

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**СПРЯЖКА РОМАН ОЛЕГОВИЧ**

УДК 631.527.5:633.15

ДИСЕРТАЦІЯ

**ПІДБІР ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГІБРИДІВ  
КУКУРУДЗИ ЗА ОСНОВНИМИ БІОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ**

201 «Агрономія»

20 «Аграрні науки і продовольство»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Р. О. Спряжка

**Науковий керівник**

Жемойда Віталій Леонідович

кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент

Київ – 2023

## АНОТАЦІЯ

**Спряжка Р.О. Підбір вихідного матеріалу для створення гібридів кукурудзи за основними біохімічними показниками.** Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2022.

У дисертаційній роботі наведено узагальнення сучасного стану досягнень селекції в Україні та світі в області покращення біохімічних складових зерна кукурудзи, викладено результати досліджень із добору вихідного матеріалу для створення гібридів кукурудзи з високим вмістом у зерні білка, крохмалю, олії та підвищеною урожайністю.

У **вступі** висвітлено актуальність теми, її зв'язок із науковими програмами, планами і темами; мету досліджень, яка полягала у доборі батьківських компонентів та визначенні закономірностей формування і успадкування ознак поліпшеної якості зерна у гібридів кукурудзи, створених на основі цього вихідного матеріалу та завдання, які дозволяють вирішити дану проблему; наукову новизну та практичне значення одержаних результатів; особистий внесок здобувача; апробацію результатів досліджень та публікаційну активність.

У **першому розділі** проаналізовано наукові роботи вітчизняних та іноземних вчених-селекціонерів, які вирішували питання покращення якісних показників зерна кукурудзи із одночасним підвищенням урожайності зерна. Узагальнено показники, за якими добирається вихідний матеріал для створення гібридів із заданими параметрами якості. Доведено, що ефективно ведення гетерозисної селекції можливе лише при детальному вивченні батьківських компонентів за комплексом цінних ознак.

У **другому розділі** проаналізовано ґрунтові та кліматичні умови місця проведення досліджень, визначено матеріал досліджень, описано основні методики, які використовували при проведенні польових та лабораторних

досліджень та методики оцінки вихідного матеріалу і гібридів, створених на його основі. Також описано математико-статистичні методи обробки отриманих даних для визначення їх достовірності і значущості.

**Третій розділ** включає характеристику сформованої колекції вихідного матеріалу – 38 інбредних ліній кукурудзи за вмістом у зерні білка, крохмалю, олії, урожайністю, висотою рослин та висотою прикріплення качана, передзбиральною вологістю, елементами індивідуальної продуктивності: діаметром та довжиною качана, кількістю рядів та зерен в ряді, масою 1000 зерен. Обґрунтовано розподіл зразків колекції на групи, у відповідності до вмісту у зерні основних біохімічних складових, визначено кращі зразки за кожним із показників: за вмістом білка виділено лінії АЕ464, АЕ801, АЕ746, G255; за вмістом крохмалю – АЕ464, ВК13, ВК69, Q170; за вмістом олії – АЕ801, АЕ746, ВК69, АЕ392. Так інбредні лінії ВК13, ВК69, АЕ392 та АЕ801 було обрано в якості материнських форм для проведення тестерних схрещувань за планом неповних незбалансованих комплексів. Визначено комбінаційну здатність інбредних ліній за показниками якості та урожайності; виділено лінії, які володіють стабільною та комплексною загальною комбінаційною здатністю за двома і більше показниками: ВК11, ВК13, ВК19, ВК37, АЕ746, АК157, УХК686, G255. Виявлено лінії, які характеризуються високими, стабільними за роками, константами специфічної комбінаційної здатності як за кожним окремим показником якості та урожайності, так і з комплексом показників.

У **четвертому розділі** наведено результати оцінки 65 експериментальних гібридів кукурудзи, створених на основі зібраної колекції інбредних ліній. Експериментальні гібриди для більш достовірної оцінки було розподілено на 4 групи у відповідності до їх материнських форм. Оцінювали гібриди за показниками вмісту у зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю.

У результаті аналізу отриманих даних, у межах своїх груп, виділено наступні гібридні комбінації: з високим вмістом білка: ВК13хСО255 –

13.07%, ВК13хВК37 – 12.60%, АЕ801хАЕ746 – 11.27%, АЕ801хFV243 – 11.18%; з високим вмістом крохмалю: ВК13хУХК678 – 72.60%, ВК13хУХК686 – 72.57%, ВК69хFV243 – 72.80%, АЕ801хВК32 – 70.83%; з високим вмістом олії: ВК13хУХК686 – 5.07%, ВК13хВК37 – 5.27%, ВК69хВК13 – 5.27%, АЕ801хАЕ746 – 5.13%, АЕ392хХЛГ1203 – 5.83%. Високим рівнем урожайності характеризувались гібриди ВК69хG255 та АЕ801хВК13.

Отримано дані щодо індексів умов вирощування, так кращими умовами характеризуються дослідні поля НЦГРР України ( $I_j = 0,38$ ). Найбільш придатними до інтенсивного типу вирощування є гібриди АЕ801хВК13 ( $bi = 3,6$ ) та ВК13хАК159 ( $bi = 5,9$ ), що свідчить про їх сильну залежність від рівня агротехніки. Результати визначення екологічної стабільності вказують на те, що більшість досліджуваних гібридів показують стабільні урожаї, незалежно від ґрунтово-кліматичних та еколого-географічних умов середовища, а кращими показниками характеризуються гібриди ВК13хNP2143 ( $\sigma d^2 = 0,01$ ), АЕ801хВК69 ( $\sigma d^2 = 0,14$ ) та ВК13хFV243 ( $\sigma d^2 = 0,21$ ).

Визначено коефіцієнти кореляції кожного показника якості зерна із урожайністю зерна окремо для кожної групи гібридів. Так у групи гібридів, материнською формою яких були інбредна лінія ВК13, згідно аналізу експериментальних даних 2020 року досліджень, найбільш істотну кореляцію виявлено за показниками вмісту крохмалю та урожайністю зерна ( $r = -0,310$ ); найбільш істотною негативною взаємозалежністю, у 2021 році досліджень, характеризувались показники вмісту у зерні білка та урожайності із коефіцієнтом кореляції на рівні  $-0,437$ . Серед групи гібридів із тестером ВК69 було виявлено істотну обернену кореляцію лише у 2021 році досліджень між показниками вмісту олії та урожайністю ( $r = -0,428$ ). Також обернену кореляцію між даними показниками у 2020 році було відмічено у гібридних комбінацій, материнською формою яких слугувала лінія АЕ801 ( $r = -0,482$ ). Найбільш істотну пряму взаємозалежність, із

коефіцієнтом кореляції на рівні 0,369, було зафіксовано між показниками вмісту у зерні крохмалю та урожайністю у групи гібридів із материнською формою АЕ392 у 2021 році досліджень. Отримані результати дозволяють стверджувати про відсутність стабільної за роками сильної лінійної кореляції ( $r > 0,7$ ) між показниками якості зерна та урожайністю, що слугує аргументом актуальності селекційної роботи із одночасним покращенням якості зерна та підвищенням урожайності.

**П'ятий розділ** містить дані щодо рівня прояву ефектів істинного, гіпотетичного та конкурсного гетерозису у експериментальних гібридів за показниками якості зерна та урожайністю. Визначено, що найвищі, стабільні за роками ефекти прояву істинного гетерозису за вмістом у зерні крохмалю відмічено у гібридів ВК13хУХК678, ВК13хУХК686 та ВК69хFV243; за вмістом олії – ВК13хУХК678, ВК13хУХК686, ВК13хВК37, АЕ392хХЛГ1203, АЕ392хСО255, АЕ392хАК157; за рівнем урожайності найбільш істотні значення істинного гетерозису ( $> 100\%$ ) зафіксовано у гібридів ВК13хУХК686, ВК69хG255 та АЕ801хВК13.

У другому підрозділі наведено коефіцієнти та характер успадкування ознак поліпшеної якості зерна. Встановлено, що характер успадкування та ступінь прояву фенотипових ознак та кількісних показників вмісту основних біохімічних складових зерна, а також рівень урожайності має пряму залежність від материнського компонента гібриду. Дослідження 2020 року показали, що коефіцієнт успадкування ознаки вмісту білка, згідно коефіцієнту регресії, який вважається біль точним, становив 0,64; вмісту крохмалю – 0,88; вмісту олії – 0,38, а у 2021 році – вмісту білка – 0,30, крохмалю – 0,53, олії – 0,36. Характер успадкування «наддомінування батьківської форми із вищим проявом ознаки» було притаманне тим самим гібридним комбінаціям, для яких відмічено найвищий прояв ефекту істинного гетерозису.

В шостому розділі наведено результати ефективності вирощування експериментальних гібридів за біоенергетичними показниками, такими як

вихід ГДж з одиниці площі та з одиниці маси зерна, а також вихід етанолу та умовних кормопротейнових одиниць з одного гектару. За комплексом біоенергетичних показників було виділено гібриди ВК69хАЕ801, ВК69хG255 та АЕ801хВК13, характеризувались достовірно вищими, за умовний стандарт, показниками виходу енергії, біоетанолу та КПО.

На основі проведених досліджень можна зробити узагальнюючий висновок, що селекційна робота за одночасного покращення показників якості зерна кукурудзи та підвищення урожайності є актуальною, а підбір вихідного матеріалу, для досягнення цих цілей, є її основною складовою.

Селекційній практиці можна рекомендувати використовувати інбредні лінії ВК13, ВК69 та АЕ392 – носії мутантних генів структури ендосперму *wx* та *ae*, відповідно, в якості материнських компонентів для створення інбредних ліній та простих міжлінійних гібридів кукурудзи із високим вмістом білка, крохмалю або олії у зерні, а лінії АК157, ВК11, ВК13, ВК19, ВК37, АЕ746, УХК686, FV243 та G255 – у ролі батьківських компонентів, оскільки вони володіють високою загальною та специфічною комбінаційною здатністю.

**Ключові слова:** кукурудза, селекція, вихідний матеріал, інбредна лінія, комбінаційна здатність, гібрид, гетерозис, показники якості.

## SUMMARY

**Spriazhka R.O. Selection of source material for the creation of maize hybrids according to the main biochemical parameters.** The Manuscript.

Thesis for the degree Doctor of Philosophy in specialty 201 “Agronomy”. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2020.

The dissertation summarizes the current state of breeding achievements in Ukraine and the world in field of improving the maize grain biochemical components, presents the results of research on the selection source material for creating maize hybrids which will combine high level of protein, starch, oil in grains and high yields.

The **introduction** highlights the topic relevance, its relationship with scientific programs and researching plans; the purpose of research was to select the parent components and determine the patterns of formation and inheritance of improved grain quality signs in maize hybrids, created on the basis of this source material and tasks that can solve this problem; scientific novelty and practical significance of the obtained results; personal contribution of the applicant; approbation of research results and publishing activity.

The **first chapter** analyzes the scientific work of domestic and foreign scientists-breeders, who addressed the issue of improving maize grain quality while increasing grain yields. The indicators according to which the source material for hybrids creation with the set quality parameters is selected are generalized. It is determined that effective heterosis selection is possible only with a detailed researching parent components on a set of valuable features.

The **second chapter** analyzes the soil and climatic conditions of the research site, identifies the research material, describes the main methods used in field and laboratory research and methods of evaluating the source material and hybrids created on its basis. Mathematical and statistical methods of processing the obtained data to determine their reliability and significance are also briefly described.

The **third chapter** includes a brief description of the current source materials collection – 38 maize inbred lines content high level of protein, starch and oil in grain, yields, plant height and attachment height, pre-harvest moisture, elements of individual productivity: diameter and length of ears and it's row, weighing of 1000 grains. Dividing the collection samples into groups, in accordance with the content of the main biochemical components in grains, determining the best samples for each indicators: lines AE464, AE801, AE746, G255 are distinguished by protein content; by starch content – AE464, VK13, VK69, Q170; by oil content – AE801, AE746, VK69, AE392. Thus, the inbred lines VK13, VK69, AE392 and AE801 were chosen as maternal forms for carrying out tester crosses according to the plan of incomplete unbalanced complexes. The combining ability of inbred lines was determined based on quality and yield indicators; lines that have a stable and complex overall combining ability according to two or more indicators are selected: VK11, VK13, VK19, VK37, AE746, AK157, UHK686, G255. Lines characterized by high, stable over the years, constants of specific combining ability both for each individual indicator of quality and yield, and with a set of indicators have been identified.

The **fourth chapter** presents the results of 65 experimental maize hybrids evaluation which created on basis of collected inbred lines collection. Newly created hybrids for more reliable assessment were divided into 4 groups according to their maternal forms. Hybrids were evaluated by contents protein, starch and oil in grain and yields.

As a result of the obtained data analysis, the following hybrid combinations were distinguished within their groups: with high protein content: VK13xCO255 – 13.07%, VK13xVK37 – 12.60%, AE801xAE746 – 11.27%, AE801xFV243 – 11.18%; with high starch content: VK13xUHK678 – 72.60%, VK13xUHK686 – 72.57%, VK69xFV243 – 72.80%, AE801xVK32 – 70.83%; with high oil content: VK13xUHK686 – 5.07%, VK13xVK37 – 5.27%, VK69xVK13 – 5.27%, AE801xAE746 – 5.13%, AE392xHLG1203 – 5.83%.



Hybrids VK69xG255 and AE801xVK13 were characterized by a high level of yield.

The data on the indices of growing conditions were obtained, so the experimental fields of the National Agricultural Research Service of Ukraine are characterized by the best conditions ( $I_j = 0.38$ ). The hybrids AE801xVK13 ( $bi = 3.6$ ) and VK13xAK159 ( $bi = 5.9$ ) are the most suitable for intensive cultivation, which indicates their strong dependence on the level of agricultural technology. The results of the determination of ecological stability indicate that most of the investigated hybrids show stable crops, regardless of the soil-climatic and ecological-geographical conditions of the environment, and the hybrids VK13xNP2143 ( $\sigma d^2 = 0.01$ ), AE801xVK69 ( $\sigma d^2 = 0.14$ ) are characterized by the best indicators. and VK13xFV243 ( $\sigma d^2 = 0.21$ ).

Correlation coefficients of each grain quality indicator with grain yield were determined separately for each group of hybrids. Thus, in the group of hybrids, the mother form of which was the inbred line VK13, according to the analysis of the experimental data of 2020, the most significant correlation was found for the indicators of starch content and grain yield ( $r = -0.310$ ); the most significant negative interdependence, in 2021 of research, was characterized by indicators of grain protein content and productivity with a correlation coefficient at the level of  $-0.437$ . Among the group of hybrids with the VK69 tester, a significant inverse correlation was found only in the 2021 research year between oil content indicators and yield ( $r = -0.428$ ). Also, in 2020, an inverse correlation between these indicators was noted in hybrid combinations, the parent form of which was the AE801 line ( $r = -0.482$ ). The most significant direct interdependence, with a correlation coefficient at the level of  $0.369$ , was recorded between indicators of starch content in grain and yield in the group of hybrids with the mother form AE392 in the 2021 research year. The obtained results allow us to assert the absence of a strong linear correlation ( $r > 0.7$ ) stable over the years between grain quality indicators and yield, which serves as an argument for the

relevance of breeding work with simultaneous improvement of grain quality and increased yield.

The **fifth chapter** contains data true, hypothetical and competitive heterosis manifestation level effects in newly created experimental hybrids in terms of grain quality and yields. It was determined that the highest, stable over the years effects of the manifestation of true heterosis in starch grain content were noted in hybrids VK13xUHK678, VK13xUHK686 and VK69xFV243; by oil content - VK13xUHK678, VK13xUHK686, VK13xVK37, AE392xHLG1203, AE392xCO255, AE392xAK157; in terms of productivity, the most significant values of true heterosis ( $> 100\%$ ) were recorded in hybrids VK13xUHK686, VK69xG255 and AE801xVK13.

The second part of this chapter presents the coefficients and inheritance nature of improved grain quality signs. It is established that the character of inheritance and the degree of manifestation of phenotypic traits and quantitative indicators of the main biochemical components content in grains, as well as the level of yields is directly dependent on the maternal component of the hybrid. A 2020 researches showed that the heritability of the protein content trait, according to the regression coefficient considered pain accurate, was 0.64; starch content - 0.88; oil content - 0.38, and in 2021 - protein content - 0.30, starch - 0.53, oil - 0.36. The inheritance character of the "paternal form with the highest manifestation of trait dominance" was characteristic of the same hybrid combinations that showed the highest effect of true heterosis manifestation.

The **sixth chapter** gives the results of the efficiency of growing experimental hybrids according to bioenergetic indicators, such as GJ yield per unit area and grain mass, as well as ethanol yield and conventional fodder protein units per hectare. Hybrids VK69xAE801, VK69xG255 and AE801xVK13 were selected according to the set of bioenergetic indicators. They were characterized by significantly higher energy, bioethanol and KPO indicators than the conventional standard.

Based on the research, we can conclude that the breeding to simultaneously improve the maize grain quality and increase yields is relevant, and the selection of source material to achieve these goals is its main component.

