sigma$. При цьому межі $-1\sigma \div 1\sigma$ мають біологічний сенс і вважаються дослідниками адаптивною нормою генотипу [138], а виділення класів за межами 3σ недоцільно статистично, бо це є межами випадкових викидів і такі значення доцільно вилучати з аналізу до подальшої перевірки.

Фактичні значення кожного класу шкали для конкретних ознак якості зерна і розподіл зразків порівняно зі шкалою класифікатора наведено в таблиці 3.3.

Наведені дані свідчать, що ідентичні за назвою класи кожної шкали не рівнозначні за змістом як по значенням меж класів, так і по наповненню цих класів зразками. Частка зразків по кожній ознаці за класами сигмальної шкали відповідає частотам щільності нормального розподілу, де середні значення мають найбільші частоти, високі і низькі – менші, а дуже низькі і дуже високі – значно менші частоти. За шкалою класифікатора спостерігається скупчення зразків в межах середніх і високих значень, в той час як крайні класи в деяких випадках не представлені жодним зразком. Це пояснюється, по-перше, тим, що межі класів у класифікаторі встановлюються на основі досвіду дослідника і, значною мірою є апріорними. По-друге, універсальна спрямованість класифікатора потребує охоплення різноманіття

всього генофонду виду і, навіть, диких співродичів, а також урахування широкого спектру екологічних умов вирощування культури, що приводить до того, що значення крайніх класів наведені з певним запасом.

Таблиця 3.3

Співставлення шкал класифікації вихідного матеріалу за ознаками якості зерна і кількісний розподіл зразків по фенотипових класах(1995-1998 рр.)

Градації ознаки	За класифікатором		За сигмальною монотиповою шкалою	
	межі класу	% зразків	межі класу	% зразків
Вміст білку, %				
Дуже низьке	6,1 – 8,0	0,0	<10,6	1,0
Низьке	8,1 – 9,0	0,0	10,6 – 11,6	11,2
Середнє	9,1 – 12,0	31,0	11,6 – 13,6	70,4
Високе	12,1 – 16,0	68,7	13,6 – 14,6	13,8
Дуже високе	16,1 – 20,0	0,3	>14,6	3,6
Вміст олії, %				
Дуже низьке	1,5 – 2,0	0,3	<3,8	1,3
Низьке	2,1 – 3,5	0,5	3,8 – 4,5	10,5
Середнє	3,6 – 5,0	36,8	4,5 – 5,9	70,2
Високе	5,1 – 7,0	62,5	5,9 – 6,6	15,7
Дуже високе	7,1 – 15,0	0,0	>6,6	2,3
Вміст крохмалю, %				
Дуже низьке	50 – 55	0,0	<61,0	1,5
Низьке	56 – 60	1,5	61,0 – 63,3	11,7
Середнє	61 – 65	61,3	63,3 – 67,9	68,2
Високе	66 – 70	36,0	67,9 – 70,2	16,5
Дуже високе	71 – 75	1,2	>70,2	2,1

Для надійного використання будь якої шкали в різних екологічних умовах слід вводити еталонні зразки для кожного фенотипового класу. При виділенні таких зразків по кожній ознаці якості зерна, ми керувались тим, що еталонні зразки повинні знаходитись в середині класу і мати мінімальну мінливість провідної ознаки в екологічному градієнті. Характеристика еталонних зразків за ознаками якості зерна наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Еталонні зразки за вмістом білка, олії та крохмалю в зерні ліній кукурудзи (1995-1998 рр.)

Градації ознаки	Межі класу	Назва зразка	Вміст сполуки, %	Амплітуда мінливості, абс. %
1	2	3	4	5
вміст білка				
Дуже низьке	<10,6	УХК 431	10,2	0,3
		УХ 234	10,2	0,5
Низьке	10,6 – 11,6	ХЛГ 1555	11,1	0,2
		СИНТ 2 De-81	11,2	0,1
Середнє	11,6 – 13,6	НМV 1528	12,6	0,3
		УХ 574-1	12,6	0,4
Високе	13,6 – 14,6	УХ 483	14,1	0,5
		УК 084-1	14,1	1,0
Дуже високе	>14,6	УХ 591	15,0	0,1
		Q 573	16,6	0,7
вміст олії				
Дуже низьке	<10,6	УХК 431	10,2	0,3
		УХ 234	10,2	0,5
Низьке	10,6 – 11,6	ХЛГ 1555	11,1	0,2
		De-81	11,2	0,1
Середнє	11,6 – 13,6	НМV 1528	12,6	0,3
		УХ 574-1	12,6	0,4

Продовження табл. 3.4.

1	2	3	4	5
Високе	13,6 – 14,6	УХ 483	14,1	0,5
		УК 084-1	14,1	1,0
Дуже високе	>14,6	УХ 591	15,0	0,1
		Q 573	16,6	0,7
вміст крохмалю				
Дуже низьке	<10,6	УХК 431	10,2	0,3
		УХ 234	10,2	0,5
Низьке	10,6 – 11,6	ХЛГ 1555	11,1	0,2
		СИНТ 2 De-81	11,2	0,1
Середнє	11,6 – 13,6	НМV 1528	12,6	0,3
		УХ 574-1	12,6	0,4
Високе	13,6 – 14,6	УХ 483	14,1	0,5
		УК 084-1	14,1	1,0
Дуже високе	>14,6	УХ 591	15,0	0,1
		Q 573	16,6	0,7

Використання для класифікації зразків генофонду таких характеристик варіаційного ряду, як середнє значення та стандартне відхилення дає змогу прогнозувати ймовірність ідентифікації зразків з бажаним рівнем ознаки в межах певної групи. Для ілюстрації цього положення, були визначені параметри варіаційних рядів за ознакою «вміст білка» для зразків колекції кукурудзи, угрупованих в залежності від країни походження (табл. 3.5). Встановлено наявність відмінностей між середніми значеннями розподілів, відсутність ексцесу для всіх груп зразків і відсутність асиметрії для зразків з України, Польщі та Франції.

Таблиця 3.5

Характеристики варіаційних рядів за ознакою «вміст білка», 1995-1998 рр.

Країна походження	Кількість зразків	Середнє	lim	Стандартне відхилення	Асим-метрія	Ексцес
Україна	106	12,5±0,09	10,4 - 15,0	0,95	0,07±0,23	-0,24±0,46
Росія	19	12,4±0,23	11,0 - 14,7	0,99	0,82±0,52	0,40±1,00
Польща	15	12,2±0,21	10,7 - 13,6	0,80	-0,05±0,58	-0,23±1,10
Німеччина	20	13,7±0,15	12,1 - 14,8	0,67	-0,58±0,51	0,08±0,98
Франція	23	12,3±0,15	11,3 - 13,8	0,72	0,41±0,48	-0,83±0,93
Югославія	11	12,5±0,27	11,4 - 14,4	0,91	0,77±0,65	0,19±1,22
Канада	40	13,1±0,19	11,0 - 16,6	1,19	0,73±0,37	0,54±0,73
США	54	12,7±0,12	10,6 - 15,1	0,91	0,54±0,32	0,60±0,64
НІР _{0,05}		0,3				

За середніми значеннями варіаційних рядів та стандартним відхиленням були розраховані очікувані та фактичні частоти зустрічаємості зразків для відповідних класових інтервалів за вмістом білка (табл. 3.6.). При співставленні фактичних і теоретичних частот зустрічаємості добре простежується тенденція зростання сум відхилень між теоретичними і фактичними значеннями при зменшенні об'єму вибірки.

Таблиця 3.6

Порівняння теоретичних і фактичних частот зустрічаємості у відповідних класах варіаційного ряду за вмістом білка у зразків різного географічного походження (1995-1998 рр.)

Країна походження	Класові інтервали вмісту білка, %					
	< 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	> 15
1	2	3	4	5	6	7
В цілому по вибірці	4,1 / 4,9	19,7 / 25,3	37,6 / 37,2	28,5 / 22,6	8,6 / 9,0	1,0 / 1,0
Україна	5,3 / 7,5	24,2 / 24,5	40,1 / 38,7	24,2 / 24,5	5,3 / 4,7	0,4 / 0,0
Росія	7,1 / 5,3	26,4 / 36,8	38,5 / 36,8	21,9 / 10,5	4,9 / 10,5	0,4 / 0,0

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
Польща	6,4 / 13,3	33,4 / 40,0	44,0 / 33,3	14,6 / 13,3	1,2 / 0,0	0,0 / 0,0
Німеччина	0,0 / 0,0	0,6 / 0,0	14,2 / 20,0	52,5 / 40,0	30,1 / 40,0	2,6 / 0,0
Франція	3,5 / 0,0	30,3 / 52,2	49,6 / 26,1	15,6 / 21,7	0,9 / 0,0	0,0 / 0,0
Югославія	4,7 / 0,0	24,2 / 45,5	41,7 / 18,2	24,2 / 27,3	4,7 / 9,1	0,3 / 0,0
Канада	3,4 / 2,5	13,9 / 17,5	28,9 / 37,5	30,9 / 22,5	17,0 / 15,0	4,8 / 5,0
США	2,9 / 3,7	19,0 / 18,5	40,8 / 50,0	29,4 / 18,5	7,1 / 7,4	0,6 / 1,9

Для встановлення мінімальних об'ємів вибірки, що забезпечують практично прийнятні рівні похибки прогнозних частот була підібрана аналітична функція залежності рівня відносної похибки частот зустрічаємості зразків від об'єму вибірки, яка наведена на рис. 3.1.

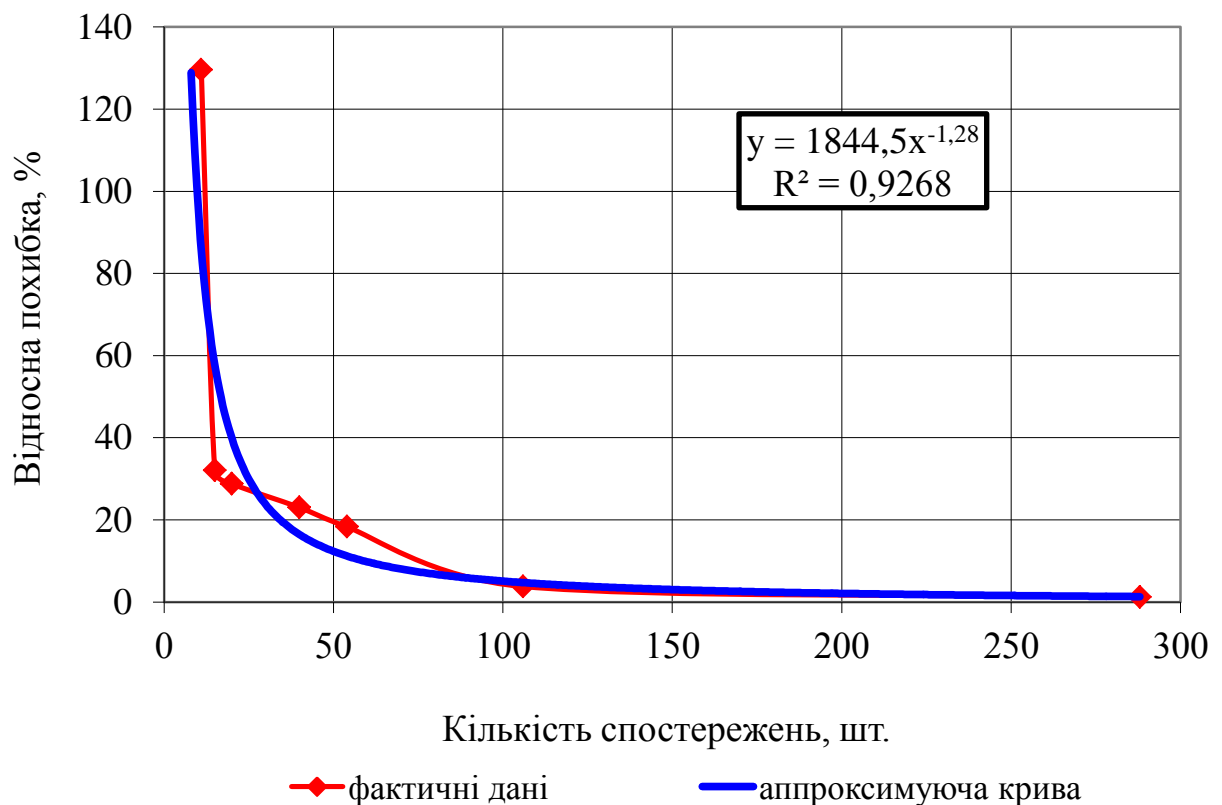


Рисунок 3.1 Залежність рівня відносної похибки від об'єму вибірки (1995-1998 рр.)

Встановлено, що при об'ємі вибірки на рівні 20-50 зразків, відносна похибка знаходиться в межах 20-30 %, а при кількості зразків в вибірці на рівні 100 штук відносна похибка не перевищує 5%, причому подальше збільшення її об'єму майже не забезпечує приросту точності. Навпаки, відносна похибка стрімко зростає при обсягах вибірки менше 20 зразків.

Важливим етапом роботи з колекцією є встановлення закономірностей прояву певної ознаки в залежності від рівня або стану інших ознак. Подібний аналіз дає можливість виявлення індикаторних ознак з метою прогнозування рівня і частоти досліджуваної ознаки. В зв'язку зі значним об'ємом колекцій гостро постала проблема їх ефективного використання, що знайшло відображення в концепції створення серцевинних колекцій, яка передбачає виділення незначної частки базової колекції з максимальним представництвом генетичного різноманіття за господарсько-цінними ознаками. Світова практика створення серцевинних колекцій показує, що найбільш вживаними індикаторними ознаками є паспортні дані зразка, а саме відомості про країну (регіон) походження та формальний ботанічний опис. Наявність цих характеристик є необхідною умовою реєстрації зразка в колекції і, досить часто, вона є єдиною у визначенні його статусу.

Завданням нашого дослідження передбачено виявити закономірності прояву ознак якості зерна кукурудзи в залежності від країни походження, групи стиглості і підвиду зразка. В роботах І.А. Гур'євої з співавторами показана нерівнозначність селекційної цінності зразків з різних країн, підвидового складу і груп стиглості, що є відображенням як специфіки агрокліматичних умов, так і наявного вихідного матеріалу, який традиційно використовується в певній країні чи селекційній установі [140].

Для встановлення взаємозв'язків між ознаками якості зерна, країною походження, групою стиглості і підвидом використано аналіз таблиць спряженості, які являють собою таблицю частот спостережень, що попали в певні класи або категорії. Високі значення критерія χ^2 (342,2 для вмісту білка, 305,8 – вмісту олії, 403,5 – вмісту крохмалю, проти табличного – 261,0) в

кожному випадку дозволили відкинути нульову гіпотезу про незалежність розподілу ознак. По групі зразків відповідної країни походження обраховані частоти розподілу зразків певного підвиду, групи стиглості і класу ознаки якості.

По всіх ознаках весь спектр розподілу значень в системі «країна походження» – «підвид» – «група стиглості» можна розділити на три типи: 1) частка зразків з низьким рівнем ознаки переважає над часткою зразків з високим рівнем ознаки; 2) частка зразків з низьким рівнем ознаки дорівнює частці зразків з високим рівнем ознаки; 3) частка зразків з низьким рівнем ознаки менша за частку зразків з високим рівнем ознаки.

За вмістом білка у зразків з Канади і Німеччини частка з високим рівнем ознаки переважала над часткою з низьким рівнем незалежно від підвиду і групи стиглості. Серед зразків з США до третього типу увійшли зразки середньостиглі кременисті і середньоранні зубовидні. Серед українських зубовидних середньостиглих ліній значно переважають низькобілкові форми, тобто їх ідентифіковано як перший тип. Більшість українських зразків та напівзубовидні середньостиглі лінії з РФ віднесені до другого типу.

Розподіл зразків за вмістом олії виявився більш полярним. Зразки другого типу були майже відсутні, а в межах кожної країни походження були ідентифіковані зразки першого і третього типу. До третього типу віднесені напівзубовидні лінії з Канади як середньоранні, так середньостиглі, зубовидні середньостиглі лінії з Польщі, кременисті середньоранні лінії США, середньоранні і середньостиглі кременисті, а також середньостиглі зубовидні зразки з України.

При розподілі зразків за вмістом крохмалю в таблицях спряженості зберігається тенденція наявності в класі високого рівня ознаки зразків з України і РФ з майже однорідним представництвом за підвидами і групами стиглості. Необхідно відмітити, що високі рівні ознак якості можна ідентифікувати і серед зразків другого типу, але з меншою ймовірністю.

Кращі лінії кукурудзи різного походження, підвидів та груп стиглості ідентифіковані як джерела покращеного біохімічного складу зерна і які увійшли до складу ознакової колекції наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Лінії кукурудзи – джерела ознак якості зерна, 1996-1998 рр.

Країна походження	Підвид	Група стиглості	Назва ліній
1	2	3	4
Вміст білка > 13,6%			
Україна	1	2	УХ 483, УК 199, ЧК 255, УХ 593-1
	3	2	УХ 591, ІГ 456, УХ 628, УК 23 к 1, ХЛГ 1545, ІГ 421, УК 084-3
Німеччина	1	1	G 6, 6095/00, 7018, G 15, 6032/38
	1	2	D-BE, 14 D-BE 3586 A
	3	1	D-BE 51, D-BE 17
	3	2	6147/52, 405
Канада	1	1	Q 573, CO 32-5, CO 38
	2	2	CO 107, CM 5-5-1, CM 5-5, CO 3
	2	1	D 5, CO 72-75-13 PR, CM 5
	3	2	CG 12, CO 191
США	1	2	A 675, K 212
	2	1	W 374, CR 30, A 111
	2	2	A 96, A218, A 296
Вміст олії > 5,9%			
Україна	1	1	УХ 579, УХ 588, УХ 581, ІГ 393, ІГ 352
	1	2	УК 199, УХ 408, УХ 515, УХ 643, УК 16/20, УХ 180, УХ 593-1, УХ 605
	3	2	ІГ 437, УХ 591, ЗК 2/3 М 10, УХ 521, УК 084-2
РФ	1	2	Б 188, ЮВ 7
Польща	2	2	S 24, KL 16, S 61
Канада	3	1	CG 14, CK 26
	3	2	CO 191, CO 125, CG 12
США	1	1	P 431, K 210, A 10

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4
Вміст крохмалю > 67,9%			
Україна	1	1	УХ 588, ХЛГ 1561, УХ 561-1
	1	2	УХ 568-2, ДС 103, УХ 408
	2	1	ХЛГ 1557, ХЛГ 1544, ХЛГ 1553
	2	2	УЧ 68, ХЛГ 1558, ХЛГ 1542, УЧ 39, ХЛГ 1554, УК 230 р, УЧ 48, IG 341, УХ 615
	3	2	УХ 521, ЛК 21048 зМ, УХ 184, УХ 598, ХЛГ 1551, ДК 502/17, УХ 647, УХ 571
РФ	1	1	Б 223, Б 275, Б 325, Б 366, Б 299
	1	2	Б 188, Б 234 зМ
	3	2	Б 304, Б 274
Канада	3	2	СМ 145, СК 47
США	2	2	А 296, W 11

Примітка: підвид – 1- кременистий, 2- зубовидний, 3- напівзубовидний;
група стиглості: 1- середньорання, 2- середньостигла.

Слід відмітити, що лінія кукурудзи IG 341, ідентифікована як джерело високого вмісту крохмалю, після переведення на стерильну цитоплазму М- типу використовується як жіночій батьківський компонент гібрида Зоряний.

На наявність індивідуальної, генетично обумовленої, широти рівня модифікаційної мінливості – норми реакції за ознаками продуктивності, якості зерна та морфобіологічними ознаками вказують дані наведені в таблиці 3.8. Коефіцієнти повторюваності (за математичною суттю – коефіцієнти рангової кореляції Спірмена) вказують на ступінь узгодженості змін ознаки в різних умовах. При високих, близьких до одиниці, значеннях коефіцієнта повторюваності відбувається односпрямована пропорційна зміна ознаки, що не порушує розташування зразків в ранжованому ряду. Навпаки, при низьких значеннях коефіцієнта повторюваності зміни ознаки відбуваються більш довільно і різноспрямовано.

Таблиця 3.8

**Коефіцієнти повторюваності біологічних і цінних господарських ознак
(1995-1998 рр.)**

Ознака	Пари років				
	1995-1996	1996-1997	1996-1998	1995-1997	1997-1998
Висота рослини	0,85	0,73	0,78	0,76	0,79
Кількість днів від сходів до воскової стиглості	0,52	0,52	0,43	0,64	0,57
Кількість зерен на качані	0,36	0,66	0,72	0,59	0,65
Продуктивність	0,55	0,38	0,50	0,38	0,66
Маса 1000 зерен	0,44	0,48	0,49	0,45	0,34
Вміст білка	0,62	0,49	0,33	0,36	0,56
Вміст олії	0,34	0,40	0,45	0,61	0,49
Вміст крохмалю	0,19	0,22	0,23	0,21	0,22

Стабільно високими значеннями коефіцієнта повторюваності характеризується ознака “висота рослини”, тобто в окремі роки майже всі лінії одноразово знижують або збільшують рівень ознаки. Так, наприклад, при мінімальному значенні коефіцієнта повторюваності висоти рослин – 0,73 (1996, 1997 рр.) 87% ліній в 1997 році збільшили висоту рослини порівняно з 1996 роком, 10% – зменшили і 3% – не змінили рівень ознаки. Деяко меншими за силою і більш варіабельними виявились коефіцієнти повторюваності для ознак “кількість днів від сходів до воскової стиглості” (0,43-0,64), “кількість зерен на качані” (0,36-0,72), “продуктивність” (0,38-0,66), “маса 1000 зерен” (0,34-0,49), “вміст білка” (0,33-0,62), “вміст олії” (0,34-0,61). Стабільно низькі коефіцієнти повторюваності відзначені за вмістом крохмалю (0,19-0,22).

В результаті вивчення середньоранніх та середньостиглих ліній кукурудзи з робочої колекції лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, що активно використовується при створенні нових гібридів, було встановлено ряд особливостей за морфобіологічними та господарськими ознаками (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Ознаки продуктивності та морфобіологічні характеристики зразків робочої колекції кукурудзи, 2006-2020 рр.

Ознака	Середньоранні			Середньостиглі			НІР _{0,05}
	1*	2*	3*	1*	2*	3*	
Кількість зразків, шт.	36	116	20	5	36	14	–
Кількість зразків, %	16	51	9	2	16	6	–
Кількість діб від сходів до цвітіння волоті	55,5	56,4	54,9	64,9	63,2	62,8	2,1
Висота рослини, см	166,5	167,1	165,3	177,1	178,3	170,9	9,7
Висота прикріплення качана, см	55,1	53,0	51,0	62,6	63,6	60,0	7,8
Продуктивність рослини, г зерна	78,0	79,6	84,3	99,6	92,1	80,2	5,1
Кількість зерен на качані, шт.	393,6	432,9	476,9	507,9	433,3	395,4	18,6
Маса 1000 зерен, шт.	247,6	234,5	224,0	241,7	266,8	258,2	10,1
Довжина качана, см	14,2	13,9	14,5	15,5	15,2	14,5	2,2
Діаметр качана, см	3,6	3,8	3,9	4,2	3,9	3,8	0,4
Кількість рядів зерен, шт.	14,1	15,1	15,6	16,7	14,3	14,0	1,2
Кількість зерен в ряду, шт.	28,0	28,9	30,6	31,1	30,7	28,4	3,3

* Примітка: 1-кременисті; 2-напівзубовидні; 3-зубовидні

В складі робочої колекції переважають середньоранні лінії (76 %) та лінії з напівзубовидним типом зерна (67 %), що відображає основні напрями

селекційної роботи за останні роки. Середньостиглі лінії є більш високорослими (в середньому на 12 см), та мають вище прикріплення качана (в середньому на 7 см) порівняно із середньостиглими лініями. За рівнем зернової продуктивності середньостиглі лінії також в цілому мають переваги, але за цією ознакою спостерігається диференціація за типом зернини. Найбільш продуктивними є групи середньостиглих кременистих та середньостиглих напівзубовидних ліній (99,6 та 92,1 г зерна з рослини відповідно) та група середньоранніх зубовидних ліній – 84,3 г зерна. Продуктивність трьох інших груп знаходиться в межах 78,0 – 80,2 г зерна. Кременисті середньостиглі лінії також відзначались більшою, порівняно з іншими групами, кількістю зерен на качані (508 шт.), більшими довжиною та діаметром качана (15,5 та 4,2 см відповідно) та більшою кількістю рядів зерн на качані – 16,7 шт. За масою 1000 зерен виділялись напівзубовидні середньостиглі зразки, хоча в кожній групі за цією ознакою має місце значна мінливість.

Високі генотипові рівні цінних господарських ознак не є вирішальними у доборі вихідного матеріалу для селекції, оскільки їх реалізація в конкретних екологічних умовах може не відповідати бажаним рівням за рахунок негативних ефектів взаємодії генотип \times середовище. Тому в практичній селекції значну увагу приділяють визначенню характеру екологічних реакцій селекційного матеріалу на вплив спектра екологічних чинників характерного для зони вирощування.

Для оцінки ефектів взаємодії генотип-середовище широко використовуються різні моделі, як статистичні, на основі методів дисперсійного та регресійного аналізів, які вже можна вважати традиційними, так і імітаційні моделі, які ще не набули широкого вжитку, але стрімко розвиваються. Прикладом моделей першого типу може слугувати аналіз адаптивної здатності, запропонований Еберхартом та Расселом (1966), який набув надзвичайної популярності і передбачає поєднання оцінок генотипа, середовища та їх взаємодії в єдиному експериментальному комплексі. Імітаційні моделі засновані на представленні взаємодії різних структурних елементів системами

диференціальних рівнянь. Вони дають можливість проводити машинні експерименти в широкому діапазоні початкових умов для перевірки реакції системи на комплекс зовнішніх впливів [141]. Компанія «Pioneer» з використанням можливостей моделювання цього типу розробила програмний продукт «AquaMax» спеціально для підтримки програм селекції на посухостійкість [142], але до сих пір польові випробування мають вирішальне значення.

Характерною рисою континентальних районів є високий рівень нестабільності погодних умов в різні роки і впродовж вегетаційного періоду. Зрозуміло, що стабільну реалізацію високих генотипових рівнів будуть забезпечувати різні механізми стійкості до стресових умов. Тому, процес створення нових сортів має бути орієнтований на певний ареал, в екологічних умовах якого найбільш повно розкриється генотиповий потенціал сорту, в тому числі і за рахунок генетичних систем адаптивності. В літературі зустрічаються численні свідчення незалежності генетичного контролю ознак продуктивності і адаптивності [133, 143, 144], що є передумовою успішного створення високоадаптивних селекційних розробок, які повною мірою використовують екологічний потенціал зони та мають стабільні рівні урожайності.

В нашій роботі визначення параметрів адаптивності та екологічної пластичності було невід'ємним елементом оцінки ліній кукурудзи робочої колекції. Узагальнені результати визначення параметрів екологічної пластичності за вісім серій трирічних випробувань різних наборів ліній впродовж 2006-2018 років наведено в таблиці 3.10.

Розподіл зразків за рангами генотипового ефекта та коефіцієнта регресії (b_i) за ознаками «продуктивність», «кількість зерен на качані» та «маса 1000 зерен» виявився подібним. За генотиповим ефектом кількісно переважала група зразків з середніми значеннями ознак (ранг 2), частки зразків з високими (ранг 1), та низькими значеннями (ранг 3) були на рівні 40 – 50 %.

Таблиця 3.10

Розподіл зразків за генотиповим ефектом і рівнем екологічної пластичності по ознаках продуктивності (шт. /%), 2006-2018 рр.

Ранги	Генотиповий ефект				
	b_i	1	2	3	Всього
продуктивність					
1		20 / 8,7	59 / 25,8	17 / 7,4	86 / 41,9
2		5 / 2,2	33 / 14,4	9 / 3,9	47 / 20,5
3		14 / 6,1	60 / 26,2	12 / 5,2	86 / 37,6
		39 / 17,0	152 / 66,4	38 / 16,6	229 / 100
кількість зерен на качані					
1		22 / 9,6	55 / 24,0	23 / 10	100 / 43,7
2		8 / 3,5	26 / 11,4	8 / 3,5	42 / 18,3
3		20 / 8,7	50 / 21,8	17 / 7,4	87 / 38,0
Всього		40 / 21,8	131 / 57,2	48 / 21,0	229 / 100
маса 1000 зерен					
1		18 / 7,9	51 / 22,3	16 / 7,0	85 / 37,1
2		12 / 5,2	30 / 13,1	10 / 4,4	52 / 22,7
3		24 / 10,5	46 / 20,1	22 / 9,6	92 / 40,2
Всього		54 / 23,6	127 / 55,5	48 / 21,0	229 / 100

Навпаки, за коефіцієнтом екологічної пластичності (b_i) частки зразків другого рангу були майже вдвічі менші за частки зразків першого та третього рангів, які були майже рівними.

Таким чином, встановлено, що в робочій колекції ліній кукурудзи за типом екологічної пластичності переважають гомеостатичні зразки (ранг 1) та зразки інтенсивного типу (ранг 3), що дає можливість вести селекцію гібридів як для умов з нестабільними параметрами зовнішнього середовища, так і для контрольованих або прогнозованих умов.

Кращі лінії з робочої колекції було зареєстровано в НЦГРРУ та вони увійшли до складу чотирьох ознакових колекцій кукурудзи: за довжиною качана (Свідоцтво № 200 від 12.04.2015 р.), за продуктивністю (Свідоцтво №198 від 04.12.2015 р.), за кількістю рядів зерен (Свідоцтво № 199 від 04.12.2020 р.), за підвищеною масою 1000 зерен (№ 197 від 04.12.2015 р.). (додатки В2–В5).

3.2. Особливості кореляційного взаємозв'язку ознак продуктивності та якості зерна

Кореляційний аналіз в селекції рослин широко використовується вже більше сторіччя, і за цей час погляди на місце та значимість його результатів в селекційних програмах значно змінилися і були запропоновані численні варіанти аналізу, спрямовані на підвищення його інформативності. Давно відкинута думка про усталеність та незмінність кореляційних зв'язків, розроблені підходи до аналізу кореляційних структур, а не лише кореляцій між окремими ознаками, проведено розподіл типів кореляційних зв'язків в залежності від джерела мінливості (фенотипові, генотипові, середовищні), та ступеня інтегрованості ознак в організмі чи популяції [145].

Аналіз кореляційних структур дозволяє отримати більш повну картину зв'язків між ознаками, яка відповідає ідеї цілісності (інтегрованості) живих систем. Для аналізу кореляційних структур широко використовуються метод кореляційних плеяд Терент'єва, метод головних компонент, аналіз парціальних кореляцій, а також шляховий аналіз Райта та метод максимального кореляційного шляху. Два останніх метода були застосовані в нашій роботі згідно рекомендацій [134, 146].

Метод максимального кореляційного шляху дозволяє виділити найбільш тісні зв'язки між об'єктами експериментальної матриці. В результаті ієрархічної кластер-процедури будується дендрит максимальних зв'язків, який потім розподіляється на кластери або плеяди [146].

На основі матриць парних коефіцієнтів кореляції семи ознак структури продуктивності (довжина качана, діаметр качана, кількість рядів зерен, кількість зерен в ряду, кількість зерен на качані, продуктивність, маса 1000 зерен) і трьох ознак якості зерна (вміст білка, вміст олії, вміст крохмалю) ліній кукурудзи були побудовані дендрити структури кореляційних зв'язків окремо для кожного року дослідження (рис.3.2).

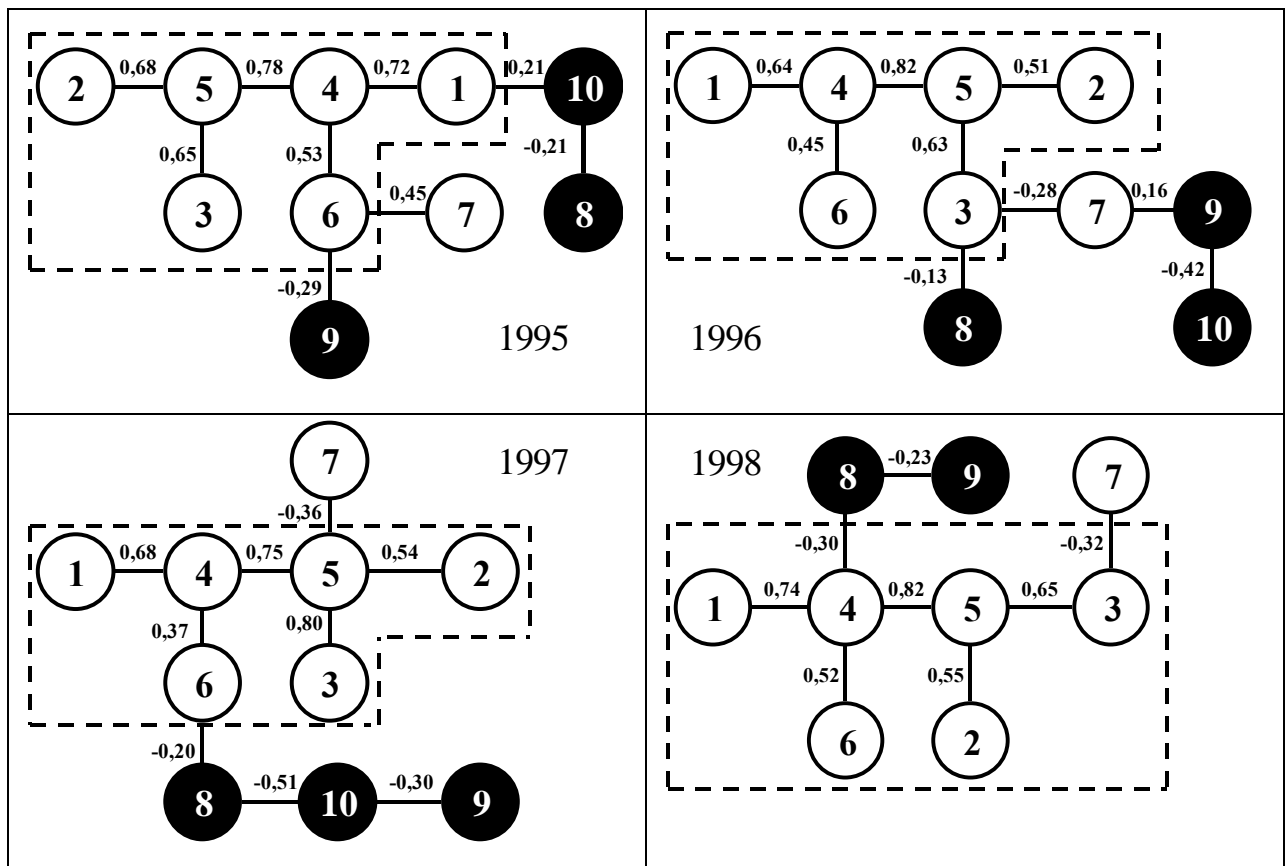


Рисунок 3.2 Структура кореляційних зв'язків ознак продуктивності і якості зерна ліній кукурудзи (1995- 1998 рр.)

Примітка: 1 – довжина качана, 2 – діаметр качана, 3 – кількість рядів зерен, 4 – кількість зерен в ряду, 5 – кількість зерен на качані, 6 – продуктивність, 7 – маса 1000 зерен, 8 – вміст білка, 9 – вміст олії, 10 – вміст крохмалю.

В кожному з чотирьох випадків добре відокремлюється плеяда ознак продуктивності, виділена на рисунку пунктирною лінією, в межах якої структура і напрямок кореляційних зв'язків не змінюються по роках.

Серед ознак структури продуктивності неоднозначну реакцію при формуванні кореляційної структури в окремі роки виявлено за ознакою “маса 1000 зерен”. Цей факт можна пояснити тим, що ознака “маса 1000 зерен” формується впродовж значної частини онтогенезу від закладання жіночих квіток до формування і наливу зернівки і великою мірою піддавана впливу екстремальних чинників зовнішнього середовища.

Стосовно ознак якості зерна встановлено відсутність стабільних значних за силою кореляційних зв'язків з ознаками продуктивності, оскільки вони утворюють досить лабільні структури з низькими абсолютними значеннями коефіцієнтів кореляції. Це свідчить про незалежний генетичний контроль цих груп ознак і відсутність плейотропних ефектів, які є основними чинниками існування кореляційних взаємозв'язків у біологічних об'єктів. З селекційної точки зору, важливою є можливість одночасного покращання ознак якості зерна і продуктивності.

Шляховий аналіз генотипових кореляційних взаємозв'язків продуктивності та її компонентних ознак робочої колекції ліній кукурудзи лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН дозволив з'ясувати їх структуру в системі прямих та побічних ефектів (табл. 3.11).