Breeding practice may recommend the use inbred lines VK13, VK69 and AE392 – carriers of mutant genes of the endosperm structure *wx* and *ae*, respectively, as maternal components for inbred lines and hybrids creation with high level of protein, starch or oil in grain, and lines AK137, VK11, VK19, VK37, AE746, UHK686, FV243 and G255 as parent components, as they have a high combination ability.

**Key words:** *maize, breeding, source material, inbred line, combining ability, hybrid, heterosis, quality indicators.*

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому виданні,

включеному до міжнародних наукометричних баз даних

**Scopus та/або Web of Science Core Collection**

1. **Spriazhka R. O.**, Zhemoida V. L., Makarchuk O. S., Dmytrenko Y. M., Bahatchenko V. V. Selection value of initial material according to the main biochemical parameters of grain in new maize hybrids creation. *Agronomy Research*. 2022. № 20 (S1). P. 1151–1162. *(Здобувачем створено експериментальні гібриди кукурудзи, проведено їх оцінку, проаналізовано фактори впливу на формування показників якості зерна та урожайності, написано статтю).*

**Статті у наукових фахових виданнях України**

2. Багатченко В. В., Жемойда В. Л., **Спряжка Р. О.** Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти стояння. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т. 11. № 1. С. 79–87. *(Здобувачем проведено обстеження посівів кукурудзи, проведено статистичну обробку даних, підготовлено матеріали до друку).*

3. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., **Спряжка Р. О.** Сучасні підходи в селекції кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське господарство і лісівництво*. 2020. № 17. С. 120–128. *(Здобувачем вивчено колекцію інбредних ліній кукурудзи за основними показниками якості зерна, узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

4. **Spriazhka R. O.**, Zhemoida V. L. Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2022. № 5 (99). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidy/article/view/16575>. *(Здобувачем проаналізовано експериментальні гібриди кукурудзи за рівнем урожайності в різних ґрунтово-кліматичних зонах,*

*розраховано коефіцієнти екологічної пластичності та стабільності, узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

5. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Ступінь та характер ефектів гетерозису ліній кукурудзи за показниками якості зерна. Генетичні ресурси рослин. 2022. № 30. С. 76–87. *(Здобувачем визначено прояв ефектів гетерозису в експериментальних гібридів кукурудзи, визначено ступінь фенотипового домінування та коефіцієнти успадкування, написано статтю).*

### **Методичні рекомендації**

6. Жемойда В. Л., Центило Л. В., Багатченко В. В., **Спряжка Р. О.** Господарсько-біологічна характеристика та особливості насінництва батьківських форм гібридів кукурудзи селекції ТОВ «Агрофірма «Колос». Методичні рекомендації селекційній практиці і виробництву та для самостійної роботи студентів спеціальностей «Агрономія» та «Захист рослин». Київ, 2019. 38 с. *(Здобувачем встановлено вплив строків сівби інбредних ліній кукурудзи на насінневу продуктивність рослин, підготовлено матеріали до друку).*

7. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., Башкірова Н. В., Ковалишина Г. М., Антоненко О. Ф., Дмитренко Ю. М., Сень О. В., **Спряжка Р. О.**, Альохін В. І., Зінченко О. А. Каталог нових селекційних зразків кукурудзи, пшениці озимої, люцерни та ріпаків (2016–2019 рр.). Методичні рекомендації для фахівців-селекціонерів, агрономів, аспірантів та студентів ВНЗ аграрного профілю. Київ, 2019. 44 с. *(Здобувачем оцінено колекцію холодостійких інбредних ліній кукурудзи за показниками вмісту у зерні білка, крохмалю та олії, підготовлено матеріали до друку).*

### **Тези наукових доповідей**

8. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Оцінка самозапильних ліній кукурудзи за вмістом крохмалю. Наукові читання до 100-річчя від дня народження професора Івана Вікторовича Яшовського: Міжнародна наукова конференція, смт Чабани, 14–15 серпня 2019 року: тези доповіді.

Вінниця, 2019. С. 52–54. *(Здобувачем проведено експеримент, визначено вміст крохмалю в зерні інбредних ліній кукурудзи, написано тези).*

9. Жемойда В. Л., **Спряжка Р. О.**, Альохін В. І. Цінність вихідного матеріалу кукурудзи при селекції на якість зерна. Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-річчя кафедри рослинництва НУБіП України: III Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–26 вересня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 72. *(Здобувачем розмножено та оцінено колекцію інбредних ліній за показниками якості зерна, написано тези).*

10. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Оцінка самоzapильних ліній кукурудзи при селекції на покращення якісних показників кормів. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції і насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (Агрономічного) факультету, м. Біла Церква, 26–27 березня 2020 року: тези доповіді. Біла Церква, 2020. С. 62–63. *(Здобувачем проведено дослідження з визначення в зерні інбредних ліній кукурудзи білка, крохмалю та олії, виділено кращі з них, написано тези).*

11. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Сучасні підходи в селекції кукурудзи кормового напрямку. Новітні агротехнології: I Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 10 вересня 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 23. *(Здобувачем проаналізовано новітні методи селекції на покращення показників якості зерна кукурудзи та обрано оптимальні з них для проведення досліджень для використання в умовах ВП НУБіП України, написано тези).*

12. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л., Макарчук О. С. Селекція кукурудзи з покращеними показниками якості силосної маси – основа підвищення продуктивності ВРХ. Інновації в освіті, науці та виробництві: IV Міжнародна науково-практична онлайн конференція до 100-річчя дня

народження професора М. А. Білоножка, м. Київ, 24–25 листопада 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 84–85. *(Здобувачем оцінено біохімічних склад зерна експериментальних гібридів кукурудзи, написано тези).*

13. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л., Харченко Л. Я. Варіювання параметрів росту та розвитку самоzapильних ліній кукурудзи з поліпшеними показниками якості зерна залежно від строків сівби. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: IX Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 23 квітня 2021 року: тези доповіді. Центральне, 2021. С. 103. *(Здобувачем визначено адаптивний потенціал батьківських компонентів експериментальних гібридів кукурудзи, підготовлено тези доповідей).*

14. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., **Спряжка Р. О.**, Чубенко Д. В. Критерії формування урожайності батьківських форм ранньостиглих гібридів кукурудзи в умовах північного Лісостепу України. Наукові читання до 85-річчя від дня народження В'ячеслава Григоровича Михайлова – видатного вченого у галузі селекції та насінництва сільськогосподарських культур: наукова інтернет-конференція, смт Чабани, 5 жовтня 2021 року: тези доповіді. Вінниця, 2021. С. 71–75. *(Здобувачем визначено фактори, які мають найбільший вплив на формування урожайності гібридів та інбредних ліній кукурудзи, написано тези).*

15. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л., Харченко Л. Я. Вихідний матеріал – основа селекції кукурудзи на якість зерна. Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: XXII Міжнародний науково-практичний форум, м. Львів, 5–7 жовтня 2021 року: тези доповіді. Львів, 2021. Т. 1. С. 410–411. *(Здобувачем оцінено експериментальні гібриди та їх батьківські форми за тривалістю вегетації та синхронністю цвітіння, написано тези).*

16. **Спряжка Р. О., Жемойда В. Л.** Кореляція ознак урожайності та поліпшеної якості зерна кукурудзи. Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): V Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 110-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, заслуженого працівника вищої школи, доктора сільсько-господарських наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича (1912–1997), м. Київ, 24–25 травня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 103. *(Здобувачем на основі експериментальних даних розраховано коефіцієнти кореляції вмісту в зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю, написано тези).*



## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>19</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>20</b>
<b>РОЗДІЛ 1 .....</b>	<b>27</b>
<b>СУЧАСНІ АСПЕКТИ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ З ПІДВИЩЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА .....</b>	<b>27</b>
<b>(Огляд літератури).....</b>	<b>27</b>
<b>1.1 Передумови створення гібридів кукурудзи із поліпшеними     показниками якості зерна .....</b>	<b>27</b>
<b>1.2 Підбір вихідного матеріалу з поліпшеним біохімічним складом .</b>	<b>33</b>
<b>1.3 Взаємозв'язок основних показників якості зерна при селекції на     гетерозис.....</b>	<b>40</b>
<b>Висновки до розділу 1.....</b>	<b>46</b>
<b>РОЗДІЛ 2 .....</b>	<b>48</b>
<b>УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>48</b>
<b>2.1 Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2 Матеріали та схема досліджень.....</b>	<b>57</b>
<b>2.3 Методика проведення досліджень .....</b>	<b>60</b>
<b>Висновки до розділу 2.....</b>	<b>66</b>
<b>РОЗДІЛ 3 .....</b>	<b>68</b>
<b>ХАРАКТЕРИСТИКА ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ ПРИ СЕЛЕКЦІЇ НА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА .....</b>	<b>68</b>
<b>3.1 Коротка характеристика вихідного матеріалу .....</b>	<b>68</b>
<b>3.2 Ранжування вихідного матеріалу за основними показниками     якості зерна.....</b>	<b>74</b>
<b>3.3 Оцінка загальної і специфічної комбінаційної здатності інбредних     ліній кукурудзи за показниками якості та урожайністю.....</b>	<b>77</b>
<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>84</b>
<b>РОЗДІЛ 4 .....</b>	<b>87</b>
<b>ОЦІНКА НОВОСТВОРЕНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ЯКІСТЮ ЗЕРНА.....</b>	<b>87</b>

<b>4.1 Оцінка експериментальних гібридів кукурудзи за вмістом у зерні білка, крохмалю та олії .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2 Урожайність новостворених гібридів .....</b>	<b>95</b>
<b>4.3 Екологічна пластичність експериментальних гібридів.....</b>	<b>99</b>
<b>4.4 Взаємозв'язки між ознаками урожайності та поліпшеною якістю зерна кукурудзи .....</b>	<b>104</b>
<b>Висновки до розділу 4.....</b>	<b>110</b>
<b>РОЗДІЛ 5.....</b>	<b>112</b>
<b>РІВЕНЬ ПРОЯВУ ЕФЕКТУ ГЕТЕРОЗИСУ ТА ХАРАКТЕР УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПОЛІПШЕНОЇ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ.....</b>	<b>112</b>
<b>5.1 Рівень прояву ефектів гетерозису за вмістом білка, крохмалю та олії у зерні .....</b>	<b>112</b>
<b>5.2 Коефіцієнти та характер успадкування показників поліпшеної якості зерна.....</b>	<b>120</b>
<b>Висновки до розділу 5.....</b>	<b>127</b>
<b>РОЗДІЛ 6.....</b>	<b>128</b>
<b>БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ.....</b>	<b>128</b>
<b>Висновки до розділу 6.....</b>	<b>130</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>131</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ СЕЛЕКЦІЙНІЙ ПРАКТИЦІ.....</b>	<b>134</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>135</b>
<b>Д О Д А Т К И.....</b>	<b>154</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АДС – Агрономічна дослідна станція;

НЦГРРУ – Національний Центр генетичних ресурсів рослин України;

ВВСН – міжнародна шкала росту і розвитку рослин;

ЗКЗ – загальна комбінаційна здатність;

СКЗ – специфічна комбінаційна здатністю;

КПО – кормопротеїнові одиниці;

$\Gamma_{\text{іст}}$  – гетерозис істинний;

$\Gamma_{\text{гіп}}$  – гетерозис гіпотетичний;

$\Gamma_{\text{кон}}$  – гетерозис конкурсний;

$\text{НІР}_{0,05}$  – найменша істотна різниця при 5 % рівні значимості;

$I_j$  – індекс умов вирощування;

$bi$  – коефіцієнт екологічної пластичності;

$\sigma^2$  – коефіцієнт екологічної стабільності;

$s$  – стандартне відхилення;

$r$  – коефіцієнт кореляції;

$h^2$  – коефіцієнт успадкування.

## ВСТУП

Кукурудза третя в світі за площами вирощування, є стратегічною культурою як для людства в цілому, так і для України зокрема. Використовуючи дану культуру за різними напрямками, необхідно знати її біохімічний склад та потенціал підвищення тих чи інших конкретних показників. Це може бути як корегування фракційного складу білка та крохмалю, так і їх відсотковий вміст у зерні кукурудзи (Спряжка, Жемойда, & Альохін, Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України, 2019).

У сучасній селекції кукурудзи важливим напрямком є селекція на якість зерна, оскільки дана культура має багатоцільове використання, а саме, як кормова, технічна та харчова культура. Спеціалізовані гібриди кукурудзи повинні відповідати певним вимогам, зокрема, мати специфічний біохімічний склад зерна, що відповідає цільовому призначенню гібрида. Тому для створення таких гібридів з успіхом використовуються мутації генів структури ендосперму, що значно змінюють біохімічний склад зерна цієї культури. Дослідження Dudley J.W., Duvic D.N., Тимчука С.М., Харченко Ю.М. та ін. підтверджують значну ефективність використання в селекційно-генетичній практиці мутацій генів структури ендосперму та їх комбінацій для оптимізації біохімічного складу зерна (Boyer & Curtis, 2001). Проте, також відомо, що велика кількість мутацій мають негативний вплив на показники індивідуальної продуктивності, що може стати на заваді впровадження спеціалізованих гібридів у сільськогосподарське виробництво.

**Актуальність теми.** У світі 15–20% вирощеного зерна кукурудзи використовується на продовольчі, 10–15 % на технічні і 60–70 % на кормові потреби (Нестеренко, 1996; Шевченко & Тарасенко, 1988). Однак у розрізі окремих країн структура споживання різниться.

Ціни на зерно, а отже і рентабельність підприємств, значною мірою визначаються не лише врожайністю, а й показниками якості врожаю.

Залежно від напрямку використання зерна кукурудзи визначаються критерії його оцінки за показниками якості. Якщо розглядати виробництво біоетанолу то важливим показником є високий вміст крохмалю в зерні, на харчові та кормові цілі – вміст протеїну та жиру (Климчук, Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці, 2019).

Хімічний склад зерна кукурудзи відрізняється від інших зернових культур меншим вмістом протеїну, більшим вмістом жиру й помітно меншим – клітковини. За рахунок високого вмісту крохмалю, жиру і найменшої кількості клітковини зумовлюється найкраща перетравність усіх поживних речовин кукурудзи, особливо безазотистих екстрактивних речовин, що становлять основну масу зерна. У зерні кукурудзи міститься порівняно мало протеїну невисокої якості внаслідок незначного вмісту незамінних амінокислот – лізину й триптофану (Мазур & Шевченко, 2017).

Відомо, що хімічний склад зерна кукурудзи може значно змінюватися залежно від умов вирощування. При високих температурах накопичення білка більш інтенсивне. Пізньостиглі форми в посушливі роки містять в зерні більшу його кількість, ніж у роки з достатньою вологозабезпеченістю. Однак, першочергова роль у підвищенні якості зерна кукурудзи належить саме селекції (Голда, 2000), що зумовлює актуальність досліджень із добору вихідного матеріалу для створення гібридів кукурудзи з підвищеними показниками якості зерна.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження протягом 2018-2022 рр. було складовою частиною наукових досліджень кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України – «Створення вихідного матеріалу, його паспортизація при селекції на адаптивність кукурудзи, ріпаків, пшениці м'якої та люцерни» (номер державної реєстрації 0117U002541).

**Мета та завдання досліджень.** Метою дисертаційного дослідження був добір вихідного матеріалу, визначення закономірностей формування і

успадкування ознак при створенні високогетерозисних гібридів кукурудзи із поліпшеними показниками якості зерна (вміст білка, крохмалю, олії) та визначення взаємозв'язків між даними ознаками та урожайністю зерна і оцінці їх за біоенергетичними показниками.

Для вирішення даної проблеми було поставлено наступні завдання:

– сформувати, розмножити та вивчити колекцію інбредних ліній кукурудзи за основними показниками якості зерна, господарсько-цінними ознаками, елементами індивідуальної продуктивності та урожайністю;

– ранжувати зразки колекції, відповідно до їх характеристик, за вмістом білка, крохмалю та олії в зерні, скласти схему схрещувань;

– оцінити інбредні лінії, які увійшли до складу колекції в системі тестерних схрещувань за комбінаційною здатністю, визначити кращі з них за кожним досліджуваним показником;

– оцінити отримані експериментальні гібриди за вмістом у зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю;

– дослідити реакцію експериментальних гібридів на зміну умов вирощування: визначити індекси умов середовища вирощування, коефіцієнти екологічної пластичності та стабільності;

– визначити коефіцієнти кореляції між показниками якості зерна та урожайністю;

– встановити рівні прояву ефектів гетерозису у експериментальних гібридів кукурудзи відносно їх батьківських форм;

– дослідити характер успадкування ознак поліпшеної якості зерна та визначити коефіцієнти їх успадкування;

– провести біоенергетичну оцінку експериментальних гібридів кукурудзи.

*Об'єкт досліджень* – інбредні лінії кукурудзи різного географічного походження та селекції різних науково-дослідних установ України та експериментальні гібриди кукурудзи створені за їх участі.

*Предмет досліджень* – характер успадкування ознак підвищеного вмісту у зерні білка, крохмалю та олії у гібридів першого покоління залежно від їх батьківських форм.

*Методи досліджень*: загальнонаукові – для синтезу, аналізу, висування робочих гіпотез; польові та лабораторні – для проведення фенологічних спостережень та оцінки показників якості інбредних ліній і експериментальних гібридів; біометричний – для визначення метричних ознак досліджуваних зразків; порівняльно-розрахунковий – для визначення кращих зразків за конкретними показниками; математико-статистичний – для підтвердження достовірності та значущості отриманих даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті польових та лабораторних досліджень всесторонньо вивчено та оцінено 38 інбредних ліній кукурудзи з високими показниками якості зерна.