Так, парні коефіцієнти кореляції продуктивності з її складовими були додатними та переважно середніми за силою. Але високі значення прямих шляхових коефіцієнтів за впливом на продуктивність відмічено лише для ознак «кількість зерен на качані» та «маса 1000 зерен» (0,835 та 0,812 відповідно).

Таблиця 3.11

Шляховий аналіз продуктивності, 2006-2020 рр.

Ознака, що корелює з продуктивністю	Шляхові коефіцієнти						Парна кореляція з продуктивністю
	номер ознаки						
	1	2	3	4	5	6	
1-кількість зерен на качані	<u>0,835</u>	-0,350	0,008	0,023	0,033	0,064	0,613
2-маса 1000 зерен	-0,361	<u>0,812</u>	0,006	0,005	-0,020	-0,013	0,429
3-довжина качана	0,275	0,180	<u>0,025</u>	0,003	-0,008	0,071	0,545
4-діаметр качана	0,470	0,102	0,002	<u>0,041</u>	0,028	0,013	0,656
5- кількість рядів зерен	0,622	-0,362	-0,004	0,027	<u>0,044</u>	0,001	0,327
6- кількість зерен в ряду	0,544	-0,106	0,018	0,006	0,000	<u>0,098</u>	0,559

Такі ознаки як «діаметр качана», «кількість рядів зерен» та «кількість зерен в ряду» мали дуже низькі значення прямих шляхових коефіцієнтів (від 0,041 до 0,098), але впливали на продуктивність опосередковано через ознаку «кількість зерен на качані» із значеннями побічних шляхових коефіцієнтів від 0,477 до 0,622. Для ознаки «маса 1000 зерен» спостерігали суттєвий від'ємний побічний вплив ознак «кількість зерен на качані» та «кількість рядів зерен» з шляховими коефіцієнтами $-0,350$ та $-0,362$ відповідно.

Таким чином, встановлено що добори на продуктивність доцільно проводити безпосередньо за кількістю зерен на качані та масою 1000 зерен, в той час як добори за ознаками «діаметр качана», «кількість рядів зерен», «кількість зерен в ряду» є опосередкованими, так як вони знаходяться на іншому рівні в модулі ознаки «продуктивність» і є компонентними для ознаки «кількість зерен на качані».

3.3. Продуктивність, біохімічний склад зерна та адаптивність ліній-носіїв ендоспермальних мутацій

Найбільш суттєві зміни біохімічного складу зерна кукурудзи, особливо його вуглеводного комплексу, відбуваються при використанні рецесивних ендоспермальних мутацій. За сучасними уявленнями вихідним субстратом для утворення структурних сополімерів крохмалю у всіх крохмалоносних культур є цукроза, яка в ході метаболізму послідовно перетворюється на УДФ-глюкозу, глюкозо-6-фосфат, глюкозо-1-фосфат АДФ-глюкозу, і вже з останньої здійснюється безпосередній синтез амілози та амілопектину.

Каталіз окремих реакцій цього процесу здійснюють принаймні вісім ферментативних комплексів, кожний з яких представлено кількома ізоферментами з різною функціональною активністю, тканинною та онтогенетичною специфічністю. До їх числа відносяться цукрозо-синтази, глюкозо-пірофосфорилази, крохмаль-синтази, гексокинази, крохмаль-розгалуджуючі та крохмаль-дерозгалуджуючі ферменти, фосфоглюкомутази, фосфоглюкоізомерази (всього зараз відомо близько 20 ферментів, які приймають участь в синтезі крохмалю). Така велика кількість ферментів і зумовлює широкий спектр мутацій генів, що приймають участь в накопиченні крохмалю в зерні кукурудзи, і можуть бути використані в селекційних програмах.

Кожний мутантний ген контролює активність тільки однієї реакції метаболічного шляху синтезу і накопичення крохмалю шляхом утворення функціонально пасивних або малоактивних ізоформ відповідних ферментів. З практичної точки зору важливо, що майже всі крохмаль-модифікуючі мутантні гени мають надійні маркери алельного стану, які проявляються на рівні фенотипу зерна. Також ряд мутантних генів структури ендосперму може бути використаний для покращення біологічної цінності зерна

кукурудзи, забезпечуючи підвищення вмісту незамінних амінокислот (лізину та триптофану) за рахунок перерозподілу білкових фракцій.

У відділі генетики Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН була створена низка ліній кукурудзи рецесивних гомозигот за сьома ендоспермальними мутаціями, і до завдання наших досліджень входило встановити рівні їх продуктивності, характер змін біохімічних показників якості зерна та визначити параметри екологічної пластичності за продуктивністю та основними біохімічними ефектами, властивими кожній мутації. За напрямом селекційного використання мутації, в залежності від їх основного біохімічного ефекту були поділені на три групи: 1) o_2 – покращення біологічної цінності білка; 2) $su_1, su_2, sh_1, sh_2, se$ – цукрова кукурудза; 3) wx (восковидна кукурудза) і ae (високоамілозна кукурудза) – зміни фракційного складу крохмалю.

Встановлено, що впливи кожної мутації на кількісні зміни в структурі вуглеводного комплексу є досить стабільними і не відзначаються значним генотиповим різноманіттям (табл. 3.12). Значно більшу генотипову мінливість для кожної мутації було відмічено за вмістом олії та білка в зерні. Це свідчить про можливість додаткового покращання мутантних форм за вмістом білка та олії, що надасть переваги в харчовій цінності для групи цукрової кукурудзи (мутації su_1, se, sh_2) та збільшить економічну ефективність глибокої переробки крохмалю (мутації su_2, wx) за рахунок отримання цінних субпродуктів.

Значне генотипове різноманіття для всіх мутантних форм відмічено за продуктивністю рослини. В групах o_2, su_1, su_2, wx були виділені зразки з високою продуктивністю (> 75 г зерна з рослини). Максимальні значення продуктивності ліній з мутаціями se, sh_2, sh_1 сягали 72,3, 72,4 та 72,1 г зерна з рослини відповідно, а мінімальні значення продуктивності для всіх типів мутацій не були нижчими за 54 г зерна з рослини, що відповідає середньому рівню ознаки за прийнятою класифікацією.

Таблиця 3.12

Варіювання продуктивності та біохімічного складу зерна ліній кукурудзи-носіїв ендоспермальних мутацій, 2002-2006 рр.

Ознака	Мутація						
	o2	su1	se	sh2	sh1	su2	wx
Кількість зразків, шт.	12	11	12	12	4	10	9
Продуктивність, г з рослини	65,9-81,9	54,6-80,3	53,9-72,3	54,9-72,4	58,7-72,1	55,3-75,2	58,4-79,5
Вміст білка в зерні, %	10,2-11,2	11,6-14,5	12,6-14,6	13,4-16,2	11,9-12,7	11,8-13,8	10,8-12,6
Вміст олії в зерні, %	4,4-5,5	7,4-10,1	7,8-9,3	12,8-15,1	5,6-6,2	4,8-6,2	5,1-6,1
Вміст крохмалю в зерні, %	63,2-65,3	37,3-38,8	35,2-37,8	38,9-41,2	57,4-58,7	57,2-59,1	63,2-64,5
Вміст амілози в крохмалі, %	25,3-26,9	31,5-33,2	32,8-34,3	30,3-32,1	27,4-28,2	40,7-42,4	0,7-0,9
Вміст вільних цукрів в зерні, %	2,4-2,9	5,1-5,8	5,5-6,6	5,5-6,7	2,9-3,3	3,1-3,7	2,1-2,8
Вміст ВРП в зерні, %	1-1,2	20,2-21,8	19,8-21,5	0,7-1,0	1-1,2	1,1-1,3	1,7-2,6
Вміст лізину в білку, %	3,9-4,3	2,9-3,2	-	-	2,6-2,8	-	-

Аналіз параметрів екологічної пластичності для ліній-носіїв ендоспермальних мутацій всіх типів, за виключенням мутації *sh₁* (в зв'язку з обмеженою чисельністю вибірки), дозволив ідентифікувати в межах кожної групи гомеостатичні форми та форми інтенсивного типу, але не всі з них поєднували бажаний тип екологічної реакції з високими рівнями генотипового ефекту.

При аналізі екологічної пластичності ліній-носіїв мутації *o₂*, встановлено, що три лінії з високими генотиповими ефектами за продуктивністю (БЛ-22, БЛ-43, БЛ-52) не були гомеостатичними і мали низькі та середні рівні генотипового ефекту за вмістом лізину в білку (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Параметри екологічної пластичності ліній кукурудзи-носіїв мутації o_2 ,
2002-2004 рр.**

Лінія	Продуктивність					Вміст лізину в білку				
	середнє, г/з рослини	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг	середнє, %	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг
БЛ-13	66,2	-6,82	3	1,08	2	4,2	0,06	2	4,00	3
БЛ-22	81,9	8,95	1	1,57	3	3,9	-0,24	3	1,43	2
БЛ-27	65,9	-7,12	3	0,21	1	4,3	0,23	1	-1,43	1
БЛ-30	76,5	3,52	2	0,47	1	4,0	-0,14	3	1,43	2
БЛ-35	66,4	-6,58	3	0,83	2	4,2	0,13	1	1,14	2
БЛ-43	78,9	5,88	1	1,07	2	4,0	-0,14	3	-1,14	1
БЛ-44	67,8	-5,18	3	1,60	3	4,2	0,10	1	0,86	2
БЛ-52	80,3	7,35	1	1,17	2	4,1	0,00	2	1,71	2
НІР _{0,05}	4,56	4,56		0,34		0,08	0,08		0,95	

Навпаки, лінії з низькими генотиповими ефектами за продуктивністю (БЛ-27, БЛ-35, БЛ-44) мали високі рівні генотипового ефекту за вмістом лізину в білку. В такому випадку при формуванні ознаки «збір лізину» буде мати місце компенсаторний ефект і високі рівні цієї ознаки можуть бути отримані альтернативно: або за рахунок високого вмісту лізину в білку, чи за рахунок високої продуктивності, причому останній шлях є більш прийнятним з практичних міркувань. Не виключена також можливість підвищення біологічної повноцінності зерна кукурудзи і за рахунок підвищення вмісту білка, але в досліджуваній вибірці розмах мінливості цієї ознаки виявився доволі незначним – від 10,2 % до 11,2 %.

Таким чином, потрібна подальша селекційна доробка ліній високолізинової кукурудзи з одночасним покращенням ознаки

«продуктивність» та «вміст лізину в білку», або пошук гібридних комбінацій, на основі даного набору ліній, з наявністю неалельних взаємодій для ознак продуктивності та адаптивності.

Рецесивна ендоспермальна мутація *waxy* (*wx*) має фіксований біохімічний ефект, який полягає в тому, що крохмаль зерна на 99 % складається з амілопектину і генетичне різноманіття за складом крохмалю відсутнє. Але в селекції восковидної кукурудзи слід звертати увагу на вміст олії в зерні, яка є цінним субпродуктом промислової переробки крохмалю.

Серед досліджуваних ліній восковидної кукурудзи виділено дві лінії з високим генотиповим ефектом за продуктивністю (ВК 19, ВК 69), але вони не були гомеостатичними (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Параметри екологічної пластичності ліній кукурудзи-носіїв мутації *wx*, 2002-2004 рр.

Лінія	Продуктивність					Вміст олії				
	середнє, г/з рослини	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг	середнє, %	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг
ВК-11	60,3	-6,47	3	1,47	2	5,2	-0,24	3	2,37	3
ВК-16	65,4	-1,37	2	1,45	2	5,4	-0,04	2	-0,47	1
ВК-19	76,2	9,43	1	1,15	2	6,1	0,66	1	0,95	2
ВК-36	62,9	-3,87	2	1,96	3	5,1	-0,34	3	1,66	2
ВК-37	60,3	-6,47	3	-0,51	1	5,3	-0,10	2	2,84	3
ВК-38	67,2	0,43	2	-0,27	1	5,7	0,26	1	-1,18	1
ВК-52	58,4	-8,37	3	1,92	3	5,4	-0,04	2	-1,18	1
ВК-64	70,7	3,96	2	0,69	2	5,3	-0,14	2	1,66	2
ВК-69	79,5	12,73	1	1,14	2	5,4	-0,04	2	2,37	3
НІР _{0,05}	5,33	5,33		0,70		0,22	0,22		0,77	

Лінія ВК 19 поєднувала високі рівні генотипового ефекту за продуктивністю та вмістом олії. За останньою ознакою також виділено лінію ВК 38, яка за типом екологічної реакції відноситься до ліній інтенсивного типу і здатна в сприятливих умовах забезпечити високий вміст олії в зерні. Слід також відмітити лінію ВК 36, яка є гомеостатичною за продуктивністю, при середньому рівні генотипового ефекту, але має знижений вміст олії.

Для ліній-носіїв мутації su_2 , характерна підвищена до 40-45 % частка амілози в крохмалі і, на відміну від мутації wx , має місце певні генотипова та екологічна мінливість на рівні 2,5 абсолютних %. Виділено дві гомеостатичні лінії з високим генотиповим ефектом за продуктивністю (АС-13, АС-70), лінію АС 43, яка поєднує високий генотиповий ефект за продуктивністю з високим рівнем генотипового ефекта та гомеостатичністю за вмістом амілози в крохмалі, а також лінії АС-32 та АС-11 з високими генотиповими ефектами за продуктивністю та вмістом амілози в крохмалі відповідно (табл. 3.15).

Таким чином, встановлено, що серед ліній -носіїв мутації su_2 , є достатнє різноманіття за продуктивністю, вмістом амілози в крохмалі та типами екологічної пластичності, але бажані рівні ознак та адаптивності не завжди поєднуються в одному генотипі. Додатковим критерієм комплексної оцінки господарської групи високоамілозної кукурудзи є ознака «вміст олії в зерні», коливання генотипових значень якої відмічено на рівні 4,8 – 6,2 %. Найвищий вміст олії в зерні мали лінії АС-32 та АС-43 (6,2 % та 5,6 % відповідно).

Господарську групу цукрової кукурудзи утворюють ендоспермальні мутації su_1 , se , та sh_2 . Спільною рисою біохімічних ефектів цих мутацій є підвищення вмісту вільних цукрів в зерні за рахунок депресії синтезу крохмалю.

Таблиця 3.15

**Параметри екологічної пластичності ліній кукурудзи-носіїв мутації *su*₂,
2002-2004 рр.**

Лінія	Продуктивність					Вміст амілози в крохмалі				
	середнє, г/з рослини	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг	середнє, %	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг
АС-11	59,6	-5,49	3	2,55	3	42,1	0,48	1	1,42	2
АС-13	72,1	7,01	1	1,88	3	41,8	0,18	2	1,22	2
АС-16	57,8	-7,26	3	1,16	2	41,6	-0,02	2	0,72	2
АС-28	63,2	-1,89	2	2,11	3	41,8	0,21	2	1,35	2
АС-32	70,6	5,51	1	-2,49	1	40,9	-0,72	3	-1,57	1
АС-37	61,7	-3,39	3	-1,82	1	42,1	0,55	1	1,97	3
АС-43	68,5	3,41	1	0,48	2	42,4	0,78	1	6,77	3
АС-44	66,9	1,81	2	0,22	2	40,7	-0,92	3	-0,80	1
АС-52	55,3	-9,79	3	2,75	3	41,5	-0,12	2	0,85	2
АС-70	75,2	10,11	1	3,17	3	41,2	-0,42	3	-1,94	1
НІР _{0,05}	2,86	2,86		0,87		0,32	0,32		0,76	

В групі ліній-носіїв мутації *su*₁, високими значеннями генотипового ефекту за продуктивністю відзначились лінії МС-266, МС-401 та МС-713, причому лінія МС-401 також характеризувалась як гомеостатична за продуктивністю, а лінія МС-713 мала високий генотиповий ефект за вмістом вільних цукрів в зерні (табл. 3.16). Інші лінії характеризувались середніми та низькими рівнями генотипового ефекту за вмістом вільних цукрів в зерні та продуктивності.

Таблиця 3.16

Параметри екологічної пластичності ліній -носіїв мутації *su₁*, 2002-2004 рр.

Лінія	Продуктивність					Вміст вільних цукрів в зерні				
	середнє, г/з рослини	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг	середнє, %	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг
МС-11	67,3	3,12	2	0,99	2	5,4	0,02	2	1,78	3
МС-30	63,9	-0,28	2	1,14	2	5,2	-0,25	3	-1,78	1
МС-58	60,8	-3,38	2	0,92	2	5,3	-0,15	2	1,45	2
МС-68	59,3	-4,88	3	-0,87	1	5,6	0,19	2	1,79	3
МС-73	54,6	-9,55	3	1,37	3	5,5	0,12	2	2,83	3
МС-75	57,5	-6,68	3	1,23	2	5,6	0,15	2	-0,75	1
МС-266	71,8	7,65	1	1,31	2	5,1	-0,35	3	2,48	3
МС-401	80,3	16,12	1	1,59	3	5,4	-0,05	2	-1,07	1
МС-713	68,5	4,32	1	1,08	2	5,8	0,42	1	2,83	3
МС-719	62,7	-1,42	2	0,87	2	5,4	0,02	2	-1,04	1
МС-722	59,2	-4,98	3	1,36	3	5,3	-0,15	2	2,48	3
НІР _{0,05}	3,58	3,58		0,35		0,22	0,22		0,59	

Високими значеннями генотипового ефекту за продуктивністю серед ліній-носіїв мутації *se* відзначились лінії СЕ-413, СЕ-415, СЕ-406 та СЕ-409, причому дві останні характеризувались як гомеостатичні (табл. 3.17). Але жодна з високопродуктивних ліній не мала високих генотипових ефектів за вмістом вільних цукрів. Взагалі, за вмістом вільних цукрів високі генотипові значення мали лише дві лінії – СЕ-412 та СЕ-414, але перша лінія відзначалась низьким, а друга середнім рівнями генотипового ефекту за продуктивністю.

Таблиця 3.17

**Параметри екологічної пластичності ліній кукурудзи -носіїв мутації *se*,
2002-2004 рр.**

Лінія	Продуктивність					Вміст вільних цукрів в зерні				
	середнє, г/з рослини	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг	середнє, %	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг
CE-396	62,3	-0,21	2	1,42	3	6,3	0,31	2	1,11	2
CE-397	60,8	-1,71	2	1,70	3	6,2	0,21	2	1,09	2
CE-399	57,4	-5,11	3	1,28	2	5,6	-0,39	3	0,47	2
CE-401	65,2	2,69	2	-0,60	1	5,4	-0,56	3	0,20	1
CE-406	68,5	5,99	1	1,46	3	5,8	-0,19	2	1,14	2
CE-408	56,4	-6,07	3	-0,13	1	6,0	0,01	2	1,78	3
CE-409	72,3	9,79	1	1,48	3	5,9	-0,09	2	2,44	3
CE-412	55,8	-6,71	3	1,07	2	6,4	0,44	1	0,64	2
CE-413	70,2	7,69	1	1,33	2	5,8	-0,19	2	1,34	2
CE-414	59,6	-2,91	2	1,46	3	6,6	0,61	1	1,32	2
CE-415	67,6	5,09	1	1,11	2	5,7	-0,29	2	-0,85	1
CE-416	53,9	-8,57	3	0,42	1	6,1	0,11	2	1,32	2
HP _{0,05}	3,61	3,61		0,42		0,34	0,34		0,56	

З літературних джерел відомо, що серед всіх ендоспермальних мутацій носії гену *sh₂* мають найнижчі показники зернової продуктивності, схожості і енергії проростання, але серед нашого експериментального матеріалу виділено ряд ліній з продуктивністю на рівні 70 г/зерна з рослини і вище (SS-41, SS-54, SS-65, SS-398, SS-566) (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

**Параметри екологічної пластичності ліній кукурудзи -носіїв мутації *sh₂*,
2002-2004 рр.**

Лінія	Продуктивність					Вміст вільних цукрів в зерні				
	середнє, г/з рослини	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг	середнє, %	генотиповий ефект	ранг	коефіцієнт регресії	ранг
SS-41	68,2	5,05	1	3,26	3	6,1	-0,05	2	2,85	3
SS-42	64,3	1,15	2	0,12	1	6,0	-0,12	2	0,06	2
SS-47	62,1	-1,05	2	1,53	2	5,8	-0,35	3	2,85	3
SS-54	70,6	7,45	1	-3,04	1	5,5	-0,65	3	0,12	2
SS-55	55,8	-7,35	3	1,03	2	6,4	0,25	1	-0,70	1
SS-65	67,8	4,65	1	2,42	3	5,9	-0,25	3	4,37	3
SS-385	57,2	-5,95	3	2,51	3	6,6	0,45	1	4,43	3
SS-386	54,9	-8,25	3	2,03	3	6,7	0,58	1	-0,82	1
SS-387	58,3	-4,85	3	1,72	2	6,3	0,18	2	-2,33	1
SS-390	56,5	-6,62	3	1,15	2	6,5	0,35	1	2,85	3
SS-398	72,4	9,25	1	-2,59	1	5,8	-0,35	3	-3,38	1
SS-566	69,7	6,55	1	1,85	3	6,1	-0,05	2	1,69	2
HP _{0,05}	3,28	3,28		0,77		0,23	0,23		0,99	

Крім того, лінії SS-41, SS-65, SS-398 охарактеризовані як гомеостатичні. Також відзначено неспівпадіння рівнів генотипових ефектів за продуктивністю та вмістом вільних цукрів. Так, лінії з високим вмістом вільних цукрів (SS-55, SS-385, SS-386, SS-390) характеризуються низькою продуктивністю, що не перевищує 60 г/зерна з рослини.

За результатами вивчення колекції ліній-носіїв ендоспермальних мутацій встановлено достатньо високі рівні генотипової мінливості

продуктивності та ознак якості зерна, а також ідентифіковано різні типи адаптивних реакцій.

Лінії носії ендоспермальних мутацій було включено до складу ознакової колекції кукурудзи з генами біохімічного складу зерна (Свідоцтво № 114 від 18.02.2011 р.), зареєстрованої в НЦГРРУ (додаток В1).

3.4. Генотипова мінливість колекційних зразків кукурудзи за вмістом незамінних амінокислот білка зерна

Хоча покращення амінокислотного складу зараз і не вважається пріоритетним завданням селекції, ця проблема безумовно заслуговує на увагу як резерв підвищення ефективності використання кормів і здешевлення собівартості отримання продукції тваринництва. Біологічна цінність білка визначається насамперед збалансованістю вмісту незамінних амінокислот і традиційно порівнюється з умовним еталоном білка ФАО [147].

Останнім часом певні сподівання підвищення вмісту лізину и триптофану в білку пов'язують з полігенною моделлю генетичного контролю ознаки, тобто з накопиченням численних генетичних факторів з малим індивідуальним ефектом [148]. В цьому випадку, зростає необхідність широкого вивчення внутрішньопопуляційної мінливості як селекційних так і, особливо, колекційних зразків, на що ще в 1971 році звертав увагу М.І. Хаджинов [149].

Завданням нашого дослідження було виявити ступінь збалансованості складу незамінних амінокислот в білку у зразків колекції кукурудзи і визначити потенціал генофонду щодо цієї ознаки.

Для дослідження амінокислотного складу білка зерна використовували 55 зразків колекції кукурудзи. Зразки з України налічували 36 зразків, РФ – 2, Словаччини – 1, Угорщини – 1, Франції – 3, Канади – 4, США – 6, Мексики 2. Генотипова мінливість по кожній з незамінних амінокислот виявилась досить

значною, що свідчить про наявність її генетичних детермінантів і характеризувалась середніми коефіцієнтами варіації від 11,4% для вмісту лейцину до 19,2% для вмісту валіну.

Порівняно з еталоном ФАО білок зерна кукурудзи можна вважати забезпеченим лейцином, метіонином і цистеїном, фенілаланіном і тірозином. За вмістом валіну і треоніну деякі зразки наближаються до стандарту і навіть перевищують його (за вмістом валіну) інші ж мають досить значний дефіцит вказаних амінокислот. За вмістом лізину, ізолейцину і триптофану всі зразки мають значно нижчі показники порівняно з еталоном ФАО, що можна кваліфікувати як абсолютний дефіцит, хоча в досліді і спостерігається значне генотипове різноманіття за вмістом цих амінокислот в білку зерна (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Мінливість амінокислотного складу білка кукурудзи в порівнянні з амінокислотою шкалою ФАО

Амінокислоти	Еталон ФАО, % в білку	Вміст в білку, %	Порівняно з еталоном ФАО, відносних %		
			середнє	мін	макс
Ізолейцин	4,0	2,2 – 3,5	68	55	88
Лейцин	7,0	7,4 – 14,0	149	106	183
Лізін	5,5	2,0 – 4,0	48	36	67
Метіонин + Цистеїн	3,5	3,5 – 6,7	130	100	191
Фенілаланін + Тірозин	6,0	4,9 – 10,1	120	82	168
Треонін	4,0	1,9 – 4,0	74	48	100
Триптофан	1,0	0,5 – 1,0	75	51	97
Валін	5,0	2,2 – 6,4	84	44	128

Наявність джерел підвищеного вмісту окремих незамінних амінокислот не вирішує повністю проблеми покращення біологічної цінності білка шляхом селекції, оскільки ця ознака є складною і передбачає одночасну оптимізацію вмісту комплексу амінокислот. В рослинному організмі як в цілісній високоінтегрованій системі мають місце складні взаємозалежності між ознаками, зумовлені як генетичними детермінантами, зокрема плейотропною дією генів, так і посттрансляційними фізіолого-біохімічними чинниками, що знаходять відбиток в корелятивній залежності між ознаками. Тому наступним етапом нашої роботи стало вивчення структури корелятивних зв'язків між вмістом незамінних амінокислот (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Корелятивні зв'язки між вмістом незамінних амінокислот

Амінокислоти	Лей	Лиз	Мет+Цис	Фен+Тир	Тре	Три	Вал
Изо	-0,05	0,30	0,51*	0,12	0,00	0,06	-0,17
Лей	-	-0,02	-0,03	0,11	0,45*	0,16	0,49*
Лиз	-	-	0,58*	0,01	-0,14	0,37*	-0,34*
Мет+Цис	-	-	-	0,16	0,02	0,14	-0,28
Фен+Тир	-	-	-	-	0,10	0,17	0,01
Тре	-	-	-	-	-	0,06	0,53*
Три	-	-	-	-	-	-	0,13

* - суттєво на 5 % рівні

Слід відзначити, що значення коефіцієнтів кореляції були незначними або середніми за силою. Привертають увагу додатні і середні за силою (>0,50) парні кореляції між вмістом треоніну і валіну, ізолейцину і суми сіркувмісних (метионін + цистеїн) амінокислот, з останніми також додатно корелює і вміст

лизину. Дещо слабші, але достовірні додатні кореляції відзначені між вмістом лейцину і треоніну, лейцину і валіну, лізину і триптофану. Незначна за силою від'ємна кореляція зафіксована між вмістом лізину і валіну.

Значне генотипове різноманіття і відсутність значних за силою кореляцій між вмістом незамінних амінокислот в білку дозволяє припустити можливість ідентифікації різних типів їх взаємного сполучення. За допомогою кластерного аналізу за алгоритмом К – середніх експериментальна вибірка була розподілена на три кластери, представники яких мають різний амінокислотний профіль (рис. 3.3).

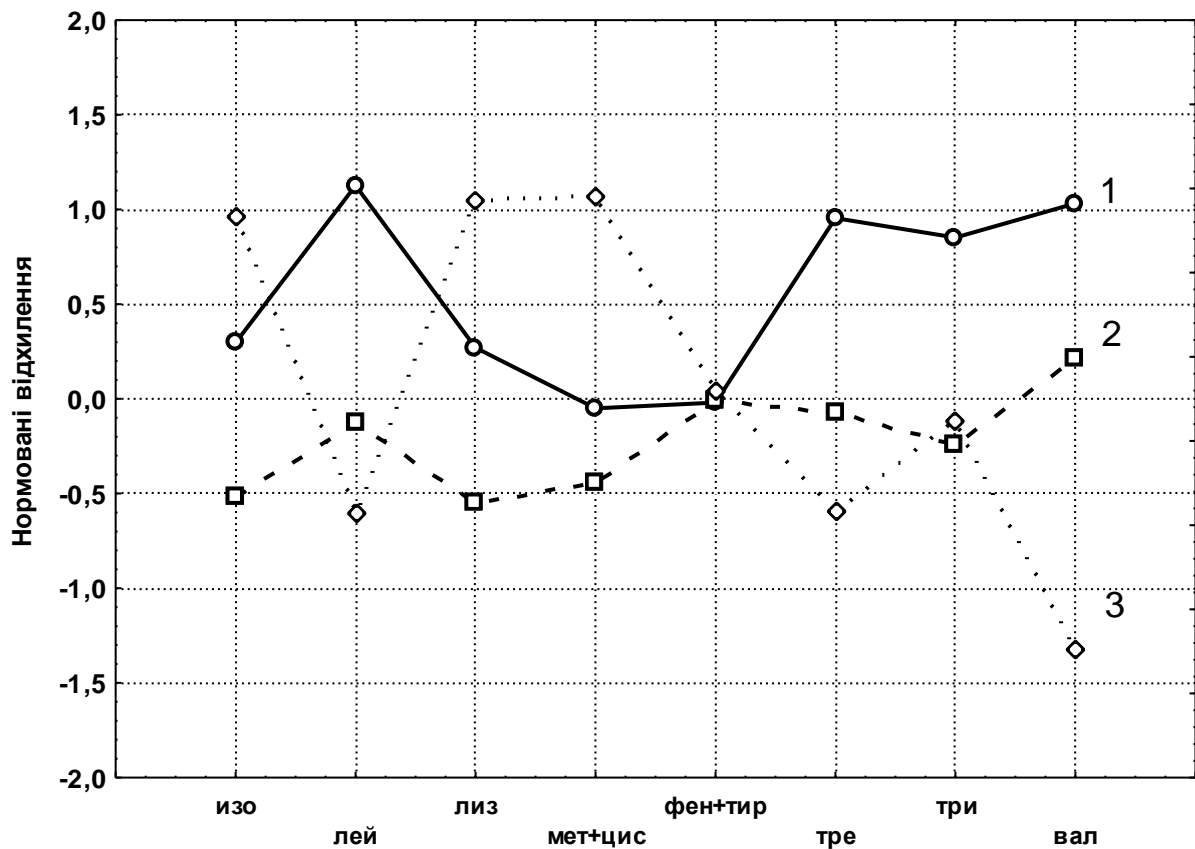


Рисунок 3.3 Розподіл ліній кукурудзи за вмістом незамінних амінокислот в зерні, 1997-1999 рр.

Перший кластер налічує 8 зразків, другий - 37, третій - 10. За допомогою дисперсійного аналізу встановлено наявність суттєвих відмінностей між кластерами за середніми значеннями вмісту всіх незамінних амінокислот за виключенням суми фенілаланіну і тірозину.

Зразки першого кластеру характеризуються найвищим вмістом лейцину, треоніну, триптофану і валіну при середньому вмісті інших амінокислот. Особливістю зразків другого кластеру є середні значення вмісту всіх незамінних амінокислот. Параметри третього кластеру майже протилежні першому і характеризуються високим вмістом ізолейцину, лізину і сіркувмісних амінокислот (метионін і цистеїн) і значним зниженням вмісту валіну.

Порівняння характеристик кластерів, наведених в таблиці 3.21, дозволяє зробити висновки щодо відносної цінності зразків з різних кластерів з точки зору біологічної цінності білка. Цінність зразків другого кластеру мінімальна, так як їх характеристики знаходяться на рівні середніх в досліді, що враховуючи дефіцит білка кукурудзи за вмістом більшості незамінних амінокислот, не дає підстав вважати їх джерелами покращення цієї ознаки.

Зразки з першого кластеру (УХ 178, СО 72-75-13 PR, ОН 45, ІГ 341, ІГ473, С 25, SYN 3, POOL 29) є джерелами підвищеного вмісту триптофану, треоніну і валіну, а зразки третього кластеру (ТВА 2008-3, УХ 629-1, НМV 1528, ХЛГ 1551, ХЛГ 1558, СМ145, С 9, ХЛГ 1500, УХК 388, POOL 30 TL 91) є джерелами підвищеного вмісту лізину і ізолейцину. Не виявлено зразків, які поєднують підвищений вміст гостро дефіцитних для білка кукурудзи незамінних амінокислот: лізину, триптофану ізолейцину, треоніну і валіну.

При розподілі зразків досить рельєфно проявилась негативна кореляція між вмістом лізину і валіну, а також позитивні кореляції між вмістом валіну і треоніну та валіну і лейцину.

Таблиця 3.21

Порівняльна характеристика кластерів за вмістом незамінних амінокислот

Амінокислоти	Кластер			НІР _{0,05}
	1	2	3	
Ізолейцин	2,84	2,54	3,08	0,30
Лейцин	11,71	10,26	9,72	0,99
Лізин	2,74	2,38	3,09	0,34
Метіонин + Цистеїн	4,51	4,22	5,33	0,60
Фенілаланін + Тірозин	7,18	7,18	7,25	1,23
Треонін	3,40	2,93	2,69	0,42
Триптофан	0,83	0,73	0,74	0,09
Валін	5,21	4,40	2,89	0,60

Таким чином, встановлено наявність різних типів профілю незамінних амінокислот в білку зерна кукурудзи, обумовлене особливостями кореляційних зв'язків. Широке генотипове різноманіття колекційних зразків кукурудзи за досліджуваною ознакою зведене до трьох класів з різною біологічною цінністю білка. Встановлені класи складають основу спеціалізованих ознакових колекцій за якістю зерна кукурудзи, а виділені зразки з підвищеним вмістом незамінних амінокислот в білку пропонуються як джерела покращення біологічної цінності білка кукурудзи.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено діапазони фенотипового, генотипового та екологічного варіювання ознак продуктивності та якості зерна зразків Національної колекції кукурудзи. Визначено, що найбільш варіабельними за всіма джерелами

мінливості є ознаки «продуктивність», «кількість зерен на качані», «маса 1000 зерен», «вміст олії», для яких фенотипові та генотипові коефіцієнти варіації були на високому та середньому рівнях. Для ознаки «продуктивність» відмічено високе значення коефіцієнту екологічної варіації (19,4 %), в той час як для інших ознак він не перевищував 10 %.

2. Встановлено, що в робочій колекції ліній кукурудзи за типом екологічної пластичності переважають гомеостатичні зразки та зразки інтенсивного типу, що дає можливість вести селекцію гібридів як для умов з нестабільними параметрами зовнішнього середовища, так і для контрольованих або прогнозованих умов. Кращі лінії з робочої колекції було зареєстровано в НЦГРРУ та вони увійшли до складу чотирьох ознакових колекцій кукурудзи: за довжиною качана (Свідоцтво № 200 від 12.04.2015 р.), за продуктивністю (Свідоцтво №198 від 04.12.2015 р.), за кількістю рядів зерен (Свідоцтво № 199 від 04.12.2020 р.), за підвищеною масою 1000 зерен (№ 197 від 04.12.2015 р.).

3. Установлено що добори на продуктивність доцільно проводити безпосередньо за кількістю зерен на качані та масою 1000 зерен, в той час як добори за ознаками «діаметр качана», «кількість рядів зерен», «кількість зерен в ряду» є опосередкованими. Високі значення прямих шляхових коефіцієнтів за впливом на продуктивність відмічено лише для ознак «кількість зерен на качані» та «маса 1000 зерен» (0,835 та 0,812 відповідно).

4. За результатами вивчення колекції ліній-носіїв ендоспермальних мутацій встановлено достатньо високі рівні генотипової мінливості продуктивності та ознак якості зерна, а також ідентифіковано різні типи адаптивних реакцій.

5. Встановлено, що серед ліній -носіїв мутації su_2 , є достатнє різноманіття за продуктивністю, вмістом амілози в крохмалі та типами екологічної пластичності. Додатковим критерієм комплексної оцінки господарської групи високоамілозної кукурудзи є ознака «вміст олії в зерні», коливання

генотипових значень якої відмічено на рівні 4,8 – 6,2 %. Виділено лінії з високим вмістом олії в зерні: АС-32 та АС-43 (6,2 % та 5,6 % відповідно).

6. Визначено структуру корелятивних зв'язків між вмістом незамінних амінокислот. Встановлено додатні і середні за силою ($>0,50$) парні кореляції між вмістом треоніну і валіну, ізолейцину і суми сіркувмісних (метионін + цистеїн) амінокислот, з останніми також додатно корелює і вміст лизину. Дещо слабші, але достовірні додатні кореляції відзначені між вмістом лейцину і треоніну, лейцину і валіну, лизину і триптофану. Незначна за силою від'ємна кореляція зафіксована між вмістом лизину і валіну.

7. Встановлено наявність різних типів профілю незамінних амінокислот в білку зерна кукурудзи, обумовлене особливостями кореляційних зв'язків. Широке генотипове різноманіття колекційних зразків кукурудзи за досліджуваною ознакою зведене до трьох класів з різною біологічною цінністю білка, які склали основу спеціалізованих ознакових колекцій за якістю зерна кукурудзи. Виділено зразки з підвищеним вмістом незамінних амінокислот в білку, які пропонуються як джерела покращення біологічної цінності білка кукурудзи.

Результати розділу 3 опубліковано в роботах [150–164].

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ ТА МЕХАНІЗМІВ ГЕНЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ОЗНАК ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА В СИСТЕМІ ДІАЛЕЛЬНИХ СХРЕЩУВАНЬ

4.1. Компоненти генотипової дисперсії за ознаками продуктивності і якості зерна та їх мінливість в різних екологічних умовах

Визначення параметрів комбінаційної здатності вихідного матеріалу є необхідною складовою в гетерозисній селекції [165-168]. Відомо, що компоненти генотипової дисперсії піддавані значній екологічній мінливості, що вносить елемент невизначеності в результати оцінок загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності [169-174]. Оцінка параметрів комбінаційної здатності за окремі роки в однофакторних дисперсійних комплексах з фактором «генотипи батьківських форм» не розкриває суті спостерігаємих змін параметрів комбінаційної здатності і не дає можливості видокремити рівні ефектів, зумовлені генотипом, умовами середовища та ефекти їх взаємодії [175-179]. Більш повну інформацію щодо параметрів комбінаційної здатності можна отримати при аналізі двохфакторних дисперсійних комплексів з факторами «генотипи» та «умови року» [180-182].

В зв'язку з цим, в 2012-2013 рр. ми вирішували завдання з визначення компонентів генотипової дисперсії та параметрів їх екологічної мінливості для ознак продуктивності та якості зерна на матеріалі діалельної схеми схрещувань за другим методом Грифінга [183-185]. Аналізували результати дворічного вивчення 11 неспоріднених ліній кукурудзи з робочої колекції лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН та 55 експериментальних гібридів отриманих в прямих схрещуваннях.

Загальна характеристика ліній і гібридів кукурудзи, що вивчалися, наведена в таблиці 4.1.

**Параметри ознак продуктивності та якості зерна ліній і гібридів
кукурудзи діалельної схеми**

Ознака	Роки	Лінії				Гібриди			
		середнє	мінімум	максимум	коефіцієнт варіації, %	середнє	мінімум	максимум	коефіцієнт варіації, %
Продук- тивність, г/з рослини	2012	71,3	36,5	119,1	34,6	136,8	67,9	210,0	16,9
	2013	62,7	36,3	93,2	29,4	93,5	50,8	135,7	18,1
Маса 1000 зерен, г	2012	268,5	225,6	313,6	10,8	295,9	224,9	371,3	10,3
	2013	242,9	200,8	279,1	10,9	270,6	210,3	347,2	11,1
Вміст білка, %	2012	12,2	10,1	14,1	10,5	12,0	9,8	13,5	7,8
	2013	12,8	10,4	14,7	10,9	11,2	6,9	14,9	17,1
Вміст олії, %	2012	5,2	3,8	6,6	17,4	6,3	4,4	7,5	9,7
	2013	5,4	4,2	6,4	12,4	5,8	3,4	7,3	12,3
Вміст крохмалю, %	2012	68,9	65,8	73,1	3,8	68,9	64,7	72,6	3,1
	2013	67,8	63,7	73,2	4,5	70,5	65,0	77,1	3,8

Встановлено, що лінії та гібриди кукурудзи мають значний розмах генотипової мінливості за ознаками продуктивності та якості зерна, причому умови 2012 року були більш сприятливими для формування продуктивності та маси 1000 зерен, як у ліній так і у гібридів, та майже не впливали на середньогрупові значення ознак якості зерна ліній кукурудзи. Для гібридів в 2012 році відмічено зростання вмісту білка та олії в зерні та зниження вмісту крохмалю.

Результати вивчення структури генотипової мінливості ознак продуктивності та якості зерна шляхом зіставлення факторіальних квадратичних відхилень в дисперсійному комплексі, свідчать про наявність статистично

достовірних впливів як ефектів загальної (ЗКЗ) і специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності, так і ефектів їх взаємодії з факторами середовища. Встановлено, що частка впливів ефектів СКЗ виявилась досить однорідною для всіх ознак і коливалась від 21 % для вмісту олії до 41 % для вмісту білка (рис. 4.1). Ефекти ЗКЗ мають найбільший внесок в генотипові дисперсію за масою 1000 зерен та вмістом олії (61 % та 50 % відповідно), помірний внесок за продуктивністю (30 %) та доволі низький за вмістом крохмалю та вмістом білка – 16 % та 10 % відповідно.

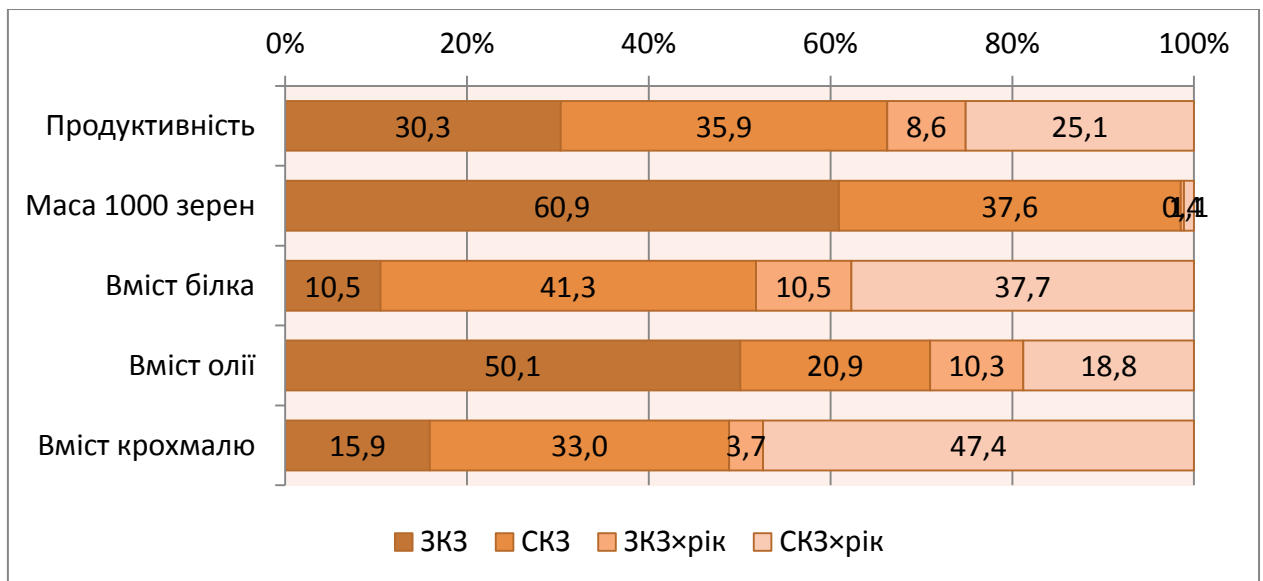


Рисунок 4.1. Структура генотипової мінливості ознак продуктивності та якості зерна ліній кукурудзи, 2012-2013 рр.

Вплив ефектів взаємодії ЗКЗ×рік не перевищував 10 %, а для маси 1000 зерен та вмісту крохмалю був майже відсутнім (4 % та 0,4 % відповідно). Навпаки, ефекти взаємодії ЗКЗ×рік мають значний внесок в структуру генотипової дисперсії більшості ознак (19-47 %) за виключенням маси 1000 зерен (1 %).

При аналізі індивідуальних ефектів ЗКЗ ліній кукурудзи та констант взаємодії ЗКЗ×рік виділені лінії з високими стабільно відтворюваними в різних екологічних умовах ефектами ЗКЗ: за продуктивністю – ХА 412, ХА 408; масою

1000 зерен – ХА 408, ХАР 164, УКУ 10; вмістом білка – ХА 408, УКУ 1, ХАР 144; вмістом олії – УКУ 1, УКУ 20; вмістом крохмалю – ХА 412, ХАР 144 (табл. 4.2). Ряд ліній поєднував високі донорські властивості за кількома ознаками: (ХА 412, ХА 408, УКУ 1, ХАР 144).

Таблиця 4.2

Оцінки ефектів ЗКЗ та констант взаємодії ЗКЗ×рік (КВ), 2012-2013 рр.

Лінія	Продуктивність		Маса 1000 зерен		Вміст білку		Вміст олії		Вміст крохмалю	
	ЗКЗ	КВ	ЗКЗ	КВ	ЗКЗ	КВ	ЗКЗ	КВ	ЗКЗ	КВ
УКУ 12	-8,74	44,53	-1,83	0,93	-0,20	0,17	0,05	0,01	0,00	0,00
УКУ 1	-2,61	0,04	-21,67	0,15	0,34	0,01	0,42	0,01	-0,65	0,05
ХАР 144	-6,58	28,73	6,05	1,31	0,25	0,01	-0,25	0,13	0,61	0,02
УКУ 20	0,23	3,60	-28,39	4,51	-0,01	0,01	0,38	0,05	-0,40	0,08
УКУ 10	-10,91	9,69	15,08	2,35	0,27	0,08	0,29	0,01	-0,80	0,02
ХАР 152	1,93	14,45	-25,34	2,10	0,00	0,06	-0,09	0,00	0,49	0,02
ХАР 297	7,96	22,40	2,03	3,32	-0,09	0,27	-0,19	0,00	0,20	0,60
ХАР 164	2,43	43,94	24,69	1,17	0,23	0,33	-0,41	0,00	0,22	0,27
ХА 412	16,61	5,09	10,91	1,77	-0,97	0,48	-0,38	0,02	1,65	0,03
ХА 408	8,62	3,91	20,57	0,03	0,34	0,02	-0,40	0,02	-0,53	0,02
УКУ 23	-8,93	36,46	-2,09	3,28	-0,17	0,01	0,58	0,02	-0,78	0,19
НІР _{0,05}	3,75	2,2	7,4	1,1	0,11	0,03	0,16	0,01	0,41	0,03

Встановлено, що високими значеннями варіанс СКЗ по серії характеризувались лінії: ХА 408, ХА 412, УКУ 20 – за продуктивністю; ХА 408, УКУ 20 – за масою 1000 зерен; ХА 412, УКУ 10, УКУ 12, УКУ 20 – за вмістом білка; ХАР 144, УКУ 10, УКУ 20 – за вмістом олії; УКУ 10, УКУ 23 – за вмістом крохмалю (табл. 4.3).

Варіанси СКЗ ліній кукурудзи, 2012-2013 рр.

Лінія	Ознака				
	Продуктивність	маса 1000 зерен	вміст білка	вміст олії	вміст крохмалю
УКУ 12	181,56	310,57	1,19	0,05	0,81
УКУ 1	89,32	349,08	0,85	0,04	0,39
ХАР 144	71,83	178,37	0,73	0,22	0,02
УКУ 20	220,01	469,38	1,14	0,18	1,10
УКУ 10	129,75	264,4	1,26	0,20	2,60
ХАР 152	45,72	229,38	0,97	0,06	1,21
ХАР 297	118,41	331,85	0,82	0,01	1,44
ХАР 164	32,89	233,27	0,73	0,04	0,47
ХА 412	225,06	341,58	1,35	0,04	0,17
ХА 408	280,72	1082,4	1,09	0,09	0,84
УКУ 23	173,38	166,98	0,9	0,05	2,48

Лінія ХА 408, яка відрізняється високими та стабільними ефектами ЗКЗ за продуктивністю, масою 1000 зерен та вмістом білка, а також високими значеннями варіанс СКЗ за продуктивністю та масою 1000 зерен широко використовується в селекційній роботі і є батьківською формою гібридів Елітнянський, Вектор, ХА Болід, Гопак, Дарунок.

Для визначення типу успадкування ознак продуктивності та якості зерна були розраховані значення істинного та гіпотетичного гетерозису та проведено розподіл гібридних комбінацій за їх рівнями (табл. 4.4). За ознакою «продуктивність» у більшості гібридних комбінацій спостерігався ефект гетерозису різного рівня.

Розподіл гібридів за рівнями гетерозису ознак продуктивності та якості зерна

Ознака	Тип гетерозису	Рік	Рівень гетерозису, %			
			<100	100-120	120-140	>140
Продуктивність	істинний	2012	0	9	8	38
		2013	6	19	13	17
	гіпотетичний	2012	0	0	6	49
		2013	4	6	11	34
Маса 1000 зерен	істинний	2012	18	36	1	0
		2013	19	31	5	0
	гіпотетичний	2012	9	38	8	0
		2013	10	35	10	0
Вміст білка	істинний	2012	46	8	1	0
		2013	50	5	0	0
	гіпотетичний	2012	36	17	2	0
		2013	42	12	1	0
Вміст олії	істинний	2012	12	29	14	0
		2013	29	23	3	0
	гіпотетичний	2012	2	24	25	4
		2013	13	36	6	0
Вміст крохмалю	істинний	2012	38	17	0	0
		2013	19	36	0	0
	гіпотетичний	2012	27	28	0	0
		2013	10	45	0	0

Лише в 2013 році (який відзначено як несприятливий) за шістьма гібридними комбінаціями виявлено депресію стосовно істинного гетерозису та за чотирма гібридами відсутній гетерозис гіпотетичний. За масою 1000 зерен від 9 до 19 гібридів в різні роки не проявляли гетерозисного ефекту, в той час як у більшості ліній гетерозис був відзначений, але його значення не перевищували 140 %.

Навпаки, за вмістом білка переважна кількість гібридів (від 36 до 50) мала депресивний тип успадкування, хоча виділено від 5 до 17 гібридів з рівнем гетерозису від 100 до 120 %, та від одного до двох гібридів з рівнем гетерозису від 120 до 140 %. За вмістом олії в сприятливому 2012 р. було ідентифіковано

14 гібридів з рівнем істинного гетерозису в межах 120-140% і 25 гібридів з такими ж рівнями гіпотетичного гетерозису. В 2013 році частка гетерозисних гібридів в цій категорії була значно меншою – 3 та 6 гібридів відповідно. Також за вмістом олії в 2012 році було виділено чотири гібриди з рівнем гіпотетичного гетерозису вище 140%.

За вмістом крохмалю відзначено значні коливання кількості гібридів як за типами гетерозису, так і по роках в між групами з депресивним типом успадкування та гетерозисом в межах 100-120 %. Подібні закономірності успадкування ознак якості зерна гібридами кукурудзи були знайдені і іншими дослідниками, при дещо менших значеннях рівнів гетерозисних ефектів [186].

4.2. Характер успадкування та механізми генетичної детермінації ознак продуктивності та якості зерна

Визначення механізмів дії генів, що зумовлюють прояв параметрів комбінаційної здатності та типів успадкування, в конкретному наборі вихідних ліній значно доповнює результати аналізу комбінаційної здатності та дозволяє формувати селекційні стратегії стосовно способів використання окремих ліній [187, 188]. Для вирішення завдання з визначення механізмів генної дії при формуванні ознак продуктивності та якості зерна кукурудзи були використані результати випробувань ліній і гібридів діалельної схеми схрещувань в 2012-2013 рр.

При дисперсійному аналізі діалельних таблиць було визначено за показником a , (статистична оцінка адитивної варіанси), що тип успадкування був стабільним за роками і відповідав повному домінуванню для всіх ознак за виключенням ознаки продуктивності, для якої ідентифіковано наддомінування. Напрямо домінування не змінювався за роками для ознак «продуктивність», «маса 1000 зерен» та «вміст олії». Але, слід зауважити, що оцінки типу успадкування за адитивною варіансою будуть справедливими лише для дволокусної моделі, на основі якої розраховуються очікувані середні квадрати

[189, 190]. Так як дволукусна модель генної дії є скоріш теоретичним припущенням, ніж реальним фактом був проведений подальший аналіз з використанням графіків та генетичних параметрів Хеймана.

Відповідність адитивно-домінантній моделі, яка є необхідною передумовою коректного визначення параметрів генної дії при аналізі за алгоритмом Хеймана [191, 192], була встановлена лише для ознак «продуктивність» та «вміст крохмалю в зерні» в 2013 р. Для досягнення відповідності адитивно-домінантній моделі з аналізу вилучали лінії з найбільшими різницями між варіансою та коваріансою, згідно з рекомендаціями Турбіна з співавт [193].

Для ознаки «продуктивність» в 2012 та 2013 роках визначено успадкування за типом наддомінування (лінія регресії перетинає вісь ординат в від'ємній частині, показники експериментальному матеріалі – H_1 / D та середнього ступеня домінування в кожному локусі більше 1) (рис. 4.2, 4.3).

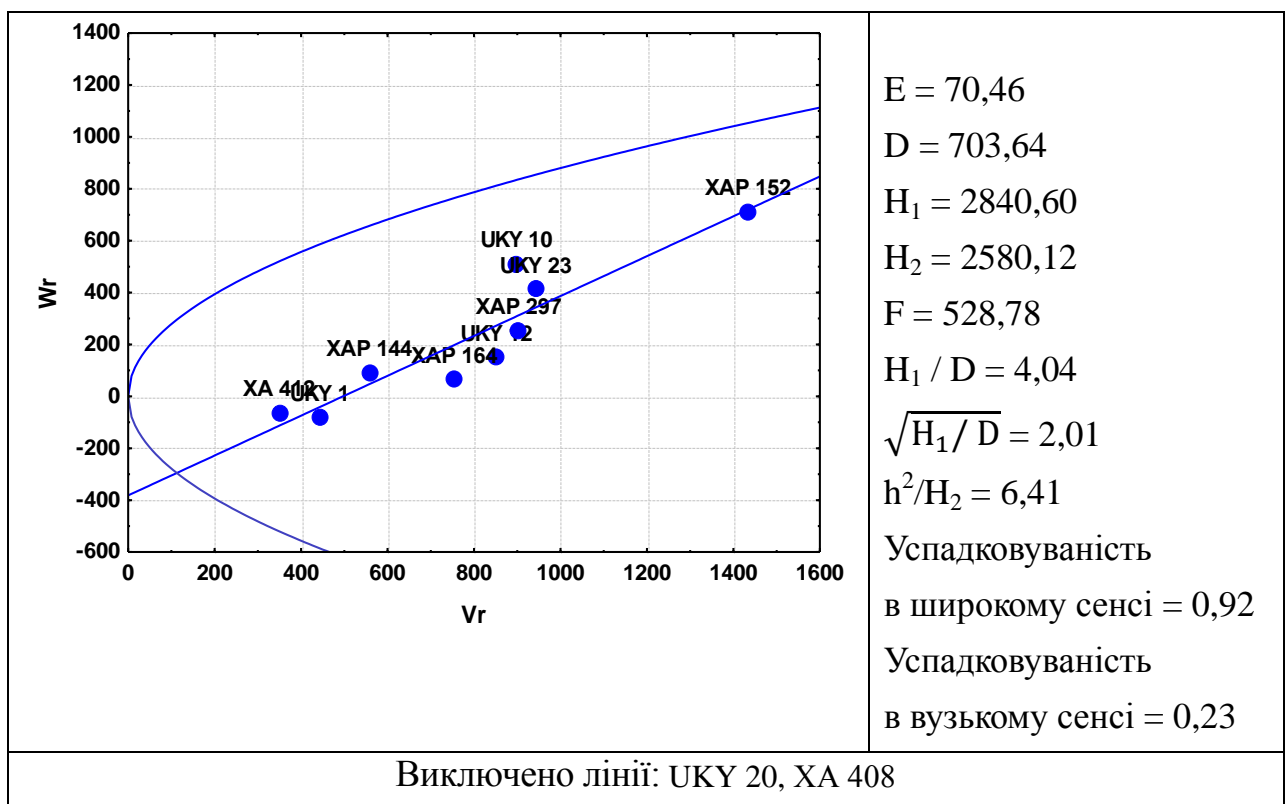


Рисунок 4.2 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «продуктивність», 2012 р.

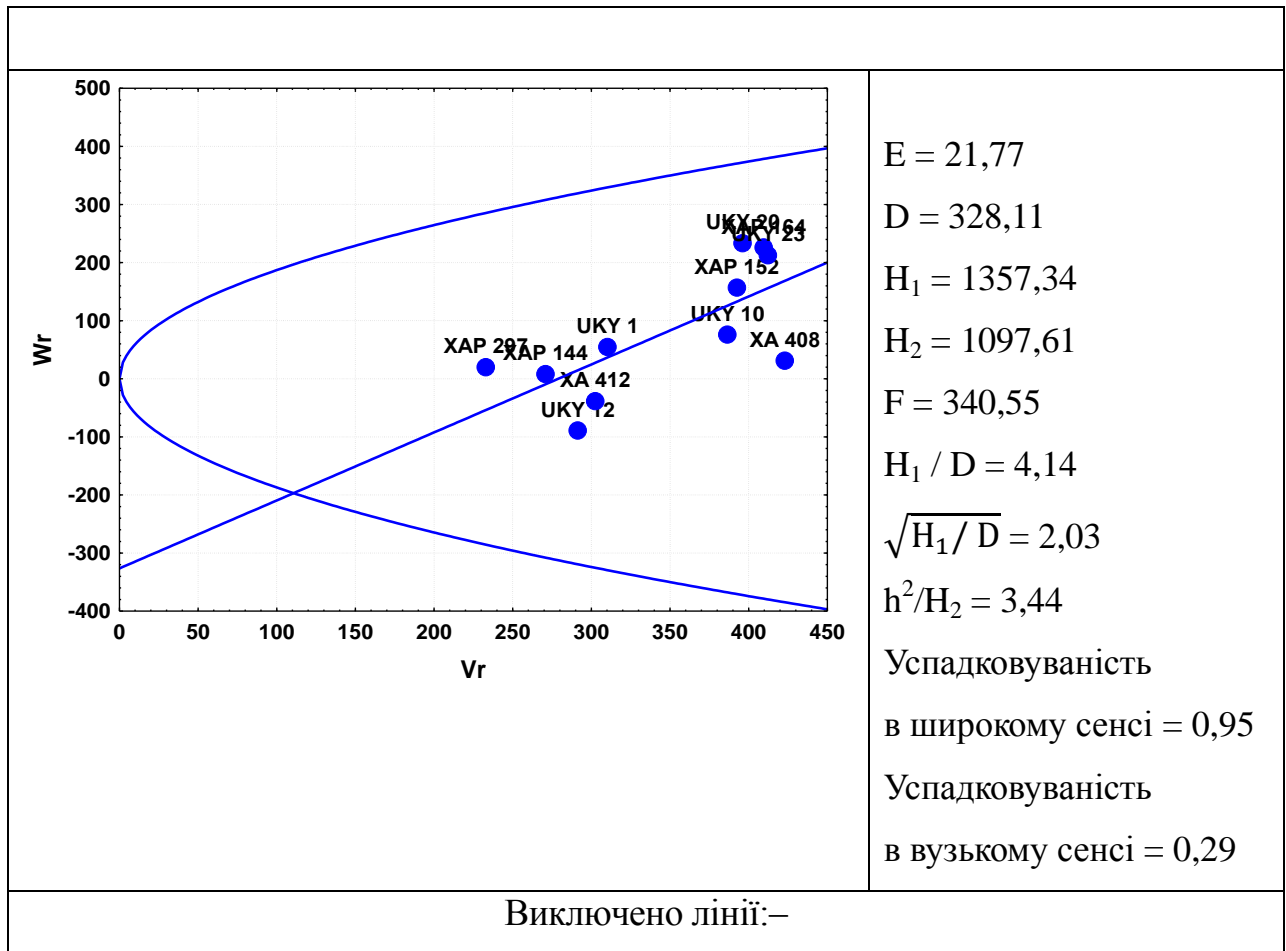


Рисунок 4.3 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «продуктивність» 2013 р.

Вплив умов року (параметр E) виявився доволі значним і був в 2012 році втричі вищим, ніж в 2013 році (70,46 проти 21,77). За оцінками параметрів H_1 та H_2 можна зробити висновок, що домінуючі та рецесивні алелі розподілені між батьківськими лініями рівномірно, з незначним переважанням домінуючого компонента.

Додатний знак параметра F також свідчить, що в даному наборі ліній переважають ефекти домінуючих алелів. Сума значень параметрів H_1 та H_2 значно перевищує значення параметра D , що свідчить про переважання домінуючих ефектів над адитивними. Значення параметру $\sqrt{H_1 / D}$ більше одиниці, що дає підстави констатувати наявність гетерозису.

При аналізі розподілу ліній на графіку Хеймана вздовж лінії регресії в окремі роки спостерігається значний зсув за координатами $W_r : V_r$, що можна пояснити перевизначенням генетичної формули ознаки в рамках моделі еколого-генетичної організації кількісної ознаки [194, 195]. Лише лінія ХАР 152 стабільно зберігала своє положення на графіку в області максимальної кількості рецесивних генів. Також в 2013 році зафіксовані вдвічі менші порівняно з 2012 р. значення параметра h^2 / H_2 , який визначає кількість груп генів, які зумовлюють мінливість ознаки. Але слід прийняти до уваги, що за наявності ефектів наддомінування значення цього параметру можуть бути значною мірою спотворені. Низькі значення коефіцієнтів успадкованості в вузькому сенсі свідчать про значний вплив ефектів неалельної взаємодії в контролі ознаки «продуктивність».

Для ознаки «маса 1000 зерен» зафіксовано успадкування за типом наддомінування та переважання домінантних ефектів генів над адитивними. (рис. 4.4, 4.5).

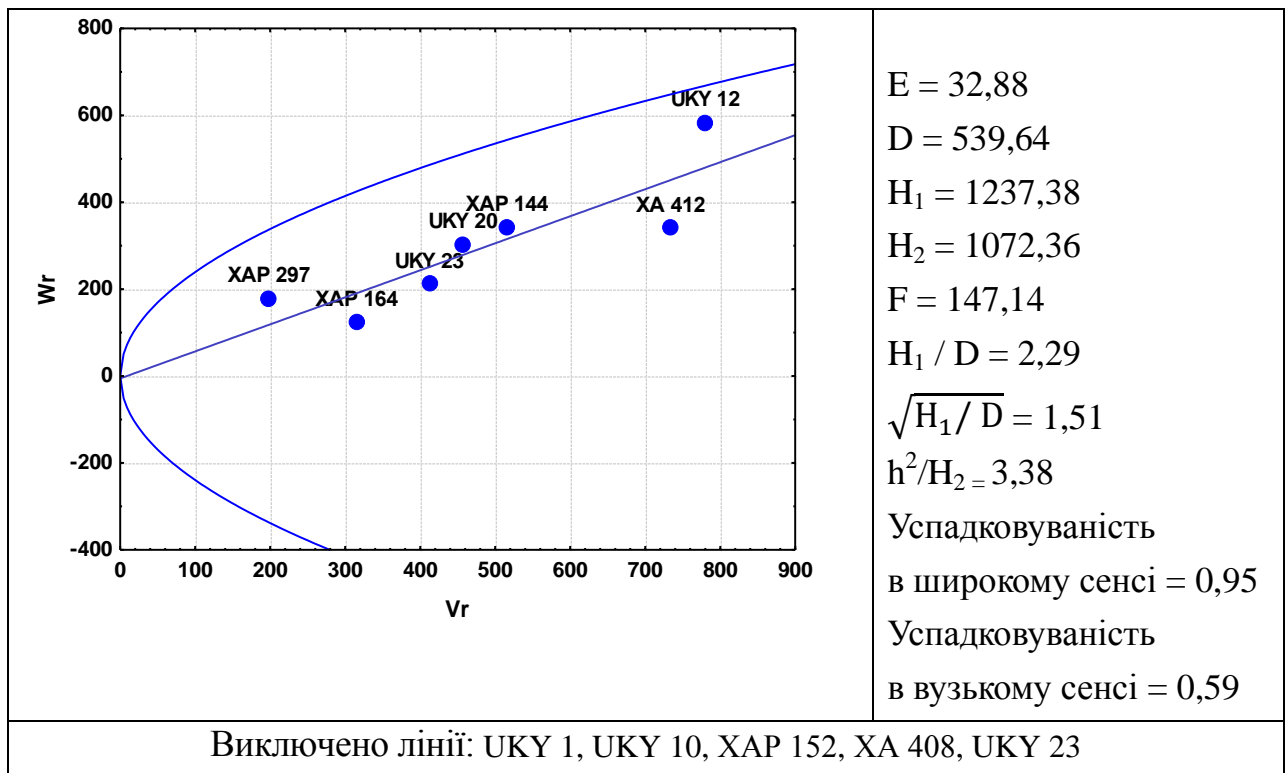


Рисунок 4.4 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «маса 1000 зерен», 2012 р.

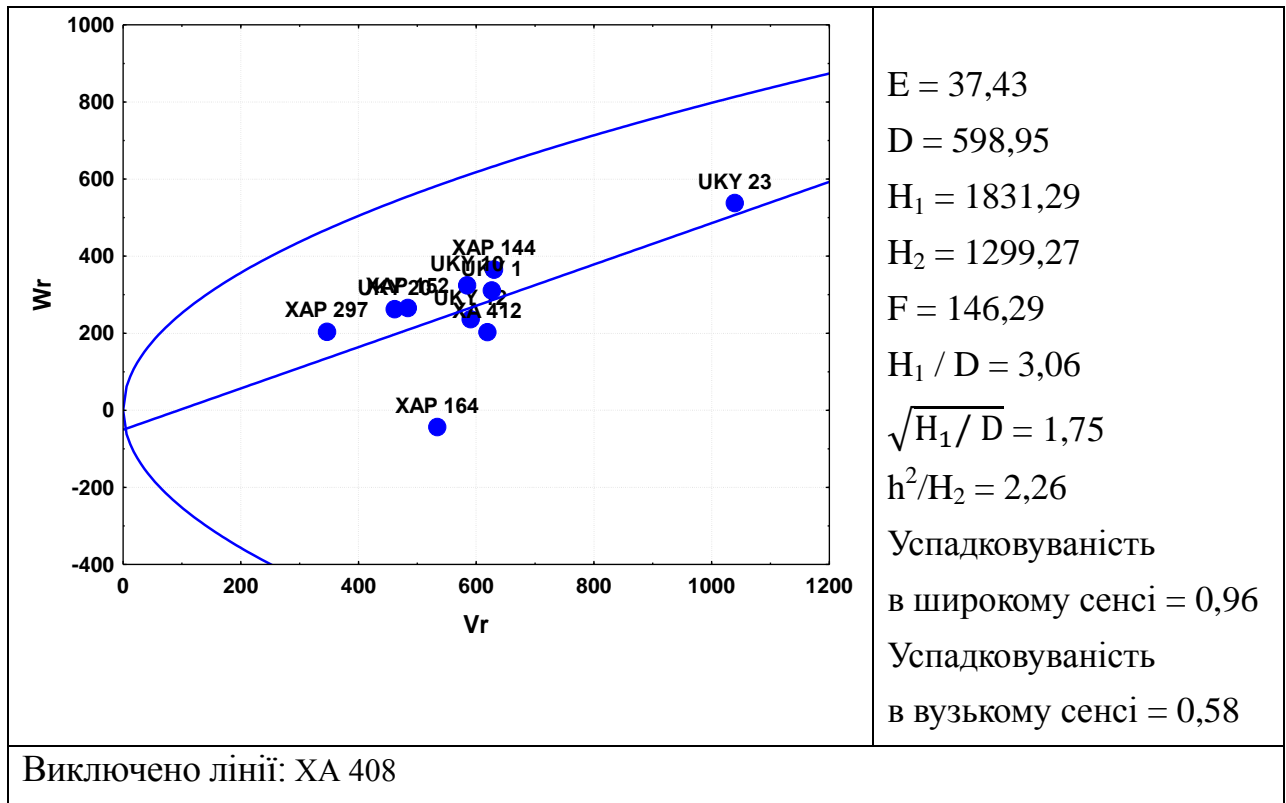


Рисунок 4.5 Графік регресії Wr/Vr та генетичні параметри для ознаки «маса 1000 зерен», 2013 р.

Відмічено значні та рівнозначні за роками рівні впливу умов вирощування. Внесок генів з позитивними ефектами, що посилюють прояв ознаки (H_1) переважає над внеском генів що зменшують її рівень (H_2). Причому, відмічено, що ця тенденція посилюється в умовах 2013 р. За значення параметру $\sqrt{H_1/D}$ ідентифіковано наявність гетерозису.

Розподіл ліній вздовж лінії регресії був рівномірним в 2012 р. і характеризувався мінімальними відхиленнями. Хоча слід відзначити, що для приведення вихідних даних у відповідність з адитивно-домінантною моделлю з аналізу була виключена значна кількість ліній (5 шт.), тому в даному випадку, важко робити співставні характеристики ліній за типами генної дії в різних екологічних умовах. Характерним в графічному аналізі розподілу ліній є те, що лінії XAP 297 та XAP 164 в обидва роки зберігають своє положення в домінантній частині графіка.

В умовах 2013 року лінія UKY 23, яка була вилучена з аналізу в 2012 році зайняла крайнє положення в рецесивній частині графіка, що призвело до скупчення інших ліній (крім ліній ХАР 297 та ХАР 164) в середній області графіка, яка відповідає рівним співвідношенням частот рецесивних да домінантних алелей. Цей факт є підтвердженням поліваріантності генетичних механізмів формування ознаки «маса 1000 зерен». Слід зазначити, що при рівному співвідношенні домінантних та рецесивних алелей можна очікувати ефективність добору на збільшення рівня ознаки. Стабільно високі значення коефіцієнтів успадковуваності в вузькому сенсі (0,58 – 0,59) свідчать про достатню ефективність доборів за фенотипом.

Для ознаки «вміст білка в зерні» відмічено суперечливі результати за типом успадкування: в 2012 р. визначено домінування (рис. 4.6), а в 2013 р. – наддомінування (рис. 4.7).

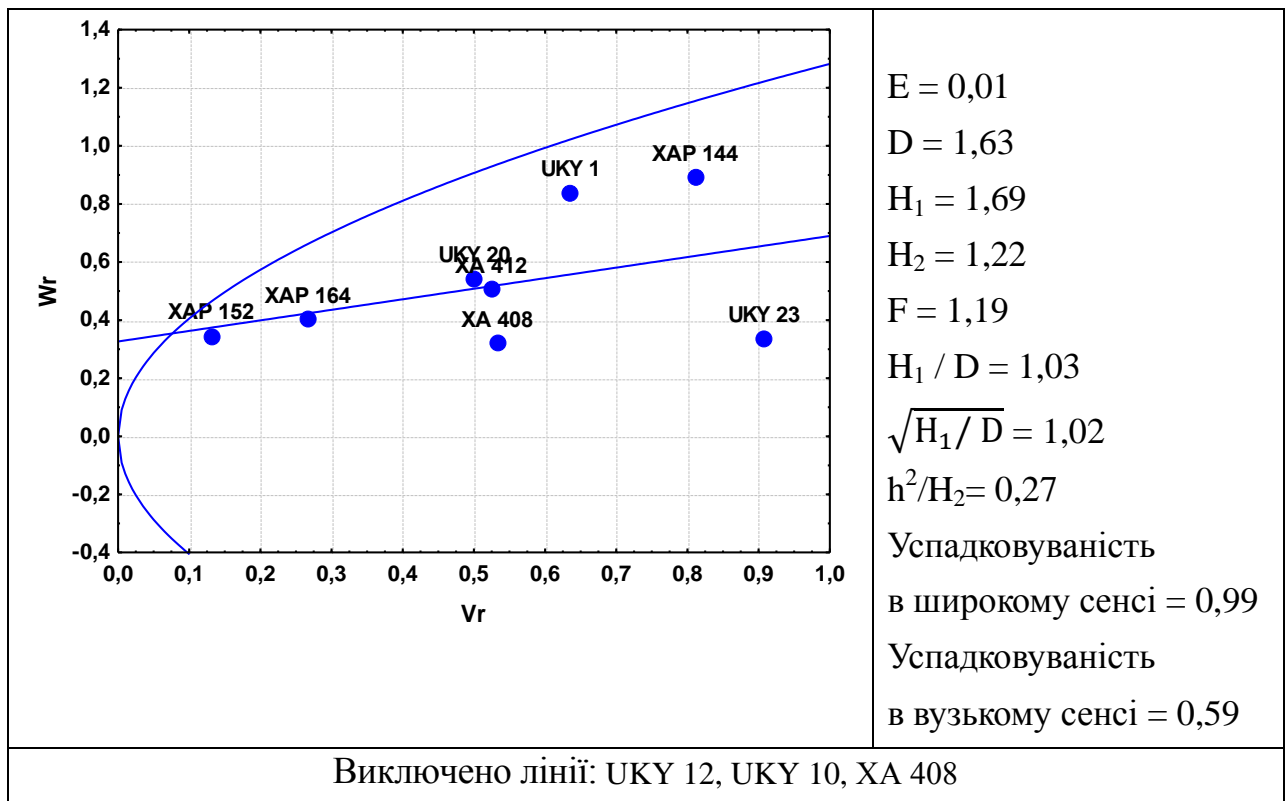


Рисунок 4.6 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «вміст білка», 2012 р.