*Уперше:*

– в умовах перехідної зони від Лісостепу до Полісся було вивчено та проведено комплексну оцінку колекції інбредних ліній кукурудзи, для схрещувань обрано лінії-тестери ВК13 та ВК69 – носії мутантного гену структури ендосперму *wx* та лінії АЕ801 та АЕ392 – носії мутантного гену структури ендосперму *ae*;

– науково обґрунтовано закономірності формування високої якості зерна кукурудзи за основними її показниками, а саме: білка, крохмалю та олії;

– розраховано та визначено індекси середовища вирощування, коефіцієнти екологічної пластичності та стабільності експериментальних гібридів батьківськими формами яких є різні інбредні лінії;

– визначено закономірності формування кореляційних структур, ефекти різних типів гетерозису та успадкування показників ознак якості в тесткросних схрещуваннях.

*Вдосконалено:*

– алгоритм оцінки інбредних ліній в системі тесткросних схрещувань з декількома тестерами за показниками якості зерна кукурудзи та шляхи встановлення взаємозв'язків між ознаками поліпшеною якістю зерна кукурудзи та урожайністю.

*Дістало подальшого розвитку:*

– теоретичні та практичні сторони використання для визначення цінності вихідного матеріалу кукурудзи, підходів щодо всесторонньої оцінки його методами математико-статистичної обробки (зокрема аналізу по всіх типах гетерозису), поєднання формування високої врожайності з показниками якості зерна кукурудзи та дослідження характеру успадкування підвищеного вмісту в зерні білка, крохмалю та олії.

**Практичне значення одержаних результатів.** Використання інбредних ліній, із поліпшеними показниками якості, забезпечить отримання високогетерозисних гібридів із високим вмістом білка, крохмалю або олії у зерні із одночасним підвищенням урожайності, що значною мірою підвищить рентабельність виробництва зерна кукурудзи. Таким вихідним матеріалом можуть слугувати інбредні лінії: АК157, ВК11, ВК13, ВК19, ВК37, ВК69, АЕ392, АЕ746, АЕ801, УХК686, FV243, СО255 та G255.

Створено 4 експериментальні гібриди, які поєднують у собі високу якість зерна та урожайність: ВК13хСО255, ВК13хВК37, АЕ801хАЕ746, ВК13хУХК686.

Для подальшого вивчення та включення у селекційний процес до ТОВ «Агрофірми «Колос» було передано 6 інбредних ліній: NP2143, FV243, АЕ801, ВК11, ВК13, ВК69 та 7 гібридних комбінацій: ВК69хУХК667, ВК69хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хFV243, АЕ801хВК19 та АЕ801хВК69, створених на їх основі; до Національного Центру генетичних ресурсів рослин України та Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України передано 6 гібридних комбінацій: ВК13хFV243, ВК13хАК159, ВК69хВК13, ВК69хУХК667, АЕ801хВК13, ВК19хQ170 та 13



інбредних ліній: CO255, ХЛГ1203, ХЛГ1238, УХК37, FV243, Q170, АК135, АК149, АК151, АК153, АК155, АК157, АК159 (Додаток А.1-А.4).

**Особистий внесок здобувача** полягає у здійсненні огляду наукової літератури за темою дослідження, розробці програми досліджень та їх проведення у польових та лабораторних умовах згідно сучасної методології, обрахунках отриманих результатів та їх узагальнення у вигляді дисертаційного рукопису із сформульованими висновками та практичними рекомендаціями селекційній практиці. На основі отриманих даних було опубліковано наукові праці у фахових виданнях України та Європи, в яких авторство здобувача становить 60-90 %.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення дисертаційного дослідження було висвітлено на засіданнях кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського, на атестаціях аспірантів агробіологічного факультету та науково-практичних конференціях: Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми та перспективи інноваційного розвитку сільського господарства» (смт. Немішаєве, 12 березня 2019 року); Міжнародна науково-практична конференція «Використання інноваційних технологій в агрономії» (м. Вінниця, 3-4 червня 2020 року); XXII Міжнародний науково-практичний форум «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (м. Львів, 5-7 жовтня 2021 року); V Міжнародній науково-практичній конференції «Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво)» (м. Київ, 24-25 травня 2022 року).

**Публікації.** За темою дисертаційного дослідження було опубліковано 14 наукових праць, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у виданні інших держав, що входять до Організації економічного співробітництва та розвитку Європейського Союзу (Scopus, Q3), 9 тез доповідей.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертація містить анотацію українською і англійською мовами, вступ, 6 розділів, висновки, рекомендації селекційній практиці, список використаних джерел літератури

та додатки. Дисертація викладена на 194 сторінках, в тому числі на 130 сторінках основного тексту. Робота містить 30 таблиць, 33 рисунка та 32 додатка. Список використаних джерел літератури налічує 169 найменувань, із них 91 – латиницею.

# РОЗДІЛ 1

## СУЧАСНІ АСПЕКТИ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ З ПІДВИЩЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА

### (Огляд літератури)

#### 1.1 Передумови створення гібридів кукурудзи із поліпшеними показниками якості зерна

Зерно кукурудзи використовують при виготовленні широкого асортименту продукції, яку використовують у різних галузях. Воно є незамінним при використанні на корм худобі, для продовольчих і технічних потреб: виробництва круп і борошна, харчового крохмалю та рослинної олії, декстрину та етилового спирту тощо (Кузьмишина, та ін., 2014).

Фундаментальними біохімічними складовими зерна кукурудзи є білок, крохмалю та олія. Саме ці компоненти забезпечують високу енергетичну цінність та поживність, при використанні зерна кукурудзи на кормові цілі, придатність переробки за конкретними напрямками використання, такими як переробка на спирт, створення екологічно безпечних полімерів або ж використання у хлібопекарстві.

Вирощування кукурудзи разом із продовольчим та кормовим нині асоціюється також і з новим напрямом використання, таким як переробка на біоетанол, оскільки зерно кукурудзи має високий вміст крохмалю. Крохмаль, який міститься в зерні, спочатку розкладається до цукру, потім цей цукор у процесі бродіння перетворюється на алкоголь, після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню (Надь, 2012).

Згідно визначення Подпрятова Г.І. якість продукції – це сукупність корисних властивостей, які знаходять своє вираження у певних конкретних показниках. До основних властивостей сільськогосподарської продукції відносять: біологічні – ступінь ураженості збудниками хвороб та шкідниками, наявність домішок, сортова стабільність технологічних

показників; фізичні – форма, розмір, консистенція, забарвлення, цілісність та інші; хімічні – вміст сухої речовини, вітамінів, білка, крохмалю та олії (Подпрятов, 2004).

Значна кількість технологічних властивостей кукурудзи зумовлена ступенем розвитку роговидної та борошнистої частини ендосперму. Це такі показники, як простота виділення крохмалю в крохмале-потоківому виробництві, придатність до шліфовки – в круп'яному, розмелюваність – в борошномельному та інше (Ведерникова, 1956; Руц, 2010).

Відомо, що ендосперм зерна кукурудзи містить складну суміш крохмальних гранул і білкових тіл. Фізична структура ендосперму залежить від типу взаємодії між цими сполуками, а запасні білки відіграють важливу роль у фізичній структурі зрілого зерна (Pereira, et al., 2008).

В хлібопекарській промисловості кукурудзяне борошно, за умови відокремлення зародків при помелі, використовують як домішку при виготовленні кондитерських виробів та хліба, додаючи його до житнього і пшеничного (Ведерникова, 1956). При виробництві круп цінними є розлусні та кременисті білозерні підвиди кукурудзи (Malvar, 2008).

У зерні кукурудзи з борошнистою текстурою гранули крохмалю і білкові тіла розташовані в ендоспермі неорганізовано. У скловидних зернах розташування крохмальних гранул більш організоване, а міжзернинні простори ідеально заповнені. Зазвичай запасні білки відповідають за зв'язок між зернами крохмалю та білками матриксу ендосперму, впливаючи, таким чином, на твердість зерна (Gibbon & Larkins, 2005).

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 (Конарев, 1970). Вказані групи білків специфічні як за фізико-хімічними властивостями, так і за амінокислотним складом. Масова частка їх в зерні кукурудзи теж нерівнозначна. За експериментальними даними вміст азоту білкових фракцій в зерні кукурудзи складає: альбуміни

16,3%, глобуліни 6,5%, проламіни 31,5%, глютеліни 23,5%, нерозчинний залишок – 21,3% (Hood, et al., 2012).

Виявлено нерівномірний вміст білка у різних анатомічних частинах зернівки. В ендоспермі, який становить 81% маси зернівки, накопичується близько 7,0-11,2% білка, а в зародку, який становить 11,7% зерна – 14,0-26,0%, в перерахунку на абсолютно суху речовину (Watson, Description, development, structure, and composition of the corn kernel, 2003). Концентрація білка в алейроновому шарі є найбільш високою, в його клітинах виявлено до 36% білка до сухої маси ендосперму (Wolf, Cutler, Zuber, & Khoo, 1972).

Білкові фракції різняться за амінокислотним складом і поживною цінністю. Найбільш неповноцінною, з точки зору вмісту незамінних амінокислот та їх збалансованості, є зеїнова фракція із підвищеним вмістом глютамінової кислоти та проліна і незначним вмістом лізину й триптофана (Gianazza, 1977). Такий амінокислотний склад обумовлено еволюційно і має важливе фізіологічне значення при проростанні насіння, коли глютамінова кислота є донором аміногруп із яких шляхом переамінування утворюються нові амінокислоти, а пролін виконує захисну роль проти абіотичних стресів і входить до ростових білків, зокрема еластину (Туровець, 2010).

За хімічним складом зерно кукурудзи виділяється серед злакових кормів високим вмістом вуглеводів, головним чином крохмалю (до 70%), і високим відсотком олії (до 8%). Вміст протеїну становить близько 9-10%. Кукурудза бідна на вміст золи, особливо кальцію, якого міститься лише 0,05%, тобто в кілька разів менше, ніж у зерні вівса (Рябчун & Гур'єва, 2007).

Найвищою цінністю в крохмале-паточному виробництві характеризуються зубовидні і крохмалисті підвиди кукурудзи. Кременисті форми мають нижчу придатність, оскільки наявність роговидного шару значно ускладнює виділення крохмалю. Дослідження показують, що при ідентичному відсотковому вмісті крохмалю, у виробничих умовах зразки із зубовидним зерном забезпечують вихід крохмалю на 3 % вище, ніж

кременисті (Кузьмишина, та ін., 2014) (Саламов, 1954). Аналогічна ситуація спостерігається і при виробництві спирту та пивоварінні, оскільки роговидний шар знижує розварюваність сировини. Крім того, для крохмале-паточної галузі бажаною ознакою є білозерність, а при виробництві спирту та пивоварінні, дана ознака є не принциповою. Однак для цих галузей небажаними ознаками є високий вміст білка, золи та розчинних вуглеводів (Solaimalai, 2020; Rajic, 2007). Як приклад зерно кукурудзи для переробки на біоетанол, згідно стандарту США повинне містити 72-75 % крохмалю та менше 4 % олії (Блум, 2010).

У середньому крохмаль складається на 20–30 % із амілози і на 70–80 % з амілопектину, співвідношення яких залежить від його ботанічного походження. Вміст амілопектину може становити менше 30 % (наприклад у зморщеному гороху) та досягати 100 % у восковидних форм кукурудзи (Jan & Hoseney, 2010). Найбільше у світі крохмалю виробляють із кукурудзи (Каленська & Кнап, 2013). Крохмаль широко використовується при виготовленні хлібобулочних і кондитерських виробів, а також у консервній, молочній, м'ясній та інших галузях харчової промисловості. Крім того крохмаль застосовується у виробництві паперу та картону, у текстильній промисловості, поліграфії, металургії, медицині і побуті (Alcázar, Sylvia, & Meireles, 2015).

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 (Hasjim, et al., 2010).

Амілоза представляє собою лінійний полімер глюкози, в якому мономері пов'язані між собою  $\alpha$ -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

$\alpha$ -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 (Hoobin, Ying, Burgar, Gooley, & Augustin, 2015).

Структурні полімери 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 спіралью скручених ланцюжків амілози. Що стосується амілопектину, то його забарвлення є результатом утворення адсорбційних сполук (Popescu, Stoica, Barascu, & Jordan, 2010).

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 із найбільших природних полімерів і за молекулярною масою поступається тільки глікогену (Wang, et al., 2017).

Фізико-хімічні властивості крохмалю зернових культур визначаються багатьма факторами, серед яких одним із важливих є розмір та форма його гранул (Cornejo-Ramirez, Cinco-Moroyoqui, & Ramirez-Reyes, 2015). Крохмальні зерна зазвичай бувають сферичної форми, проте зустрічаються і багатокутні. Для кожної культури характерний певний вигляд гранул крохмалю (Alcázar, Sylvia, & Meireles, 2015). Дослідження вказують на те, що варіювання розміру гранул крохмалю також визначається умовами вирощування культури (Баранов, Сліщук, Волкова, & Сиволап, 2014).

Кукурудза є провідним джерелом зернового крохмалю, який широко використовується в харчовій, фармацевтичній і технічних галузях промисловості (Watson, Corn marketing, processing, and utilization, 1988). Однак якість крохмалю кукурудзи традиційного типу, як правило, не задовольняє специфічних вимог промислових виробництв і потребує

поліпшення, найбільш результативним і економічно вигідним методом якого вважається генетичне поліпшення (Miller & Whistler, 2009).

На даний час у кукурудзи ідентифіковано серію моногенних мутацій, які викликають утворення крохмалів із високими частками амілози, або амілопектину і встановлено, що цей ефект супроводжується суттєвими змінами морфології крохмальних гранул і технологічних властивостей крохмалю (Dumanovic & Rajic, 1998).

Кукурудза зі зміненою структурою ендосперму, спричиненою мутацією гену – *wx* має високу поживну та технологічну цінність. За останні десятиліття було розроблено багато адаптованих інбредних ліній кукурудзи для виробництва гібридного насіння різними методами селекції. Через популярність восковидної кукурудзи селекціонери для своєї роботи часто обирають інбредні лінії із цією мутацією гену. Велика кількість зародкової плазми воскової кукурудзи була отримана завдяки десятиліттям селекції воскової кукурудзи (Luo, et al., 2020).

Кукурудзяна олія характеризується високим вмістом енергії. Енергетична цінність 100 г кукурудзяної олії становить близько 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 невисоким 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 досить стабільна, оскільки містить лише невелику кількість ліноленої кислоти (0,7 %) та має високий рівень природних антиоксидантів (Val, 2009). Калорійність олії в 2,25 рази більша, ніж у крохмалю, а дослідження з годівлі худоби засвідчили більшу швидкість збільшення ваги на одиницю корму для високоолійної, ніж для звичайної кукурудзи (Lambert, Alexander, & Mejaaya, 2004).



Нинішнє швидке зростання населення на Земній кулі, особливо в слабо розвинених країнах, створює загрозу масштабного, серйозного недоїдання та голоду для мільйонів людей, якщо технології сільського господарства не зможуть запобігти цій проблемі. Перед селекціонерам стоїть завдання створити сорти з високою врожайністю та покращеною якістю зерна (Prasanna, Vasal, Kassahun, & Singh, 2001).

Таким чином, заміна звичайної кукурудзи високоякісною суттєво зменшить загрозу голоду для людей, які залежать від кукурудзи як основного продукту харчування (Gemechu, Sentayehu, & Leta, 2016). Проте створення гібриду, який, за показниками якості, одночасно міг би задовольнити всі галузі господарського використання не можливе. Найвищої ефективності використання можна досягнути при створенні гібридів спеціалізованого напрямку використання, з оптимальними, для відповідного напрямку характеристиками показників якості (Понуренко, 2021).

Вирішення даної проблеми полягає у підборі вихідного матеріалу – інбредних ліній кукурудзи, які можуть слугувати джерелами покращення показників якості зерна.

## **1.2 Підбір вихідного матеріалу з поліпшеним біохімічним складом**

Основою складного та тривалого процесу створення нових гібридів кукурудзи є підбір батьківських компонентів, котрі можуть слугувати джерелами поліпшених біохімічних та господарсько-цінних ознак. Так, в залежності від особливостей напрямів переробки зерна кукурудзи виробництву необхідні гібриди із підвищеним вмістом крохмалю, а в самому крохмалі – амілози або амілопектину. При використанні на фуражні цілі обов'язковою умовою є підвищений вміст білка. Такий розподіл гібридів за напрямками використання забезпечить підвищення

рентабельності виробництва та здешевлення кінцевої продукції (Жемойда, Макаруч, & Спряжка, 2020).

Вміст крохмалю у зерні різних сортів однієї і тієї ж культури є генетично контрольованою ознакою, проте значення її показників коливається в залежності від погодних умов вирощування, особливостей агротехніки (наприклад строків сівби), доз мінеральних добрив і ряду інших факторів (Паламарчук, Віннік, & Коваленко, Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування, 2021). Відомо, що кількість крохмалю позитивно корелює із температурою і вологістю під час вегетації сільськогосподарських культур. Так, при великій кількості опадів у зерні формується вищий вміст крохмалю, ніж при їх недостатці (Gorash, Armonien, & Mitchell, 2017; Loskutov, 2002), а підвищення урожайності у сприятливі роки супроводжується зниженням його вмісту, що пов'язано із рядом факторів, одним з яких є процес посиленого синтезу крохмалю (Паламарчук, Дідур, Колісник, & Алексєєв, 2020). У цілому кількість крохмалю у зерні, на відміну від вмісту білка, менше залежить від умов довкілля, що свідчить про його генетичну детермінованість (Паламарчук, Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву, 2017).