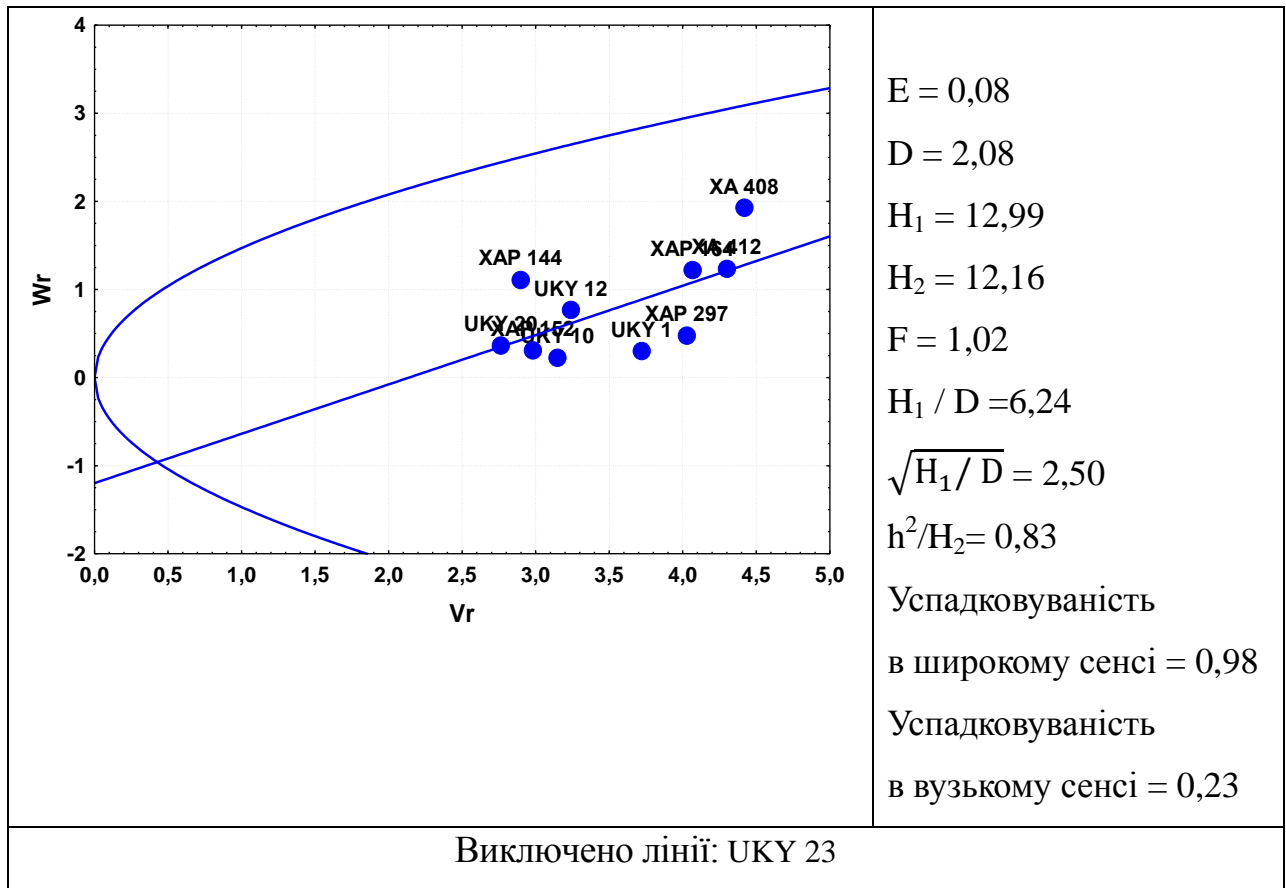


Рисунок 4.7 Графік регресії Wr/Vr та генетичні параметри для ознаки «вміст білка», 2013 р.

За значеннями показника $\sqrt{H_1/D}$ в 2012 р. відзначено прояв ефекту гетерозису. Сума домінуючих факторів перевищувала адитивнів в усі роки дослідження, і мала місце перевага домінуючих ефектів над адитивними. Вплив умов середовища в обидва роки виявився незначним (значення показника E становило 0,01 в 2012 р. та 0,08 в 2013 р.).

Відмічено неспівпадіння значень показника успадковуваності в вузькому сенсі (0,59 в 2012 р., та 0,23 в 2013 р.), що свідчить про певні, хоча і досить обмежені, можливості ефективного добору за фенотипом в екологічних умовах, подібних до умов 2012 р. Це пояснюється тим, що в 2012 р. середній вміст білка в зерні ліній кукурудзи був нижче ніж в 2013 р., а для гібридів спостерігалась обернена залежність, тобто, можливо, були задіяні різні системи адаптивності.

Низькі значення показника h^2 / H_2 свідчать про незначну кількість генів, що визначають мінливість ознаки ліній, що дає підстави вважати, що селекція на підвищення рівня білка в межах даного набору ліній буде неефективною.

Розподіл ліній вздовж лінії регресії в різні роки не співпадав і відзначався тим, що в 2012 р. він був досить рівномірним і охоплював всю площину графіка, в той час як в 2013 році лінії концентрувались в рецесивній частині графіка.

Для ознаки «вміст олії в зерні» відзначено успадкування за типом наддомінування та переважання домінантних ефектів над адитивними в усі роки дослідження (рис. 4.8, 4.9).

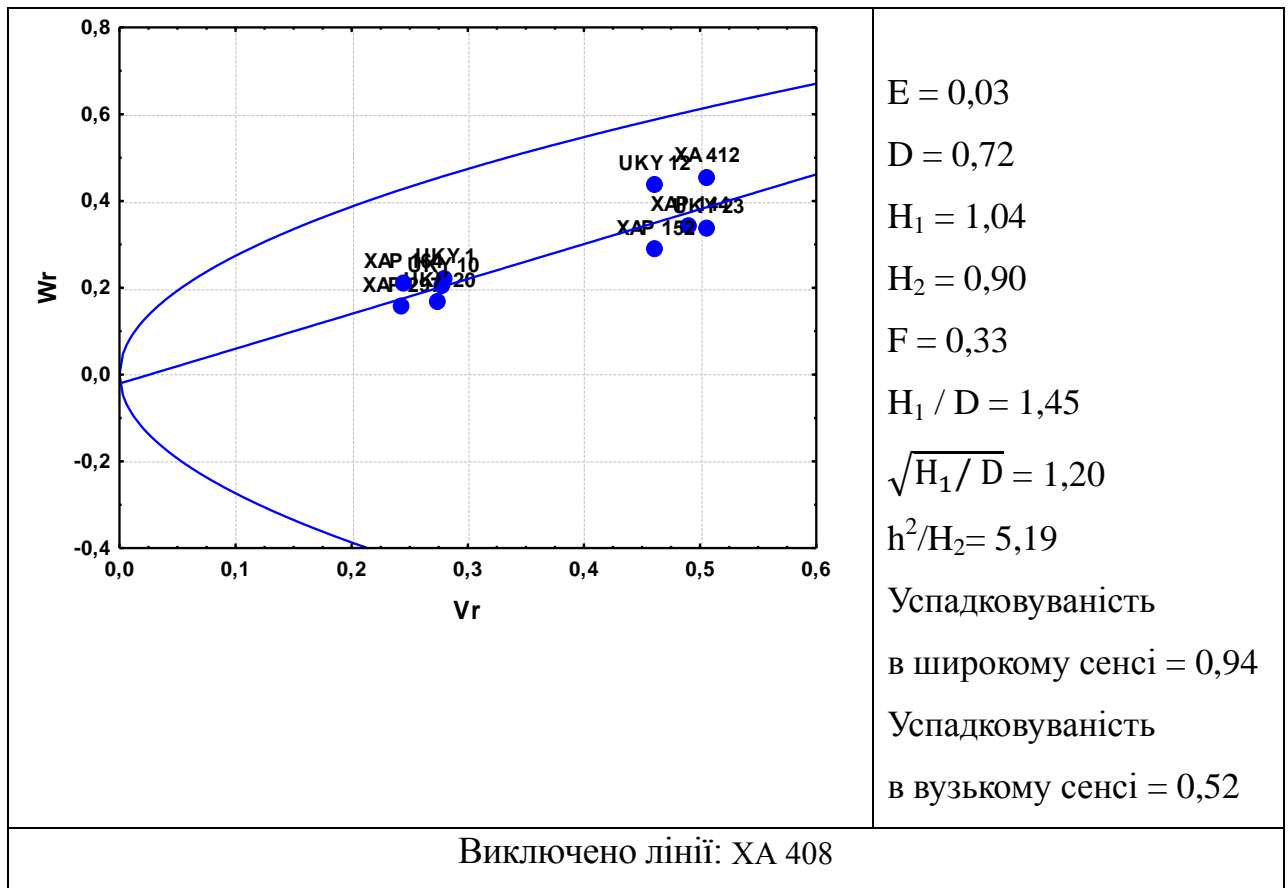


Рисунок 4.8 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «вміст олії», 2012 р.

Співвідношення генів з позитивними (H_1) та негативними (H_2) ефектами в 2012 р. було майже однаковим, а в умовах 2013 р. переважали гени з

позитивними ефектами. В окремі роки дослідження отримано різні оцінки кількості груп генів, що визначають мінливість ознаки «вміст олії в зерні». Так, в 2012 р. значення показника h^2/H_2 дорівнювало 5,19, а в 2013 р. – 0,66. Коефіцієнти успадкованості в вузькому сенсі ознаки були стабільними за роками і достатньо високими (0,52 в 2012 р. та 0,60 в 2013 р.).

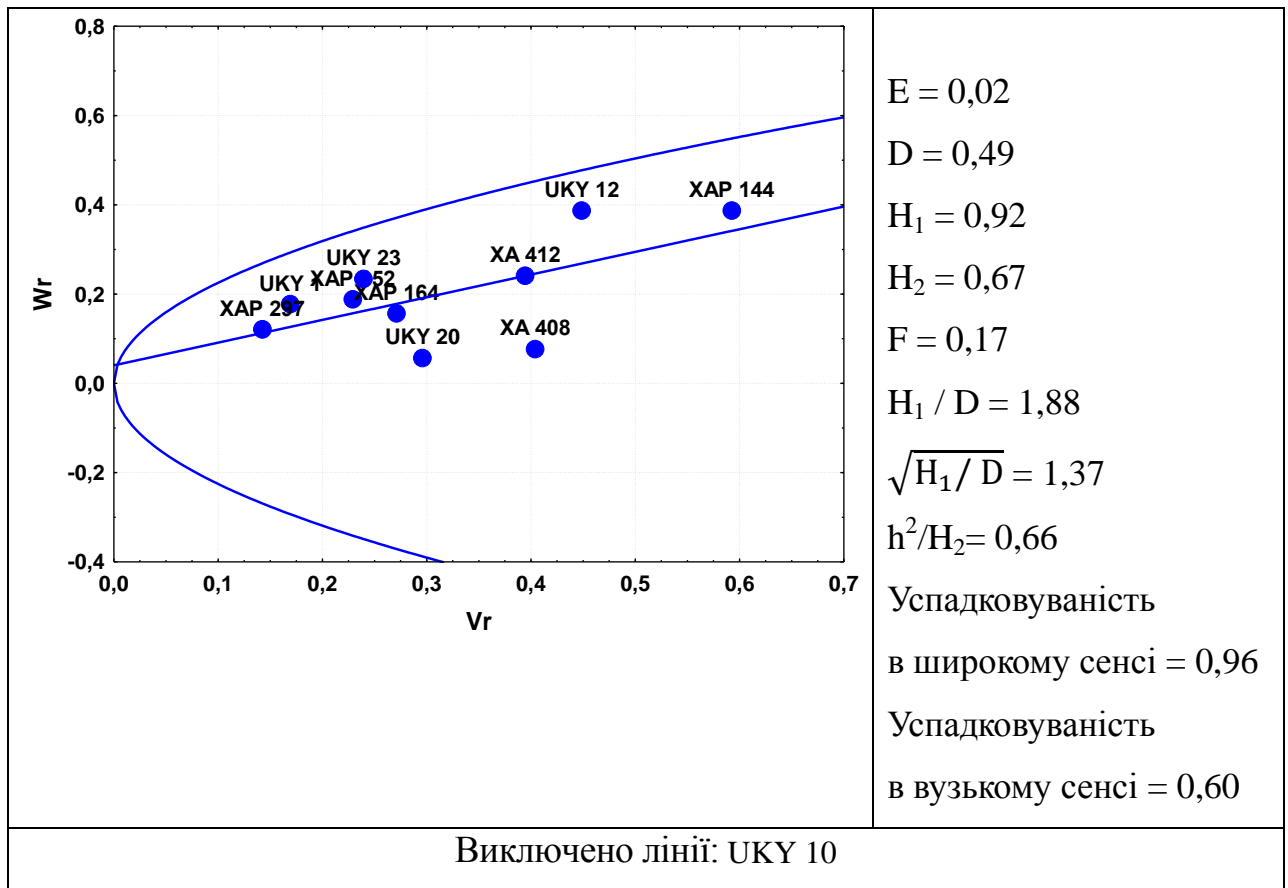


Рисунок 4.9 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «вміст олії», 2013 р.

Розподіл ліній вздовж лінії регресії був рівномірним в 2013 р., а в 2012 р. відмічено скупчення ліній як в рецесивній частині графіка, так і в середній зоні з рівним розподілом домінантних та рецесивних генів. Досить стабільно зберігали положення на графіку лінія XAP 144 (з максимальною кількістю рецесивних генів) та лінія XAP 297 (з максимальною кількістю домінантних генів).

Характерною рисою генетичної організації ознаки «вміст крохмалю в зерні» є значне переважання ефектів домінантних алелей над адитивними, причому співвідношення домінантних алелей з позитивними та негативними ефектами було майже рівним. Тип успадкування за параметрами H_1 / D та $\sqrt{H_1 / D}$ визначено як наддомінування (рис. 4.10, 4.11).

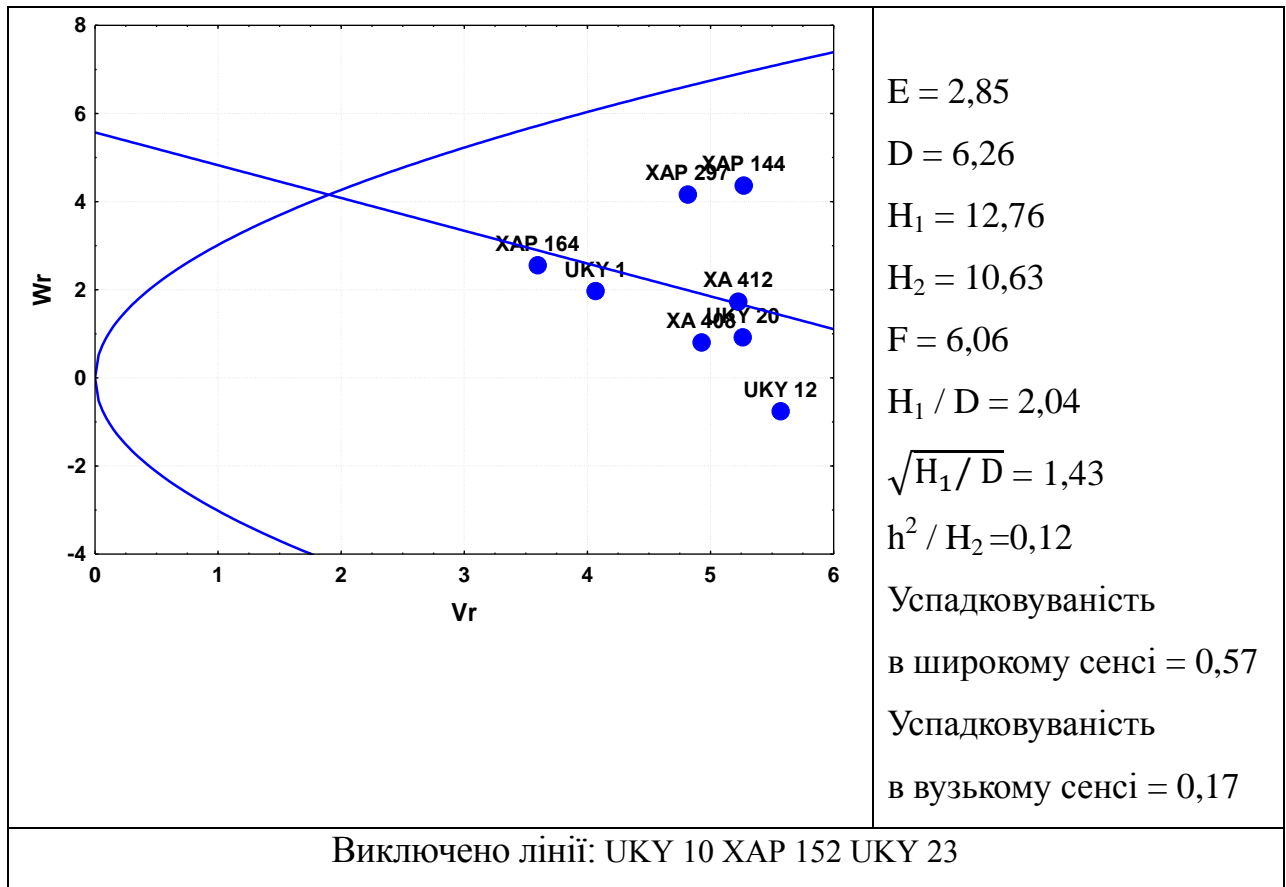


Рисунок 4.10 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «вміст крохмалю», 2012 р.

В кожен з років дослідження відмічено незначну кількість генів, що зумовлюють мінливість ознаки в даному наборі ліній. В 2012 р. значення коефіцієнта успадковуваності в широкому сенсі становило 0,57 при значенні коефіцієнта успадковуваності в вузькому сенсі – 0,17, а в 2013 р. 0,75 та 0,15 відповідно. Тобто відмічено стабільно слабкий вплив адитивних генів, та зростання частки генотипової дисперсії в умовах 2013 р., хоча вплив

зовнішніх умов (параметр E) в обидва роки був на одному рівні. Координати ліній на графіку Хеймана значно змінювались по роках і були зосереджені в рецесивній частині .

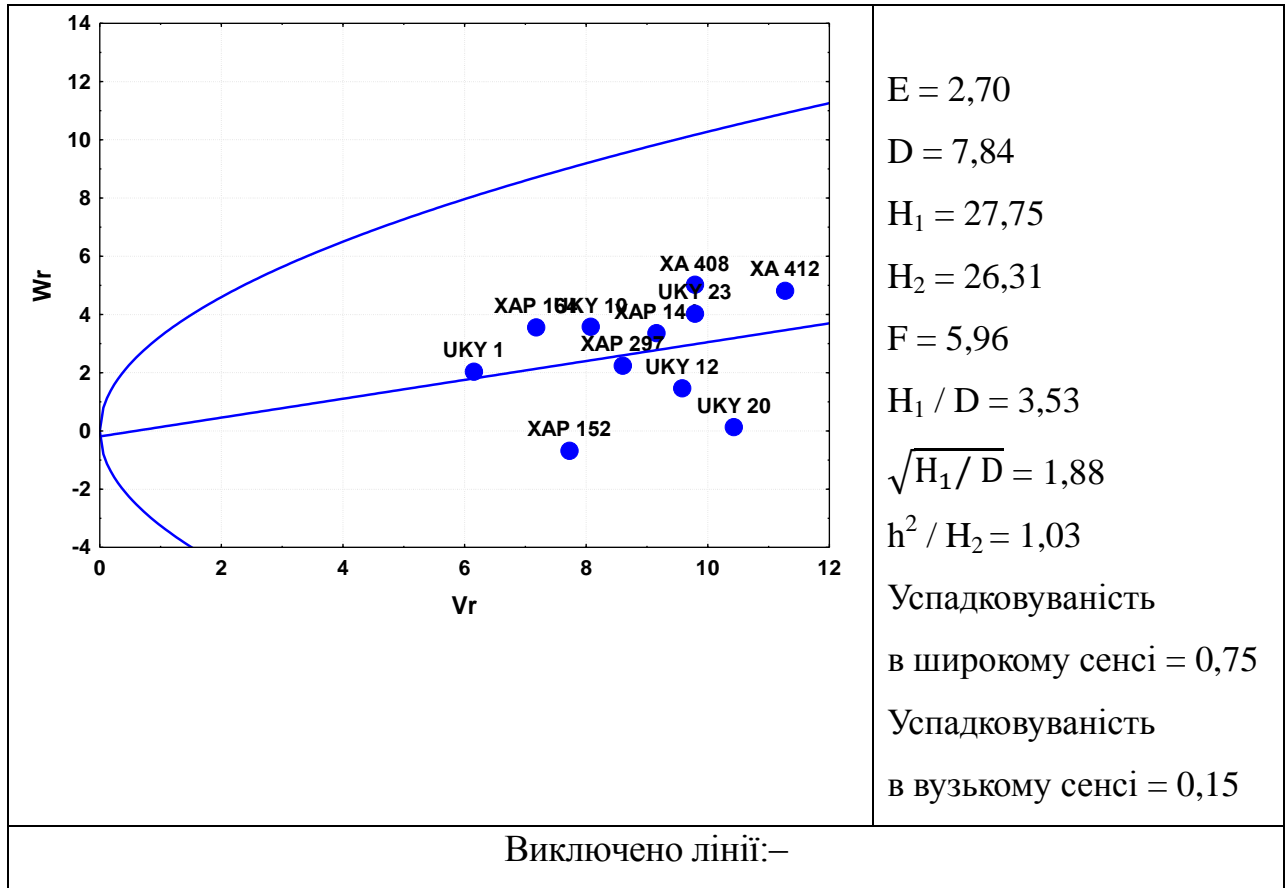


Рисунок 4.11 Графік регресії W_r/V_r та генетичні параметри для ознаки «вміст крохмалю», 2013 р.

Висновки до розділу 4:

1. Встановлено найбільший внесок ефектів ЗКЗ ліній кукурудзи в генотипову дисперсію за масою 1000 зерен та вмістом олії (61 % та 50 % відповідно), помірний внесок за продуктивністю (30 %) та доволі низький за вмістом крохмалю та вмістом білка – 16 % та 10 % відповідно.

2. Встановлено, що вплив ефектів взаємодії ЗКЗ×рік не перевищував 10 %, а для маси 1000 зерен та вмісту крохмалю був майже відсутнім (4 % та 0,4 %

відповідно). Навпаки, ефекти взаємодії ЗКЗ×рік мають значний внесок в структуру генотипової дисперсії більшості ознак (19-47 %) за виключенням маси 1000 зерен (1 %).

3. Виділено лінії кукурудзи з високими стабільно відтворюваними в різних екологічних умовах ефектами ЗКЗ: за продуктивністю – ХА 412, ХА 408; масою 1000 зерен – ХА 408, ХАР 164, УКУ 10; вмістом білка – ХА 408, УКУ 1, ХАР 144; вмістом олії – УКУ 1, УКУ 20; вмістом крохмалю – ХА 412, ХАР 144. Ряд ліній поєднував високі донорські властивості за кількома ознаками: (ХА 412, ХА 408, УКУ 1, ХАР 144).

4. Встановлено, що високими значеннями варіанс СКЗ по серії характеризувались лінії: ХА 408, ХА 412, УКУ 20 – за продуктивністю; ХА 408, УКУ 20 – за масою 1000 зерен; ХА 412, УКУ 10, УКУ 12, УКУ 20 – за вмістом білка; ХАР 144, УКУ 10, УКУ 20 – за вмістом олії; УКУ 10, УКУ 23 – за вмістом крохмалю.

5. Визначено значення істинного та гіпотетичного гетерозису у гібридів кукурудзи за продуктивністю та якістю зерна, гібриди розподілені за рівнями гетерозису вивчених ознак. За ознакою «продуктивність» у більшості гібридних комбінацій відмічено ефект гетерозису різного рівня. За вмістом білка переважна кількість гібридів мала депресивний тип успадкування, при цьому виділено гібриди з рівнем гетерозису від 100 до 140 %. За вмістом олії в сприятливому 2012 р. було ідентифіковано гібриди з рівнем істинного і гіпотетичного гетерозису в межах 120-140 %. За вмістом крохмалю відзначено значні коливання кількості гібридів як за типами гетерозису, так і по роках в між групами з депресивним типом успадкування та гетерозисом в межах 100-120 %.

6. Встановлено механізми генетичного контролю ознак продуктивності та якості зерна кукурудзи за співвідношенням адитивних та неадитивних ефектів, напрямом домінування, розподілом домінантних та рецесивних генів, коефіцієнтами успадкованості. Визначено, що тип успадкування був стабільним по роках і відповідав повному домінуванню для всіх ознак за

виключенням ознаки продуктивності, для якої ідентифіковано наддомінування. Напрямок домінування не змінювався по роках для ознак «продуктивність», «маса 1000 зерен» та «вміст олії» і характеризувався тим, що домінантні гени визначали зменшення рівня ознаки. Для ознак «вміст білка» і «вміст крохмалю» за напрямом домінування зафіксовано перевизначення генетичної формули ознаки за роками в протилежних напрямках.

Результати розділу 4 опубліковані в роботах [196–199].

РОЗДІЛ 5

ГОСПОДАРСЬКА ЦІННІСТЬ ТА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ СТВОРЕНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Високі вимоги до сучасних гібридів кукурудзи з боку виробництва спонукають до пошуку нових більш ефективних селекційних технологій, перегляду та актуалізації напрямів селекції, розширення генетичної основи вихідного матеріалу та оперативного реагування на вимоги ринку. Найбільш важливими напрямами селекції залишаються підвищення рівня врожайності, зниження збиральної вологості зерна, надання стійкості до хвороб та шкідників забезпечення стабільного відтворення цінних господарських властивостей в широкому діапазоні зовнішніх умов [200–212].

В результаті виконання досліджень було створено гібриди кукурудзи різних груп стиглості, за участю кращих інбредних ліній, виділених за комплексом цінних господарських ознак: ранньостиглий Зоряний; середньоранні Елітнянський, Мавка, Вектор, ХА Болід та середньостиглі Гопак і Дарунок (додатки Б1–Б7).

Гібрид кукурудзи Зоряний (Свідоцтво № 170829 від 19.05.2017), простий ранньостиглий, пластичний з високими показниками врожайності і швидким початковим ростом.

Рік внесення в Реєстр - 2017.

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп та Полісся.

Різновид - зубоподібний (*ssp. indentata*).

Висота рослини 250-280 см. Висота прикріплення качана 95-100 см. Кількість листків на рослині 14-15 шт. Довжина качана 20-22 см. Рядів зерен 14-16 шт. Вихід зерна 85-86 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 270-275 г.

Група стиглості - ранньостигла ФАО 190. Тривалість періоду "сходи-повна стиглість" 95-100 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість до

пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 11,0-11,5 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 50-55 тис./ га - Степ, 63-65 тис./ га - Лісостеп, 65-68 тис./га - Полісся. Збиральна вологість 18-19 %. Вміст білку в зерні 9,8 %. Вміст крохмалю 74 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення.

Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 2,0-2,5 т/га.

Гібрид кукурудзи Елітнянський (Свідоцтво № 190740 від 14.02.2019), високопластичний гібрид нового покоління - один із кращих за швидкістю віддачі вологи, врожайністю та стійкістю до стресових факторів.

Рік внесення в Реєстр України - 2019.

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп.

Різновид – зубоподібний (*ssp. indentata*).

Висота рослини 240-270 см. Висота прикріплення качана 95-100 см. Кількість листків на рослині 16-17 шт. Довжина качана 24-26 см. Рядів зерен 18 шт. Вихід зерна 84-86 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 270-280 г.

Група стиглості - середньорання ФАО 270. Тривалість періоду "сходи-повна стиглість" 110-112 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість до пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 11,0-11,5 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 60-62 тис./ га – Лісостеп, 62-65 тис/га - Полісся. Збиральна вологість 14-18 %. Вміст білку в зерні 9,2 %. Вміст крохмалю 73 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення.

Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 2,0-2,5 т/га.

Гібрид кукурудзи Мавка (Свідоцтво № 170827 від 24.03.2017), один із кращих за швидкістю віддачі вологи, врожайністю та стійкістю до стресових факторів.

Рік внесення в Реєстр України - 2017.

Рекомендовані зони вирощування: Лісостеп та Полісся

Різновид – кремнисто-зубоподібний (*ssp. semidentata*).

Висота рослини 290-300 см. Висота прикріплення качана 95-100 см. Кількість листків на рослині 16-17. Довжина качана 22 см. Рядів зерен 16-18. Вихід зерна 84-85 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 280-290 г.

Група стиглості - середньорання ФАО 270. Тривалість періоду "сходи-повна стиглість" 107-110 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість до пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 11,5-12,0 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 60-62 тис./ га – Лісостеп, 60-62 тис/га - Полісся. Збиральна вологість 17-18 %. Вміст білку в зерні 9,1 %. Вміст крохмалю 75 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення.

Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 3,5-4,0 т/га.

Гібрид кукурудзи Вектор (Свідоцтво № 210453 від 16.02.2021), інтенсивного типу з оптимальною архітектонікою рослин і стійкістю до стресових факторів.

Рік внесення в Реєстр України - 2019.

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп

Різновид – кременисто-зубоподібний (*ssp. semidentata*).

Висота рослини 250-280 см. Висота прикріплення качана 90-95 см. Кількість листків на рослині 16-17. Довжина качана 24см. Рядів зерен 16-18. Вихід зерна 84-86 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 280-290 г.

Група стиглості - середньорання ФАО 270. Тривалість періоду "сходи-повна стиглість" 110-112 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість до пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 15,0-17,0 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 62-65 тис./ га – Лісостеп, 60-62 тис/га - Степ. Збиральна вологість 15-18 %. Вміст білку в зерні 8,8 %. Вміст крохмалю 72 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення.

Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 3,5-4,0 т/га.

Гібрид кукурудзи ХА Болід (Свідоцтво № 200558 від 19.05.2020), інтенсивного типу з оптимальною архітектонікою рослин і стійкістю до стресових факторів

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп

Різновид – кременисто-зубоподібний (*ssp. semidentata*).

Висота рослини 250-270 см. Висота прикріплення качана 95-100 см. Кількість листків на рослині 16-17. Довжина качана 24-26 см. Рядів зерен 16-18. Вихід зерна 84-86 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 280-290 г.

Група стиглості - середньорання ФАО 280. Тривалість періоду "сходивна стиглість" 112-114 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість до пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 12,0-14,0 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 62-65 тис./ га – Лісостеп, 60-62 тис/га - Степ. Збиральна вологість 14-18 %. Вміст білку в зерні 10,1 %. Вміст крохмалю 74 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення.

Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 2,5-3,0 т/га.

Гібрид кукурудзи Гопак (Свідоцтво № 180810 від 18.04.2018), інтенсивного типу з високими показниками урожайності та швидким початковим ростом і стійкістю до стресових факторів.

Рік внесення в Реєстр України - 2018

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп

Різновид – зубоподібний (*ssp. indentata*).

Висота рослини 310-320 см. Висота прикріплення качана 95-100 см. Кількість листків на рослині 16-18. Довжина качана 24-25 см. Рядів зерен 16-18. Вихід зерна 82-84 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 280-290 г.

Група стиглості - середньостиглий ФАО 300. Тривалість періоду "сходивна стиглість" 110-112 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість

до пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 12,0-12,5 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 55-60 тис./ га – Степ, 60-65 тис/га - Лісостеп. Збиральна вологість 22-23 %. Вміст білку в зерні 9,2 %. Вміст крохмалю 72-74 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення.

Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 3,0-3,5 т/га.

Гібрид кукурудзи Дарунок (Свідоцтво № 170829 від 24.03.2017), простий, високоврожайний, зі швидким початковим ростом і стійкістю до стресових факторів.

Рік внесення в Реєстр України - 2017.

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп

Різновид – зубоподібний (*ssp. indentata*).

Висота рослини 290-300 см. Висота прикріплення качана 95-100 см. Кількість листків на рослині 16-18. Довжина качана 24-25 см. Рядів зерен 16-18. Вихід зерна 87 %. Стрижень качана червоний. Маса 1000 насінин 290-300 г.

Група стиглості - середньостиглий ФАО 310. Тривалість періоду "сходивна стиглість" 112-114 діб. Початковий ріст - швидкий. Холодостійкість - висока. Посухостійкість - висока. Стійкість до летючої сажки - висока. Стійкість до пухирчатої сажки - висока. Стійкість до стеблових гнилей - висока. Стійкість до кукурудзяного метелика - висока.

Потенційна врожайність зерна 12,0-12,5 т/га. Рекомендована густина при збиранні: 55-60 тис./ га – Степ, 60-65 тис/га - Лісостеп. Збиральна вологість 20-22 %. Потенційна врожайність силосної маси 58,0-60,0 т/га. Вміст сухої речовини в зеленій масі 32-33%. Вміст білку в зерні 8,8 %. Вміст крохмалю 74 %.

Особливості насінництва. Насінництво гібриду ведеться на стерильній основі М-типу за схемою повного відновлення, без обривання волоті. Оптимальна схема посіву батьківських форм на ділянках гібридизації 12:4; 6:2. Ділянки гібридизації вимагають високого рівня агротехніки, боротьби з бур'янами і умов живлення. Врожайність насіння в умовах високої агротехніки досягає 3,0-3,5 т/га.

Після проходження кваліфікаційної експертизи створені сім гібридів було внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. За результатами кваліфікаційної експертизи, проведеної Українським інститутом експертизи сортів рослин (УІЕСР) в 2014-2020 рр., що наведені в таблиці 5.1, ранньостиглий гібрид Зоряний (ФАО 190) та середньоранній гібрид ХА Болід (ФАО 280) були рекомендовані для вирощування в зонах Степу, Лісостепу та Полісся, а інші гібриди – в зонах Степу та Лісостепу.

Прибавки урожайності створених гібридів відносно умовного стандарту, принаймні в одній рекомендованій зоні вирощування, перевищували 0,6 т/га, що свідчить про їх високий виробничий потенціал. Гібрид Зоряний перевищив умовний стандарт в зоні Степу на 1,29 т/га, а гібрид Елітнянський в зоні Лісостепу – на 1,37 т/га. Найбільші прибавки урожайності в зонах Степу та Лісостепу забезпечив гібрид Вектор 1,81 та 1,67 т/га відповідно. Збиральна вологість ранньостиглого гібриду Зоряний та середньоранніх гібридів Елітнянський, Мавка, Вектор та ХА Болід в зонах Степу та Лісостепу коливалась на рівні 17,7-23,7 %, а середньостиглих гібридів Гопак та Дарунок – 20,3-23,5 %.

Характеристика створених гібридів кукурудзи (дані УІЕСР)

Ознака	Зона вирощування	Гібрид						
		Зоряний	Елітнянський	Мавка	Вектор	ХА Болід	Гопак	Дарунок
Роки випробування		2014	2017	2014	2019	2019	2014	2014
		2016	2019	2016	2020	2020	2016	2016
ФАО		190	270	270	270	280	300	310
Урожайність зерна при 14 % вологості, т/га	Степ	5,59	5,64	5,3	6,75	5,58	5,5	5,57
	Лісостеп	7,37	9,16	8,31	9,49	8,4	8,53	8,18
	Полісся	7,21	-	-	-	7,4	-	-
± до умовного стандарту, т/га	Степ	1,29	0,14	0,59	1,81	0,64	0,65	0,72
	Лісостеп	0,28	1,37	0,74	1,67	0,22	0,68	0,33
	Полісся	0,29	-	-	-	0,19	-	-
Збиральна вологість зерна, %	Степ	19,0	18,0	17,7	19,3	20,0	20,3	20,8
	Лісостеп	19,0	19,7	19,8	20,5	23,7	23,5	21,6
	Полісся	21,4	-	-	-	-	-	-
Вміст крохмалю, %	Степ	72,2	73,8	72,4	72,8	72,3	71,6	72,4
	Лісостеп	71,0	72,6	72,2	72,8	72,2	71,6	71,4
	Полісся	71,2	-	-	-	71,2	-	-
Вміст білка, %	Степ	9,0	8,8	9,0	9,0	9,5	9,8	9,2
	Лісостеп	10,0	9,0	9,3	8,7	9,8	9,5	9,8
	Полісся	9,9	-	-	-	10,2	-	-

Всі створені гібриди характеризуються високим вмістом крохмалю в зерні (71,0-73,8%), незалежно від зони вирощування. Найбільш високий та стабільний в зональному розрізі вміст крохмалю встановлено у гібридів Елітнянський, Мавка та Вектор.

5.1. Економічна ефективність вирощування

При одночасному покращанні гібридів за урожайністю та якістю зерна економічний ефект від їх впровадження складається не лише з вартості фуражного зерна, а також із вартості додатково отриманої продукції переробки. Встановлено, що прибавки урожайності зерна створених гібридів кукурудзи, наведені в таблиці 5.2, забезпечували в середньому 4353 грн/га прибутку (в цінах на грудень 2020 р.) з коливаннями від 840 грн/га до 10860 грн/га в залежності від гібриду та зони вирощування.

Таблиця 5.2

Економічний ефект вирощування створених гібридів F₁ кукурудзи*

Гібрид	Прибавка урожайності ± до умовного стандарту, т/га**			Вартість прибавки, грн/га		
	Степ	Лісостеп	Полісся	Степ	Лісостеп	Полісся
Зоряний	1,29	0,28	0,29	7740	1680	1740
Елітнянський	0,14	1,37	-	840	8220	-
Мавка	0,59	0,74	-	3540	4440	-
Вектор	1,81	1,67	-	10860	10020	-
ХА Болід	0,64	0,22	0,19	3840	1320	1140
Гопак	0,65	0,68	-	3900	4080	-
Дарунок	0,72	0,33	-	4320	1980	-
Середнє	0,73			4353		

Примітка. * розрахунки станом на грудень 2020 р.

** за даними УІЕСР (в зонах: Степ, Лісостеп, Полісся).

Впровадження гібридів з високим вмістом крохмалю (більше 70 %) може забезпечити додатковий середній прибуток 302 грн/га при коливаннях від 41 грн/га до 912 грн/га. Частка вартості додаткової продукції переробки відносно вартості прибавки урожайності може сягати 11,4 % при середньому значенні 6,3 %.

Висновки до розділу 5

1. Створено гібриди кукурудзи різних груп стиглості, за участю кращих інбредних ліній, виділених за комплексом цінних господарських ознак: ранньостиглий Зоряний (Свідоцтво № 170829 від 19.05.2017); середньоранні Елітнянський (Свідоцтво № 190740 від 14.02.2019), Мавка (Свідоцтво № 170827 від 24.03.2017), Вектор (Свідоцтво № 210453 від 16.02.2021), ХА Болід (Свідоцтво № 200558 від 19.05.2020); середньостиглі Гопак (Свідоцтво № 180810 від 18.04.2018) і Дарунок (Свідоцтво № 170829 від 24.03.2017), які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

2. Доведено, що прибавки урожайності зерна створених гібридів кукурудзи забезпечують в середньому 4353 грн/га прибутку (в цінах на грудень 2020 р.) з коливаннями від 840 грн/га до 10860 грн/га в залежності від гібриду та зони вирощування.

3. Впровадження гібридів з високим вмістом крохмалю (більше 70 %) забезпечує додатковий середній прибуток 302 грн/га при коливаннях від 41 грн/га до 912 грн/га. Частка вартості додаткової продукції переробки відносно вартості прибавки урожайності складає 11,4 % при середньому значенні 6,3 %.

Результати розділу 5 опубліковано в роботах [200-212].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення важливого наукового завдання з визначення особливостей вихідного матеріалу кукурудзи за продуктивністю та якістю зерна шляхом встановлення закономірностей формування рівнів ознак в залежності від генотипових та екологічних чинників, характеру сполученої мінливості, прояву комбінаційної здатності, механізмів генетичного контролю та адаптивних реакцій. За результатами досліджень виділено джерела цінних ознак, сформовано ознакові колекції, створено нові високоврожайні гібриди з високим вмістом крохмалю та встановлено економічну ефективність їх вирощування, що має важливе теоретичне і практичне значення в галузі гетерозисної селекції кукурудзи та для сільського господарства України.

1. Установлено, що у зразків національної колекції кукурудзи діапазони фенотипового, генотипового та екологічного варіювання були найбільшими для ознак «продуктивність» «кількість зерен на качані», «маса 1000 зерен», «вміст олії». Для ознаки «продуктивність» також відмічено високе значення коефіцієнту екологічної варіації (19,4 %), в той час як для інших ознак він не перевищував 10 %.

2. Визначено взаємозв'язки між ознаками якості зерна, країною походження, групою стиглості і підвидом у ліній кукурудзи. За вмістом білка частка зразків з високим рівнем ознаки переважає над часткою з низьким рівнем у зразків з Канади і Німеччини незалежно від підвиду і групи стиглості та у середньостиглих кременистих і середньоранніх зубовидних зразків з США. За вмістом олії високі значення ознаки властиві напівзубовидним лініям з Канади як середньораннім, так середньостиглим, зубовидним середньостиглим лініям з Польщі, кременистим середньораннім лініям США, середньораннім і середньостиглим кременистим, а також середньостиглим зубовидним зразкам з України. При розподілі зразків за вмістом крохмалю спостерігається тенденція наявності в класі високого рівня

ознаки зразків з України і РФз майже однорідним представництвом за підвидами і групами стиглості.

3. Установлено, що в робочій колекції кукурудзи має місце диференціація ліній за морфо-біологічними та господарськими ознаками в залежності від групи стиглості та підвиду. Середньостиглі лінії є більш високорослими (в середньому на 12 см), та мають вище прикріплення качана (в середньому на 7 см) порівняно із середньостиглими лініями. За рівнем зернової продуктивності середньостиглі лінії мають переваги, але за цією ознакою спостерігається диференціація за типом зернини. Найбільш продуктивними є групи середньостиглих кременистих та середньостиглих напівзубовидних ліній (99,6 та 92,1 г зерна з рослини відповідно) та група середньоранніх зубовидних ліній – 84,3 г зерна з рослини. Продуктивність інших груп знаходиться в межах 78,0 – 80,2 г зерна з рослини. Кременисті середньостиглі лінії відзначались більшою, порівняно з іншими групами, кількістю зерен на качані (508 шт.), більшими довжиною та діаметром качана (15,5 та 4,2 см відповідно) та більшою кількістю рядів зерен на качані – 16,7 шт. За масою 1000 зерен виділялись напівзубовидні середньостиглі зразки, хоча в кожній групі за цією ознакою має місце значна мінливість.

4. Визначено відсутність стабільних значних за силою кореляційних зв'язків ознак якості зерна з ознаками продуктивності, оскільки вони утворюють досить лабільні структури з низькими абсолютними значеннями коефіцієнтів кореляції, що свідчить про незалежний генетичний контроль цих груп ознак. З селекційної точки зору, важливою є можливість одночасного покращання ознак якості зерна і продуктивності.

5. Установлено високі значення прямих шляхових коефіцієнтів за впливом на продуктивність ліній кукурудзи для ознак «кількість зерен на качані» та «маса 1000 зерен» (0,835 та 0,812 відповідно). Ознаки «діаметр качана», «кількість рядів зерен» та «кількість зерен в ряду» мали дуже низькі значення прямих шляхових коефіцієнтів (від 0,041 до 0,098), але впливали на продуктивність опосередковано через ознаку «кількість зерен на качані» з

значеннями побічних шляхових коефіцієнтів від 0,477 до 0,622. Для ознаки «маса 1000 зерен» встановлено суттєвий від'ємний побічний вплив ознак «кількість зерен на качані» та «кількість рядів зерен» з шляховими коефіцієнтами $-0,350$ та $-0,362$ відповідно.

6. Доведено, що впливи ендоспермальних мутацій на кількісні зміни в структурі вуглеводного комплексу зерна кукурудзи є досить стабільними і не відзначались значним генотиповим різноманіттям. Значно більшу генотипову мінливість для кожної мутації відмічено за вмістом олії та білка в зерні. Значне генотипове різноманіття для всіх мутантних форм відмічено за продуктивністю рослини. В групах *o2*, *su1*, *su2*, *wx* виділені зразки з високою продуктивністю (> 75 г зерна з рослини), максимальні значення продуктивності ліній з мутаціями *se*, *sh2*, *sh1* сягали 72,3, 72,4 та 72,1 г зерна з рослини відповідно, а мінімальні значення продуктивності для всіх типів мутацій були вище 54 г зерна з рослини.

7. Установлено, що порівняно з еталоном ФАО білок зерна кукурудзи можна вважати забезпеченим лейцином, метіоніном і цистеїном, фенілаланіном і тірозіном. За вмістом валіну і треоніну деякі зразки наближаються до стандарту і навіть перевищують його (за вмістом валіну), інші ж мають досить значний дефіцит вказаних амінокислот. За вмістом лізину, ізолейцину і триптофану всі зразки мають значно нижчі показники порівняно з еталоном ФАО. Лінії УХ 178, СО 72-75-13 PR, ОН 45, ІГ 341, ІГ 473, С 25 є джерелами підвищеного вмісту триптофану, треоніну і валіну, а лінії TVA 2008-3, УХ 629-1, НМV 1528, ХЛГ 1551, ХЛГ 1558, СМ145, С 9, ХЛГ 1500, УХК 388, є джерелами підвищеного вмісту лізину і ізолейцину.

8. Визначено, що частка впливів ефектів СКЗ в структурі генотипової мінливості виявилась досить однорідною для всіх ознак і коливалась від 21% для вмісту олії до 41 % для вмісту білку. Ефекти ЗКЗ мають найбільший внесок в генотипову дисперсію за масою 1000 зерен та вмістом олії (61 % та 50 % відповідно), помірний внесок за продуктивністю (30 %) та доволі низький за вмістом крохмалю та вмістом білка – 16 % та 10 % відповідно. Вплив

ефектів взаємодії ЗКЗ×рік не перевищував 10%, а для маси 1000 зерен та вмісту крохмалю був майже відсутнім (4 % та 0,4 % відповідно). Навпаки, ефекти взаємодії ЗКЗ×рік мають значний внесок в структуру генотипової дисперсії більшості ознак (19-47 %) за виключенням маси 1000 зерен (1 %).

9. Виділено лінії кукурудзи з високими стабільно відтворюваними в різних екологічних умовах ефектами ЗКЗ: за продуктивністю – ХА 412, ХА 408; масою 1000 зерен – ХА 408, ХАР 164, УКУ 10; вмістом білка – ХА 408, УКУ 1, ХАР 144; вмістом олії – УКУ 1, УКУ 20; вмістом крохмалю – ХА 412, ХАР 144. Ряд ліній поєднував високі донорські властивості за кількома ознаками: (ХА 412, ХА 408, УКУ 1, ХАР 144).

10. Визначено, що тип успадкування був стабільним по роках і відповідав повному домінуванню для всіх ознак за виключенням ознаки продуктивності для якої ідентифіковано наддомінування.

11. Установлено, що добір за фенотипом може бути ефективним для ознак «маса 1000 зерен» і «вміст олії», а для ознаки «вміст білка» лише в умовах характерних для 2012 року.

12. Установлено високі рівні гетерозису та адаптивності у створених гібридів кукурудзи, внаслідок чого гібрид Зоряний перевищив умовний стандарт в зоні Степу на 1,29 т/га, а гібрид Елітнянський в зоні Лісостепу – на 1,37 т/га. Найбільші прибавки урожайності в зонах Степу та Лісостепу забезпечив гібрид Вектор 1,81 та 1,67 т/га відповідно.

13. В результаті проведених досліджень за темою дисертаційної роботи створено гібриди кукурудзи: Зоряний (Свідоцтво № 170829 від 19.05.2017), Елітнянський (Свідоцтво № 190740 від 14.02.2019), Мавка (Свідоцтво № 170827 від 24.03.2017), Вектор (Свідоцтво № 210453 від 16.02.2021), ХА Болід (Свідоцтво № 200558 від 19.05.2020), Гопак (Свідоцтво № 180810 від 18.04.2018) і Дарунок (Свідоцтво № 170829 від 24.03.2017), які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

14. Доведено, що прибавки урожайності зерна створених гібридів кукурудзизабезпечують в середньому 4353 грн/га прибутку (в цінах на грудень

2020 р.) з коливаннями від 840 грн/га до 10860 грн/га в залежності від гібриду та зони вирощування. Впровадження гібридів з високим вмістом крохмалю (більше 70 %) забезпечує додатковий середній прибуток 302 грн/га при коливаннях від 41 грн/га до 912 грн/га. Частка вартості додаткової продукції переробки відносно вартості прибавки урожайності складає 11,4 % при середньому значенні 6,3 %.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТА ВИРОБНИЦТВА

1. Використовувати в роботі з генетичними ресурсами кукурудзи спосіб класифікації зразків колекції за генотиповими значеннями ознак якості зерна.

2. Використовувати в селекційному процесі при створенні високоврожайних гібридів кукурудзи лінії, які входять до ознакових колекцій: за довжиною качана (Свідоцтво № 200 від 12.04.2015 р), за продуктивністю (Свідоцтво №198 від 04.12.2015 р), за кількістю рядів зерен (Свідоцтво № 199 від 04.12.2020 р.), за підвищеною масою 1000 зерен (№ 197 від 04.12.2015), які зареєстровано в НЦГРРУ Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН.

3. При селекції з залученням мутантних генів структури ендосперма використовувати лінії, які входять до ознакової колекції з генами біохімічного складу зерна (Свідоцтво № 114 від 18.02.2011 р).

4. Впроваджувати у виробництво високоврожайні гібриди кукурудзи з високим вмістом крохмалю в зерні: Зоряний (ФАО 190), Елітнянський (ФАО 270), Мавка (ФАО 270), Вектор (ФАО 270), ХА Болід (ФАО 280), Гопак (ФАО 300) і Дарунок (ФАО 310), які внесені в Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FAOSTAT. URL . : / fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize.
2. Genetic improvement of maize in India: retrospect and prospects / O. P. Yadav [et al.]. *Agricultural Research*. 2015. V. 4. P. 325–338.
3. Crops that feed the world. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security / Shiferaw B., Prasanna B., Hellin J. and Banziger M. *Food Security*. 2011. V. 3. P. 307–327.
4. Marker-assisted introgression of opaque2 allele for rapid conversion of elite hybrids into quality protein maize / F. Hossain [et al.]. *Journal of Genetics*. 2018. V. 97(1). P. 287-298
5. Duvick D., Cassman K. Post–green revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. *Crop Science*. 1999. V. 39. P. 1622-1630. URL : 10.2135/cropsci1999.3961622x.
6. Кириченко В. В., Літун П. П., Коломацька В. П. Теоретичні основи і практичне використання гетерозису. Теоретичні основи селекції польових культур : збірник наукових праць / УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2007. С. 325-362.
7. Sentayehu A. Protein, tryptophan and lysine contents in quality protein maize. *North India. Ethiop J Health Sci*. 2008. V. 18. P.10-15.
8. Основи стандартизації, управління якістю та сертифікація продукції рослинництва / Г. І. Подпряттов [та ін.]. Київ : Арістей, 2004. 552 с.
9. Ведерникова Е.И. Требования к сортам кукурузы со стороны пищевой промышленности. *Сборник материалов научно-методического совещания по вопросам селекции пшеницы и кукурузы. Вопросы методики селекции пшеницы и кукурузы*. Харьков : Изд-во ХГУ. 1956. С. 231-236.
10. Ryu S.H. Genetic study of compositional and physical kernel quality traits in diverse maize. Dissertation. The Ohio State University. 2010. 109 p.
11. Chiremba C. Sorghum and maize grain hardness: Their measurement and factors influencing hardness. Dissertation. University of Pretoria. 2012. 198 p.

12. Саламов А.Б. Селекция и семеноводство кукурузы. Сельхозгиз, М., 1954.
13. Maize crop: improvement, production, protection and post harvest technology / A. Solaimalai [et al.]. 1st ed. CRC Press, 2020. 546 p.
14. Pajic Z. Breeding of maize types with specific traits at the Maize Research Institute, Zemun Polje. *Genetika*. 2007. V. 39. № 2. P. 169–180.
15. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива : монографія / Я. Б.Блюм [et al.]. Київ : “АграрМедіаГруп”. 2010. 408 с.
16. Сотченко Ю. В., Теркина О. В. Изучение и использование исходного материала в создании белозёрных гибридов кукурузы. *Кукуруза и сорго*. 2009. № 2. С. 9–12.
17. Матвеева Г. В., Хорева В. И. Оценка белозерной кукурузы из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова на качество. *Аграрная Россия*. 2010. № 4. С. 15–17.
18. White maize: genetics of quality and agronomic performance / Malvar R. A. [et al.]. *Crop Science*. 2008. V. 48. № 4. P. 1373–1381.
19. Куліш О. Ю., Парій М. Ф. Генетичний аналіз ліній цукрової кукурудзи на основі гену структури ендосперму sh_2 . *Plant and soil science*. 2020 V. 11. № 3. С. 80-87.
20. Жужукин В. И., Гудова Л. А. Интродукция сахарной (овощной) кукурузы в Нижнем Поволжье. *Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета*. 2012. № 10. С. 119-123.
21. Конарев В. Г. Биохимические предпосылки в селекции кукурузы на белок. *Вестник с.-х. науки*. 1970. № 3. С. 22-31.
22. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. Изд. 2-е, доп. перераб. Москва : Колос, 1976. 256 с.
23. Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. Москва : Наука, 1967. 340 с.
24. Watson S. A. Description, development, structure, and composition of the corn kernel. in *Corn: Chemistry and Technology*, second edition edited by White, P. J., and L. A. Johnson, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 2003. P. 69–106.

25. Maize with multilayer aleurone of high protein content / Wolf M. J., Cutler H. C., Zuber M. S. Khoo U. *Crop Science*. 1972. V. 12. P. 440-442.
26. Amino acid composition of zein molecular components / E. Gianazza [et al.]. *Phytochemistry*. 1977. V. 16, № 3. P. 315–317.
27. Адаптивные типы проламинов, специализированных белков семян злаков (РОАСЕАЕ ВАРНН.) / В. Ф. Семихов [и др.]. *Известия АН. Серия биологическая*. 2000. № 3. С. 303-321.
28. Уникальный физиолого-биохимический механизм адаптации злаков и возможность его использования при интродукции и отдалённой гибридизации / В. Ф. Семихов [и др.]. *Отдалённая гибридизация. Теория и практика*. Москва : Изд-во МСХА, 2002. С. 135-156.
29. Development of a high oil trait for maize / Val L. D., Schwartz S. H., Kerns M. R., Deikman J. *Molecular genetic approaches to maize improvement*. Springer, Berlin/Heidelberg. 2009 P. 303–323.
30. Lambert R. J., Alexander D. E., Mejaya I. J. Single kernel selection for increased grain oil in maize synthetics and high-oil hybrid development. *Plant Breeding Revue*. 2004. V. 24. Pt. 1. P. 153–175.
31. Mapping QTLs for kernel oil content in a tropical maize population / C.A. Mangolin [et al.]. *Euphytica*. 2004. V. 137. P. 251–259.
32. Dissection of the genetic architecture for grain quality-related traits in three RIL populations of maize (*Zea mays* L.) / Z.Y. Wang [et al.]. *Plant Breeding*. 2016. V. 135. P. 38–46.
33. Genetic architecture of maize kernel composition in the nested association mapping and inbred association panels / J.Cook [et al.]. *Plant Physiology*. 2012. V. 158. P. 824-834. URL: 10.1104/pp.111.185033.
34. Dudley J. W., Lambert R. J. 100 generations of selection for oil and protein in corn. *Plant Breeding Revue*. 2004. V. 24. P. 97–110.
35. Goldman I. L., Rocheford T. R., Dudley J. W. Molecular markers associated with maize kernel oil concentration in an Illinois high protein × Illinois low protein cross. *Crop Science*. 1994. V. 34. P. 908–915.

36. Berke T., Rocheford T. R. Quantitative trait loci for flowering, plant and ear height, and kernel traits in maize. *Crop Science*. 1995. V. 35. P. 1542–1549.
37. QTL associated with maize kernel oil, protein, and starch concentrations; kernel mass; and grain yield in Illinois high oil 9 B73 backcross-derived lines / J. J. Wassom [et al.]. *Crop Science*. 2008. V.48. P. 243–252.
38. QTL mapping of kernel oil concentration with high-oil maize by SSR markers / X. F. Song [et al.]. *Maydica*. 2004. V. 49. P 41–48.
39. QTL for fatty acid composition of maize kernel oil in Illinois high oil × B73 backcross-derived lines / Wassom J. J., Mikkelineni V., Bohn M. O., Rocheford T. R. *Crop Science*. 2008. V. 48. P. 69–78.
40. The genetic architecture of response to long-term artificial selection for oil concentration in the maize kernel / C. C. Laurie [et al.]. *Genetics*. 2004. V. 168. P. 2141–2155.
41. Han J., Wang H. W., Chen S. J. QTL mapping of kernel oil content of chromosome 6 in a high oil maize mutant (*Zea mays* L.). *Genes. Genomics*. 2008. V. 30. P. 373–382.
42. Doehlert D. C., Lambert R. Metabolic characteristics associated with starch, protein, and oil deposition in developing maize kernels. *Crop Science*. 1991. V. 31. P. 151-157.
43. Boyer C. D., Hannah L. C. Kernel mutants of corn. In Specialty corns (ed. A. R. Hallauer), CRC Press, Boca Raton. 2001 P. 1–31.
44. Duvick D. N., Smith J. S. C., Cooper M. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. *Plant Breeding Review*. 2004. V. 24. P. 109-151.
45. Grain composition and amino acid content in maize cultivars representing 80 years of commercial maize varieties / Scott M. P. [et al.]. *Agronomy Publications*. 2006. 76. P. 417-423 URL://lib.dr.iastate.edu/agron_pubs/76.
46. Moose S. P., Dudley J. W., Rocheford T. R. Maize selection passes the century mark: a unique resource for 21st century genomics. *Trends Plant Science*. 2004. V. 9. P. 358–364.

47. Wu Z. K. Breeding for new germplasm of super-high oil in corn. *Acta Agronomica Sinica*. 2004. V. 30 (8). P. 751-756. URL: 10.3321/j.issn:0496-3490.2004.08.003.
48. Lambert R. J. High-Oil Corn Hybrids. *Speciality Corns*. Hallauer A.R., Ed., Second Edition. CRC Press, Boca Raton, FL., USA. 2001. P. 131-154.
49. Dudley J. W. From means to QTL: the Illinois long term selection experiment as a case study in quantitative genetics. *Crop Science*. 2007. V. 47. S. 3. P. 20-31. URL: 10.2135/cropsci2007.04.0003IPBS.
50. Alexander D. E., Seif R. D. Relation of kernel oil content to some agronomic traits in maize. *Crop Science*. 1963. V. 3. P. 354-355.
51. Dudley J. W., Lambert R. J. Ninety generations of selection for oil and protein in maize. *Maydica*. 1992. V. 37. P. 81-87.
52. Miller R. L., Dudley J. W., Alexander D. E. High intensity selection for percent oil in corn. *Crop Science*. 1981. V. 21. P. 433-437.
53. Predicting the chemical composition of intact kernels in maize hybrids by near infrared reflectance spectroscopy / L.M. Wei [et al.]. *Spectrosc. Spectr. Anal.* 2005. V. 25. P. 1404-1407.
54. Effects of long-term selection for Kernel oil concentration in KYHO, a high oil maize population / Hong-Wu W., Bang-Yang W., Tong-Ming S., Shao Jiang C. *Crop Science*. 2009. V. 49. P. 459-466.
55. Song T., Chen S. Long term selection for oil concentration in five maize populations. National maize improvement center of China. *Maydica*. 2004. V. 49. P. 9 - 14.
56. Song T. M., Kong F. L., Song G. H. Eleven cycles of single kernel phenotypic recurrent selection for oil in Zhongzong 2 maize synthetic. *J. Genet. Breed.* 1999. V. 53. P. 31-35.
57. Coe E. H., Neuffer M. G. The genetics of corn. In *Corn and corn improvement*. Wisconsin. 1977. P. 111-223.
58. Apparent digestibility of feed nutrients, total tract and ileal amino acids of broiler chicken fed quality protein maize (Obatampa) and normal maize / Onimisi P. A., Dafwang I. I., Omage J., Onyibe J. E. *Int. J. Poult. Sci.* 2008. V. 7. P. 959-963.

59. Holding D. R., Messing J. Evolution, structure, and function of prolamin storage proteins. in *Seed Genomics*, ed. P. Becraft. New York: John Wiley & Sons, 2013. P. 139–158.
60. Mertz E. T., Bates L. S., Nelson O. E. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*. 1964. V. 145. P. 279–280.
61. Shewry P. R. Improving the protein content and composition of cereal grain. *J. Cereal Sci.* 2007. V. 46. P. 239–250.
62. Lending C. R., Larkins B. A. Changes in the zein composition of protein bodies during maize endosperm development. *Plant Cell*. 1989. V. 1. P. 1011–1023.
63. Quality protein maize: Progress and prospects / G. N. Atlin [et al.]. *Plant Breeding Revue*. 2011. V. 3. P. 83–129.
64. Exploration of novel opaque16 mutation as a source for high - lysine and - tryptophan in maize endosperm / K. Sarika [et al.]. *Indian Journal of Genetics* 2016. V. 77. P. 59–64.
65. Salamini F., Di Fonzo N., Gentinetta E. A dominant mutation interfering with protein accumulation in maize seeds. Proceedings of an International symposium on seed protein improvement in cereals and grain legumes. *International Atomic Energy Agency*. Vienna, 1979. V. 1. P. 97–108.
66. Nuss E. T., Tanumihardjo S. A. Quality protein maize for Africa: closing the protein inadequacy gap in vulnerable populations. *Advances in Nutrition*. 2011. V. 2. P. 217-224.
67. Bressani R. Nutritional value of high-lysine maize in humans. In Mertz E.T. (ed.) *Quality Protein Maize*. American Association of Cereal Chemists.. 1992. P. 205-224.
68. Quality protein maize / Prasanna B. M., Vasal S. K., Kassahun B., Singh N. N. *Current science*. 2001. V. 43. P. 1308-1319.
69. Ngonkeu E. Breeding for Quality Protein Maize (QPM) Varieties: A Review. *Agronomy*. 2017. V. 7. P. 1-16. URL : 10.3390/agronomy7040080.

70. Breeding and disseminating quality protein maize (QPM) for Africa / Krivanek A. F. [et al.]. *Afr. J. Biotechnol.* 2007. V. 6. P. 312–324.
71. Quality Protein Maize (QPM): Genetic basis and breeding perspective / Tripathy S. K., Ithape D. M., Maharana M., Prusty A. M. *Trop. Plant Res.* 2017. V. 4. P. 145–152
72. Grain characteristics and composition of maize specialty hybrids. / S. J. Zilic [et al.]. *Agric. Res.* 2011. V. 9. № 1. P. 230.
73. Радочинская Л.В. Гибриды кукурузы с высокими показателями качества зерна-надёжная основа кормовой базы в животноводстве южных регионов. *Селекция гибридов кукурузы для современного семеноводства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства 24–25 августа 2016.* 2016. С. 306-313.
74. Villegas E., Vasal S. K., Bjarnason M. Quality protein maize—What is it and how was it developed? In *Quality Protein Maize*; Mertz, E.T., Ed.; American Association of Cereal Chemists: Eagan, MN, USA, 1992. P. 27–48.
75. Larkins, B. A. and Mertz, E. T. Shi De-quan, Zhang Shihuang, in *Proceedings of the International Symposium on Quality Protein Maize.* EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, Brazil. P. 108–123.
76. Quality Protein Maize (QPM): Genetic basis and breeding perspective / Tripathy S. K., Ithape D. M., Maharana M., Prusty A. M. *Trop. Plant Res.* 2017. V.4. P. 145–152.
77. Exploitation of heterosis in single hybrids of quality protein maize (*Zea may L.*) for yield and quality traits / Bisen P., Dadheech A., Namrata N. O., Meena R. K. *Int. J. Bio-Resour. Stress Manag.* 2017. V. 8. P. 12–19.
78. Biochemical and agronomic performance of quality protein maize hybrids adapted to temperate regions / D. Ignjatovic-Micic [et al.]. *Maydica.* 2013. V. 58. P. 311–317.
79. Nepir G., Wegary D., Zeleke H. Heterosis and combining ability of highland quality protein maize inbred lines. *Maydica.* 2015. V. 60. P. 1–12.

80. Introgression of opaque2 into waxy maize causes extensive biochemical and proteomic changes in endosperm / Z. Zhou [et al.]. *PLOS ONE*. 2016. V. 11. № 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161924>
81. Gibbon C. B., Larkins A. B. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. *Trends Genet.* 2005. V. 21. P. 227–233.
82. Gupta H. S., Agarwal P. K., Mahajan V. Quality protein maize for nutritional security: Rapid development of short duration hybrids through molecular marker assisted breeding. *Curr. Sci.* 2009. V. 96. P. 230–237.
83. Accelerated development of quality protein maize hybrids through marker-assisted introgression of opaque-2 allele / Gupta H. S., Badu R., Agarwal P. K., Mahajan V. *Plant Breed.* 2013. V. 132. P. 77–82.
84. Enhancing introgression of the opaque-2 trait into elite maize lines using simple sequence repeats / R. Manna [et al.]. *Afr. Crop Sci. J.* 2005/ V. 13. P. 215–226.
85. Badu R., Prasanna B. M. Molecular breeding for Quality Protein Maize (QPM). In *Genomics of Plant Genetic Resources*; Tuberosa, R., Graner, A., Frison, E., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands. 2014. P. 489–505.
86. Boyer C. D., Hannah L. C. Kernel mutants of corn. in *Speciality Corn*; A. Hallauer Ed. Boca Raton, Fl. London. New York. Washington, D.C.: CRC Press, 2001. P. 10-40.
87. Gene discovery for improvement of kernel quality-related traits in maize / M.Motto [et al.]. *Genetika.* 2010. V. 42. Issue 1. P. 23-56.
88. Szymanek M., Tana's W., Kassar F.H. Kernel carbohydrates concentration in sugary-1, sugary enhanced and shrunken sweet corn kernels. *Agric. Sci. Procedia.* 2015. V. 7 P. 260–264.
89. Tracy W.F. History, genetics, and breeding of supersweet (shrunken2) sweet corn. *Plant Breeding Reviews*; Janick, J., Ed.; John Wiley & Sons, Inc.: Oxford, UK, 1996. P. 189–236.
90. Jobling S. Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology.* 2004. V. 7. P. 210–218.

91. Pan D., Nelson O. E. A debranching enzyme deficiency in endosperms of sugary1 mutants of maize. *J. Plant Physiol.* 1984. V. 74. P. 324-328.
92. Molecular characterization demonstrates that the *Zea mays* gene sugary-2 codes the starch synthase isoform SSIIa / X. Zhang [et al.]. *Plant Mol. Biol.* 2004. V. 54. P. 865-879.
93. Ferguson J. E., Dickinson D. B., Rhodes A. M. Analysis of endosperm sugars in a sweet corn inbred (Illinois 677a) which contains the sugary enhancer (sel) gene and comparison of sel with other corn genotypes. *J. Plant Physiol.* 1979. V. 63. P. 416-420.
94. Gonzales J. W., Rhodes A. M., Dickinson D. B. A new inbred with high-sugar content in sweet corn. *HortScience.* 1974. V. 9. P. 79-80.
95. Gonzales J. W., Rhodes A. M., Dickinson D. B. Carbohydrate and enzymatic characterization of a high-sucrose inbred line of sweet corn. *J. Plant Physiol.* 1976. V. 58. P. 28-32.
96. Tracy W. F., Shuler S. L., Dodson-Swenson H. The use of endosperm genes for sweet corn improvement: a review of developments in endosperm genes in sweet corn since the seminal. *Plant Breed. Rev.* 1984. 2019. V. 43. P. 215–241.
97. Schultz J.A., Juvik J.A. Current models for starch synthesis and the sugary enhancer1 (se1) mutation in *Zea mays*. *Plant Physiol. Biochem.* 2004. V. 42. P. 457–464.
98. Identification and molecular characterization of shrunken2 cDNA clones of maize / Bhave M. R., Lawrence S., Barton C., Hannah L. C. *Plant Cell.* 1990. V. 2. P. 581-588.
99. Laughnan J. R. The effect of the Sh(2) factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. *Genetics.* 1953. V. 38. P. 485–499.
100. Genetic diversity and selection in the maize starch pathway / S. R. Whitt [et al.]. *PNAS.* 2002. V. 99. № 20. P. 12959–12962.

101. Перспективи створення та використання джерел амілопектинових крохмалів в Україні / С. Тимчук [та ін.]. *Хранение и переработка зерна*. 2003. № 12 (54). С. 29 – 30.
102. Advances in dietary fiber characterization. 1. Definition of dietary fiber, physiological relevance, health benefits and analytical aspects / M. Champ [et al.]. *Nutrition Research Reviews*. 2003. V. 16. P. 71–82.
103. Englyst H. N., Macfarlane G. T. Breakdown of resistant starch and readily digestible starch by human gut bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1986. V. 37. P. 699–706.
104. Englyst H. N., Kingman S. M., Cummins J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1982. V. 46. № 1/ 2. P. 33-50.
105. Sajilata M. G., Singhal R. S., Kulkarni P. R. Resistant starch – A review. *Food Science and Food Safety*. 2006. V. 5. P. 1–17.
106. Kimura A., Robyt J. F. Reaction of enzyme with starch granules: Kinetics and products of the reaction with glucoamylase. *Carbohydrate Reserch*. 1995. V. 277. P. 87–107.
107. Lehmann U, Robin F. Slowly digestible starch—it's structure and health implications: a review. *Trends Food Sci Technol*. 2008. V. 18. P. 345–355.
108. Zhang G., Venkatachalam M., Hamaker B.R. Structural basis for the slow digestion property of native cereal starches. *Biomacromolecules*. 2006. V. 7(11). P. 3259–3266.
109. Zhang G., Ao Z., Hamaker B.R. Slow digestion property of native cereal starches. *Biomacromolecules*. 2006. V. 7. № 11. P. 3252–3258.
110. Specialty corns / [edited by Arnel R. Hallauer. — 2nd ed.]. CRC Press LLC, 2001. 469 p.
111. James M. G., Robertson D. S., Meyers A. M. Characterization of the maize gene *sugury1*, a determinant of starch composition in kernels. *Plant Cell*. 1995. V. 7. P. 417-429.

112. Formation of elongated starch granules in high-amylose maize / H.Jiang [et al.]. *Carbohydrate Polymers*. 2010. V. 80. P. 533–538. URL: 10.1016/j.carbpol.2009.12.016.
113. Molecular cloning and characterization of the amylose extender gene encoding starch branching enzyme / Kim K. N., Fisher D. K., Gao M., Guitinan M. J. *Plant Mol.Biol.* 1998. V. 38. P. 945-956.
114. Characterization of maize amylose-extender (ae) mutant starches: part II. structures and properties of starch residues remaining after enzymatic hydrolysis at boiling-water temperature / Jiang H., Campbell M., Blanco M., Jane J. L. *Carbohydrate Polymers*. 2010. V. 80. P. 1–12. URL: 10.1016/j.carbpol.2009.10.060.
115. Ferguson V. L. High amylose and waxy corns. *Specialty Corns*; A.R.Hallauer Ed.- Boca Raton, Fl.: CRC Press. 1994. P. 55-77.
116. Pollak L. M., White P. J. Thermal starch properties in corn belt and exotic corn inbred lines and their crosses. *Cereal Chemistry*. 1997. V. 74. P. 412-416.
117. Shi Y. C., Seib P. A. Fine-structure of maize starches from 4 Wx-containing genotypes of the W64a inbred line in relation to gelatinization and retrogradation. *Carbohydrate Polymers*. 1995. V. 26. № 2. P. 141–147.
118. Amylopectin and intermediate materials in starches from mutant genotypes of the Oh43 inbred line / Wang Y. J., White P., Pollak L., Jane J. *Cereal Chemistry*. 1993. V. 70. P. 521–525.
119. Creech R.G. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. *Genetics*. 1965. V. 52. P. 1175-1186.
120. Champ M., Noah L. Starch bioavailability and glycemic response in humans. *Grain Legumes*. 1996. № 11. P. 16.
121. Corn chemistry and technology / Benson G. O., Pearce R. B., Watson S. A., Ramstad P. E. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN .1991 [Chapter 1]. P. 237-252

122. Конов А. Л., Велчев М., Парсел Д. Генная инженерия растений в компании Монсанто: от первых лабораторных опытов до практического применения во всём мире. *Цитология и генетика*. 2005. № 3. С. 3-12.
123. Атлас ґрунтів Української РСР / за ред. Н.К. Крупського, Н.І. Полупана. Київ : Урожай, 1979. 160 с.
124. Агроклиматический справочник по Харьковской области. Ленинград Гидрометиздат, 1957. 179 с.
125. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи / І. А. Гур'єва [та ін.]. Харків, 2003. 43 с.
126. Класифікатор-довідник виду *Zea mays L.* / І. А. Гур'єва [та ін.]. Харків, 1994. 73 с.
127. Методы биохимического исследования растений ; под ред. Ермакова А.И. / Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. [и др.]. Ленинград, 1987. 430 с.
128. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / подгот. : Вольф В. Г., Литун П. П., Хавелова А. В., Кузьменко Р. И. Харьков, 1980. 75 с.
129. Федин М. А., Силис Д. Я., Смиряев А. В. Статистические методы генетического анализа. Москва : Колос, 1980. 206 с.
130. Литун П. П., Проскурнин Н. В. Генетика количественных признаков. Генетические скрещивания и генетический анализ : учебное пособие / ХГАУ им. В.В. Докучаева. Харьков, 1992. 100 с.
131. Методические рекомендации по определению экологической пластичности гибридов кукурузы ; подгот. : Б. П. Гурьев, П. П. Литун, И. А. Гурьева. Харьков, 1980. 25 с.
132. Гинзбург Э. Х., Никоро З. С. Разложение дисперсии и проблемы селекции. Новосибирск : Наука, 1982. 168 с.
133. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев : Штиинца, 1980. 588 с.