Численними дослідженнями виявлено, що мутації гену структури ендосперму кукурудзи (*o2*, *ae*, *fl2*, *du*, *wx*, *sh1*, *su1*) дають специфічні електрофоретичні спектри зерна (Діденко, 2016). За такими спектрами можливо проводити ідентифікацію мутантів та контроль за включенням мутантних генів у геноми ліній, гібридів і сортів при селекції кукурудзи на якість білка у зерні та складу вуглеводів (Капустян, 2015).

Наразі у кукурудзи ідентифіковано близько 20 моногенних мутацій гену структури ендосперму із корисним ефектом за основними ознаками якості продукції (Coe & Polacco, 1994; Boyer & Curtis, 2001). Водночас встановлено, що ці ознаки можуть контролюватися також полігенними

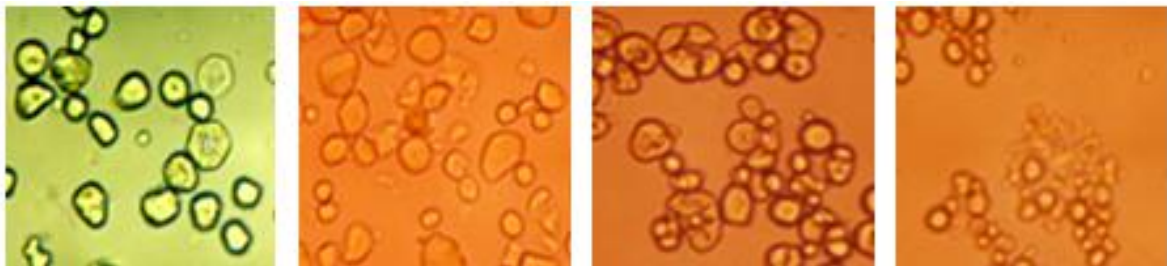
комплексами, здатними викликати самотійну дисперсію за показниками якості продукції й модифікувати ефекти моногенних мутацій (Alrefai, Berke, & Rocheford, 1995; Sene, Causse, & Damerval, Quantitative trait loci affecting amylose, amylopectin and starch content in maize recombinant inbred lines, 2000). Використання ефекту саме цих генетичних систем вважається найвиправданішим шляхом поліпшення якості продукції у кукурудзи та створення гібридів харчового й технічного призначення (Dumanovic & Rajic, 1998).

Генетично поліпшуючи якість зерна кукурудзи слід враховувати, що її основні критерії у гібридів різних напрямів використання різняться. Зокрема, у гібридів харчового й технічного призначення ними вважаються вміст і фракційний склад вуглеводів (Miller & Whistler, 2009), вміст і жирно-кислотний склад олії (Moreau, 2005).

Відомо, що технологічні властивості крохмалю значною мірою залежать від його фракційного складу, а також розмірів та структури крохмальних гранул (Бухкало, 2019). На даний час у кукурудзи ідентифіковано серію моногенних мутацій, які викликають утворення крохмалю з високими частками амілози або амілопектину (Coe & Polacco, 1994) і встановлено, що цей ефект супроводжується суттєвими зміненнями морфології крохмальних гранул і технологічних властивостей крохмалю (Wang, White, Pollak, & Jane, 1993). З іншого боку, відомо, що основні ознаки якості гранулярного крохмалю можуть контролюватися і полігенними комплексами, здатними викликати власну дисперсію за цими ознаками, а, можливо, і підсилювати ефекти моногенних мутацій (Sene, Causse, & Damerval, Quantitative trait loci affecting amylose, amylopectin and starch content in maize recombinant inbred lines, 2000).

Використання гібридів кукурудзи з різними ефектами, спричиненими мутаціями генів структури ендосперму, вважається одним із перспективних напрямів генетичного поліпшення якості зерна для харчової та технічної галузей виробництва. Серед відомих моногенних мутацій генів структури

ендосперму у практичній селекції найбільш активно використовуються мутанти *wx*, крохмаль яких майже повністю складається з амілопектину; *ae*, який вирізняється значно підвищеним вмістом амілози в крохмалі (Nelson & Ran, 1995; Tracy, 1997). Зерно кукурудзи з мутацією гену *ae*, що обумовлює високу частку амілози у крохмалі, є цінною сировиною для крохмалепатокової та спиртової промисловості, виробництва пластмас, целофану, біодеградуючих екологічних плівок. Крохмаль зерна кукурудзи з мутацією *wx* складається майже на 100 % з амілопектину, який характеризується сильною клейкістю, використовується для виготовлення харчових продуктів – пудингів, локшини, тощо; високоякісних органічних клеїв (Рибалка, Червоніс, Моргун, Починок, & Поліщук, 2013).



звичайна

*wx**su2**ae*

Рис. 1.2.1 Морфологія крохмальних гранул при наявності мутацій генів структури ендосперму.

Використання у селекційних цілях джерел крохмалю із перерозподіленим співвідношенням лінійного та розгалуженого полімерів за рахунок генетики має безумовне практичне значення і розглядається як один із пріоритетних напрямів прикладної генетики сільськогосподарських рослин (Whitt & et al., 2002).

У селекції на покращення якості зерна кукурудзи з використанням полігенних систем виникають труднощі, пов'язані з конкуренцією метаболічних шляхів біосинтезу сполук за пул асимілятів (Doehlert & Lambert, 1991). Зазначаючи, що вміст крохмалю в зерні відіграє неабияку роль у потенціалі продуктивності, то добори на підвищення вмісту білка та олії спонукають до зниження вмісту крохмалю і, в свою чергу, зумовлюють

зниження врожаю зерна (Boyer & Curtis, 2001). Так, середній вміст білка та олії у Іллінойських ліній із високим вмістом білка були підвищені на 0,12% та 0,01% за цикл, в той час як середній вміст крохмалю зменшувався на 0,26% на покоління. Для форм із високим вмістом олії при доборах середні вмісти білка та олії були збільшені на 0,17% і 0,03% на покоління, одночасно середнє значення показника вмісту крохмалю у зерні зменшилось на 0,28% за покоління (Dudley & Lambert, 100 generations of selection for oil and protein in corn, 2004).

Селекція на високу продуктивність по різному відображається на показниках якості зерна. При аналізі біохімічного складу зерна гібридів компанії «Pioneer» які використовувались у виробництві із 1930 по 2001 роки відмічено, що вміст білка в зерні за 10 років зменшувався в середньому на 0,3%, а вміст крохмалю, навпроти, зростав з тією ж швидкістю, в той час коли вміст олії залишався стабільним на різних етапах селекційної роботи (Duvick, Smith, & Cooper, Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program, 2004). В схожій за змістом роботі, підтверджено думку стосовно швидкості змін вмісту білка і протеїну і встановлено достовірне зменшення вмісту олії в зерні на 0,06% в 10 років (Scott, 2006).

Але, як встановлено дослідженнями, насіння форм кукурудзи зі зміненою структурою ендосперму дає більш слабкі паростки і є менш довговічним у зберіганні, ніж насіння традиційних зубовидного і кременистого типів (Лінник, Тимчук, Чупіков, & Кузьмишина, 2010; Mloza-Banda, 1992). Знижена потужність паростків форм, що несуть гени *ae*, *wx* та ін. може бути підвищена шляхом добору серед інбредних ліній (Rowe & Garwood, 1978).

Серед відомих крохмаль-модифікуючих мутацій кукурудзи на особливу увагу заслуговує мутація *wx*, яка викликає значне зниження активності грануло-зв'язаної крохмаль синтази, пригнічує синтез амілози і викликає утворення крохмалю, які майже повністю складаються з амілопектину (Nelson & Pan, 1995).

Крохмалі такого типу вирізняються підвищеною атакованістю амілолітичними ферментами, досить низькими температурами початку та закінчення клейстеризації і формують високов'язкі прозорі і стабільні клейстери, стійкі до ретроградації (Shi & Seib, 1992).

Мутанти кукурудзи з високим вмістом амілози є цінними джерелами крохмалю з високою часткою резистивного крохмалю і тому привертають увагу селекціонерів у галузі створення і використання функціональних продуктів дієтичного харчування (Englyst, Kingman, & Cummins, 1982). Дослідженнями встановлено, що частка резистентного крохмалю у кукурудзи із високим вмістом амілози сягає майже 70 %, в той час як у восковидної кукурудзи – лише 5 % (Sajilata, Singhal, & Kulkarni, 2006). Вважається, що крохмаль, який розміщений в середині крохмальних гранул кукурудзи з високим вмістом амілози, є важкодоступним для дії амілази, а самі крохмальні гранули значно менші за розміром та мають багато гранул видовженої форми (Kimura & Robyt, 1995).

Амілозного типу крохмалі формують міцні щільні гелі з пружною структурою та великою силою натягу. Дані властивості є бажаними при виготовленні певних специфічних видів продуктів харчування, таких як крохмальна локшина та особливих – пружних видів хлібобулочних виробів. Протягом останніх років крохмалі амілозного типу використовуються як найкраща сировина для формування термопластиків, які легко утилізуються не завдаючи шкоди навколишньому середовищу (Hallauer, Specialty corns 2nd ed., 2001).

Високоамілозні лінії кукурудзи (мутація *ae*) мають достатньо широкий розмах мінливості за вмістом як крохмалю, так і амілози в крохмалі. Навпаки, фракційний склад крохмалю ліній на основі мутації *wx* є дуже стабільним, і ці лінії відрізняються тільки за вмістом крохмалю. Таким чином, використання взаємодій ген : генотип створює можливості сполучення в межах однієї лінії підвищеного вмісту крохмалю та амілози в крохмалі або створення висококрохмалистих ліній восковидної кукурудзи

(Тимчук, Жмурко, & Тимчук, Вміст крохмалю і амілози в зерні ліній кукурудзи – носіїв ендоспермальних мутацій, 2007).

Велика кількість досліджень підтверджує, що зусилля, спрямовані на збільшення вмісту олії в зерні кукурудзи шляхом доборів форм із високим вмістом олії, були успішними, проте використання цих ліній значно знижує урожайність, оскільки, у порівнянні з крохмалем, синтез олії є енергоємним процесом. В цілому, високоолійні гібриди кукурудзи формують урожай на 5-10 % нижче класичних гібридів, тому перед селекціонерами стоїть завдання підвищити вміст олії не зашкоджуючи потенціалу урожайності зерна (Moose, Dudley, & Rocheford, Trends Plant Science).

Для отримання форм із високим вмістом олії без значної депресії урожайності запропоновано схему отримання гібридного насіння з використанням ефекту ксенійності. Було встановлено, що чужорідний пилок впливає на вміст олії в рік запилення. Практична схема використання ефекту ксенійності була створена в компанії «Pfister Hybrid Corn Company», і була позначена як "TopCross". Впровадження такої схеми вимагає двох генетично різних генотипів, висіяних одночасно на одній ділянці. Елітний ЦЧС гібрид F1 звичайної кукурудзи, дуже поширений у регіоні, використовується як один із батьків (материнський компонент). Інший батько (батьківський компонент) – форма із високим відсотковим вмістом олії в зерні. Насіння обох форм змішане. Співвідношення батьківських компонентів становить 90-92% (материнський компонент) : 8-10% (батьківський компонент). Урожайність рослин-запилювачів може бути нижчою, ніж урожайність рослин материнських компонентів, отже, загальний врожай може бути дещо нижчим, у порівнянні з урожайністю інших комерційних гібридів, однак рівень олії був майже на 75% вищим, ніж вміст олії у зерні кукурудзи звичайного типу (Schwartz, Kerns, & Deikman, 2009; Lambert, Alexander, & Mejava, 2004).

Методами класичної генетики на основі статистичних моделей було доведено, що вміст олії в зерні кукурудзи є складною ознакою, яка

контролюється полігенно (Mangolin, 2004; Dudley, From means to QTL: the Illinois long term selection experiment as a case study in quantitative genetics, 2007), тому прикладна селекція кукурудзи з високим вмістом олії в зерні пішла шляхом накопичення корисних алелей способом рекурентного періодичного добору.

### **1.3 Взаємозв'язок основних показників якості зерна при селекції на гетерозис**

Кукурудза – одна з найбільш високопродуктивних злакових культур універсального призначення, активно використовується в харчовій, технічній промисловості, тваринницькій і медичній галузях. Для сільськогосподарського виробництва України надзвичайно актуальним є одержання стабільно високих врожаїв зерна кукурудзи із поліпшеними показниками якості. Але потенціал сучасних гібридів використовується лише на 40–50 % (Лупенко & Месель-Веселяка, 2012). Однією із основних вимог стратегії селекційного процесу кукурудзи є високий рівень прояву ефектів гетерозису (Gupta, Acharya, & Patel, 2011).

Основною проблемою залишається питання створення нового вихідного матеріалу з широкою генетичною основою. Введення в селекційні програми методики генотипової класифікації самозапильних ліній надало можливість цілеспрямованого добору та гібридизації батьківських пар за створення високогетерозисних гібридів і синтетичних популяцій (Заплітний, Микуляк, Лінська, Карп, & Козак, 2017).

Ефект гетерозису проявляється у гібридів F1, отриманих шляхом схрещування двох інбредних батьків. Характер і величина прояву істинного, гіпотетичного та конкурсного гетерозису безпосередньо впливають на вибір батьківських пар для гібридизації та отримання бажаного ефекту. Позитивна чи негативна реакція гетерозису значною мірою визначається цілями селекції та типом використовуваних культур. Гетерозис зробив



великий внесок у підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і є однією із основ світового агробізнесу (Vegna, 2021).

Гетерозис визначається здатністю гібрида перевищувати свої батьківські форми за продуктивністю, розміром вегетативних органів та стійкістю до біотичних та абіотичних факторів зовнішнього середовища (Shull, 1914). Саме явище використання гетерозису вважається одним із найбільш значущих досягнень у селекції (Duvick, *Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize*, 2001).

Відмічено, що успадкування вмісту моносахаридів і цукрози гібридами кукурудзи на основі мутації гену структури ендосперму *sh2* здійснюється за типом неповного домінування батьківської форми з нижчим рівнем ознаки або негативного наддомінування, а успадкування вмісту крохмалю – за типом позитивного наддомінування

Рівень результативності гетерозисної селекції кукурудзи визначається успіхом у доборі і створенні генофонду самозапилених ліній із високим рівнем прояву гетерозису за господарсько-цінними ознаками і зниженням економічних затрат. А класифікація ліній за показниками якості зерна, оцінка та аналіз успадкування ознак нині є важливим завданням селекції культури (Білокур & Рябовол, 2021).

Існує декілька методів для визначення рівня ефекту гетерозису. Виділяють істинний тип гетерозису ( $H_{ict}$ ), який визначає збільшення показників ознаки у гібрида, в порівнянні із кращою батьківською формою за даною ознакою.

Другий тип гетерозису – гіпотетичний ( $H_{гип}$ ) – коли прояв ознаки у гібрида перевищує її середнє значення у обох батьків. Також виділяють конкурсний гетерозис, який визначає перевагу експериментального гібриду над гібридом-стандартом або умовним стандартом.

У генетиці та селекції використовують термін «додатній» та «від'ємний» гетерозис (East, 1908). Ці поняття розглядають у випадку істинного гетерозису, коли різниця між гібридом і кращим батьківським

компонентом більше нуля для «додатного» гетерозису та менше нуля – у випадку «від’ємного» гетерозису. При розгляді негативних ознак цей поділ є цілком виправданим (Кравченко, 2007).

Тому А. Gustafson рекомендував розрізняти гетерозис репродуктивний, соматичний та адаптивний (Gustafson, 1946). Репродуктивний гетерозис виявляється в більш інтенсивному розвитку репродуктивних органів, що призводить до підвищеної врожайності насіння, плодів; соматичний – у більшому розвитку вегетативних органів рослин; адаптивний гетерозис проявляється у підвищенні пристосованості гібридів до умов середовища, їх конкурентоздатності в боротьбі за існування (Fakorede & Agbara, 1983).

Гіпотези, що пояснюють явище гетерозису, було сформовано на початку цілеспрямованого використання гетерозису селекціонерами. Основні з них – гіпотези домінування, наддомінування та гіпотеза генетичного балансу. Різняться вони залежно від того, який вид взаємодії спадкових факторів розглядається кожною з них, як головна причина гетерозису (Jannink, Lorenz, & Iwata, 2010).

Концепції домінування та наддомінування можна розглядати як складові частини загальної теорії гетерозису (Спряжка & Жемойда, Ступінь та характер ефектів гетерозису ліній кукурудзи за показниками якості зерна, 2022). Проте Н. В. Турбин вважає, що гетерозис не може пояснюватись одним типом взаємодії генів. Гетерозис необхідно розглядати як сумарний ефект фенотипової схожості дії різнорідних генетичних процесів, і мабуть, в основі різних форм прояву гетерозису лежать різні генетичні причини (Турбин, 1961).