134. Седловский А. И., Мартынов С. П., Мамонов Л. К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. Алма-Ата : Наука, 1982. 200 с.
135. Козубенко В. Е. Селекция кукурузы. Москва: Колос, 1965. 206 с.
136. Шмараев Г. Е. Кукуруза. Москва : Колос, 1975. 303 с.
137. Мережко А. Ф. Проблема доноров в селекции растений / ВИР. Санкт-Петербург, 1994. 127 с.
138. Зайцев Г. Н. Оптимум и норма в интродукции растений. Москва : Наука, 1983. 269 с.
139. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва : Наука, 1984. 424 с.
140. Гур'єва І. А., Кузьмишина Н. В. Географічний та ботанічний склад колекції кукурудзи та її селекційна цінність. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2003. Вип. 87. С. 83-94.
141. Chapman S. C. Use of crop models to understand genotype by environment interactions for drought in real-world and simulated plant breeding trials. *Euphytica*. 2008. V. 161. P. 195-208.
142. Yield-trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance / C.D. Messina [et al.]. *Journal of Experimental Botany*. 2011. V. 62. № 3. P. 855-868.
143. Гудзь Ю. В., Лавриненко Ю. А. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. Херсон : Борисфен-полиграфсервис, 1997. 168 с.
144. Драгавцев В. А. Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству : методические рекомендации (новые подходы). Санкт-Петербург, 1993. 69 с.
145. Ростова Н. С. Корреляции: структура и изменчивость. Санкт-Петербург, 2002. 308 с.

- 146.Смиряев А. В., Исачкин А. В., Харрасова Л. К. Моделирование: от биологии до экономики : учебное пособие. Москва : Изд-во МСХА, 2002 122 с.
- 147.Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и оценка их качества. Москва : Колос, 1978. 368 с.
- 148.Pollak L. M., Scott M. P. Breeding for grain quality traits. *Maydica*. 2005. V. 50. № 3/4. P. 247–257.
- 149.Хаджинов М. И. Направления и методы селекции на повышение количества протеина, лизина и других аминокислот в зерне. *Селекция и семеноводство кукурузы*. Москва : Колос, 1971. С. 17-33.
150. Понуренко С. Г., Гур'єва І. А., Панченко І. А. Особливості сумісного прояву ознак якості зерна і продуктивності у зразків колекції кукурудзи . *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2004. Вип. 89. С. 102-110.
151. Понуренко С. Г., Гур'єва І. А. Розподіл зразків колекції кукурудзи за ознаками якості зерна в залежності від країни походження, підвиду і групи стиглості. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, НЦГРРУ. Харків, 2006. № 3. С. 140-148.
152. Понуренко С. Г., Токар І. В. Особливості генотипової мінливості вмісту незамінних амінокислот в білку зерна колекційних зразків кукурудзи. *Таврійський науковий вісник* : міжвід. темат. наук. зб. Херсон, 2006. Вип. 47. С. 46-50.
153. Понуренко С. Г., Гур'єва І. А., Роголіна Л. В. Особливості біохімічного складу зерна зразків колекції кукурудзи Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. *Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва* : тез. доп. міжн. конф. Харків, 1999. С. 190-191.
154. Понуренко С. Г. Якість зерна і продуктивність колекції кукурудзи в залежності від країни походження. *Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання* :

- тез. доп. міжнар. наук.-практ. конф. (29 черв. – 1 лип. 2005 р.). Оброшино, 2005. С. 161-162.
155. Тимчук С. М., Мовчан Т. Д., Понуренко С. Г. Екологічні реакції ліній цукрової кукурудзи за продуктивністю та елементами її структури. *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : матер. наук.-практ. конф. молодих учених (22- 24 трав. 2007 р.) / УААН, Інститут агроекології. Київ, 2007. С. 59-61.
156. Регуляція вмісту та фракційного складу крохмалю в зерні кукурудзи мутантними генами структури ендосперму / Тимчук С. М., Мартинюк М. М. Поздняков В. В. Понуренко С. Г. *Биотехнология. Наука. Образование. Практика* : тез. докл. IV міждун. науково-практ. конф. (11-13 нояб.) / Украинский государственный химико-технологический университет Днепропетровск, 2008. С.150-151.
157. Робоча колекція ліній кукурудзи за продуктивністю / Чернобай Л. М., Овсяннікова Н. С., Сікалова О. В., Понуренко С. Г. *Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату* : матер. міжнар. науково-практ. конф. (7-9 лип.) / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва.. Харків, 2015. С. 47-99.
158. Понуренко С. Г., Сікалова О. В. Стабільність гібридів кукурудзи за індексами посухостійкості в різних умовах вирощування. Генетичне та сортове різноманіття рослин для покращання якості життя людей : тези міжн. наук. конф., присвяченої 25-річчю Національного генбанку України (4-7 лип.) / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Український інститут експертизи сортів рослин. Київ : ТОВ «Нілан-ЛТД, 2016. С. 82-84.
159. Виявлення джерел цінних господарських ознак в колекційному розсаднику / Сікалова О. В., Чернобай Л. М, Понуренко С. Г., Деркач І. Б. *Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах* : матер. міжн. наук. конф., присвяч. пам'яті і науковій спадщині видатного вченого Василя Яковича Юр'єва (3-5 лип.). Харків, 2019. С.104-105.

160. Понуренко С. Г., Гур'єва І. А., Панченко І. А. Екологічна пластичність зразків генофонду кукурудзи за ознаками якості зерна і продуктивності. *Наук. пр. Полтавської державної аграрної академії*. Полтава. 2005. Т. 4 (23). С. 64-66.
161. Ефекти взаємодій генотип:погодні умови вирощування у ліній цукрової кукурудзи за продуктивністю та основними елементами її структури / Мовчан Т. Д., Тимчук С. М., Понуренко С. Г., Тимчук В. М. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. Київ, 2007. Т. 5. №1-2. С. 39-47.
162. Вуглеводний склад зернівок ендоспермальних мутантів кукурудзи в процесі їх дозрівання / Тимчук С. М., Тимчук Д. С., Поздняков В. В., Понуренко С. Г. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку* / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Українське товариство фізіологів рослин ; голов.ред. В. В.Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 2. С. 411-418.
163. Виробництво спеціалізованих гібридів кукурудзи : методичні рекомендації / Л. М. Чернобай, В. М. Попов, В. М. Авраменко, С. Г. Понуренко [та ін.] / НААН, ІР ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2014. 32 с.
164. Каталог генетичної цінності ліній кукурудзи з ендоспермальними мутаціями; підгот. : В. В. Поздняков, С. М. Тимчук, Н. В. Кузьмишина, С. Г. Понуренко [та ін.] / НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2016. 65 с.
165. Hallauer A. R., Miranda J. B. *Quantitative genetics in maize breeding*, 1988 2 nd edn. Iowa State University Press, Ames. 468 p.
166. Allard R.W. *Principle of Plant Breeding*, Wiley, Inc., New York, 1960. 485 p.
167. Combining ability analysis and heterotic grouping for grain yield among maize inbred lines selected for the mid-altitude and highland zones of Rwanda / Alphonse Nyombayire, John Derera, Julia Sibiya, Claver Ngaboyisonga. *Maydica*. 2021. V. 66. № 1. P. 1-10.

168. Heterosis and combining ability for grain yield and its components in selected maize inbred lines / D. W. Gissa [et al.]. *S. Afr. J. Plant Soil*. 2007. V. 24(3). P. 133-136.
169. Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and nonstress environments / Betrán F. J., Ribaut J. M., Beck D., Gonzalez de León D. *Crop Science*. 2003. V. 43. № 3. P. 797-806.
170. Gene action in low nitrogen tolerance and implication on maize grain yield and associated traits of some tropical maize populations / Ige Sunday [et al.]. *Open Agriculture*. 2020. V. 5. № 1. P. 801-805.
171. Combining ability and heterosis of elite drought-tolerant maize inbred lines evaluated in diverse environments of lowland tropics / Moses A. Adebayo [et al.]. *Euphytica*. 2017. V. 213. № 2. P. 43-44.
172. Araus J. L., Sanchez C., Cabrera-Bosquet L. Is heterosis in maize mediated through better water use? *New Phytol*. 2010. V. 187. P. 392–406.
173. Gene action controlling grain yield and secondary traits in southern African maize hybrids under drought and non-drought environments / Derera J., Tongoona P., Vivek B. S., Laing M. D. *Euphytica*. 2008. V. 162. № 3. P. 411–422.
174. Relationships among traits of tropical early maize cultivars in contrasting environments / B. Badu-Apraku [et al.]. *Agronomy Journal*. 2011. V. 103. № 3. P. 717–729.
175. Combining ability of inbred lines of maize and stability of their respective single-crosses / A. M. Aguiar [et al.]. *Scientia Agricola*. 2003. V. 60. № 1. P. 83-89.
176. Combining ability estimates for yield and its components in yellow maize (*Zea mays* L.) under two plant densities / K. A. El-Shouny [et al.]. *Egypt J. Plant Breed*. 2003. V. 7. P. 399-417.
177. Stability of combining ability effects in maize hybrids / Machado J. C., de Souza J. C., Ramalho M. A. P., Lima J. L. *Scientia Agricola*. 2009. V. 66. № 4. P. 494-498.

178. Combining ability of maize inbred lines evaluated in three environments in Brazil / Nass L. L., Lima M., Vencovsky R., Gallo P. B. *Scientia Agricola*. 2005. V. 7. P. 129-134.
179. Combining Ability and Heterosis in Maize (*Zea mays* L.) / Mohammad Quamrul Islam Matin [et al.]. *American Journal of BioScience*. 2016. V. 4(6). P. 84-90. URL: 10.11648/j.ajbio.20160406.12.
180. Singh R. K., Chaudhary B. D. *Biometrical Methods in quantitative genetic Analysis* Kalyani Publishers, New Delhi, 19953. 318 p.
181. Murtadha M. A., Ariyo O. J., Alghamdi S. S. Analysis of combining ability over environments in diallel crosses of maize (*Zea mays*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2018. V. 17. № 1. P. 69-78.
182. Menkir A., Ayodele M. Genetic analysis of resistance of gray leaf spot of midaltitude maize inbred lines. *Crop Science*. 2005. V. 45. P. 163–170.
183. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 1956. V. 9. P. 463-493.
184. Gardner C.O., Eberhart S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*. 1966. V. 22. P. 439-452.
185. Baker R.J. Issues in diallel analysis. *Crop Science*. 1978. V. 18. P. 533-536.
186. Успадкування біохімічних показників гібридами кукурудзи F1 в умовах зрошення / Ю.О. Лавриненко [та ін.]. *Зрошуване землеробство* / НААН, Інститут зрошувального землеробства. Херсон, 2011. № 56. P. 236–240.
187. An accurate prediction of maize crosses using diallel analysis and best linear unbiased predictor (BLUP) / H.F. Oliveira Gustavo [et al.]. *Chilean J. Agric. Res.* 2016. V. 76. № 3. P. 294-299. URL: doi.org/10.4067/S0718-58392016000300005.
188. Diallel analysis and prediction of untested maize single cross hybrids / José Lidércio Matias, Maurício Carlos Kuki, Carlos Alberto Scapim, Ronald José Barth. *Bioscience Journal*. 2019. V. 35. № 1. P. 148-158 URL: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-39820>.

189. Mather K., Jinks J. L. Biometrical genetics, Chapman and Hall Ltd. London, 1982. 403 p.
190. Sadalla H. A., Barznji M. O., Kakarash S. A. Full diallel crosses for estimation of genetic parameters in maize. *The Iraqi J. of Agri. Sci.* 2017. V. 48. (special Issue). P. 30-40.
191. Diallel analysis of diverse maize germplasm lines for agronomic characteristics / W. Brien Henry [et al.]. *Crop Science*. 2014. V. 54. P. 358 – 373
192. Muraya M. M., Ndirangu C. M., Omolo E. O. Heterosis and combining ability in diallel crosses involving maize (*Zea mays*) S1 lines. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2006. V. 46(3). P. 387-394. URL: doi.org/10.1071/EA03278
193. Турбин Н. В., Хотылева Л. В., Тарутина Л. А. Диалельный анализ в селекции растений. Минск, 1964. 184 с.
194. Литун П. П. Эколого-генетическая модель и ее значимость для теории селекции. *Селекция и семеноводство* : межвед. темат. науч. сб. Киев : Урожай, 1984. Вып. 56. С. 40– 45.
195. Драгавцев В.А. К проблеме генетического анализа полигенных количественных признаков растений / ВИР. Санкт-Петербург, 2003. 35 с.
196. Понуренко С. Г. Особенности структуры генотипической дисперсии признаков качества зерна кукурузы в различных экологических условиях. *Вестник БГСХА*. Горки, 2015. № 1. С. 69-72.
197. Понуренко С. Г., Шелякіна Т. А., Ільченко Н. К. Особливості генетичного контролю ознак якості зерна кукурудзи. *Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату* : матер. міжн. науково-практ. конф. (Харків, 7-9 лип.) / НААН, Ін.-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2015. С. 72-74.
198. Эффект гетерозису у гібридів кукурудзи і його використання в селекції на адаптивність / Кириченко В. В., Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Сікалова О. В., Музафаров Н. М., Понуренко С. Г. *Основи*

- управління продукційним процесом польових культур* дер аз ; яіфаргоном : В.В. Кириченка. Харків : ФОР Бровін О.В., 2016. С. 481 – 493.
199. Етапи селекції кукурудзи в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН / Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І .П., Сікалова О. В., Музафаров Н. М., Понуренко С. Г. *Теоретичні дослідження та практичні досягнення Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН: історія та сьогодення (1908-2018 рр.)*. Харків : ФОР Бровін О.В., 2018. С. 482-504.
200. Результати селекції гібридів кукурудзи на низьку збиральну вологість зерна / Козубенко Л.В., Сікалова О.В., Івлева Т.В., Понуренко С.Г., Чернобай Л.М. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2011. Вип. 99. С. 91-101.
201. Аналіз складу гібридів кукурудзи, занесених до державного реєстру сортів рослин України / Чернобай Л. М., Музафаров Н. М., Барсуков І. П., Понуренко С. Г., Васьківська С. В. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2012. Вип. 101. С. 279-288.
202. Темпи вологовіддачі зерна кукурудзи при досяганні гібридів різних груп стиглості / Китайова С. С., Понуренко С. Г., Чернобай Л. М., Деркач І. Б. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2013. Вип. 104. С. 66-74.
203. Високоврожайні гібриди кукурудзи – на поля / Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Музафаров Н. М., Сікалова О. В., Понуренко С. Г., Таганцова М. М. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області* : науково-виробничий збірник / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2016. Вип. 20. С. 140-149.
204. Чернобай Л. М., Понуренко С. Г., Сікалова О. В. Оцінка стабільності характеристик генотипів кукурудзи за індексами посухостійкості в різних гідротермічних умовах. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2016. Vol. 6. № 4(8). P. 69-75.

205. Chernobai L. N., Ponurenko S. G. Use of drought tolerance indices in corn breeding . *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2018. Vol. 4. № 3(31). P. 9-17.
206. А. с. № 170829. Кукурудза звичайна. Гібрид Зоряний / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., Понуренко С.Г., Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 189.
207. А. с. № 170827. Кукурудза звичайна. Гібрид Мавка / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., Понуренко С.Г., Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 216.
208. А. с. № 190740. Кукурудза звичайна. Гібрид Елітнянський / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., Понуренко С.Г., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2019. № 2. С. 107.
209. А. с. № 210670. Кукурудза звичайна. Гібрид ХА Болід / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., Понуренко С.Г., Деркач І.Б., Кузьмишина Н.В., Капустян М.В., Бібель Ю.О., Ортман О.Є.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2021. № 3. С. 17.
210. А. с. № 210453. Кукурудза звичайна. Гібрид Вектор / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., Понуренко С.Г., Деркач І.Б., Кузьмишина Н.В., Капустян М.В., Бібель Ю.О.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2021. № 1. С. 179.
211. А. с. № 180810. Кукурудза звичайна. Гібрид Гопак / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М.,

Понуренко С.Г., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2018. № 4. С. 68.

212. А. с. № 170828. Кукурудза звичайна. Гібрид Дарунок / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., Понуренко С.Г., Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 135.

ДОДАТКИ

Додаток А1

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за продуктивністю, 2012 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	-8,74	-2,61	6,67	-0,20	-2,41	3,07	-4,21
UKY 12×ХАР 144	-8,74	-6,58	6,67	-5,36	8,46	-3,47	-9,01
UKY 12×UKY 20	-8,74	0,23	6,67	-1,90	16,03	-12,16	0,14
UKY 12×UKY 10	-8,74	-10,91	6,67	-3,11	-19,41	0,03	-35,46
UKY 12×ХАР 152	-8,74	1,93	6,67	3,80	15,98	0,89	20,54
UKY 12×ХАР 297	-8,74	7,96	6,67	-4,73	9,77	0,50	11,44
UKY 12×ХАР 164	-8,74	2,43	6,67	6,63	-0,10	6,69	13,59
UKY 12×ХА 412	-8,74	16,61	6,67	2,26	-10,55	6,94	13,19
UKY 12×ХА 408	-8,74	8,62	6,67	1,98	-24,21	-11,28	-26,96
UKY 12×UKY 23	-8,74	-8,93	6,67	-6,04	6,43	8,78	-1,81
UKY 1×ХАР 144	-2,61	-6,58	-0,20	-5,36	-13,42	0,95	-27,21
UKY 1×UKY 20	-2,61	0,23	-0,20	-1,90	-4,94	-19,84	-29,26
UKY 1×UKY 10	-2,61	-10,91	-0,20	-3,11	12,24	-4,77	-9,36
UKY 1×ХАР 152	-2,61	1,93	-0,20	3,80	-2,77	16,34	16,49
UKY 1×ХАР 297	-2,61	7,96	-0,20	-4,73	17,82	2,80	21,04
UKY 1×ХАР 164	-2,61	2,43	-0,20	6,63	-3,05	5,34	8,54
UKY 1×ХА 412	-2,61	16,61	-0,20	2,26	-5,70	-0,72	9,64

Продовження додатку А1

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	-2,61	8,62	-0,20	1,98	-9,86	-9,14	-11,21
UKY 1×UKY 23	-2,61	-8,93	-0,20	-6,04	12,08	5,98	0,29
XAP 144×UKY 20	-6,58	0,23	-5,36	-1,90	7,44	7,70	1,54
XAP 144×UKY 10	-6,58	-10,91	-5,36	-3,11	-7,74	6,34	-27,36
XAP 144×XAP 152	-6,58	1,93	-5,36	3,80	4,89	-4,30	-5,61
XAP 144×XAP 297	-6,58	7,96	-5,36	-4,73	0,36	-1,41	-9,76
XAP 144×XAP 164	-6,58	2,43	-5,36	6,63	-11,51	-16,48	-30,86
XAP 144×XA 412	-6,58	16,61	-5,36	2,26	-6,84	9,30	9,39
XAP 144×XA 408	-6,58	8,62	-5,36	1,98	15,28	-10,75	3,19
XAP 144×UKY 23	-6,58	-8,93	-5,36	-6,04	3,07	12,12	-11,71
UKY 20×UKY 10	0,23	-10,91	-1,90	-3,11	15,93	17,95	18,19
UKY 20×XAP 152	0,23	1,93	-1,90	3,80	-7,26	2,89	-0,31
UKY 20×XAP 297	0,23	7,96	-1,90	-4,73	0,01	12,42	13,99
UKY 20×XAP 164	0,23	2,43	-1,90	6,63	-0,09	1,69	8,99
UKY 20×XA 412	0,23	16,61	-1,90	2,26	-11,66	-3,09	2,44
UKY 20×XA 408	0,23	8,62	-1,90	1,98	17,25	12,01	38,19
UKY 20×UKY 23	0,23	-8,93	-1,90	-6,04	-32,71	-19,57	-68,91
UKY 10×XAP 152	-10,91	1,93	-3,11	3,80	-11,57	-9,34	-29,21
UKY 10×XAP 297	-10,91	7,96	-3,11	-4,73	3,67	-19,84	-26,96
UKY 10×XAP 164	-10,91	2,43	-3,11	6,63	-9,20	-12,15	-26,31

Продовження додатку А1

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	-10,91	16,61	-3,11	2,26	14,33	4,03	23,19
UKY 10×XA 408	-10,91	8,62	-3,11	1,98	-4,39	9,50	1,69
UKY 10×UKY 23	-10,91	-8,93	-3,11	-6,04	6,13	8,24	-14,61
XAP 152×XAP 297	1,93	7,96	3,80	-4,73	-6,50	0,73	3,19
XAP 152×XAP 164	1,93	2,43	3,80	6,63	-2,26	-4,34	8,19
XAP 152×XA 412	1,93	16,61	3,80	2,26	6,68	-15,64	15,64
XAP 152×XA 408	1,93	8,62	3,80	1,98	-0,65	14,61	30,29
XAP 152×UKY 23	1,93	-8,93	3,80	-6,04	3,47	-1,84	-7,61
XAP 297×XAP 164	7,96	2,43	-4,73	6,63	3,88	6,02	22,19
XAP 297×XA 412	7,96	16,61	-4,73	2,26	-21,83	-9,48	-9,21
XAP 297×XA 408	7,96	8,62	-4,73	1,98	-14,69	10,85	9,99
XAP 297×UKY 23	7,96	-8,93	-4,73	-6,04	7,51	-2,59	-6,81
XAP 164×XA 412	2,43	16,61	6,63	2,26	7,81	0,46	36,19
XAP 164×XA 408	2,43	8,62	6,63	1,98	2,27	-3,14	18,79
XAP 164×UKY 23	2,43	-8,93	6,63	-6,04	12,24	15,90	22,24
XA 412×XA 408	16,61	8,62	2,26	1,98	32,49	11,28	73,24
XA 412×UKY 23	16,61	-8,93	2,26	-6,04	-4,74	-3,08	-3,91
XA 408×UKY 23	8,62	-8,93	1,98	-6,04	-13,50	-23,95	-41,81

Додаток А2

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за продуктивністю, 2013 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	-8,74	-2,61	-6,67	0,20	-2,41	-3,07	-23,30
UKY 12×ХАР 144	-8,74	-6,58	-6,67	5,36	8,46	3,47	-4,70
UKY 12×UKY 20	-8,74	0,23	-6,67	1,90	16,03	12,16	14,90
UKY 12×UKY 10	-8,74	-10,91	-6,67	3,11	-19,41	-0,03	-42,65
UKY 12×ХАР 152	-8,74	1,93	-6,67	-3,80	15,98	-0,89	-2,20
UKY 12×ХАР 297	-8,74	7,96	-6,67	4,73	9,77	-0,50	6,55
UKY 12×ХАР 164	-8,74	2,43	-6,67	-6,63	-0,10	-6,69	-26,40
UKY 12×ХА 412	-8,74	16,61	-6,67	-2,26	-10,55	-6,94	-18,55
UKY 12×ХА 408	-8,74	8,62	-6,67	-1,98	-24,21	11,28	-21,70
UKY 12×UKY 23	-8,74	-8,93	-6,67	6,04	6,43	-8,78	-20,65
UKY 1×ХАР 144	-2,61	-6,58	0,20	5,36	-13,42	-0,95	-18,00
UKY 1×UKY 20	-2,61	0,23	0,20	1,90	-4,94	19,84	14,60
UKY 1×UKY 10	-2,61	-10,91	0,20	3,11	12,24	4,77	6,80
UKY 1×ХАР 152	-2,61	1,93	0,20	-3,80	-2,77	-16,34	-23,40
UKY 1×ХАР 297	-2,61	7,96	0,20	4,73	17,82	-2,80	25,30
UKY 1×ХАР 164	-2,61	2,43	0,20	-6,63	-3,05	-5,34	-15,00
UKY 1×ХА 412	-2,61	16,61	0,20	-2,26	-5,70	0,72	6,95

Продовження додатку А2

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	-2,61	8,62	0,20	-1,98	-9,86	9,14	3,50
UKY 1×UKY 23	-2,61	-8,93	0,20	6,04	12,08	-5,98	0,80
XAP 144×UKY 20	-6,58	0,23	5,36	1,90	7,44	-7,70	0,65
XAP 144×UKY 10	-6,58	-10,91	5,36	3,11	-7,74	-6,34	-23,10
XAP 144×XAP 152	-6,58	1,93	5,36	-3,80	4,89	4,30	6,10
XAP 144×XAP 297	-6,58	7,96	5,36	4,73	0,36	1,41	13,25
XAP 144×XAP 164	-6,58	2,43	5,36	-6,63	-11,51	16,48	-0,45
XAP 144×XA 412	-6,58	16,61	5,36	-2,26	-6,84	-9,30	-3,00
XAP 144×XA 408	-6,58	8,62	5,36	-1,98	15,28	10,75	31,45
XAP 144×UKY 23	-6,58	-8,93	5,36	6,04	3,07	-12,12	-13,15
UKY 20×UKY 10	0,23	-10,91	1,90	3,11	15,93	-17,95	-7,70
UKY 20×XAP 152	0,23	1,93	1,90	-3,80	-7,26	-2,89	-9,90
UKY 20×XAP 297	0,23	7,96	1,90	4,73	0,01	-12,42	2,40
UKY 20×XAP 164	0,23	2,43	1,90	-6,63	-0,09	-1,69	-3,85
UKY 20×XA 412	0,23	16,61	1,90	-2,26	-11,66	3,09	7,90
UKY 20×XA 408	0,23	8,62	1,90	-1,98	17,25	-12,01	14,00
UKY 20×UKY 23	0,23	-8,93	1,90	6,04	-32,71	19,57	-13,90
UKY 10×XAP 152	-10,91	1,93	3,11	-3,80	-11,57	9,34	-11,90
UKY 10×XAP 297	-10,91	7,96	3,11	4,73	3,67	19,84	28,40
UKY 10×XAP 164	-10,91	2,43	3,11	-6,63	-9,20	12,15	-9,05

Продовження додатку А2

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	-10,91	16,61	3,11	-2,26	14,33	-4,03	16,85
UKY 10×XA 408	-10,91	8,62	3,11	-1,98	-4,39	-9,50	-15,05
UKY 10×UKY 23	-10,91	-8,93	3,11	6,04	6,13	-8,24	-12,80
XAP 152×XAP 297	1,93	7,96	-3,80	4,73	-6,50	-0,73	3,60
XAP 152×XAP 164	1,93	2,43	-3,80	-6,63	-2,26	4,34	-4,00
XAP 152×XA 412	1,93	16,61	-3,80	-2,26	6,68	15,64	34,80
XAP 152×XA 408	1,93	8,62	-3,80	-1,98	-0,65	-14,61	-10,50
XAP 152×UKY 23	1,93	-8,93	-3,80	6,04	3,47	1,84	0,55
XAP 297×XAP 164	7,96	2,43	4,73	-6,63	3,88	-6,02	6,35
XAP 297×XA 412	7,96	16,61	4,73	-2,26	-21,83	9,48	14,70
XAP 297×XA 408	7,96	8,62	4,73	-1,98	-14,69	-10,85	-6,20
XAP 297×UKY 23	7,96	-8,93	4,73	6,04	7,51	2,59	19,90
XAP 164×XA 412	2,43	16,61	-6,63	-2,26	7,81	-0,46	17,50
XAP 164×XA 408	2,43	8,62	-6,63	-1,98	2,27	3,14	7,85
XAP 164×UKY 23	2,43	-8,93	-6,63	6,04	12,24	-15,90	-10,75
XA 412×XA 408	16,61	8,62	-2,26	-1,98	32,49	-11,28	42,20
XA 412×UKY 23	16,61	-8,93	-2,26	6,04	-4,74	3,08	9,80
XA 408×UKY 23	8,62	-8,93	-1,98	6,04	-13,50	23,95	14,20

Додаток АЗ

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен, 2012 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	-1,83	-21,67	0,96	-0,38	14,39	2,75	-5,78
UKY 12×ХАР 144	-1,83	6,05	0,96	1,14	-4,63	1,72	3,42
UKY 12×UKY 20	-1,83	-28,39	0,96	-2,12	2,83	3,42	-25,13
UKY 12×UKY 10	-1,83	15,08	0,96	1,53	-31,39	0,31	-15,33
UKY 12×ХАР 152	-1,83	-25,34	0,96	1,45	21,81	1,17	-1,78
UKY 12×ХАР 297	-1,83	2,03	0,96	-1,82	-1,12	4,69	2,92
UKY 12×ХАР 164	-1,83	24,69	0,96	-1,08	-3,58	-2,35	16,82
UKY 12×ХА 412	-1,83	10,91	0,96	-1,33	14,91	-1,95	21,67
UKY 12×ХА 408	-1,83	20,57	0,96	-0,17	-28,03	-4,24	-12,73
UKY 12×UKY 23	-1,83	-2,09	0,96	1,81	14,80	-5,50	8,17
UKY 1×ХАР 144	-21,67	6,05	-0,38	1,14	-21,57	-5,11	-41,53
UKY 1×UKY 20	-21,67	-28,39	-0,38	-2,12	-6,30	3,09	-55,78
UKY 1×UKY 10	-21,67	15,08	-0,38	1,53	13,08	3,08	10,72
UKY 1×ХАР 152	-21,67	-25,34	-0,38	1,45	-1,20	-0,04	-47,18
UKY 1×ХАР 297	-21,67	2,03	-0,38	-1,82	32,30	-0,44	10,02
UKY 1×ХАР 164	-21,67	24,69	-0,38	-1,08	1,62	-1,51	1,67
UKY 1×ХА 412	-21,67	10,91	-0,38	-1,33	-10,20	-2,11	-24,78

Продовження додатку А3

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	-21,67	20,57	-0,38	-0,17	-33,48	-3,70	-38,83
UKY 1×UKY 23	-21,67	-2,09	-0,38	1,81	11,37	3,98	-6,98
XAP 144×UKY 20	6,05	-28,39	1,14	-2,12	-0,40	5,74	-17,98
XAP 144×UKY 10	6,05	15,08	1,14	1,53	-15,77	3,93	11,97
XAP 144×XAP 152	6,05	-25,34	1,14	1,45	26,93	-5,47	4,77
XAP 144×XAP 297	6,05	2,03	1,14	-1,82	-0,30	-2,19	4,92
XAP 144×XAP 164	6,05	24,69	1,14	-1,08	8,62	-1,86	37,57
XAP 144×XA 412	6,05	10,91	1,14	-1,33	13,65	-1,91	28,52
XAP 144×XA 408	6,05	20,57	1,14	-0,17	-4,96	4,13	26,77
XAP 144×UKY 23	6,05	-2,09	1,14	1,81	-1,58	1,02	6,37
UKY 20×UKY 10	-28,39	15,08	-2,12	1,53	-19,20	-3,63	-36,73
UKY 20×XAP 152	-28,39	-25,34	-2,12	1,45	-11,95	-4,62	-70,98
UKY 20×XAP 297	-28,39	2,03	-2,12	-1,82	9,34	0,28	-20,68
UKY 20×XAP 164	-28,39	24,69	-2,12	-1,08	2,89	0,09	-3,93
UKY 20×XA 412	-28,39	10,91	-2,12	-1,33	-21,96	-0,99	-43,88
UKY 20×XA 408	-28,39	20,57	-2,12	-0,17	55,76	0,82	46,47
UKY 20×UKY 23	-28,39	-2,09	-2,12	1,81	-11,01	-4,18	-45,98
UKY 10×XAP 152	15,08	-25,34	1,53	1,45	14,18	1,07	7,97
UKY 10×XAP 297	15,08	2,03	1,53	-1,82	19,30	-1,61	34,52
UKY 10×XAP 164	15,08	24,69	1,53	-1,08	-1,16	-2,25	36,82

Продовження додатку А3

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	15,08	10,91	1,53	-1,33	2,67	-2,35	26,52
UKY 10×XA 408	15,08	20,57	1,53	-0,17	9,04	-2,94	43,12
UKY 10×UKY 23	15,08	-2,09	1,53	1,81	9,25	4,39	29,97
XAP 152×XAP 297	-25,34	2,03	1,45	-1,82	-4,58	-3,67	-31,93
XAP 152×XAP 164	-25,34	24,69	1,45	-1,08	-19,61	2,31	-17,58
XAP 152×XA 412	-25,34	10,91	1,45	-1,33	-13,28	4,26	-23,33
XAP 152×XA 408	-25,34	20,57	1,45	-0,17	-4,76	4,32	-3,93
XAP 152×UKY 23	-25,34	-2,09	1,45	1,81	-7,53	0,67	-31,03
XAP 297×XAP 164	2,03	24,69	-1,82	-1,08	-15,44	0,18	8,57
XAP 297×XA 412	2,03	10,91	-1,82	-1,33	-4,23	0,36	5,92
XAP 297×XA 408	2,03	20,57	-1,82	-0,17	-36,69	-1,56	-17,63
XAP 297×UKY 23	2,03	-2,09	-1,82	1,81	1,42	3,97	5,32
XAP 164×XA 412	24,69	10,91	-1,08	-1,33	-18,89	7,27	21,57
XAP 164×XA 408	24,69	20,57	-1,08	-0,17	30,70	0,70	75,42
XAP 164×UKY 23	24,69	-2,09	-1,08	1,81	14,86	-2,58	35,62
XA 412×XA 408	10,91	20,57	-1,33	-0,17	40,66	0,83	71,47
XA 412×UKY 23	10,91	-2,09	-1,33	1,81	-3,33	-3,40	2,57
XA 408×UKY 23	20,57	-2,09	-0,17	1,81	-28,24	1,64	-6,48

Додаток А4

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за масою 1000 зерен, 2013 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	-1,83	-21,67	-0,96	0,38	14,39	-2,75	-12,45
UKY 12×ХАР 144	-1,83	6,05	-0,96	-1,14	-4,63	-1,72	-4,25
UKY 12×UKY 20	-1,83	-28,39	-0,96	2,12	2,83	-3,42	-29,65
UKY 12×UKY 10	-1,83	15,08	-0,96	-1,53	-31,39	-0,31	-20,95
UKY 12×ХАР 152	-1,83	-25,34	-0,96	-1,45	21,81	-1,17	-8,95
UKY 12×ХАР 297	-1,83	2,03	-0,96	1,82	-1,12	-4,69	-4,75
UKY 12×ХАР 164	-1,83	24,69	-0,96	1,08	-3,58	2,35	21,75
UKY 12×ХА 412	-1,83	10,91	-0,96	1,33	14,91	1,95	26,30
UKY 12×ХА 408	-1,83	20,57	-0,96	0,17	-28,03	4,24	-5,85
UKY 12×UKY 23	-1,83	-2,09	-0,96	-1,81	14,80	5,50	13,60
UKY 1×ХАР 144	-21,67	6,05	0,38	-1,14	-21,57	5,11	-32,85
UKY 1×UKY 20	-21,67	-28,39	0,38	2,12	-6,30	-3,09	-56,95
UKY 1×UKY 10	-21,67	15,08	0,38	-1,53	13,08	-3,08	2,25
UKY 1×ХАР 152	-21,67	-25,34	0,38	-1,45	-1,20	0,04	-49,25
UKY 1×ХАР 297	-21,67	2,03	0,38	1,82	32,30	0,44	15,30
UKY 1×ХАР 164	-21,67	24,69	0,38	1,08	1,62	1,51	7,60
UKY 1×ХА 412	-21,67	10,91	0,38	1,33	-10,20	2,11	-17,15

Продовження додатку А4

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	-21,67	20,57	0,38	0,17	-33,48	3,70	-30,35
UKY 1×UKY 23	-21,67	-2,09	0,38	-1,81	11,37	-3,98	-17,80
XAP 144×UKY 20	6,05	-28,39	-1,14	2,12	-0,40	-5,74	-27,50
XAP 144×UKY 10	6,05	15,08	-1,14	-1,53	-15,77	-3,93	-1,25
XAP 144×XAP 152	6,05	-25,34	-1,14	-1,45	26,93	5,47	10,50
XAP 144×XAP 297	6,05	2,03	-1,14	1,82	-0,30	2,19	10,65
XAP 144×XAP 164	6,05	24,69	-1,14	1,08	8,62	1,86	41,15
XAP 144×XA 412	6,05	10,91	-1,14	1,33	13,65	1,91	32,70
XAP 144×XA 408	6,05	20,57	-1,14	0,17	-4,96	-4,13	16,55
XAP 144×UKY 23	6,05	-2,09	-1,14	-1,81	-1,58	-1,02	-1,60
UKY 20×UKY 10	-28,39	15,08	2,12	-1,53	-19,20	3,63	-28,30
UKY 20×XAP 152	-28,39	-25,34	2,12	-1,45	-11,95	4,62	-60,40
UKY 20×XAP 297	-28,39	2,03	2,12	1,82	9,34	-0,28	-13,35
UKY 20×XAP 164	-28,39	24,69	2,12	1,08	2,89	-0,09	2,30
UKY 20×XA 412	-28,39	10,91	2,12	1,33	-21,96	0,99	-35,00
UKY 20×XA 408	-28,39	20,57	2,12	0,17	55,76	-0,82	49,40
UKY 20×UKY 23	-28,39	-2,09	2,12	-1,81	-11,01	4,18	-37,00
UKY 10×XAP 152	15,08	-25,34	-1,53	-1,45	14,18	-1,07	-0,15
UKY 10×XAP 297	15,08	2,03	-1,53	1,82	19,30	1,61	38,30
UKY 10×XAP 164	15,08	24,69	-1,53	1,08	-1,16	2,25	40,40

Продовження додатку А4

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	15,08	10,91	-1,53	1,33	2,67	2,35	30,80
UKY 10×XA 408	15,08	20,57	-1,53	0,17	9,04	2,94	46,25
UKY 10×UKY 23	15,08	-2,09	-1,53	-1,81	9,25	-4,39	14,50
XAP 152×XAP 297	-25,34	2,03	-1,45	1,82	-4,58	3,67	-23,85
XAP 152×XAP 164	-25,34	24,69	-1,45	1,08	-19,61	-2,31	-22,95
XAP 152×XA 412	-25,34	10,91	-1,45	1,33	-13,28	-4,26	-32,10
XAP 152×XA 408	-25,34	20,57	-1,45	0,17	-4,76	-4,32	-15,15
XAP 152×UKY 23	-25,34	-2,09	-1,45	-1,81	-7,53	-0,67	-38,90
XAP 297×XAP 164	2,03	24,69	1,82	1,08	-15,44	-0,18	14,00
XAP 297×XA 412	2,03	10,91	1,82	1,33	-4,23	-0,36	11,50
XAP 297×XA 408	2,03	20,57	1,82	0,17	-36,69	1,56	-10,55
XAP 297×UKY 23	2,03	-2,09	1,82	-1,81	1,42	-3,97	-2,60
XAP 164×XA 412	24,69	10,91	1,08	1,33	-18,89	-7,27	11,85
XAP 164×XA 408	24,69	20,57	1,08	0,17	30,70	-0,70	76,50
XAP 164×UKY 23	24,69	-2,09	1,08	-1,81	14,86	2,58	39,30
XA 412×XA 408	10,91	20,57	1,33	0,17	40,66	-0,83	72,80
XA 412×UKY 23	10,91	-2,09	1,33	-1,81	-3,33	3,40	8,40
XA 408×UKY 23	20,57	-2,09	0,17	-1,81	-28,24	-1,64	-13,05

Додаток А5

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за вмістом білка, 2012 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	-0,20	0,34	-0,41	-0,07	-0,39	-0,68	-1,41
UKY 12×ХАР 144	-0,20	0,25	-0,41	-0,08	-0,86	1,06	-0,24
UKY 12×UKY 20	-0,20	-0,01	-0,41	-0,09	-0,65	0,10	-1,26
UKY 12×UKY 10	-0,20	0,27	-0,41	-0,28	0,14	-1,13	-1,60
UKY 12×ХАР 152	-0,20	0,00	-0,41	0,24	1,14	-0,37	0,39
UKY 12×ХАР 297	-0,20	-0,09	-0,41	0,52	-1,21	-0,78	-2,16
UKY 12×ХАР 164	-0,20	0,23	-0,41	-0,58	0,88	-0,27	-0,35
UKY 12×ХА 412	-0,20	-0,97	-0,41	0,69	2,13	-1,96	-0,71
UKY 12×ХА 408	-0,20	0,34	-0,41	0,14	-1,21	1,88	0,55
UKY 12×UKY 23	-0,20	-0,17	-0,41	-0,08	0,02	2,15	1,31
UKY 1×ХАР 144	0,34	0,25	-0,07	-0,08	0,04	0,47	0,94
UKY 1×UKY 20	0,34	-0,01	-0,07	-0,09	1,92	-0,68	1,41
UKY 1×UKY 10	0,34	0,27	-0,07	-0,28	-1,37	0,47	-0,64
UKY 1×ХАР 152	0,34	0,00	-0,07	0,24	-1,16	1,09	0,43
UKY 1×ХАР 297	0,34	-0,09	-0,07	0,52	-0,45	0,95	1,19
UKY 1×ХАР 164	0,34	0,23	-0,07	-0,58	0,22	-0,44	-0,30
UKY 1×ХА 412	0,34	-0,97	-0,07	0,69	0,63	-0,48	0,14

Продовження додатку А5

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	0,34	0,34	-0,07	0,14	0,37	-1,04	0,08
UKY 1×UKY 23	0,34	-0,17	-0,07	-0,08	0,19	0,35	0,57
XAP 144×UKY 20	0,25	-0,01	-0,08	-0,09	1,07	-0,51	0,63
XAP 144×UKY 10	0,25	0,27	-0,08	-0,28	-0,35	0,71	0,52
XAP 144×XAP 152	0,25	0,00	-0,08	0,24	1,50	-1,39	0,52
XAP 144×XAP 297	0,25	-0,09	-0,08	0,52	0,56	0,07	1,22
XAP 144×XAP 164	0,25	0,23	-0,08	-0,58	-0,18	0,25	-0,11
XAP 144×XA 412	0,25	-0,97	-0,08	0,69	-1,44	0,41	-1,13
XAP 144×XA 408	0,25	0,34	-0,08	0,14	-0,26	-0,29	0,10
XAP 144×UKY 23	0,25	-0,17	-0,08	-0,08	-0,08	-0,78	-0,93
UKY 20×UKY 10	-0,01	0,27	-0,09	-0,28	-1,46	0,13	-1,43
UKY 20×XAP 152	-0,01	0,00	-0,09	0,24	-0,41	0,03	-0,24
UKY 20×XAP 297	-0,01	-0,09	-0,09	0,52	-0,93	0,50	-0,10
UKY 20×XAP 164	-0,01	0,23	-0,09	-0,58	-0,73	0,41	-0,77
UKY 20×XA 412	-0,01	-0,97	-0,09	0,69	1,11	-0,81	-0,07
UKY 20×XA 408	-0,01	0,34	-0,09	0,14	0,41	0,09	0,88
UKY 20×UKY 23	-0,01	-0,17	-0,09	-0,08	-0,33	0,74	0,06
UKY 10×XAP 152	0,27	0,00	-0,28	0,24	0,15	0,20	0,57
UKY 10×XAP 297	0,27	-0,09	-0,28	0,52	1,62	-0,95	1,09
UKY 10×XAP 164	0,27	0,23	-0,28	-0,58	1,30	-0,19	0,75

Продовження додатку А5

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	0,27	-0,97	-0,28	0,69	0,26	0,85	0,82
UKY 10×XA 408	0,27	0,34	-0,28	0,14	1,08	-0,01	1,54
UKY 10×UKY 23	0,27	-0,17	-0,28	-0,08	-1,36	-0,09	-1,70
XAP 152×XAP 297	0,00	-0,09	0,24	0,52	1,05	-1,24	0,47
XAP 152×XAP 164	0,00	0,23	0,24	-0,58	-0,02	0,04	-0,10
XAP 152×XA 412	0,00	-0,97	0,24	0,69	0,06	-0,42	-0,41
XAP 152×XA 408	0,00	0,34	0,24	0,14	-1,02	0,39	0,08
XAP 152×UKY 23	0,00	-0,17	0,24	-0,08	-1,30	1,68	0,37
XAP 297×XAP 164	-0,09	0,23	0,52	-0,58	-0,87	2,17	1,39
XAP 297×XA 412	-0,09	-0,97	0,52	0,69	-0,06	0,86	0,95
XAP 297×XA 408	-0,09	0,34	0,52	0,14	0,47	-0,79	0,59
XAP 297×UKY 23	-0,09	-0,17	0,52	-0,08	-0,18	-0,78	-0,78
XAP 164×XA 412	0,23	-0,97	-0,58	0,69	-1,35	0,73	-1,25
XAP 164×XA 408	0,23	0,34	-0,58	0,14	-0,26	-0,79	-0,93
XAP 164×UKY 23	0,23	-0,17	-0,58	-0,08	1,02	-1,91	-1,49
XA 412×XA 408	-0,97	0,34	0,69	0,14	-1,47	1,37	0,10
XA 412×UKY 23	-0,97	-0,17	0,69	-0,08	0,14	-0,55	-0,94
XA 408×UKY 23	0,34	-0,17	0,14	-0,08	1,88	-0,80	1,32

Додаток А6

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за вмістом білка, 2013 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	-0,20	0,34	0,41	0,07	-0,39	0,68	0,91
UKY 12×ХАР 144	-0,20	0,25	0,41	0,08	-0,86	-1,06	-1,37
UKY 12×UKY 20	-0,20	-0,01	0,41	0,09	-0,65	-0,10	-0,46
UKY 12×UKY 10	-0,20	0,27	0,41	0,28	0,14	1,13	2,04
UKY 12×ХАР 152	-0,20	0,00	0,41	-0,24	1,14	0,37	1,49
UKY 12×ХАР 297	-0,20	-0,09	0,41	-0,52	-1,21	0,78	-0,82
UKY 12×ХАР 164	-0,20	0,23	0,41	0,58	0,88	0,27	2,17
UKY 12×ХА 412	-0,20	-0,97	0,41	-0,69	2,13	1,96	2,64
UKY 12×ХА 408	-0,20	0,34	0,41	-0,14	-1,21	-1,88	-2,67
UKY 12×UKY 23	-0,20	-0,17	0,41	0,08	0,02	-2,15	-2,00
UKY 1×ХАР 144	0,34	0,25	0,07	0,08	0,04	-0,47	0,31
UKY 1×UKY 20	0,34	-0,01	0,07	0,09	1,92	0,68	3,07
UKY 1×UKY 10	0,34	0,27	0,07	0,28	-1,37	-0,47	-0,89
UKY 1×ХАР 152	0,34	0,00	0,07	-0,24	-1,16	-1,09	-2,08
UKY 1×ХАР 297	0,34	-0,09	0,07	-0,52	-0,45	-0,95	-1,60
UKY 1×ХАР 164	0,34	0,23	0,07	0,58	0,22	0,44	1,87
UKY 1×ХА 412	0,34	-0,97	0,07	-0,69	0,63	0,48	-0,15

Продовження додатку А6

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	0,34	0,34	0,07	-0,14	0,37	1,04	2,02
UKY 1×UKY 23	0,34	-0,17	0,07	0,08	0,19	-0,35	0,15
XAP 144×UKY 20	0,25	-0,01	0,08	0,09	1,07	0,51	1,99
XAP 144×UKY 10	0,25	0,27	0,08	0,28	-0,35	-0,71	-0,17
XAP 144×XAP 152	0,25	0,00	0,08	-0,24	1,50	1,39	2,98
XAP 144×XAP 297	0,25	-0,09	0,08	-0,52	0,56	-0,07	0,22
XAP 144×XAP 164	0,25	0,23	0,08	0,58	-0,18	-0,25	0,70
XAP 144×XA 412	0,25	-0,97	0,08	-0,69	-1,44	-0,41	-3,18
XAP 144×XA 408	0,25	0,34	0,08	-0,14	-0,26	0,29	0,56
XAP 144×UKY 23	0,25	-0,17	0,08	0,08	-0,08	0,78	0,94
UKY 20×UKY 10	-0,01	0,27	0,09	0,28	-1,46	-0,13	-0,96
UKY 20×XAP 152	-0,01	0,00	0,09	-0,24	-0,41	-0,03	-0,60
UKY 20×XAP 297	-0,01	-0,09	0,09	-0,52	-0,93	-0,50	-1,96
UKY 20×XAP 164	-0,01	0,23	0,09	0,58	-0,73	-0,41	-0,25
UKY 20×XA 412	-0,01	-0,97	0,09	-0,69	1,11	0,81	0,33
UKY 20×XA 408	-0,01	0,34	0,09	-0,14	0,41	-0,09	0,60
UKY 20×UKY 23	-0,01	-0,17	0,09	0,08	-0,33	-0,74	-1,09
UKY 10×XAP 152	0,27	0,00	0,28	-0,24	0,15	-0,20	0,26
UKY 10×XAP 297	0,27	-0,09	0,28	-0,52	1,62	0,95	2,52
UKY 10×XAP 164	0,27	0,23	0,28	0,58	1,30	0,19	2,84

Продовження додатку А6

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	0,27	-0,97	0,28	-0,69	0,26	-0,85	-1,69
UKY 10×XA 408	0,27	0,34	0,28	-0,14	1,08	0,01	1,85
UKY 10×UKY 23	0,27	-0,17	0,28	0,08	-1,36	0,09	-0,80
XAP 152×XAP 297	0,00	-0,09	-0,24	-0,52	1,05	1,24	1,45
XAP 152×XAP 164	0,00	0,23	-0,24	0,58	-0,02	-0,04	0,50
XAP 152×XA 412	0,00	-0,97	-0,24	-0,69	0,06	0,42	-1,42
XAP 152×XA 408	0,00	0,34	-0,24	-0,14	-1,02	-0,39	-1,44
XAP 152×UKY 23	0,00	-0,17	-0,24	0,08	-1,30	-1,68	-3,31
XAP 297×XAP 164	-0,09	0,23	-0,52	0,58	-0,87	-2,17	-2,84
XAP 297×XA 412	-0,09	-0,97	-0,52	-0,69	-0,06	-0,86	-3,19
XAP 297×XA 408	-0,09	0,34	-0,52	-0,14	0,47	0,79	0,86
XAP 297×UKY 23	-0,09	-0,17	-0,52	0,08	-0,18	0,78	-0,10
XAP 164×XA 412	0,23	-0,97	0,58	-0,69	-1,35	-0,73	-2,94
XAP 164×XA 408	0,23	0,34	0,58	-0,14	-0,26	0,79	1,54
XAP 164×UKY 23	0,23	-0,17	0,58	0,08	1,02	1,91	3,64
XA 412×XA 408	-0,97	0,34	-0,69	-0,14	-1,47	-1,37	-4,30
XA 412×UKY 23	-0,97	-0,17	-0,69	0,08	0,14	0,55	-1,06
XA 408×UKY 23	0,34	-0,17	-0,14	0,08	1,88	0,80	2,79

Додаток А7

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за вмістом олії, 2012 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	0,05	0,42	0,11	0,07	-0,22	0,02	0,44
UKY 12×ХАР 144	0,05	-0,25	0,11	0,35	0,06	-0,40	-0,07
UKY 12×UKY 20	0,05	0,38	0,11	-0,23	0,33	0,01	0,65
UKY 12×UKY 10	0,05	0,29	0,11	0,12	0,30	0,33	1,19
UKY 12×ХАР 152	0,05	-0,09	0,11	0,01	-0,03	-0,31	-0,26
UKY 12×ХАР 297	0,05	-0,19	0,11	0,03	0,19	0,16	0,34
UKY 12×ХАР 164	0,05	-0,41	0,11	-0,06	-0,14	-0,20	-0,64
UKY 12×ХА 412	0,05	-0,38	0,11	-0,13	-0,40	0,26	-0,48
UKY 12×ХА 408	0,05	-0,40	0,11	-0,13	0,14	-0,11	-0,34
UKY 12×UKY 23	0,05	0,58	0,11	-0,15	-0,22	0,24	0,59
UKY 1×ХАР 144	0,42	-0,25	0,07	0,35	0,06	-0,02	0,63
UKY 1×UKY 20	0,42	0,38	0,07	-0,23	-0,09	0,01	0,57
UKY 1×UKY 10	0,42	0,29	0,07	0,12	0,57	-0,32	1,15
UKY 1×ХАР 152	0,42	-0,09	0,07	0,01	-0,07	0,09	0,44
UKY 1×ХАР 297	0,42	-0,19	0,07	0,03	0,07	0,11	0,51
UKY 1×ХАР 164	0,42	-0,41	0,07	-0,06	-0,08	-0,25	-0,30
UKY 1×ХА 412	0,42	-0,38	0,07	-0,13	-0,18	-0,02	-0,21

Продовження додатку А7

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	0,42	-0,40	0,07	-0,13	0,03	0,31	0,31
UKY 1×UKY 23	0,42	0,58	0,07	-0,15	-0,08	0,07	0,90
XAP 144×UKY 20	-0,25	0,38	0,35	-0,23	0,75	0,09	1,10
XAP 144×UKY 10	-0,25	0,29	0,35	0,12	-1,16	0,76	0,10
XAP 144×XAP 152	-0,25	-0,09	0,35	0,01	-0,03	-0,64	-0,64
XAP 144×XAP 297	-0,25	-0,19	0,35	0,03	0,21	-0,41	-0,26
XAP 144×XAP 164	-0,25	-0,41	0,35	-0,06	-0,09	0,20	-0,25
XAP 144×XA 412	-0,25	-0,38	0,35	-0,13	0,13	0,15	-0,12
XAP 144×XA 408	-0,25	-0,40	0,35	-0,13	-0,16	0,64	0,05
XAP 144×UKY 23	-0,25	0,58	0,35	-0,15	0,25	-0,38	0,39
UKY 20×UKY 10	0,38	0,29	-0,23	0,12	-0,17	0,17	0,56
UKY 20×XAP 152	0,38	-0,09	-0,23	0,01	-0,45	0,24	-0,13
UKY 20×XAP 297	0,38	-0,19	-0,23	0,03	0,01	0,00	0,01
UKY 20×XAP 164	0,38	-0,41	-0,23	-0,06	-0,22	0,29	-0,24
UKY 20×XA 412	0,38	-0,38	-0,23	-0,13	0,25	-0,17	-0,27
UKY 20×XA 408	0,38	-0,40	-0,23	-0,13	-0,75	-0,74	-1,87
UKY 20×UKY 23	0,38	0,58	-0,23	-0,15	0,34	0,10	1,02
UKY 10×XAP 152	0,29	-0,09	0,12	0,01	-0,10	-0,16	0,07
UKY 10×XAP 297	0,29	-0,19	0,12	0,03	0,01	-0,49	-0,24
UKY 10×XAP 164	0,29	-0,41	0,12	-0,06	0,07	0,03	0,04

Продовження додатку А7

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	0,29	-0,38	0,12	-0,13	0,06	-0,04	-0,07
UKY 10×XA 408	0,29	-0,40	0,12	-0,13	0,33	-0,18	0,03
UKY 10×UKY 23	0,29	0,58	0,12	-0,15	0,10	-0,09	0,85
XAP 152×XAP 297	-0,09	-0,19	0,01	0,03	-0,12	0,11	-0,25
XAP 152×XAP 164	-0,09	-0,41	0,01	-0,06	0,41	0,04	-0,10
XAP 152×XA 412	-0,09	-0,38	0,01	-0,13	-0,21	0,15	-0,64
XAP 152×XA 408	-0,09	-0,40	0,01	-0,13	0,19	0,38	-0,04
XAP 152×UKY 23	-0,09	0,58	0,01	-0,15	0,40	0,10	0,84
XAP 297×XAP 164	-0,19	-0,41	0,03	-0,06	-0,17	0,07	-0,73
XAP 297×XA 412	-0,19	-0,38	0,03	-0,13	-0,04	0,19	-0,51
XAP 297×XA 408	-0,19	-0,40	0,03	-0,13	0,03	-0,15	-0,81
XAP 297×UKY 23	-0,19	0,58	0,03	-0,15	-0,19	0,41	0,48
XAP 164×XA 412	-0,41	-0,38	-0,06	-0,13	0,24	-0,06	-0,79
XAP 164×XA 408	-0,41	-0,40	-0,06	-0,13	0,19	0,25	-0,56
XAP 164×UKY 23	-0,41	0,58	-0,06	-0,15	-0,20	-0,36	-0,60
XA 412×XA 408	-0,38	-0,40	-0,13	-0,13	0,26	-0,37	-1,14
XA 412×UKY 23	-0,38	0,58	-0,13	-0,15	-0,12	-0,08	-0,28
XA 408×UKY 23	-0,40	0,58	-0,13	-0,15	-0,26	-0,02	-0,39

Додаток А8

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за вмістом олії, 2013 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	0,05	0,42	-0,11	-0,07	-0,22	-0,02	0,04
UKY 12×ХАР 144	0,05	-0,25	-0,11	-0,35	0,06	0,40	-0,21
UKY 12×UKY 20	0,05	0,38	-0,11	0,23	0,33	-0,01	0,86
UKY 12×UKY 10	0,05	0,29	-0,11	-0,12	0,30	-0,33	0,08
UKY 12×ХАР 152	0,05	-0,09	-0,11	-0,01	-0,03	0,31	0,12
UKY 12×ХАР 297	0,05	-0,19	-0,11	-0,03	0,19	-0,16	-0,26
UKY 12×ХАР 164	0,05	-0,41	-0,11	0,06	-0,14	0,20	-0,35
UKY 12×ХА 412	0,05	-0,38	-0,11	0,13	-0,40	-0,26	-0,97
UKY 12×ХА 408	0,05	-0,40	-0,11	0,13	0,14	0,11	-0,09
UKY 12×UKY 23	0,05	0,58	-0,11	0,15	-0,22	-0,24	0,20
UKY 1×ХАР 144	0,42	-0,25	-0,07	-0,35	0,06	0,02	-0,18
UKY 1×UKY 20	0,42	0,38	-0,07	0,23	-0,09	-0,01	0,85
UKY 1×UKY 10	0,42	0,29	-0,07	-0,12	0,57	0,32	1,42
UKY 1×ХАР 152	0,42	-0,09	-0,07	-0,01	-0,07	-0,09	0,09
UKY 1×ХАР 297	0,42	-0,19	-0,07	-0,03	0,07	-0,11	0,08
UKY 1×ХАР 164	0,42	-0,41	-0,07	0,06	-0,08	0,25	0,17
UKY 1×ХА 412	0,42	-0,38	-0,07	0,13	-0,18	0,02	-0,06

Продовження додатку А8

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	0,42	-0,40	-0,07	0,13	0,03	-0,31	-0,20
UKY 1×UKY 23	0,42	0,58	-0,07	0,15	-0,08	-0,07	0,92
XAP 144×UKY 20	-0,25	0,38	-0,35	0,23	0,75	-0,09	0,66
XAP 144×UKY 10	-0,25	0,29	-0,35	-0,12	-1,16	-0,76	-2,35
XAP 144×XAP 152	-0,25	-0,09	-0,35	-0,01	-0,03	0,64	-0,10
XAP 144×XAP 297	-0,25	-0,19	-0,35	-0,03	0,21	0,41	-0,22
XAP 144×XAP 164	-0,25	-0,41	-0,35	0,06	-0,09	-0,20	-1,25
XAP 144×XA 412	-0,25	-0,38	-0,35	0,13	0,13	-0,15	-0,87
XAP 144×XA 408	-0,25	-0,40	-0,35	0,13	-0,16	-0,64	-1,67
XAP 144×UKY 23	-0,25	0,58	-0,35	0,15	0,25	0,38	0,75
UKY 20×UKY 10	0,38	0,29	0,23	-0,12	-0,17	-0,17	0,45
UKY 20×XAP 152	0,38	-0,09	0,23	-0,01	-0,45	-0,24	-0,18
UKY 20×XAP 297	0,38	-0,19	0,23	-0,03	0,01	0,00	0,40
UKY 20×XAP 164	0,38	-0,41	0,23	0,06	-0,22	-0,29	-0,25
UKY 20×XA 412	0,38	-0,38	0,23	0,13	0,25	0,17	0,78
UKY 20×XA 408	0,38	-0,40	0,23	0,13	-0,75	0,74	0,33
UKY 20×UKY 23	0,38	0,58	0,23	0,15	0,34	-0,10	1,58
UKY 10×XAP 152	0,29	-0,09	-0,12	-0,01	-0,10	0,16	0,14
UKY 10×XAP 297	0,29	-0,19	-0,12	-0,03	0,01	0,49	0,45
UKY 10×XAP 164	0,29	-0,41	-0,12	0,06	0,07	-0,03	-0,13

Продовження додатку А8

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	0,29	-0,38	-0,12	0,13	0,06	0,04	0,03
UKY 10×XA 408	0,29	-0,40	-0,12	0,13	0,33	0,18	0,43
UKY 10×UKY 23	0,29	0,58	-0,12	0,15	0,10	0,09	1,10
XAP 152×XAP 297	-0,09	-0,19	-0,01	-0,03	-0,12	-0,11	-0,56
XAP 152×XAP 164	-0,09	-0,41	-0,01	0,06	0,41	-0,04	-0,07
XAP 152×XA 412	-0,09	-0,38	-0,01	0,13	-0,21	-0,15	-0,70
XAP 152×XA 408	-0,09	-0,40	-0,01	0,13	0,19	-0,38	-0,55
XAP 152×UKY 23	-0,09	0,58	-0,01	0,15	0,40	-0,10	0,92
XAP 297×XAP 164	-0,19	-0,41	-0,03	0,06	-0,17	-0,07	-0,81
XAP 297×XA 412	-0,19	-0,38	-0,03	0,13	-0,04	-0,19	-0,70
XAP 297×XA 408	-0,19	-0,40	-0,03	0,13	0,03	0,15	-0,31
XAP 297×UKY 23	-0,19	0,58	-0,03	0,15	-0,19	-0,41	-0,09
XAP 164×XA 412	-0,41	-0,38	0,06	0,13	0,24	0,06	-0,29
XAP 164×XA 408	-0,41	-0,40	0,06	0,13	0,19	-0,25	-0,67
XAP 164×UKY 23	-0,41	0,58	0,06	0,15	-0,20	0,36	0,53
XA 412×XA 408	-0,38	-0,40	0,13	0,13	0,26	0,37	0,12
XA 412×UKY 23	-0,38	0,58	0,13	0,15	-0,12	0,08	0,44
XA 408×UKY 23	-0,40	0,58	0,13	0,15	-0,26	0,02	0,22

Додаток А9

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за вмістом крохмалю, 2012 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	0,01	-0,65	-0,06	-0,23	0,29	-0,29	-0,94
UKY 12×ХАР 144	0,01	0,61	-0,06	-0,14	1,03	0,15	1,59
UKY 12×UKY 20	0,01	-0,40	-0,06	0,28	0,84	-2,65	-1,98
UKY 12×UKY 10	0,01	-0,80	-0,06	0,14	-0,73	2,09	0,64
UKY 12×ХАР 152	0,01	0,49	-0,06	0,13	-1,46	-1,74	-2,64
UKY 12×ХАР 297	0,01	0,20	-0,06	-0,78	1,58	2,21	3,15
UKY 12×ХАР 164	0,01	0,22	-0,06	0,52	-0,07	-0,77	-0,16
UKY 12×ХА 412	0,01	1,65	-0,06	-0,16	-2,37	3,77	2,83
UKY 12×ХА 408	0,01	-0,53	-0,06	-0,14	2,04	-2,09	-0,77
UKY 12×UKY 23	0,01	-0,78	-0,06	0,44	-1,13	-0,69	-2,23
UKY 1×ХАР 144	-0,65	0,61	-0,23	-0,14	-0,80	0,16	-1,05
UKY 1×UKY 20	-0,65	-0,40	-0,23	0,28	-1,30	-0,64	-2,93
UKY 1×UKY 10	-0,65	-0,80	-0,23	0,14	1,27	1,92	1,65
UKY 1×ХАР 152	-0,65	0,49	-0,23	0,13	1,52	-2,99	-1,74
UKY 1×ХАР 297	-0,65	0,20	-0,23	-0,78	-0,43	-0,53	-2,41
UKY 1×ХАР 164	-0,65	0,22	-0,23	0,52	-0,10	-0,82	-1,06
UKY 1×ХА 412	-0,65	1,65	-0,23	-0,16	-0,74	2,56	2,43

Продовження додатку А9

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	-0,65	-0,53	-0,23	-0,14	-0,17	0,32	-1,40
UKY 1×UKY 23	-0,65	-0,78	-0,23	0,44	0,47	0,31	-0,45
XAP 144×UKY 20	0,61	-0,40	-0,14	0,28	-0,86	1,94	1,42
XAP 144×UKY 10	0,61	-0,80	-0,14	0,14	-0,33	-0,09	-0,62
XAP 144×XAP 152	0,61	0,49	-0,14	0,13	-2,00	3,18	2,27
XAP 144×XAP 297	0,61	0,20	-0,14	-0,78	-0,10	-0,64	-0,85
XAP 144×XAP 164	0,61	0,22	-0,14	0,52	1,13	-0,55	1,79
XAP 144×XA 412	0,61	1,65	-0,14	-0,16	0,80	-3,32	-0,57
XAP 144×XA 408	0,61	-0,53	-0,14	-0,14	1,45	0,78	2,02
XAP 144×UKY 23	0,61	-0,78	-0,14	0,44	-0,31	-1,62	-1,82
UKY 20×UKY 10	-0,40	-0,80	0,28	0,14	3,02	-0,65	1,58
UKY 20×XAP 152	-0,40	0,49	0,28	0,13	-0,46	2,24	2,28
UKY 20×XAP 297	-0,40	0,20	0,28	-0,78	1,77	-1,53	-0,45
UKY 20×XAP 164	-0,40	0,22	0,28	0,52	0,61	1,66	2,89
UKY 20×XA 412	-0,40	1,65	0,28	-0,16	-1,32	-1,28	-1,23
UKY 20×XA 408	-0,40	-0,53	0,28	-0,14	-0,71	1,76	0,27
UKY 20×UKY 23	-0,40	-0,78	0,28	0,44	-1,58	-0,86	-2,90
UKY 10×XAP 152	-0,80	0,49	0,14	0,13	-0,38	-1,33	-1,75
UKY 10×XAP 297	-0,80	0,20	0,14	-0,78	-3,76	0,85	-4,14
UKY 10×XAP 164	-0,80	0,22	0,14	0,52	-1,47	-1,18	-2,58

Продовження додатку А9

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	-0,80	1,65	0,14	-0,16	0,44	-0,27	0,99
UKY 10×XA 408	-0,80	-0,53	0,14	-0,14	-0,51	-2,38	-4,22
UKY 10×UKY 23	-0,80	-0,78	0,14	0,44	2,45	1,04	2,48
XAP 152×XAP 297	0,49	0,20	0,13	-0,78	-0,72	2,28	1,61
XAP 152×XAP 164	0,49	0,22	0,13	0,52	-1,02	-1,30	-0,96
XAP 152×XA 412	0,49	1,65	0,13	-0,16	0,49	0,83	3,43
XAP 152×XA 408	0,49	-0,53	0,13	-0,14	0,77	-0,70	0,02
XAP 152×UKY 23	0,49	-0,78	0,13	0,44	3,25	-0,47	3,06
XAP 297×XAP 164	0,20	0,22	-0,78	0,52	1,02	-1,13	0,05
XAP 297×XA 412	0,20	1,65	-0,78	-0,16	1,39	-0,95	1,35
XAP 297×XA 408	0,20	-0,53	-0,78	-0,14	-0,26	1,31	-0,19
XAP 297×UKY 23	0,20	-0,78	-0,78	0,44	-0,48	-1,87	-3,28
XAP 164×XA 412	0,22	1,65	0,52	-0,16	0,02	-0,56	1,68
XAP 164×XA 408	0,22	-0,53	0,52	-0,14	0,52	2,46	3,05
XAP 164×UKY 23	0,22	-0,78	0,52	0,44	-0,65	2,19	1,93
XA 412×XA 408	1,65	-0,53	-0,16	-0,14	0,09	-2,10	-1,18
XA 412×UKY 23	1,65	-0,78	-0,16	0,44	1,21	1,32	3,67
XA 408×UKY 23	-0,53	-0,78	-0,14	0,44	-3,22	0,65	-3,59

Додаток А10

Структура генотипового ефекту гібридів кукурудзи за вмістом крохмалю, 2013 р.