Використання явища гетерозису при створенні гібридів є одним із знакових досягнень у селекції (Duvick, *Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize*, 2001). Але з моменту відкриття гетерозису і до теперішнього часу молекулярні основи гетерозису невідомі, генетичні і молекулярні аналізи засвідчують складність цього явища і, цілком імовірно,

що у формуванні гетерозису приймає участь більш, ніж один механізм контролю. Генетичні теорії, (домінування, наддомінування, епістаз), які пояснюють механізми гетерозису на генетичному рівні, не здатні спрогнозувати продуктивність гібридів. Окрім того, рівень гетерозису залежить від умов навколишнього середовища, що робить процедуру прогнозування більш складною (Petrovic, Wale, & Jelovac, 1990).

Прогнозування рівнів гетерозису зацікавило багатьох вчених і за останні кілька десятиліть була розпочата активна робота з розроблення методів його прогнозування (Хаджинов, 1980). Перший підхід стосувався фенотипової оцінки батьківських компонентів, але він виявився неефективним і неточним (Lonnquist & Gardner, 1961), тому що дослідники спостерігали низькі корелятивні залежності між урожайністю батьківських компонентів та урожайністю їх гібридного потомства (Hallauer, *Use of genetic variation for breeding populations in cross pollinated species*, 1992). Але неефективність цього підходу можна пояснити маскуванням ефектів сприятливих домінантних алелів (Smith & Duvick, 2004; Gardiner & Coe, 1993).

У подальшому продовжувалися пошуки методів, більш надійних у прогнозуванні рівня гетерозису. Одним із ранніх підходів, щодо прогнозування гетерозису, була оцінка загальної комбінаційної здатності (Griffing, 1956). Метод виявився доволі простим у виконанні і широко використовується у прогнозуванні гетерозису (Hinkelmann, 1976). Тим не менш, визначення ЗКЗ супроводжується великою кількістю польових досліджень, на яких засновано цей підхід. Але точність методу зменшується за рахунок того, що не приймається до уваги специфічна комбінаційна здатність (Baker, 1978). СКЗ описує неадитивну частину фенотипової дисперсії гібридів. Рівні СКЗ оцінюються, коли важливо виділити кращі або гірші гібридні комбінації, ніж ті, що були прогнозовані за ефектами ЗКЗ.

За даними Харченко Ю.В. встановлено широку мінливість неспоріднених за походженням ліній – носіїв різних мутантних генів

структури ендосперму, зокрема *wx* та *ae*. Так лінії із наявним мутантним геном *wx* характеризуються високим ефектом загальної комбінаційної здатності та варіансами специфічної комбінаційної здатності за зернової продуктивністю та вмістом крохмалю у зерні. А з поміж ліній – носіїв мутантного гену *ae* найбільш високі ефекти ЗКЗ за вмістом крохмалю та широкі варіанси СКЗ за вмістом олії зафіксовано у лінії АЕ392 (Харченко, Харченко, Тимчук, Поздняков, & Супрун, 2014).

Гетерозис проявляється при об'єднанні двох дивергентних батьківських компонентів. Тому цілком логічними стали спроби визначення генетичної відстані між можливими батьківськими формами. Дослідники відзначали кореляції між рівнями гетерозису та ступенем генетичної віддаленості між інбредними лініями (Blanc & Wolfe, 2004).

Інбредний матеріал селекціонери розділяють на різні гетерозисні групи, в основному опираючись на їх родовід. І дійсно, було доведено, що при схрещуванні ліній, які належали до різних гетерозисних груп, рівень гетерозису був більшим, порівняно з внутрішньогруповими схрещуваннями (Borevitz & Nordborg, 2003). Але межі між різними гетерозисними групами на сучасному етапі розвитку селекції дуже розмиті і тому складно класифікувати належність ліній до конкретної гетерозисної групи (Brown, 1949).

Шляхом використання маркерів SSR та SNP також підтверджено досить суперечливі результати щодо прогнозування гетерозису у кукурудзи. Як і у випадку ізоферментної маркерної системи, була встановлена залежність від виду схрещувань. Можливим поясненням є те, що рівень кореляції між ознаками залежить від походження ліній (Mammadov, Chen, & Ren, 2010; Messmer, Melchinger, & Vorpenmaier, 1993) або від розміру вибірки, та кількості маркерів, що використовуються у дослідженні поліморфізму (Lu, Yan, & Guimarães, 2009).

Попередніми дослідженнями встановлено наявність певних рівнів різноякісності, за яких спостерігаються якісно різні кореляційні залежності.

А. Е. Melchinger встановив існування граничного значення генетичної спорідненості, при перевищенні порогу якого залежність між гетерозисом і генетичною дистанцією буде знижуватись (Melchinger & Lee, Use of RFLPs for investigating relationships among inbreds and predicting heterosis in maize, 1990; Melchinger, Utz, & Schon, Quantitative trait locus (QTL) mapping using different testers and independent population samples in maize reveals low power of QTL detection and large bias in estimates of QTL effects, 1998). Звідси постає проблема у визначенні порогу дискретизації, при якому вірогідніше отримати високогетерозисний гібрид.

Широке розповсюдження гібридів кукурудзи є одним із найуспішніших прикладів використання явища гетерозису, яке має важливе значення для виробництва сільськогосподарської продукції (Duvick, Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize, 2001). Селекційна практика вказує на те, що продуктивність батьківських компонентів гетерозисних гібридів зазвичай не відповідає продуктивності гібридів. Відмінні гібриди не завжди походять від елітних батьківських форм. Тому селекціонери оцінюють інбредні лінії кукурудзи за їх потенціалом гетерозису, а не власними показниками продуктивності та якості (Riedelsheimer, et al., 2012).

Для прикладу, встановлено, що успадкування компонентів жирнокислотного складу олії, при використанні в якості батьківських компонентів ліній носіїв мутантного гену *ae*, проходить за типом неповного домінування із суттєвим внеском до дисперсії аддитивних ефектів (Тимчук, та ін., 2013). Так само суттєві відмінності за ефектами комбінаційної здатності за показниками якості зерна відмічено також між різними лініями – носіями мутантного гену структуру ендосперму *wx*. Аналогічно до ліній – носіїв гену *ae*, успадкування вмісту олії проходить за типом неповного домінування (Тимчук С. М., та ін., 2012).

Прогрес у гетерозисній селекції досягається постійним удосконаленням відомих базових моделей, основаних на альтернативному

різноманітні споріднених ліній із поступовим підвищенням гетерозису. Створення нових інбредних генотипів кукурудзи пов'язано зі збільшенням толерантності до самозапилення цієї перехреснозапильної культури, а отже і підвищенням врожайності ліній. Вчені роблять припущення, що в майбутньому буде виявлено генотипи з нульовою депресією (Деркач, Абраїмова, & Сатарова, 2017), тобто врожайність ліній дорівнюватиме врожайності гібридів і селекція на гетерозис втратить актуальність. Отже, ріст врожайності ліній повинен супроводжуватись постійним зменшенням індексів істинного та гіпотетичного гетерозису (Черчель & Боденко, Врожайність зерна та гіпотетичний гетерозис сестринських гібридів кукурудзи плазми Рейд., 2010).

Аналіз наукових праць з тематики покращення показників якості зерна кукурудзи свідчить, що генетичне різноманіття ліній – носіїв мутантних генів структури ендосперму *ae* та *wx* створює сприятливі можливості для поліпшення і поєднання у цих типів кукурудзи показників якості, таких як вміст білка, крохмалю, олії та зернової продуктивності.

### **Висновки до розділу 1**

1. Одним із основних завдань, яке стоїть перед селекціонерами-кукурудзводами – це створення не лише високопродуктивних гібридів, але і покращення їх показників якості зерна. Заміна звичайної кукурудзи високоякісною значно зменшить загрозу недоїдання для людей, які залежать від кукурудзи як основного продукту харчування. Особливо актуально це в умовах нинішнього швидкого зростання населення на Земній кулі, що спонукає загострення продовольчої кризи.

2. Селекція на підвищення урожайності по різному корелює із показниками якості зерна. При дослідженні біохімічного складу зерна гібридів кукурудзи, які використовувались у виробництві в ХХ сторіччі спостерігалось зниження вмісту білка в середньому на 0,3 % за 10 років, одночасно вміст крохмалю, навпаки, зростав, а вміст олії залишався

стабільним. Що створює передумови для створення гібридів кукурудзи з різними ефектами, викликаними мутаціями генів структури ендосперму, які безпосередньо впливають на показники якості зерна.

3. Для досягнення поставленої цілі – поліпшення біохімічного складу зерна кукурудзи необхідно добирати батьківські компоненти із заданими параметрами якості зерна та урожайності. Використання широкого генетичного різноманіття вихідного матеріалу та його всебічна оцінка значно спрощує подальшу селекційну роботу та забезпечує отримання гібридів із необхідними ознаками.

4. Лінії – носії різних мутантних генів структури ендосперму, зокрема *wx* та *ae* характеризуються широкою мінливістю ознак. Так лінії із наявним мутантним геном *wx* характеризуються високими ефектами ЗКЗ та СКЗ за зерною продуктивністю та вмістом крохмалю у зерні, а лінії – носіїв мутантного гену *ae* формують найбільш високі ефекти ЗКЗ за вмістом крохмалю та широкі варіанси СКЗ за вмістом олії.

5. Генетичне різноманіття ліній – носіїв мутантних генів структури ендосперму *ae* та *wx* створює сприятливі умови для покращення у цих типів кукурудзи показників якості, таких як вміст білка, крохмалю, олії та поєднання їх із зерною продуктивністю.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень

Полеві дослідження за темою дисертаційної роботи проводили протягом 2018-2022 рр. в умовах відокремленого підрозділу «Агрономічна дослідна станція» Національного університету біоресурсів і природокористування України, на дослідних полях лабораторії кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського НУБіП України, які розташовані у Білоцерківському районі Київської області. За географічним положенням дослідне господарство розташоване в північній частині Правобережного Лісостепу України. Рельєф території рівнинний, територія станції за відношенням природних факторів із ґрунтоутворення типова для цього агроґрунтового району.



Рис. 2.1.1 Місце розташування ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»

Ґрунтоутворюючою породою дослідної ділянки є лесовидний суглинок, який характеризується значним оглеєнням, із високим вмістом



карбонатів кальцію (до 20%), що характерно для чорноземно-лугових, лугових ґрунтів. У результаті глибокого вимивання в товщу ґрунту розчинів, утворився глибокий чорнозем із гумусовим горизонтом (90-95 см). Структура орного шару зернисто-пилувата (Рідей, Тонха, Строкаль, Шофолов, & Горбатенко, 2014).

Основна ґрунтова різновидність дослідних полів – чорнозем типовий карбонатний малогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий на лесовидному суглинку із вмістом гумусу у орному шарі – 4,38-4,53 %, азоту, що легко гідролізується – 10,6–11,4 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 8,9–10,6 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – 6,2–6,5 мг/100 г, ємність поглинання – 31,9–32,0 мг. екв. /100 г ґрунту. Глибина залягання ґрунтових вод становить 2-2,5 м. Водний режим даних ґрунтів формується за рахунок атмосферних опадів та ґрунтового зволоження (Булигін, Вітвіцький, Буліний, & Тонха, 2019).

*Таблиця 2.1.1*

**Агрохімічна характеристика чорнозему типового карбонатного малогумусного, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»**

Глибина шару, см	Вміст гумусу, %	pH сольової витяжки	Кількість карбонатів, %	Ємність поглинання, мг-екв. на 100 г ґрунту
0–10	4,53	6,87	–	31,9
35–45	4,38	7,30	1,66	32,0
70–80	1,36	7,30	9,20	19,1
130–140	0,86	7,30	10,50	15,0
210–230	–	7,30	9,70	–

Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної – 6,9-7,3 рН. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37% фізичної глини, 63% піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,16-1,25 г/см, вологість стійкого в'янення – 10,8%. Повна вологоємність ґрунту становить в шарі 0–

30 см – 38,4%, в шарі 30-45 см – 42,7%. Польова вологостійкість цього ґрунту в шарі 0-30 см сягає 28,2%, вологість розриву капілярів – 19,7%, максимальна гігроскопічність – 7,46%, недоступна для рослин вологість – 10%, загальна щільність у рівноважному стані – 52-55% (Bulyhin & Tonkha, 2019) (Табл. 2.1.2).

Таблиця 2.1.2

**Водно-фізичні властивості чорнозему типового карбонатного малогумусного, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»**

Глибина горизонту, см	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Загальна пористість, %	Максимальна молекулярна вологостійкість, %	Вологість в'янення, %	Польова вологостійкість, %	Повна вологостійкість, %
5–25	11,25	52	13,6	10,8	28,2	41,6
25–45	11,16	55	13,2	10,7	27,3	47,4
80–100	11,27	52	12,3	9,8	25,6	41,0
135–155	11,20	54	–	–	21,5	45,0
185–205	11,20	56	12,0	9,6	14,6	48,3
230–250	11,55	42	–	–	22,1	27,1



Рис. 2.1.2 Розріз чорнозему типового карбонатного малогумусного

Підсумовуючи інформацію про якість ґрунтового покриву дослідних ділянок, можна зробити висновок, що за своїми фізико-хімічними властивостями ґрунти є придатним для вирощування кукурудзи на зерно.

Дослідні поля територіально відносяться до правобережної зони Північного Лісостепу, яка характеризується помірно-континентальним кліматом із спекотним та декуди посушливим літом і м'якою зимою із частими відлигами. Середньорічна температура повітря у період з 2017 по 2021 роки становила  $+9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . За багаторічними даними найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою  $-5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а найвищі температури за рік спостерігаються у липні і становлять  $+21,26\text{ }^{\circ}\text{C}$  у середньому за місяць. Навесні приморозки можуть спостерігатись до другої та навіть третьої декади травня, а перші осінні – на початку жовтня. Близько 260 днів на рік триває період із середньодобовою температурою вище  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , та 160-180 днів із температурою вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Протягом останніх п'яти років на території Білоцерківського району Київської області випало 2708 мм опадів, що становить у середньому – 542 мм за рік. За вегетаційний період кукурудзи у середньому випадає близько 338 мм опадів, що становить 62,3% від загальної кількості опадів на рік. Однак, зволоження за рахунок атмосферних опадів можна охарактеризувати як нестійке, оскільки в окремі роки рівень вологозабезпечення сильно відхиляється від середньобагаторічних показників.

У роки проведення досліджень (2018-2021) температурний режим та вологозабезпечення достатньо критично різнилися між собою за роками, що відповідно позначилось на динаміці росту і розвитку кукурудзи (рис. 2.1.3, 2.1.4).

Період сівби у 2018 році характеризувався дещо підвищеною температурою повітря, відносно середньої багаторічної (131 %) та недостатньою кількістю опадів – лише 2 мм, у той час, як середня кількість опадів у квітні становить 33,12 мм, що негативно вплинуло на проходження початкових фаз росту і розвитку кукурудзи. Загалом кліматичні чинники

2018 р. були не цілком сприятливими для вирощування кукурудзи, оскільки кількість опадів за вегетаційний період становила лише 78,4 % від середньої багаторічної норми, а температура повітря у період цвітіння рослин, в середньому +21,1 °С, що негативно впливає на якість запилення за рахунок зниження життєздатності пилку. У період збирання урожаю спостерігалась незначна кількість атмосферних опадів – 23,2 мм, що становило 54% від середнього багаторічного показника, це, в свою чергу, дало змогу зібрати урожай кукурудзи із вологістю зерна близькою до стандартної.

За період вегетаційного сезону 2019 р. також було відмічено значну нестачу вологи, опадів випало лише 257 мм, що становить 74,2 % від середньої багаторічної норми. Особливо гостро нестача вологи відчувалась у серпні, коли випало 8,6 мм опадів при середньомісячній нормі у 34,2 мм, що стало причиною низької виповненості зерна кукурудзи і, як наслідок, зниженням урожайності. Проте на момент сівби та початкових етапів органогенезу температура та наявна волога в ґрунті повністю задовольняла потреби кукурудзи. В жовтні – період збирання урожаю кукурудзи, випало 12 мм опадів (28 % від середньої багаторічної норми), що забезпечило передзбиральну вологість зерна кукурудзи близьку до стандартної.

Порівнюючи кліматичні умови останніх 5 та 30 років можна зробити висновок, що середньомісячна температура повітря практично по всіх місяцях вегетаційного періоду дещо зросла в останні роки, а розподіл опадів відбувається вкрай нерівномірно протягом періоду росту і розвитку рослин кукурудзи. Дане заключення ставить перед селекціонерами нові завдання – створення нових сортів та гібридів, пристосованих до різких змін кліматичного режиму.