Гібрид	ЗКЗ♀	ЗКЗ♂	ЗКЗ♀ x рік	ЗКЗ♂ x рік	СКЗ	СКЗ x рік	Генотиповий ефект
1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 12×UKY 1	0,01	-0,65	0,06	0,23	0,29	0,29	0,22
UKY 12×ХАР 144	0,01	0,61	0,06	0,14	1,03	-0,15	1,70
UKY 12×UKY 20	0,01	-0,40	0,06	-0,28	0,84	2,65	2,86
UKY 12×UKY 10	0,01	-0,80	0,06	-0,14	-0,73	-2,09	-3,70
UKY 12×ХАР 152	0,01	0,49	0,06	-0,13	-1,46	1,74	0,72
UKY 12×ХАР 297	0,01	0,20	0,06	0,78	1,58	-2,21	0,42
UKY 12×ХАР 164	0,01	0,22	0,06	-0,52	-0,07	0,77	0,46
UKY 12×ХА 412	0,01	1,65	0,06	0,16	-2,37	-3,77	-4,27
UKY 12×ХА 408	0,01	-0,53	0,06	0,14	2,04	2,09	3,80
UKY 12×UKY 23	0,01	-0,78	0,06	-0,44	-1,13	0,69	-1,60
UKY 1×ХАР 144	-0,65	0,61	0,23	0,14	-0,80	-0,16	-0,63
UKY 1×UKY 20	-0,65	-0,40	0,23	-0,28	-1,30	0,64	-1,77
UKY 1×UKY 10	-0,65	-0,80	0,23	-0,14	1,27	-1,92	-2,01
UKY 1×ХАР 152	-0,65	0,49	0,23	-0,13	1,52	2,99	4,46
UKY 1×ХАР 297	-0,65	0,20	0,23	0,78	-0,43	0,53	0,65
UKY 1×ХАР 164	-0,65	0,22	0,23	-0,52	-0,10	0,82	-0,01
UKY 1×ХА 412	-0,65	1,65	0,23	0,16	-0,74	-2,56	-1,91

Продовження додатку А10

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 1×XA 408	-0,65	-0,53	0,23	0,14	-0,17	-0,32	-1,30
UKY 1×UKY 23	-0,65	-0,78	0,23	-0,44	0,47	-0,31	-1,48
XAP 144×UKY 20	0,61	-0,40	0,14	-0,28	-0,86	-1,94	-2,74
XAP 144×UKY 10	0,61	-0,80	0,14	-0,14	-0,33	0,09	-0,43
XAP 144×XAP 152	0,61	0,49	0,14	-0,13	-2,00	-3,18	-4,06
XAP 144×XAP 297	0,61	0,20	0,14	0,78	-0,10	0,64	2,26
XAP 144×XAP 164	0,61	0,22	0,14	-0,52	1,13	0,55	2,13
XAP 144×XA 412	0,61	1,65	0,14	0,16	0,80	3,32	6,67
XAP 144×XA 408	0,61	-0,53	0,14	0,14	1,45	-0,78	1,02
XAP 144×UKY 23	0,61	-0,78	0,14	-0,44	-0,31	1,62	0,84
UKY 20×UKY 10	-0,40	-0,80	-0,28	-0,14	3,02	0,65	2,04
UKY 20×XAP 152	-0,40	0,49	-0,28	-0,13	-0,46	-2,24	-3,02
UKY 20×XAP 297	-0,40	0,20	-0,28	0,78	1,77	1,53	3,59
UKY 20×XAP 164	-0,40	0,22	-0,28	-0,52	0,61	-1,66	-2,04
UKY 20×XA 412	-0,40	1,65	-0,28	0,16	-1,32	1,28	1,09
UKY 20×XA 408	-0,40	-0,53	-0,28	0,14	-0,71	-1,76	-3,54
UKY 20×UKY 23	-0,40	-0,78	-0,28	-0,44	-1,58	0,86	-2,63
UKY 10×XAP 152	-0,80	0,49	-0,14	-0,13	-0,38	1,33	0,38
UKY 10×XAP 297	-0,80	0,20	-0,14	0,78	-3,76	-0,85	-4,58
UKY 10×XAP 164	-0,80	0,22	-0,14	-0,52	-1,47	1,18	-1,53

Продовження додатку А10

1	2	3	4	5	6	7	8
UKY 10×XA 412	-0,80	1,65	-0,14	0,16	0,44	0,27	1,57
UKY 10×XA 408	-0,80	-0,53	-0,14	0,14	-0,51	2,38	0,54
UKY 10×UKY 23	-0,80	-0,78	-0,14	-0,44	2,45	-1,04	-0,76
XAP 152×XAP 297	0,49	0,20	-0,13	0,78	-0,72	-2,28	-1,64
XAP 152×XAP 164	0,49	0,22	-0,13	-0,52	-1,02	1,30	0,34
XAP 152×XA 412	0,49	1,65	-0,13	0,16	0,49	-0,83	1,84
XAP 152×XA 408	0,49	-0,53	-0,13	0,14	0,77	0,70	1,45
XAP 152×UKY 23	0,49	-0,78	-0,13	-0,44	3,25	0,47	2,87
XAP 297×XAP 164	0,20	0,22	0,78	-0,52	1,02	1,13	2,83
XAP 297×XA 412	0,20	1,65	0,78	0,16	1,39	0,95	5,12
XAP 297×XA 408	0,20	-0,53	0,78	0,14	-0,26	-1,31	-0,98
XAP 297×UKY 23	0,20	-0,78	0,78	-0,44	-0,48	1,87	1,15
XAP 164×XA 412	0,22	1,65	-0,52	0,16	0,02	0,56	2,08
XAP 164×XA 408	0,22	-0,53	-0,52	0,14	0,52	-2,46	-2,63
XAP 164×UKY 23	0,22	-0,78	-0,52	-0,44	-0,65	-2,19	-4,35
XA 412×XA 408	1,65	-0,53	0,16	0,14	0,09	2,10	3,61
XA 412×UKY 23	1,65	-0,78	0,16	-0,44	1,21	-1,32	0,47
XA 408×UKY 23	-0,53	-0,78	0,14	-0,44	-3,22	-0,65	-5,47

Додаток Б1




**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ
ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ**

СВІДОЦТВО

№ 170663

**ПРО АВТОРСТВО
НА СОРТ РОСЛИН**

Зоряний
назва сорту

Кукурудза звичайна
Zea mays L.
ботанічний таксон

Заявка № 14009124

Автор(и):

Козубенко Леонід Васильович	Чернобай Лариса Миколаївна
Сікалова Олена Валентинівна	Барсуков Ігор Петрович
Камішан Таїсія Петрівна	Івлева Тетяна Володимирівна
Деркач Ірина Борисівна	Китайова Світлана Сергіївна
Понуренко Сергій Геннадійович	Музафаров Наїль Мінієрович
Овсєннікова Наталія Станіславівна	

Директор Департаменту аграрної
політики та сільського господарства  **В. Топчій**

Додаток Б2



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ
ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

№ 170661

**ПРО АВТОРСТВО
НА СОРТ РОСЛИН**

Мавка
назва сорту

Кукурудзя звичайна
Zea mays L.
ботанічний таксон

Заявка № 14009120

Автор(и):

Козубенко Леонід Васильович	Чернобай Лариса Миколаївн
Сікалова Олена Валентинівна	Барсуков Ігор Петрович
Камишан Таїсія Петрівна	Івлева Тетяна Володимирівна
Деркач Ірина Борисівна	Китайова Світлана Сергіївна
Понуренко Сергій Геннадійович	Музафаров Наїль Мініярович
Овсєннікова Наталія Станіславівна	

Директор Департаменту аграрної
політики та сільського господарства  В. Топчій

Додаток БЗ




МІНІСТЕРСТВО
РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ,
ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

№ 210377

ПРО АВТОРСТВО НА СОРТ РОСЛИН

Вектор
назва сорту
Кукурудза звичайна
Zea mays L.
ботанічний таксон

Заявка № **19009010**

Автор(и):

Козубенко Леонід Васильович	Чернобай Лариса Миколаївна
Барсуков Ігор Петрович	Сікалова Олена Валентинівна
Музафаров Наїль Мініярович	Понуренко Сергій Геннадійович
Деркач Ірина Борисівна	Кузьмишина Наталія Василівна
Бібель Юлія Олександрівна	Капустян Марина Вікторівна
Буряк Сергій Юрійович	

Директор Департаменту
аграрної політики



Денис ПАЛАМАРЧУК

Додаток Б4



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ
ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

№ 170662

ПРО АВТОРСТВО НА СОРТ РОСЛИН

Дарунок

назва сорту

Кукурудза звичайна

Zea mays L.

ботанічний таксон

Заявка № 14009122

Автор(и):

Козубенко Леонід
Васильович

Сікалова Олена
Валентинівна

Камншан Таїсія Петрівна

Деркач Ірина Борисівна

Понуренко Сергій
Генадійович

Овсєннікова Наталія
Станіславівна

Чернобай Лариса Миколаївна

Бареуков Ігор Петрович

Івлева Тетяна
Володимирівна

Китайова Світлана Сергіївна

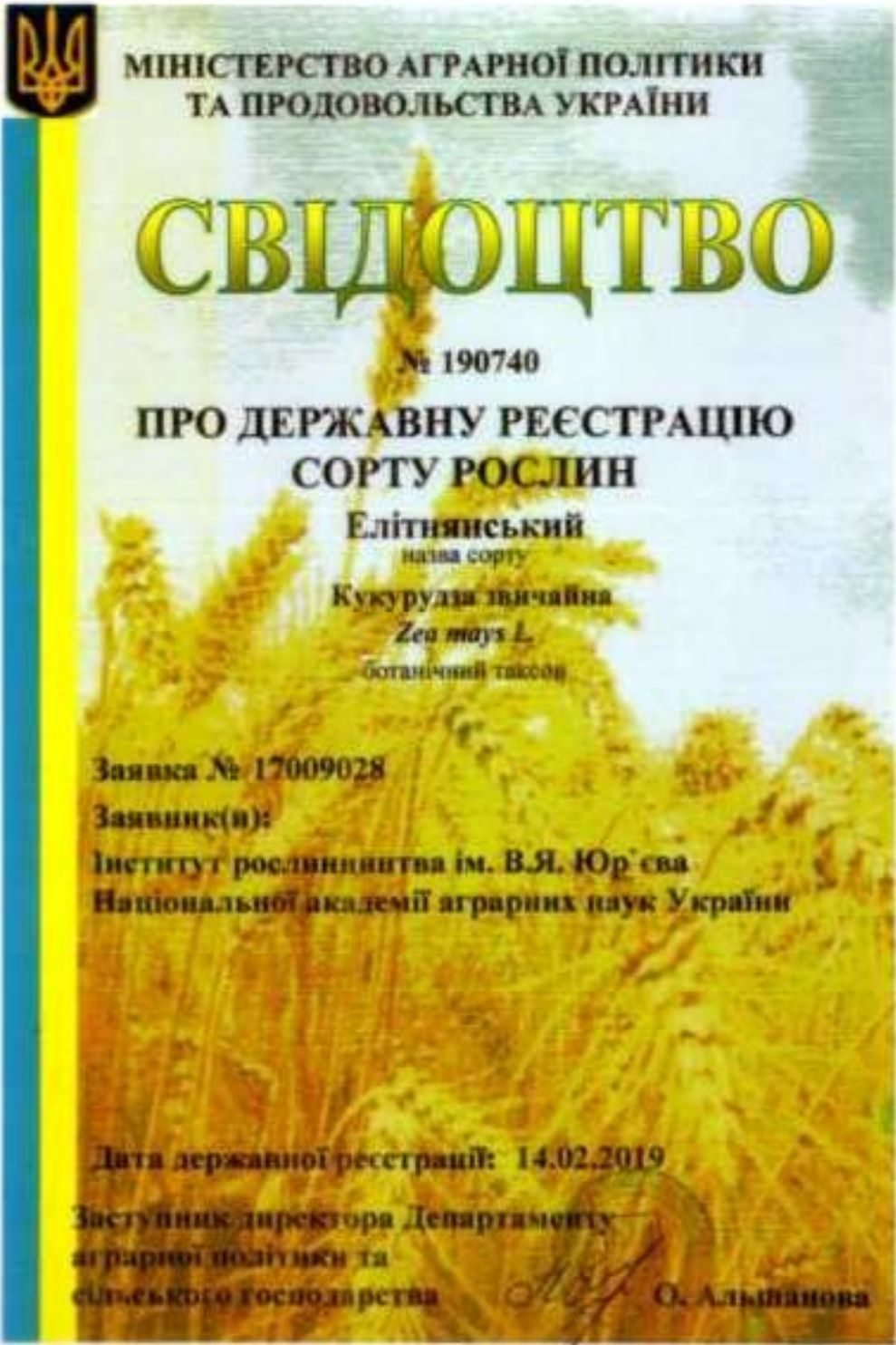
Музафаров Наїль
Мініярович


Директор Департаменту аграрної
політики та сільського господарства



В. Топчій

Додаток Б5



 **МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ
ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ**

СВІДОЦТВО


№ 190740

ПРО ДЕРЖАВНУ РЕЄСТРАЦІЮ СОРТУ РОСЛИН


Елітнянський
назва сорту
Кукурудза звичайна
Zea mays L.
ботанічний таксон

Заявка № 17009028
Заявник(и):
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Дата державної реєстрації: 14.02.2019


Заступник директора Департаменту
аграрної політики та
сільського господарства  О. Алышанова

Додаток Б6


МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ
ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
СВІДОЦТВО
№ 180810
ПРО ДЕРЖАВНУ РЕЄСТРАЦІЮ
СОРТУ РОСЛИН
Гопак
назва сорту
Кукурудза звичайна
Zea mays L.
ботанічний таксон

Заявка № 14009121
Заявник(и):
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Дата державної реєстрації: 18.04.2018

Директор Департаменту аграрної політики
та сільського господарства  В. Гончій

Додаток Б7

ВХОДЯЩИЙ № 626
29.03.21

МІНЕКОНОМІКИ
УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН
УІЕСР

вул. Генерала Родімцева, 15, Київ, 03041,
тел.: (044) 258 34 56, факс: (044) 257 99 63
e-mail: sops@sops.gov.ua, web: sops.gov.ua
код ЄДРПОУ: 00488332

10.03.2021 № 45-4-10-1/572

На _____ від _____

Інститут рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва Національної
академії аграрних наук України
пр. Московський, 142, м. Харків,
61060

Український інститут експертизи сортів рослин розглянув звернення від 11.03.2021 № 1/2а-18/148 щодо підтвердження співавторства Понуренка Сергія Геннадійовича та в межах компетенції повідомляє наступне.

Відповідно до інформації, наведеній у документах заявки на сорти кукурудзи звичайної Ставр (заявка № 17009218, дата подання 29.12.2017), Любчик (заявка № 17009219, дата подання 29.12.2017), Болід (заявка № 19009009, дата подання 03.01.2019), Вектор (заявка № 19009010, дата подання 03.01.2019), Новатор (заявка № 19009214, дата подання 26.12.2019), Гарт (заявка № 21009016, дата подання 25.01.2021), Арго (заявка № 21009013, дата подання 21.01.2021) Понуренко Сергій Геннадійович є співавтором вищезазначених сортів.

Відповідно до статті 8 Закону України "Про охорону прав на сорти рослин" свідоцтва про авторство на сорти рослин видає Компетентний орган – Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

Директор

С.І. Мельник

Додаток В1

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

**про реєстрацію колекції
генофонду рослин в Україні**

№ 114

На підставі повноважень, наданих Українською академією аграрних наук, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видає це свідоцтво на спеціальну колекцію генофонду самозатвердіння ліній кукурудзи з генетично біохімічно складу зерна що включає 168 зразків. Зразки колекції походять з 1 України.

Автор(и): Тимчук С.М., Нудьшишина Н.В., Степанови В.Т., Вайченко С.М., Гладков В.В., Тимчук В.М., Діденко С.Н., Школенко І.А., Дербізова О.М., Похуренко С.Т.

Заявник(и): Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААНУ

Запит № 000235 від "24" 01. 2011 р.

Дата видачі свідоцтва 18 лютого 2011 р.

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України В.К.Рябчун

М.П.
В.К.Рябчун



Додаток В2

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію колекції
генофонду рослин в Україні

№ 197

На підставі повноважень, наданих Українською академією аграрних наук, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видає це свідоцтво на робочу колекцію генофонду кукурудзи ліній за підвищеною масою 1000 зерен, що включає 109 зразків. Зразки колекції походять з України.

Автор(и): Чертовай А.М., Сікалова О.В., Овсяннікова Н.С., Покурець С.Т., Китайова Є.С.

Заявник(и): Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 000061 від 18 грудня 2014 р.


Дата видачі свідоцтва 04 грудня 2015 р.

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України  **В.К.Рябчун**



Додаток В3

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію колекції
генофонду рослин в Україні

№ 198

На підставі повноважень, наданих Українською академією аграрних наук, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видає це свідоцтво на робочу колекцію генофонду кукурудзи ліній за продуктивністю, що включає 99 зразків. Зразки колекції походять з 1 країни.

Автор(и): Чернобай А.М., Сікалова О.В., Овсяннікова Т.С., Покуренко С.Т., Китайова С.С., Капустян М.В.

Заявник(и): Інститут рослинництва ім.В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 000062 від 18 грудня 2014 р.

Дата видачі свідоцтва 04 грудня 2015 р.

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України  В.К.Рябун



Додаток В4

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію колекції
генофонду рослин в Україні

№ 199

На підставі повноважень, наданих Українською академією аграрних наук, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видає це свідоцтво на робочу колекцію генофонду кукурудзи ліній за багатояридністю качана, що включає 135 зразків. Зразки колекції походять з 1 країн.

Автор(и): Чертобай А.М., Сікалова О.В., Овсянникова Л.С., Понуренко С.Т., Китайова С.С.

Заявник(и): Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 000081 від 18 грудня 2014 р.

Дата видачі свідоцтва 04 грудня 2015 р.

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України  В.К.Рябун



Додаток В5

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію колекції
генофонду рослин в Україні

№ 200

На підставі повноважень, наданих Українською академією аграрних наук, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видає це свідоцтво на робочу колекцію генофонду кукурудзи ліній за довжиною калана, що включає 135 зразків. Зразки колекції походять з 1 країн.

Автор(и): Чертобай Л.М., Сікалова О.В., Овсєннікова Л.С., Понуренко С.Г., Китайова С.С., Катустян М.В.

Заявник(и): Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 000082 від 18 грудня 2014 р.

Дата видачі свідоцтва 04 грудня 2015 р.

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України


В.К.Рябчун

Додаток Г1

**Інститут рослинництва
імені В. Я. Юр'єва НААН
Національний центр генетичних
ресурсів рослин України**
НЦГРРУ, Московський просп., 142
Харків, 61060, Україна
телефон: +38 057 3921033
e-mail: ncpgru@gmail.com



**Plant Production Institute
named after V.Ya. Yuriev of NAAS
National Centre for Plant Genetic
Resources of Ukraine**
NCPGRU, 142 Moskovskiyi Ave.,
Kharkiv, 61060, Ukraine,
phone: +38 057 3921033
e-mail: ncpgru@gmail.com

Довідка № 376

від 17 березня 2021 р.

науковому співробітнику лабораторії селекції та насінництва кукурудзи

Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН

Понуренку Сергію Геннадійовичу

про те, що при виконанні дисертаційної роботи ним виділено 17 самозапилених ліній за комплексом цінних господарських ознак: Харківська 246 UB0108144, ХА 408 UB0108984, Харківська 665 UB0108141, УХ 877 UB0108139 (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 1200-1203 від 12.09.2014 р.) і УХЛ 226, інцухт-лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 001216 від 16.10.2014); кукурудза цукрова СЕ 401 (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000647 від 14.01.2010); кукурудза цукрова МС 401, лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000644 від 14.01.2010); БЛ 13, лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000648 від 14.01.2010); кукурудза цукрова АС 37, лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000645 від 14.01.2010); кукурудза цукрова SS 325, лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000646 від 14.01.2010); кукурудза ВК 69, лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000643 від 14.01.2010); кукурудза АЕ 392, лінія (свідоцтво про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 000649 від 14.01.2010).

Ці лінії зареєстровані в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України і включені до Національного генбанку України.

Заступник директора
з наукової роботи
з генетичними ресурсами



В. К. Рябчун

Додаток Г2



Національна академія аграрних наук України
ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

сел. Наддніпрянське, м. Херсон, 73483 тел./факс (0552) 36-24-40, тел. 36-11-96
e-mail: izz.ua@ukr.net Код ЄДРПОУ 00497242

N232 Від 29.03 2021 року

ДОВІДКА

про використання наукових розробок

Видана **Понуренку Сергію Геннадійовичу**, науковому співробітнику лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН в тому, що при виконанні дисертаційної роботи ним в співавторстві виділено високопродуктивні селекційно-цінні лінії: ХА 308 М, Харківська 210 М, Харківська 341 М, Харківська 126 ЗМ, Харківська 215 ЗМ, Харківська 402 ЗМ, Харківська 418 МВ, Харківська 155 МВ, які мають високий селекційний та виробничий потенціал в зрошуваних умовах півдня України.

Довідка подана за місцем захисту дисертації.

Доктор с.-г. наук, професор,
академік НААН,
Директор Інституту



[Signature]
Вожегова Р.А.

Доктор с.-г. наук, професор,
головний науковий співробітник
відділу селекції

[Signature]
Лавриненко Ю.О.

Додаток ГЗ



СИНЕЛЬНИКІВСЬКА СЕЛЕКЦІЙНО – ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
 ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ ІНСТИТУТУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
 НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

код за ЄДРПОУ 24421226	52523
П/р №UA08305299000026007060734141	с. Раївка
МФО 305299	Синельниківського р-ну
АТ КБ "Приват Банк" м. Дніпро	Дніпропетровської обл.
тел/факс (05663)46728	вул. Бугаська, буд. №3
ПІН 244212204296	
Св-во №200103441	
Ел.адреса Sinefnikovs@ukr.net	

Вих. № 25/ від 25.03 2021р.

АКТ

про провадження результатів дисертаційних досліджень

Складений у тому, що науковим співробітником лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН Понуренко Сергієм Геннадійовичем передано в 2008 рр. в лабораторію селекції гібридів кукурудзи харчового напрямку використання ДУ Інститут зернових культур на Синельниківську селекційно-дослідну станцію самозапилені лінії кукурудзи носії ендоспермальної мутації *su 1*: МС 401, МС 233, МС 236, МС 248, МС 722, МС 257, МС 260, МС 263, МС 713, МС 11, МС 719, МС 30, МС 58, МС 68, МС 73, МС 75, МС 266. Вказані лінії кукурудзи характеризуються низкою цінних агрономічних ознак, а саме: продуктивність від 48 до 90 г зерна з рослини, кількість зерен на качані від 240 до 617 шт., маса 1000 зерен від 130 до 247 г, а також мають достатні рівні біохімічних ознак якості зерна для селекції цукрової кукурудзи (вміст вільних цукрів від 5,2 до 5,9 %, водорозчинних полісахаридів від 21,3 до 23,1 %, білку від 11,2 до 15,5 %, крохмало від 36,8 до 38,5 %).

Ці лінії є селекційно цінними і використані для створення високопродуктивних гібридів включених у контрольний розсадник.

Директор
Синельниківської СДС



Л.Г. Максимова

Додаток Г4



СИНЕЛЬНИКІВСЬКА СЕЛЕКЦІЙНО – ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
 ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ ІНСТИТУТУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
 НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

код за ЄДРПОУ 24421226	52523
Пр №UA08305299000026007060734141	с.Райка
МФО 305299	Синельниківського р-ну
АТ КБ "Приват Банк" м. Дніпро	Дніпропетровської обл.
тел/факс (05663)46728	вул. Бугаєнка, буд. №3
ПІН 244212204296	
Св-во №200103441	
Ел.адреса Sinelnikovo-s@ukr.net	

Вих. № 252 від 25.03 2021р.

АКТ

про провадження результатів дисертаційних досліджень

Складений у тому, що науковим співробітником лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН Понуренко Сергієм Генадійовичем передано в 2008 рр. в лабораторію селекції гібридів кукурудзи харчового напрямку використання ДУ Інститут зернових культур на Синельниківську селекційно-дослідну станцію самозапилені ліній кукурудзи носії ендоспермальної мутації se: SE 393, SE 405, SE 406, SE 409, SE 412, SE 416, SE 399, SE 408, SE 413, SE 396, SE 397, SE 415, SE 414, SE 406 Б, SE 401.

Вказані лінії кукурудзи характеризуються низкою цінних агрономічних ознак, а саме: продуктивність від 41 до 107 г зерна з рослини, кількість зерен на качані від 284 до 513 шт., маса 1000 зерен від 93 до 240 г, а також мають достатні рівні біохімічних ознак якості зерна для селекції цукрової кукурудзи (вміст вільних цукрів від 5,8 до 6,8 %, водорозчинних полісахаридів від 19,5 до 22,5 %, білку від 13,1 до 15,2 %, крохмалю від 35,2 до 37,5 %).

Ці лінії є селекційно цінними і використані для створення високопродуктивних гібридів включених у контрольний розсадник.

Директор
Синельниківської СДС



Л.Г. Максимова

Додаток Г5



СИНЕЛЬНИКІВСЬКА СЕЛЕКЦІЙНО – ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ
 ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ ІНСТИТУТУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
 НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

код за ЄДРПОУ 24421226	52523
Пр №UA08305299000026007060734141	с.Райка
МФО 305299	Синельниківського р-ну
АТ КБ "Приват Банк" м. Дніпро	Дніпропетровської обл.
тел/факс (05663)46728	вул. Бугаська, буд. №3
ПІН 244212204296	
Св-во №200103441	
Ел.адреса Sinefnikovo-s@ukr.net	

Вих. № 43 від 26.03 2021р.

АКТ

про провадження результатів дисертаційних досліджень

Складений у тому, що науковим співробітником лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН Понуренко Сергієм Геннадійовичем передано в 2008 рр. в лабораторію селекції гібридів кукурудзи харчового напрямку використання ДУ Інститут зернових культур на Синельниківську селекційно-дослідну станцію самозапилені лінії кукурудзи носії ендоспермальної мутації **sh 2**: SS 321, SS 325, SS 327, SS 329, SS 331, SS 332, SS 272, SS 308, SS 310, SS 312, SS 385, SS 42, SS 65, SS 387, SS 390, SS 386, SS 398, SS 66, SS 41, SS 47, SS 54, SS 55, SS 566.

Вказані лінії кукурудзи характеризуються низкою цінних агрономічних ознак, а саме: продуктивність від 53 до 88 г зерна з рослини, кількість зерен на качані від 261 до 574 шт., маса 1000 зерен від 100 до 200 г, а також мають достатні рівні біохімічних ознак якості зерна для селекції цукрової кукурудзи (вміст вільних цукрів від 6,1 до 7,2 %, водорозчинних полісахаридів від 0,6 до 0,9 %, білку від 13,8 до 16,7 %, крохмалю від 39,0 до 42,1 %).

Ці лінії є селекційно цінними і використані для створення високопродуктивних гібридів включених у контрольний розсадник.

Директор
Синельниківської СДС



Л.Г. Максимова

Додаток Г6



**УСТИМІВСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ РОСЛИННИЦТВА
ІНСТИТУТУ РОСЛИННИЦТВА ІМ. В.Я. ЮР'ЄВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

39074, с. Устимівка, Кременчуцький район, Полтавська область.
Телефон/ факс +38 05365 24754, e-mail: udsr@ukr.net, uds_st@ukr.net

АКТ

про впровадження результатів дисертаційних досліджень

від 19 березня 2021 р.

Складений про те, що науковим співробітником лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН Понуренко Сергієм Геннадійовичем передано в 2008-2012 рр. в лабораторію зернобобових, круп'яних культур та кукурудзи Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН самозапилені лінії восковидної кукурудзи, мутації **wx** (воскоподібний ендосперм): ВК 11, ВК 19, ВК 36, ВК 37, ВК 38, ВК 64, ВК 69, ВК 16, ВК 52, ВК 550, ВК 552, ВК 553, ВК 554, ВК 555, ВК 556, ВК 557, ВК 558, ВК 563. Вказані лінії кукурудзи – носії гена *waxy endosperm (wx)*, виділені за цінними агрономічними ознаками: продуктивність від 67 до 123 г з рослини, кількість зерен на качані від 377 до 774 шт., маса 1000 зерен від 150 до 290 г. Лінії мають достатні рівні біохімічних ознак якості зерна для селекції восковидної кукурудзи: білку від 10,7 до 12,3 %, крохмалю від 63,4 до 64,8 %, олії від 4,7 до 6,3 %, амілози в крохмалі від 99,1 до 99,3 %.

Ці лінії є селекційно цінними і використані для створення високопродуктивних гібридів включених у контрольний розсадник.

Директор Устимівської дослідної станції
рослинництва Інституту рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва НААН

Ю.В. Харченко

Науковий співробітник по генетичних
ресурсах кукурудзи

Л.Я. Харченко

Підписи засвідчую,
інспектор відділу кадрів дослідної станції



Г.І. Хаблю

Додаток Г7



**УСТИМІВСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ РОСЛИНИЦТВА
ІНСТИТУТУ РОСЛИНИЦТВА ІМ. В.Я. ЮР'ЄВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

39074, с. Устимівка, Кременчуцький район, Полтавська область
Телефон/ факс +38 05365 24754, e-mail: udsr@ukr.net, uds_st@ukr.net

АКТ

про впровадження результатів дисертаційних досліджень

від 19 березня 2021 р.

Складений про те, що науковим співробітником лабораторії селекції та насінництва кукурудзи Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН Понуренко Сергієм Геннадійовичем передано в 2012-2013 рр. в лабораторію зернобобових, круп'яних культур та кукурудзи Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН самозапилені лінії кукурудзи з підвищеним вмістом білку і лізину, мутації o_2 : БЛ 04, БЛ 13, БЛ 14, БЛ 22, БЛ 27, БЛ 30, БЛ 35, БЛ 40, БЛ 43, БЛ 44, БЛ 52. Вказані лінії кукурудзи – носії генної комбінації $o_2 su_2$ (непрозрачний ендосперм), виділені за цінними агрономічними ознаками: продуктивність від 48 до 95 г зерна з рослини, кількість зерен на качані від 250 до 471 шт., маса 1000 зерен від 170 до 320 г. Лінії характеризуються достатнім рівнем біохімічних ознак якості зерна для селекції кукурудзи з підвищеним вмістом білку і лізину: білку від 9,8 до 11,4 %, крохмалю від 63,1 до 67,4 %, олії від 4,4 до 5,2 %, вільних цукрів від 2,3 до 2,9 %, амілози в крохмалі від 25,5 до 26,4 %.

Ці лінії є селекційно цінними і використані для створення високопродуктивних гібридів включених у контрольний розсадник.

Директор Устимівської дослідної станції
рослинництва Інституту рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва НААН

Ю.В. Харченко

Науковий співробітник по генетичних
ресурсах кукурудзи

Л.Я. Харченко

Підписи засвідчую,
інспектор відділу кадрів дослідної станції



Г.І. Хабло

Додаток Д1

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

33. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А., Панченко І. А. Особливості сумісного прояву ознак якості зерна і продуктивності у зразків колекції кукурудзи. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2004. Вип. 89. С. 102-110. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
34. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А. Розподіл зразків колекції кукурудзи за ознаками якості зерна в залежності від країни походження, підвиду і групи стиглості. *Генетичні ресурси рослин* : науковий журнал / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, НЦГРРУ. Харків, 2006. № 3. С. 140-148. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
35. **Понуренко С. Г.**, Токар І. В. Особливості генотипової мінливості вмісту незамінних амінокислот в білку зерна колекційних зразків кукурудзи. *Таврійський науковий вісник* : міжвід. темат. наук. зб. Херсон, 2006. Вип. 47. С. 46-50. (80% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
36. Результати селекції гібридів кукурудзи на низьку збиральну вологість зерна / Козубенко Л.В., Сікалова О.В., Івлева Т.В., **Понуренко С.Г.**, Чернобай Л.М. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2011. Вип. 99. С. 91-101. (40% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Продовження додатку Д1

37. Аналіз складу гібридів кукурудзи, занесених до державного реєстру сортів рослин України / Чернобай Л. М., Музафаров Н. М., Барсуков І. П., **Понуренко С. Г.**, Васьківська С. В. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2012. Вип. 101. С. 279-288. (50% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
38. Темпи вологовіддачі зерна кукурудзи при досяганні гібридів різних груп стиглості / Китайова С. С., **Понуренко С. Г.**, Чернобай Л. М., Деркач І. Б. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат наук. зб. / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2013. Вип. 104. С. 66-74. (55% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
39. Високоврожайні гібриди кукурудзи – на поля / Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Музафаров Н. М., Сікалова О. В., **Понуренко С. Г.**, Таганцова М. М. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області* : науково-виробничий збірник / НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2016. Вип. 20. С. 140-149. (45% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Статті у наукових виданнях включених до міжнародних наукометричних баз:

40. **Понуренко С. Г.** Особенности структуры генотипической дисперсии признаков качества зерна кукурузы в различных экологических условиях. *Вестник БГСХА*. Горки, 2015. № 1. С. 69-72.
41. Чернобай Л. М., **Понуренко С. Г.**, Сікалова О. В. Оцінка стабільності характеристик генотипів кукурудзи за індексами посухостійкості в різних гідротермічних умовах. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2016. Vol. 6. № 4(8). Р. 69-75. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Продовження додатку Д1

42. Chernobai L. N., **Ponurenko S. G.** Use of drought tolerance indices in corn breeding . *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2018. Vol. 4. № 3(31). P. 9-17. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Тези і матеріали наукових конференцій:

43. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А., Рогуліна Л. В. Особливості біохімічного складу зерна зразків колекції кукурудзи Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. *Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва* : тез. доп. міжн. конф. Харків, 1999. С. 190-191. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
44. **Понуренко С. Г.** Якість зерна і продуктивність колекції кукурудзи в залежності від країни походження. *Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання* : тез. доп. міжнар. наук.-практ. конф. (29 черв. – 1 лип. 2005 р.). Оброшино, 2005. С. 161-162.
45. Тимчук С. М., Мовчан Т. Д., **Понуренко С. Г.** Екологічні реакції ліній цукрової кукурудзи за продуктивністю та елементами її структури. *Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва* : матер. наук.-практ. конф. молодих учених (22- 24 трав. 2007 р.) / УААН, Інститут агроекології. Київ, 2007. С. 59-61. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
46. Регуляція вмісту та фракційного складу крохмалю в зерні кукурудзи мутантними генами структури ендосперму / Тимчук С. М., Мартинюк М. М. Поздняков В. В. **Понуренко С. Г.** *Биотехнология. Наука. Образование. Практика* : тез. докл. IV междун. научно-практ. конф. (11-13 нояб.) / Украинский государственный химико-технологический университет Днепропетровск, 2008. С.150-151. (50% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Продовження додатку Д1

47. Робоча колекція ліній кукурудзи за продуктивністю / Чернобай Л. М., Овсяннікова Н. С., Сікалова О. В., **Понуренко С. Г.** *Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату* : матер. міжнар. науково-практ. конф. (7-9 лип.) / НААН, Ін.-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2015. С. 47-99. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
48. **Понуренко С. Г.**, Шелякіна Т. А., Ільченко Н. К. Особливості генетичного контролю ознак якості зерна кукурудзи. *Стан і перспективи розвитку селекції та насінництва кукурудзи в умовах зміни клімату* : матер. міжн. науково-практ. конф. (Харків, 7-9 лип.) / НААН, Ін.-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2015. С. 72-74. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
49. **Понуренко С. Г.**, Сікалова О. В. Стабільність гібридів кукурудзи за індексами посухостійкості в різних умовах вирощування. Генетичне та сортове різноманіття рослин для покращання якості життя людей : тези міжн. наук. конф., присвяченої 25-річчю Національного генбанку України (4-7 лип.) / НААН, Ін.-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Український інститут експертизи сортів рослин. Київ : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. С. 82-84. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
50. Виявлення джерел цінних господарських ознак в колекційному розсаднику / Сікалова О. В., Чернобай Л. М., **Понуренко С. Г.**, Деркач І. Б. *Підвищення ефективності селекції та рослинництва у сучасних умовах* : матер. міжн. наук. конф., присвяч. пам'яті і науковій спадщині видатного вченого Василя Яковича Юр'єва (3-5 лип.). Харків, 2019. С.104-105. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Продовження додатку Д1

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

51. **Понуренко С. Г.**, Гур'єва І. А., Панченко І. А. Екологічна пластичність зразків генофонду кукурудзи за ознаками якості зерна і продуктивності. *Наук. пр. Полтавської державної аграрної академії*. Полтава. 2005. Т. 4 (23). С. 64-66. (80% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
52. Ефекти взаємодій генотип:погодні умови вирощування у ліній цукрової кукурудзи за продуктивністю та основними елементами її структури / Мовчан Т. Д., Тимчук С. М., **Понуренко С. Г.**, Тимчук В. М. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. Київ, 2007. Т. 5. №1-2. С. 39-47. (70% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
53. Вуглеводний склад зернівок ендоспермальних мутантів кукурудзи в процесі їх дозрівання / Тимчук С. М., Тимчук Д. С., Поздняков В. В., **Понуренко С. Г.** *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку* / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Українське товариство фізіологів рослин; голов.ред. В. В.Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 2. С. 411-418. (60% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
54. Виробництво спеціалізованих гібридів кукурудзи : методичні рекомендації / Л. М. Чернобай, В. М. Попов, В. М. Авраменко, **С. Г. Понуренко** [та ін.] / НААН, ІР ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2014. 32 с. (30% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
55. Каталог генетичної цінності ліній кукурудзи з ендоспермальними мутаціями; підгот. : В. В. Поздняков, С. М. Тимчук, Н. В. Кузьмишина, **С. Г. Понуренко** [та ін.] / НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2016. 65 с. (30% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).

Продовження додатку Д1

56. Ефект гетерозису у гібридів кукурудзи і його використання в селекції на адаптивність / Кириченко В. В., Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Сікалова О. В., Музафаров Н. М., **Понуренко С. Г.** *Основи управління продукційним процесом польових культур* : монографія ; за ред. В.В. Кириченка. Харків : ФОП Бровін О.В., 2016. С. 481 – 493. (40% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
57. Етапи селекції кукурудзи в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН / Козубенко Л. В., Чернобай Л. М., Барсуков І. П., Сікалова О. В., Музафаров Н. М., **Понуренко С. Г.** *Теоретичні дослідження та практичні досягнення Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН: історія та сьогодення (1908-2018 рр.)*. Харків : ФОП Бровін О.В., 2018. С. 482-504. (40% авторства: проведення досліджень, статистична обробка даних, написання статті).
58. А. с. № 170829. Кукурудза звичайна. Гібрид Зоряний / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., **Понуренко С.Г.**, Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 189. (авторство 10%).
59. А. с. № 170827. Кукурудза звичайна. Гібрид Мавка / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В, Камишан Т.П., **Понуренко С.Г.**, Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 216. (авторство 10%).
60. А. с. № 190740. Кукурудза звичайна. Гібрид Елітнянський / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2019. № 2. С. 107. (авторство 10%).

Продовження додатку Д1

61. А. с. № 210670. Кукурудза звичайна. Гібрид ХА Болід / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б., Кузьмишина Н.В., Капустян М.В., Бібель Ю.О., Ортман О.Є.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2021. № 3. С. 17. *(авторство 10%)*.
62. А. с. № 210453. Кукурудза звичайна. Гібрид Вектор / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б., Кузьмишина Н.В., Капустян М.В., Бібель Ю.О.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2021. № 1. С. 179. *(авторство 10%)*.
63. А. с. № 180810. Кукурудза звичайна. Гібрид Гопак / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Барсуков І.П., Сікалова О.В., Музафаров Н.М., **Понуренко С.Г.**, Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2018. № 4. С. 68. *(авторство 10%)*.
64. А. с. № 170828. Кукурудза звичайна. Гібрид Дарунок / Козубенко Л.В., Чернобай Л.М., Сікалова О.В., Барсуков І.П., Івлева Т.В., Камишан Т.П., **Понуренко С.Г.**, Китайова С.С., Музафаров Н.М., Овсяннікова Н.С., Деркач І.Б.; опубл. в Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» офіційне видання. 2017. № 2. С. 135. *(авторство 5%)*.