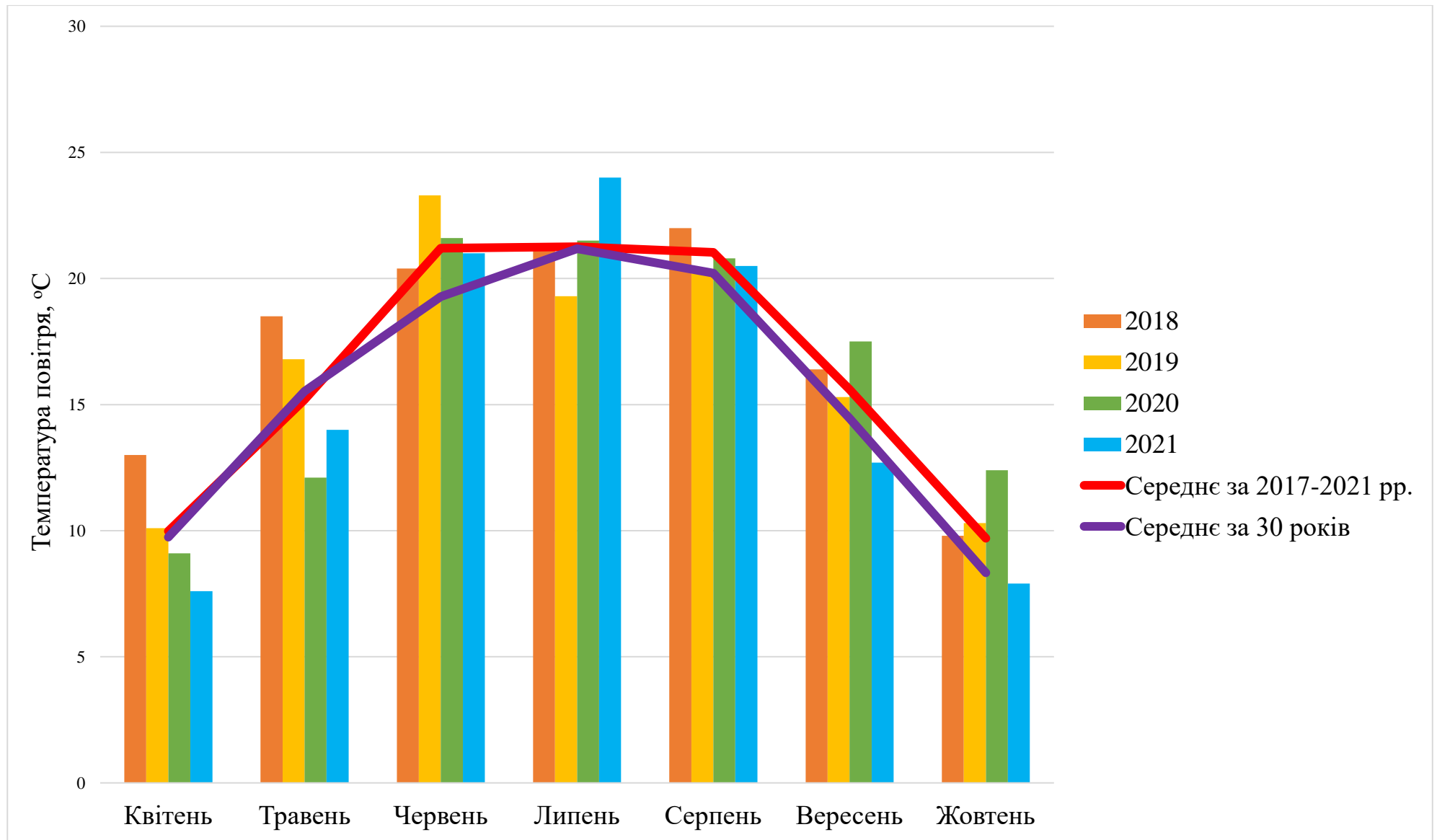


Рис. 2.1.3 Середньомісячна температура повітря, °С за вегетаційний період (2017-2021 рр.)

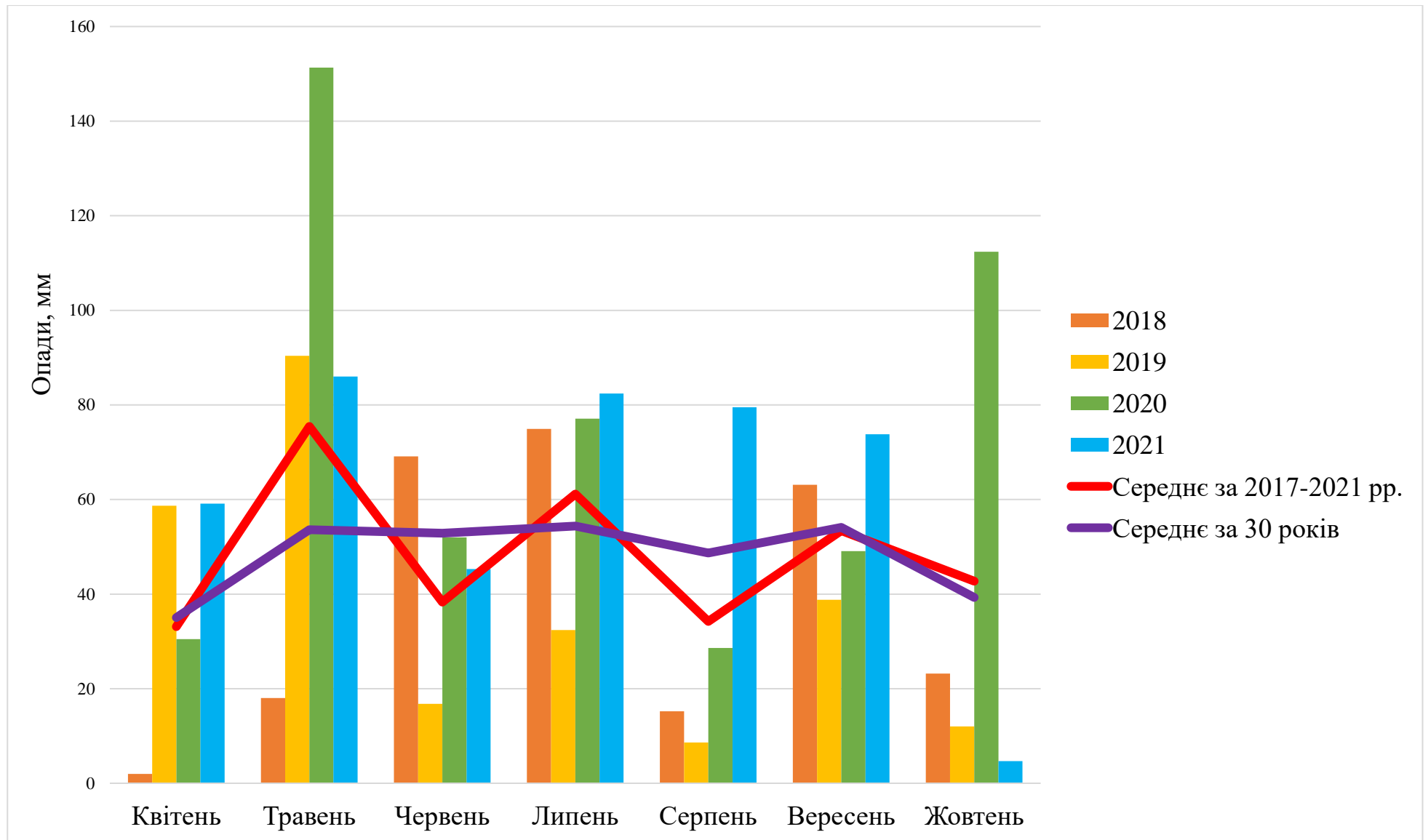


Рис. 2.1.4 Середньомісячна кількість опадів, мм за вегетаційний період (2017-2021 рр.)

Вегетаційний період у 2020 році характеризувався більш сприятливими умовами для вирощування кукурудзи, оскільки середньомісячна температура повітря була близькою до середніх багаторічних показників, а кількість опадів становила 501 мм (148 % від середньої багаторічної норми), що сприятливо вплинуло на розвиток рослин кукурудзи. В момент сівби температура повітря та кількість доступної вологи в ґрунті цілком відповідали вимогам культури до цих факторів. Критичним моментом вегетаційного періоду стали 9 та 13 травня, коли температура повітря знижувалась до 2 та 1 °С, відповідно, що сповільнило динаміку подальшого розвитку культури змістивши дати збирання урожаю ближче до третьої декади жовтня. Кількість атмосферних опадів у жовтні становила 112 мм, що значно (на 262 %) перевищувало середньобагаторічну норму. За таких умов урожай кукурудзи збирали із вологістю зерна не менше 25 %.

У 2021 р. сівбу кукурудзи проводили за дещо нижчих, ніж середньобагаторічні, температурних умов – середньомісячна температура повітря у квітні становила 7,6 °С, проте умови вологозабезпечення були цілком сприятливими із опадами протягом місяця на рівні 59,1 мм. Необхідно відзначити високу середню температуру повітря протягом липня – 24 °С, що значною мірою впливало на життєздатність пилку і якість запилення рослин та стало причиною череззерниці, а подекуди і повної відсутності запилення. Загалом показники температури повітря були наближеними до середніх багаторічних. Кількість атмосферних опадів за вегетаційний період кукурудзи у 2021 р. становила 430 мм, що на 27,2 % більше, ніж середня багаторічна кількість опадів. Значна кількість опадів (86 мм) у травні значною мірою позитивно вплинула на динаміку росту і розвитку кукурудзи. У період збирання урожаю було зафіксовано дещо нижчу за норму температуру повітря – 7,9 °С, та значно нижчу (на 89 %) за норму кількість атмосферних опадів – 4,7 мм. Такі умови значною мірою сприяли отриманню урожаю кукурудзи із передзбиральною вологістю зерна

наближеною до стандартної. Загалом умови 2021 р. були цілком сприятливими для вирощування кукурудзи.

Екологічне випробування експериментальних гібридів у 2021 році проводили в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Агрофірма «Колос» та Національному Центрі генетичних ресурсів рослин України.

ТОВ «Агрофірма «Колос» розташована у Сквирському районі Київської області в зоні Правобережного Лісостепу України. Ґрунти господарства – чорноземи типові, малогумусні. Кліматичні умови кардинально не відрізнялись від умов «Агрономічної дослідної станції», де виконувались основні дослідження. Гербіциди, інсектициди, фунгіциди, мінеральні та органічні добрива не застосовувались.

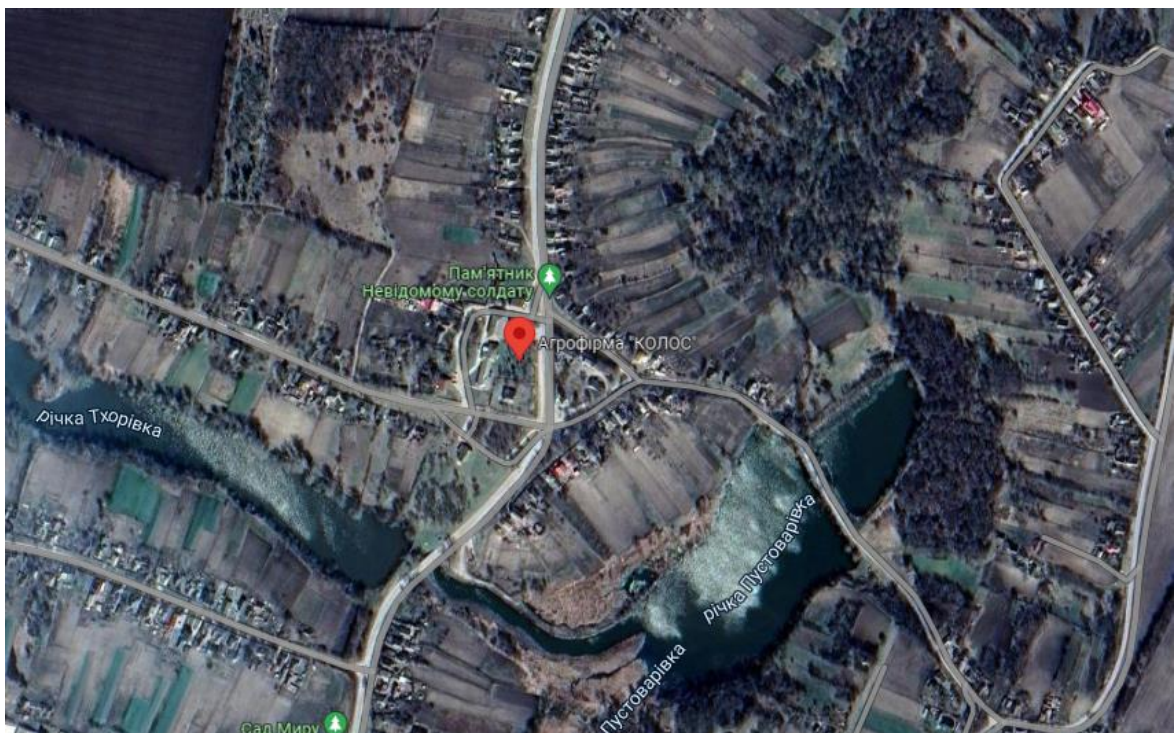


Рис. 2.1.5 Місце розташування ТОВ «Агрофірма «Колос»

Дослідні поля НЦГРР України розташовані у Харківському районі Харківської області в типових, для східної частини Лісостепу України, умовах. Переважна більшість ґрунтів представлена слабо лужним, важкосуглинково-пилуватим чорноземом та характеризуються зернисто-



грудкуватою структурою. Кліматичні умови місця випробувань – помірно-континентальний. Гербіциди, інсектициди, фунгіциди, мінеральні та органічні добрива не застосовувались.



Рис. 2.1.6 Місце розташування дослідних полів НЦГРР України

## 2.2 Матеріали та схема досліджень

Для проведення досліджень та створення нових експериментальних гібридів було зібрано колекцію інбредних ліній кукурудзи із різними біохімічними показниками якості зерна. До складу колекції увійшло 38 інбредних ліній кукурудзи селекції Національного університету біоресурсів і природокористування України, Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН та лінії різного географічного походження, отримані із Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Для гібридизації було відібрано 30 інбредних ліній кукурудзи, які було згруповано відповідно до їх походження (Рис. 2.2.1).

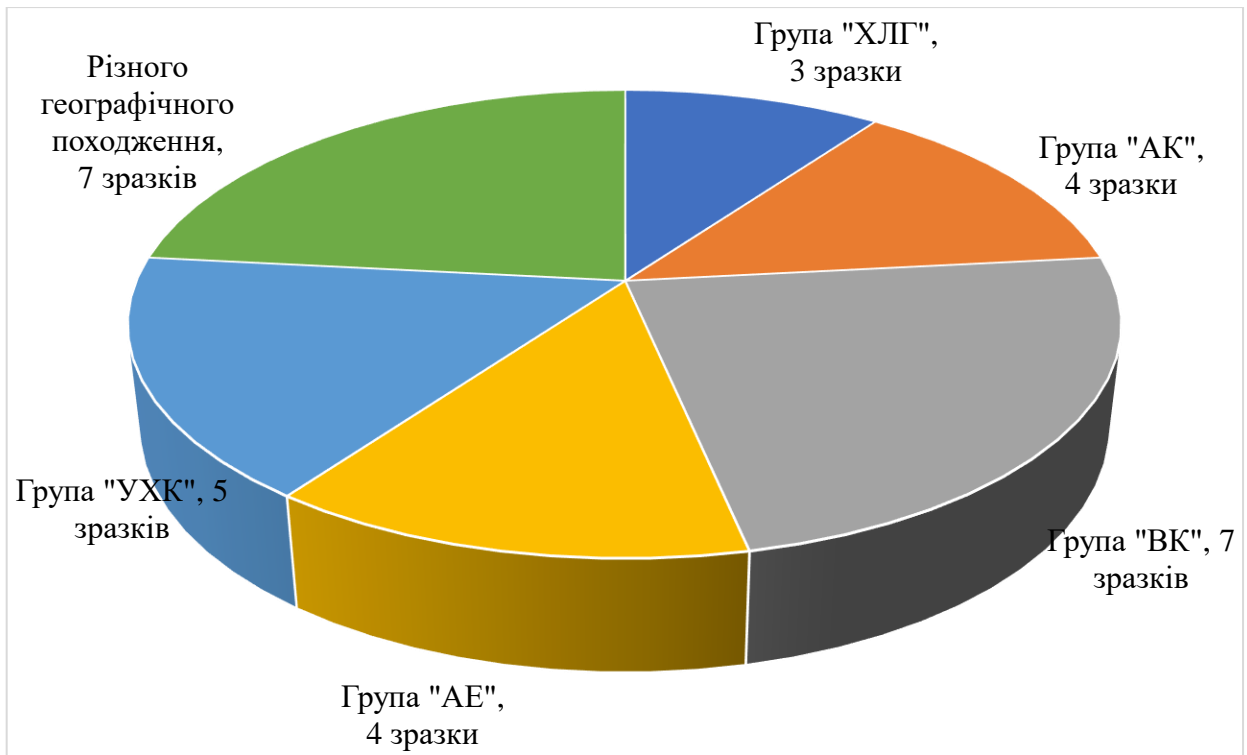


Рис. 2.2.1 Розподіл інбредних ліній, відповідно до їх походження

У результаті проведення серії тестерних схрещувань було отримано 65 експериментальних гібридів кукурудзи (табл. 2.2.1). В якості тестерів було обрано інбредні лінії ВК13, ВК69, які відносяться до групи «ВК» – джерела мутації гену структури ендосперму – *wx* та лінії АЕ801, АЕ392, які належать до групи «АЕ» – джерела мутації гену структури ендосперму – *ae*.



прояв мутації *ae*



прояв мутації *wx*

Рис. 2.2.2 Фенотипові прояви мутацій генів структури ендосперму.

У носіїв мутацій *wx* та *ae* множинний алелізм є причиною мінливості ліній за вуглеводним складом зерна.

Інбредні лінії ВК13, ВК69 та АЕ392 були обрані в якості тестерів, оскільки вони характеризувались найвищим показником вмісту крохмалю в зерні у межах груп «ВК» та «АЕ» – джерел мутації генів структури ендосперму. Для визначення частки впливу генотипу на формування показників якості серед даних груп інбредних ліній, було також обрано лінію АЕ801 – із низьким показником вмісту крохмалю в зерні (Тимчук Д. С., та ін., 2010).

Таблиця 2.2.1

**Схема тестерних схрещувань інбредних ліній кукурудзи по плану  
неповних незбалансованих комплексів**

$\begin{matrix} \text{♀} \rightarrow \\ \text{♂} \downarrow \end{matrix}$	ВК13	ВК69	АЕ801	АЕ392	$\begin{matrix} \text{♀} \rightarrow \\ \text{♂} \downarrow \end{matrix}$	ВК13	ВК69	АЕ801	АЕ392
ХЛГ1203		+	+	+	АЕ746	+	+	+	+
ХЛГ1238	+	+			АЕ800	+		+	+
ХЛГ1239	+	+			АЕ801	+	+		
АК149	+		+		УХК37	+	+	+	
АК151	+				УХК667		+		
АК157	+			+	УХК686	+	+		+
АК159	+	+	+		УХК678	+			
ВК11	+				УХК646			+	
ВК13		+	+		FV243	+	+	+	
ВК19	+	+	+	+	G255		+		
ВК32	+	+	+		Q170	+			+
ВК37	+				IK1431	+			
ВК64	+	+			NP2318	+		+	
ВК69	+		+		NP2143	+			
АЕ392		+			CO255	+	+	+	+

Тестер АЕ392, за даними Кириченка В.В. характеризується поєднанням високого вмісту амілози в крохмалі (59,4 %), середньостиглістю (124 доби) та продуктивністю 63 г зерна з рослини. Тестер ВК69 поєднує високий вміст амілопектину в крохмалі (99,2 %),

стійкість до вилягання і поникання (по 9 балів), середньостиглість (122 доби) при продуктивності 81,7 г зерна з рослини (Кириченко, Гур'єва, Кузьмишина, Рябчун, & Чернобай, 2019).

### **2.3 Методика проведення досліджень**

Інбредні лінії – батьківські компоненти та експериментальні гібриди висівали вручну на дворядкових ділянках завдовжки 7 м, відстань між рядками – 70 см (загальна площа кожної дослідної ділянки – 9,8 м<sup>2</sup>), відстань між рослинами у рядку – 16-17 см, повторність триразова, розміщення ділянок рендомізоване (Гур'єва І.А., 2003). Сівбу здійснювали при стійкій температурі ґрунту на рівні 10-12 °С на глибині загортання насіння.

Попередником у всі роки досліджень слугувала пшениця м'яка озима, яка є добрим попередником для вирощування кукурудзи на зерно. Засоби хімічного захисту рослин, мінеральні та органічні добрива не застосовувались. Контроль забур'яненості виконувався вручну.

Фенологічні спостереження включали визначення дати появи сходів, дату формування 6-7 листків (ВВСН 15-17), дату цвітіння 10 % та 50 % жіночих та чоловічих суцвіть. Біометричні показники включали визначення висоти рослин та висоти прикріплення качана (Дідора, та ін., 2013). Передзбиральну вологість визначали вологоміром «Wile 55». Усі спостереження по кожній інбредній лінії та експериментальних гібридах проводили у триразовій повторності.

Оцінка інбредних ліній та експериментальних гібридів кукурудзи за показниками вмісту білка, крохмалю, олії та визначення урожайності виконували в Науково-дослідній лабораторії «Якості насіння та садивного матеріалу» та навчальній лабораторії «Селекції та насінництва сільськогосподарських культур» НУБіП України згідно методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Для визначення основних біохімічних показників

якості зерна кукурудзи використовували прилад FOSS «Infratec 1241 Grain Analyzer». Принцип роботи приладу базується на інфрачервоній спектрофотометрії. Калібрування приладу за вмістом білка здійснювали титриметричним методом К'ельдаля, за вмістом олії – гравіметричним методом С.В. Рушковського, а за вмістом крохмалю – поляриметричним методом Еверса. Для аналізу використовують неподрібнене, необроблене протруйниками, регуляторами росту та іншими хімічними препаратами зерно. Показники вмісту білка, крохмалю та олії наведено у відсотках до сухої речовини зерна. Для визначення біохімічних показників відбирали по 5 типових початків із кожної дослідної ділянки. Після досушки у лабораторних умовах початки обмолочували вручну. Отримане зерно очищували від домішок на решетах, після чого проводили аналіз (Ткачик, 2017).

Аналіз показників структури урожаю батьківських компонентів кукурудзи, а саме: довжина початку, діаметр початку, кількість рядів зерен та кількість зерен в ряді є важливими ідентифікаційними ознаками кукурудзи та важливими складовими формування насінневої продуктивності та урожайності насіння загалом (Багатченко, Жемойда, & Спряжка, 2020).

За елементами індивідуальної продуктивності рослин аналізували наступні показники: діаметр качана (см), довжина качана (см), кількість рядів зерен (шт.), кількість зерен в ряді (шт.), маса 1000 зерен (г) (Гур'єва І.А., 2003).

Ранжування на групи за вмістом у зерні білка, крохмалю та олії здійснювали згідно Класифікатора-довідника виду *Zea mays* L. (Кириченко, та ін., 2009).

За відсотковим вмістом білка у зерні кукурудзи розрізняють такі групи:

Дуже низький вміст	< 9,0 %
Низький вміст	9,1-10,0 %
Середній вміст	10,1-12,0 %
Високий вміст	12,1-15,0 %
Дуже високий	> 15 %

За вмістом у зерні крохмалю:

Дуже низький вміст	< 55 %
Низький вміст	56-60 %
Середній вміст	61-65 %
Високий вміст	66-70 %
Дуже високий	> 70 %

За вмістом у зерні олії:

Дуже низький вміст	2,0-2,5 %
Низький вміст	2,6-3,8 %
Середній вміст	3,9-5,0 %
Високий вміст	5,1-7,0 %
Дуже високий	7,1-15,0 %

Дослідження із вивчення екологічної пластичності, стабільності та визначення індексу умов середовища вирощування виконувались за методикою Еберхарта-Рассела, яка основана на розрахунку параметрів коефіцієнту лінійної регресії  $bi$  (екологічна пластичність), дисперсії  $\sigma d^2$  (екологічна стабільність) та індексу умов середовища  $Ij$  (Eberhart & Russell, 1966).

Сукупність індексів середовища характеризують мінливість умов вирощування досліджуваних сортів та гібридів. Індеси умов середовища можуть приймати як додатні, так і від'ємні значення. Кращі умови для росту та розвитку рослин складаються за додатних значень індексу середовища.

Коефіцієнт лінійної регресії урожайності характеризує їх реакцію на покращення умов зовнішнього середовища. Може приймати значення від

більше, менше та рівну одиниці. Чим вище значення даного коефіцієнта – тим більша залежність даного сорту чи гібриду від умов навколишнього середовища. При умові, що коефіцієнт регресії буде рівним нулю, зміна рівня урожайності гібрида буде мати повну відповідність умовам вирощування.

За допомогою середнього квадратичного відхилення визначають екологічну стабільність досліджуваних сортів та гібридів. Чим вищий показник середнього квадратичного відхилення – тим меншу екологічну стабільність має досліджуваний зразок.

Прояв ефекту істинного, гіпотетичного та конкурсного гетерозису ( $\Gamma_{\text{іст}}$ ,  $\Gamma_{\text{гіп}}$ ,  $\Gamma_{\text{кон}}$ ) розраховували згідно методики обліку і оцінки гетерозису у рослин, де гетерозис істинний – це здатність гібридів за певною ознакою перевищувати показники цієї ознаки у кращої батьківської форми; гетерозис гіпотетичний – відсоткове співвідношення показника певної ознаки гібрида до середнього значення даної ознаки його батьківських форм; гетерозис конкурсний – порівняння досліджуваного гібриду із умовним стандартом (Омаров, 1975).

Ефекти гетерозису розраховують за формулами:

$$\Gamma_{\text{іст}} = \frac{F_1 - K_B}{K_B} \times 100 \%; \quad \Gamma_{\text{гіп}} = \frac{F_1 - C_B}{C_B} \times 100 \%; \quad \Gamma_{\text{кон}} = \frac{F_1 - K_{PC}}{K_{PC}} \times 100 \%,$$

Де  $F_1$  – показник гібриду першого покоління;

$K_B$  – показник кращої батьківської форми;

$C_B$  – середній показник обох батьківських форм;

$K_{PC}$  – показник досліджуваної ознаки в кращому сорті або гібриді

Визначення рівня прояву гетерозису дозволяє говорити про придатність вихідного матеріалу кукурудзи для створення гібридів із заданими параметрами.

Коефіцієнт домінування (H), який характеризує ступінь фенотипового прояву домінантних генів, які детермінують розвиток певної кількісної ознаки, розраховували за запропонованою В. Griffing формулою:

$$H = \frac{F_1 - C_B}{K_B - C_B},$$

де СБ – середній показник обох батьківських форм,

КБ – показник кращої батьківської форми,

F1 – показник гібриду першого покоління (Griffing, 1956).

Групування отриманих даних за ступенем фенотипового домінування поділяють на такі типи:

– наддомінування батьківської форми з більшою величиною ознаки (гетерозис):  $H > +1$ ;

– повне домінування або позитивне домінування батьківської форми з більшою величиною ознаки:  $+0,5 < H \leq +1$ ;

– проміжний характер успадкування ознаки:  $-0,5 \leq H \leq 0,5$ ;

– повне домінування батьківської форми з меншою величиною ознаки:  $-1 \leq H < -0,5$ ;

– наддомінування батьківської форми з меншою величиною ознаки або депресія:  $H < -1$  (Veil & Atkins, 1965).

Оцінка рівня комбінаційної здатності ліній кукурудзи за основними кількісними ознаками, які визначають їх селекційну придатність, значно полегшує добір компонентів схрещування для селекції в певних умовах та для селекційних програм спеціального призначення (Литун & Гур'єва, 1978; Зеленский, Пархоменко, Хамуд, & Хамис, 1978).

Статистичні методи оцінки характеру успадкування і комбінаційної здатності вихідного матеріалу є передумовою для раціонального планування добору батьківських пар для схрещування і орієнтовного прогнозування ефективності селекції (Дідора, та ін., 2013).

Комбінаційну здатність інбредних ліній визначали методом тестерних схрещувань (Гур'єва І.А., 2003).

Вимоги при використанні топкросів:

1. В якості тестера бажано використовувати не один тестер, а 2-3, що підвищить точність отриманих результатів.



2. Тестер повинен характеризуватись невисоким проявом ознаки (не дуже урожайним і т.д.), щоб не маскувати досліджувану ознаку у гібридів.

3. Перед використанням топкросів проводять незалежну оцінку ЗКЗ і СКЗ з метою її визначення у тестерів, які повинні мати низькі прояви ознак.

Порядок проведення розрахунків:

I етап: складають схему схрещувань і випробувань гетерозисних гібридів.

II етап: проводять дисперсійний аналіз з метою встановлення достовірних відмінностей між гетерозисними гібридами.

III етап: дисперсійний аналіз середніх значень з використанням моделей А і В з метою виявлення відмінностей між батьківськими формами за ЗКЗ і СКЗ. Модель А – дає змогу одержати дисперсію ЗКЗ ліній та дисперсію СКЗ і похибку. Модель В – дає можливість одержати дисперсію ЗКЗ тестерів, дисперсію ліній, дисперсію СКЗ та похибку.

IV етап: оцінка ефектів ЗКЗ і СКЗ кожної лінії і тестера (Сич, Жемойда, & Сидорка, 2004).

### **Математико-статистична обробка експериментальних даних.**

Дисперсійний аналіз було розроблено і введено в практику сільськогосподарських досліджень англійським вченим Р.А. Фішером. Дисперсійний аналіз широко використовують в плануванні експерименту та статистичній обробці отриманих результатів, дозволяючи визначити найменшу істотну різницю (НІР) між середніми значеннями.

Вивчення кореляційних закономірностей дозволяє визначити тісноту та форму взаємозв'язків певних конкретних показників. По формі кореляція буває прямолінійною та криволінійною, по направленню – прямою та оберненою. Якщо вивчається зв'язок лише між двома ознаками, то така кореляція називається простою.

При доборі батьківських пар для схрещування одне із найбільш вагомих значень має коефіцієнт успадкування ( $h^2$ ). Відомо декілька способів

розрахунку коефіцієнта успадкування. Найбільш відомим серед них є визначення успадкування за допомогою коефіцієнта кореляції або коефіцієнта регресії між фенотипами споріднених груп. За допомогою дисперсійного аналізу загальну фенотипову мінливість можна розшарувати на її складові компоненти: генотипову та паратипову дисперсії.

Вважається, що коефіцієнт успадкування, розрахований за коефіцієнтом регресії, є більш точною величиною, ніж коефіцієнт успадкування, розрахований на основі коефіцієнта кореляції.

Математико-статистично обробку даних, таких як дисперсійний аналіз, визначення коефіцієнтів регресії, кореляції та успадкування виконували згідно методикам у викладенні В. Г. Дідори за допомогою ліцензійних комп'ютерних програм: Microsoft Excel 2016 у комбінації із XLSTAT (Дідора, та ін., 2013).

## Висновки до розділу 2

1. Ґрунти дослідних ділянок за своїми фізико-хімічними властивостями є придатними для вирощування кукурудзи на зерно.

2. Погодні умови під час проведення польових досліджень були досить контрастними, та достатньо сильно відрізнялись від середніх багаторічних (за 30 років) даних, однак за рахунок наявності атмосферних опадів під час проходження культурою самих критичних фаз росту і розвитку було отримано досить високі середні показники вмісту у зерні білка, крохмалю, олії та урожайності.

3. Матеріалом досліджень слугували 38 інбредних ліній кукурудзи, серед яких, за господарсько-цінними та показниками якості, для схрещувань було обрано 30. Експериментальні гібриди, створені за тестерною схемою по плану неповних незбалансованих комплексів на основі відібраних інбредних ліній. Тестерами слугували інбредні лінії: ВК13, ВК69 – носії мутантного гену структури ендосперму *wx*; АЕ392 та АЕ801 – носії мутантного гену структури ендосперму *ae*.

4. Селекційну цінність інбредних ліній визначали за оцінкою їх комбінаційної здатності.

5. Математико-статистична обробка експериментальних даних включала дисперсійний аналіз, визначення коефіцієнтів кореляції, регресії та успадкування, що дає змогу проводити поглиблений аналіз та отримати більш повне уявлення про результати досліджень.

## РОЗДІЛ 3

### ХАРАКТЕРИСТИКА ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ ПРИ СЕЛЕКЦІЇ НА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА

#### 3.1 Коротка характеристика вихідного матеріалу

Сучасна різноманітність сортів і ліній зазвичай дає змогу знайти форми, які слугуватимуть матеріалом для майбутнього сорту чи гібриду із заданими параметрами. Однак, недостача інформації про генетику вихідного матеріалу, який використовують в селекційних програмах, часто призводить до створення і розмноження однорідних за генотипом сортів і гібридів (Чумаков, Минкевич, & Власов, 1974)

Для створення сучасних гібридів потрібно мати різноманітний вихідний матеріал – самозапилені лінії, що мають властивості передавати гібридам цінні ознаки (Харченко & Харченко, Вихідний матеріал для селекції кукурудзи, 2013). Тобто, селекціонерам потрібні вдосконалені самозапилені лінії, в яких разом із господарськими ознаками були б підвищені і адаптаційні властивості до мінливих екологічних умов зони вирощування (Харченко & Харченко, Вихідний матеріал для селекції кукурудзи, 2013).

При створенні та доборі вихідного матеріалу для подальшого синтезу високопродуктивних гібридів кукурудзи важливо знати його родовід, належність до певної гетерозисної групи, рівень спорідненості та розподіл на групи в межах своїх груп (Головчанська & Кузьмишина, 2013).

У зв'язку з цим, у 2018-2019 р. у польових та лабораторних умовах було вивчено 38 різних за характеристиками вмісту основних біохімічних елементів, господарсько-цінними показниками та урожайністю інбредних ліній кукурудзи з метою добору найбільш цінних із них для залучення в селекційний процес створення гібридів із поліпшеними показниками якості зерна та урожайності. Із 38 колекційних зразків, за параметрами вмісту в

зерні білка, крохмалю та олії, для більш детального визначення їх комбінаційної здатності, коефіцієнтів кореляції та характеру успадкування ознак було відібрано 30 інбредних ліній.

Усі інбредні лінії групи «ХЛГ» характеризувались середнім вмістом білка; за вмістом крохмалю лінія ХЛГ1203 відноситься до групи із дуже високим вмістом крохмалю, а лінії ХЛГ1238 та ХЛГ1239 – з високим вмістом; середній вміст олії було відмічено у ліній ХЛГ1203, ХЛГ1238 та ХЛГ1239.

Лінії «АК» - селекції НУБіП України характеризуються середнім вмістом білка та олії у зерні; за показником вмістом крохмалю у зерні лише у лінії АК157 відмічено дуже високий вміст, у решти ліній: АК149, АК151, АК159 – високий.

Характеризуючи лінії групи «ВК» - носіїв гену *wx*, слід зазначити, що лінії ВК13 та ВК32 сформували високий вміст білка у зерні, а решта ліній – середній. Дуже високий вміст крохмалю відмічено у всіх ліній даної групи, окрім лінії ВК19 із середнім вмістом. Лінії ВК19 та ВК69 характеризувались високим вмістом олії у зерні, ВК13 та ВК64 – середнім, а ВК11, ВК32 та ВК37 – низьким.

Більшість ліній групи «АЕ» - носії мутантного гену *ae*, сформували високий вміст білка у зерні і лише лінія АЕ800 – середній. Високий вміст крохмалю можна відмітити у ліній АЕ746 та АЕ801, а дуже високий вміст у ліній АЕ392 та АЕ800. Вміст олії у зерні був дзеркальним до вмісту крохмалю, у ліній АЕ746 та АЕ801 – високий, а у ліній АЕ392 та АЕ800 – середній.

Серед ліній різного географічного походження високий вміст білка сформували лінії СО255, G255 та ІК1431, середній вміст – FV243, Q170, NP2318 та NP2143. Так само, як і в ситуації із лініями групи «АЕ», показники вмісту крохмалю у зерні були дзеркальними до показників вмісту білка, тобто лінії FV243, Q170, NP2318 та NP2143 характеризувались дуже високим вмістом, а лінії СО255, G255 та ІК1431 – середнім. За вмістом олії

в усіх лініях, окрім NP2318 та NP2143, було відмічено середній вміст, а у NP2318 та NP2143 – низький.

Таблиця 3.1.1

**Показники вмісту основних біохімічних складових в зерні  
інбредних ліній кукурудзи, 2019-2021 рр.**

Назва лінії	Показник			
	Білок, %	Крохмаль, %	Олія, %	Урожайність, т/га
ХЛГ1203	11,47 ± 0,28	70,46 ± 0,61	3,92 ± 0,09	3,83 ± 0,08
ХЛГ1238	10,72 ± 0,20	69,48 ± 0,94	3,83 ± 0,12	3,20 ± 0,16
ХЛГ1239	11,09 ± 0,27	69,94 ± 0,86	4,07 ± 0,12	3,06 ± 0,09
АК149	10,81 ± 0,24	68,46 ± 0,91	4,27 ± 0,12	4,06 ± 0,14
АК151	10,11 ± 0,36	69,29 ± 1,06	4,51 ± 0,12	4,02 ± 0,08
АК157	10,9 ± 0,25	70,4 ± 0,66	4,3 ± 0,12	3,22 ± 0,11
АК159	9,98 ± 0,34	68,46 ± 0,66	4,32 ± 0,15	3,42 ± 0,04
ВК11	11,31 ± 0,45	70,98 ± 1,00	3,67 ± 0,11	2,54 ± 0,12
ВК13	12,23 ± 0,40	71,41 ± 0,63	4,15 ± 0,15	3,45 ± 0,10
ВК19	11,8 ± 0,25	64,3 ± 0,95	5,14 ± 0,15	1,41 ± 0,08
ВК32	12,2 ± 0,39	70,88 ± 0,99	3,7 ± 0,11	2,75 ± 0,08
ВК37	11,65 ± 0,36	70,28 ± 1,01	3,87 ± 0,12	2,94 ± 0,10
ВК64	11,36 ± 0,32	71,14 ± 0,60	4,1 ± 0,14	2,87 ± 0,08
ВК69	11,2 ± 0,28	71,4 ± 0,64	5,4 ± 0,10	3,11 ± 0,08
АЕ392	12,28 ± 0,32	71,15 ± 0,94	4,48 ± 0,16	4,84 ± 0,09
АЕ746	13,3 ± 0,34	67,1 ± 0,85	5,5 ± 0,21	2,86 ± 0,11
АЕ800	10,67 ± 0,42	71,11 ± 0,83	4,98 ± 0,19	4,92 ± 0,09
АЕ801	13,8 ± 0,43	66,5 ± 1,15	5,9 ± 0,19	3,56 ± 0,05
УХК37	10,48 ± 0,18	67,27 ± 1,27	3,87 ± 0,14	3,77 ± 0,02
УХК667	12,12 ± 0,28	69,92 ± 0,56	3,69 ± 0,14	2,47 ± 0,05
УХК686	12,02 ± 0,52	70,96 ± 0,70	3,62 ± 0,11	2,29 ± 0,06
УХК678	10,52 ± 0,29	68,42 ± 0,71	4,16 ± 0,12	2,70 ± 0,19
УХК646	10,22 ± 0,27	69,77 ± 1,14	4,81 ± 0,16	3,25 ± 0,08
СО255	12,8 ± 0,37	67,7 ± 0,81	4,0 ± 0,09	2,76 ± 0,15
FV243	11,6 ± 0,35	70,8 ± 0,82	4,2 ± 0,10	2,6 ± 0,09
G255	13,0 ± 0,70	69,3 ± 1,05	4,2 ± 0,17	3,27 ± 0,09
Q170	11,81 ± 0,25	71,58 ± 1,20	4,05 ± 0,10	3,49 ± 0,08
ІК1431	13,66 ± 0,35	69,66 ± 0,84	4,24 ± 0,13	2,50 ± 0,07
NP2318	10,0 ± 0,25	72,8 ± 1,15	3,0 ± 0,08	2,77 ± 0,04
NP2143	10,5 ± 0,34	71,9 ± 0,61	3,7 ± 0,08	2,33 ± 0,07

Важливими показниками, які характеризують селекційний матеріал є урожайність та якість продукції. Ці показники складні через те, що

визначаються великою кількістю окремих, більш простих ознак та властивостей, які залежать від впливу різних умов вирощування (Адамень, 1998). Тому для визначення селекційної цінності вихідного матеріалу необхідно правильно і точно визначити всі господарсько-цінні ознаки в певних ґрунтово-кліматичних умовах (Сікалова, 2008).

Одними із таких показників є висота рослин, висота прикріплення качана та передзбиральна вологість зерна.

Висота рослин інбредних ліній, які досліджували, варіювала від 101 см у лінії NP2143 до 226 см у лінії G255.

Висота прикріплення качана є однією із головних вимог для забезпечення високої технологічності та придатності до механізованого збирання культури, отже материнські форми гібридів повинні мати допустимі характеристики за цим параметром. Загалом висота прикріплення качана у досліджуваних ліній знаходилась в межах від 22 см у лінії NP2143 і до 88 см у лінії G255, що свідчить про пряму кореляцію із показником загальної висоти рослини. У ліній, які використовували у схрещуваннях в якості материнських форм висота прикріплення качана становила: ВК13 – 56 см, ВК69 – 59 см, АЕ392 – 77 см, АЕ801 – 83 см.

Ще одним технологічним показником є передзбиральна вологість зерна. Збирання врожаю гібридного насіння із вологістю, близькою до стандартної (14 %) значно знижує затрати на сушіння і, в свою чергу, критично підвищує рентабельність. Кращим результатом за даним показником характеризувалась лінія Q170 – 13,9 % вологості зерна, а передзбиральну вологість > 40 % було відмічено у ліній: ВК11, ВК13, ВК19, ВК69 та АЕ800.

У селекційній роботі важливою ланкою є оцінка інбредних ліній за комплексом ознак. Фенологічні спостереження, підрахунок кількості листків і качанів на рослині, кількість рядів зерен і зерен у ряду на качані, визначення маси 1000 зерен, кольору та консистенції зерна проводяться

порівняно легко і не потребують складного обладнання для вимірювання і великих затрат праці (Абельмасов & Бебех, 2018).

У виробництві насіння гібридної кукурудзи, індивідуальна продуктивність материнських форми є одним із основних факторів, що впливають на собівартість продукції, рівень якої визначає перспективність та впровадження у виробництво новостворених гібридів (Bagiu, et al., 2000).

Самозапильні лінії, які були задіяні в схемі схрещувань характеризувались діаметром качана у межах від 3,5 до 5 см, даний показник, окрім безпосереднього впливу на кінцеву урожайність зерна, має також пряму лінійну кореляцію із передзбиральною вологістю зерна ( $r=0,52$ ). За показником довжини качана варіація показників знаходилась в межах від 9 см у лінії ХЛГ1239 до 27,5 см у лінії АЕ800. Показник кількості рядів зерен в основному становив 14-18 рядів, однак лінія АК149 за роки досліджень в середньому сформувала 12 рядів, а лінія УХК667 – 20 рядів. Показник кількості зерен в ряді також мав досить високу варіативність: від 14 зерен у лінії ВК19 і до 39 у лінії FV243. Останній елемент індивідуальної продуктивності – маса 1000 зерен в середньому по всіх досліджуваних лініях становив 218 г і знаходився у межах від 109 г у лінії АК149 до 332 г у лінії АЕ746.

Таблиця 3.1.2

**Елементи індивідуальної продуктивності самозапильних ліній  
2019-2020 рр.**

Назва лінії	Діаметр качана, см	Довжина качана, см	Кількість рядів зерен, шт.	Кількість зерен в ряді, шт	Маса 1000 зерен, г
ХЛГ1203	3,5 ± 0,09	14,7 ± 0,72	14	36 ± 0,73	233 ± 7,4
ХЛГ1238	4 ± 0,14	15,8 ± 0,60	14	39 ± 1,20	219 ± 7,8
ХЛГ1239	3,8 ± 0,16	9 ± 0,35	14	24 ± 1,05	172 ± 12,2
АК149	3,6 ± 0,09	16 ± 0,35	12	33 ± 1,26	109 ± 4,9
АК151	3,5 ± 0,11	11 ± 0,47	14	18 ± 0,62	208 ± 8,0
АК157	4 ± 0,19	17 ± 0,60	16	26 ± 0,74	163 ± 5,2
АК159	4 ± 0,19	17,5 ± 0,54	16	28 ± 1,33	242 ± 5,4



## Продовження табл. 3.1.2

BK11	5 ± 0,18	13,5 ± 0,49	16	22 ± 0,64	250 ± 10,9
BK13	5 ± 0,24	16 ± 0,89	18	24 ± 1,20	226 ± 10,6
BK19	4,3 ± 0,26	15 ± 0,36	18	14 ± 0,39	237 ± 9,5
BK32	4 ± 0,14	19,5 ± 0,95	16	38 ± 1,28	127 ± 5,0
BK37	3,7 ± 0,06	17,5 ± 0,80	14	34 ± 1,56	246 ± 7,0
BK64	4,5 ± 0,16	21 ± 0,57	16	37 ± 1,41	209 ± 6,7
BK69	5 ± 0,26	17,5 ± 0,89	18	30 ± 1,17	244 ± 9,4
AE392	3,5 ± 0,18	11,5 ± 0,49	14	28 ± 1,19	190 ± 7,8
AE746	4,5 ± 0,11	18 ± 0,71	16	34 ± 1,53	332 ± 14,9
AE800	4,7 ± 0,25	27,5 ± 1,14	18	33 ± 1,29	188 ± 4,1
AE801	5 ± 0,30	22 ± 0,96	16	38 ± 1,40	226 ± 9,0
УХК37	3,5 ± 0,10	20 ± 0,60	18	38 ± 0,78	193 ± 5,8
УХК667	4,3 ± 0,23	17,5 ± 0,75	20	26 ± 0,76	235 ± 7,5
УХК686	4 ± 0,10	17 ± 0,58	14	23 ± 1,05	193 ± 7,1
УХК678	5 ± 0,26	13 ± 0,64	16	20 ± 0,83	235 ± 7,5
УХК646	4,5 ± 0,17	17,8 ± 0,95	14	35 ± 1,38	240 ± 11,2
CO255	3,5 ± 0,08	16 ± 0,64	18	35 ± 1,28	216 ± 6,1
FV243	3,5 ± 0,14	18 ± 0,37	14	39 ± 1,60	196 ± 12,8
G255	4,5 ± 0,03	15 ± 0,53	16	31 ± 1,13	270 ± 14,1
Q170	3,5 ± 0,16	11 ± 0,25	14	27 ± 1,08	176 ± 4,1
IK1431	4 ± 0,15	11 ± 0,41	14	20 ± 1,17	232 ± 6,9
NP2318	4 ± 0,21	16 ± 0,79	14	24 ± 0,82	292 ± 10,0
NP2143	4 ± 0,20	12 ± 0,28	14	19 ± 0,83	252 ± 7,1

Додатково, до загальних характеристик, інбредні лінії ХЛГ1203, ХЛГ1238, АК159, CO255 та FV243 можуть слугувати джерелами не лише підвищеного вмісту основних біохімічних складових, а і холодостійкості (Спряжка, Жемойда, & Харченко, Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій, 2021). А оптимальним строком сівби є II декада квітня (Спряжка, Жемойда, & Харченко, Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур, 2021).

Всебічна оцінка інбредних ліній є фундаментом для подальшої селекційної роботи при створенні гібридів кукурудзи із заданими параметрами, адже виробничі умови вирощування даної культури потребують комплексності та поєднання господарсько-цінних показників та показників якості.

### 3.2 Ранжування вихідного матеріалу за основними показниками якості зерна

Провівши лабораторний аналіз колекції інбредних ліній кукурудзи за вмістом основних складових якості зерна, було виділено лінії, котрі можуть слугувати джерелами підвищення певних біохімічних показників (табл. 3.2.1). Так найвищим вмістом білка характеризувались лінії АЕ 464, АЕ 801, АЕ 746, G 255; дуже високий вміст крохмалю сформували лінії АЕ 464, ВК 13, ВК 69, Q 170; лінії АЕ 801, АЕ 746, ВК 69 та АЕ 392 містили в своєму складі найбільшу кількість олії.

Таблиця 3.2.1

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

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

Для забезпечення подальших досліджень науковим підґрунтям було проведено ранжування зразків колекції та розподіл за групами відповідно до вмісту в зерні білка, крохмалю та олії (рис. 3.2.1-3.2.3). Групи формувались відповідно до «Класифікатора-довідника виду *Zea Mays L.*» (Кириченко, та ін., 2009).

14 із 38 досліджуваних ліній характеризувались високим вмістом білка, а 24 лінії – середнім вмістом. До групи із високим вмістом білка увійшли лінії: АЕ 464, АЕ 746, АЕ 801, G 255, УХК 669, HLG 1239, ВК 13

та ін. Загальний показник вмісту білка варіював в межах від 10 до 13,8 % (рис. 3.2.1).

Через обмежену кількість незамінних амінокислот зерно кукурудзи має досить значний дефіцит поживних речовин, про що дослідники біохімічного потенціалу зазначали ще на початку минулого століття (Vasal, 2000).

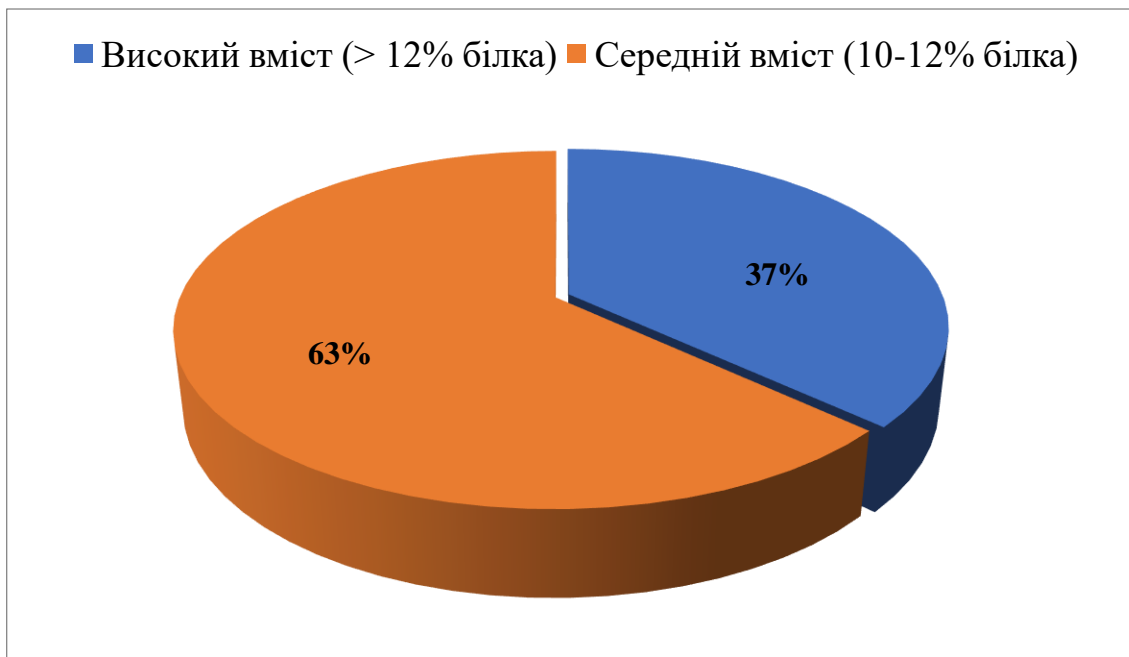


Рис. 3.2.1. Розподіл зразків за відсотковим вмістом білка, 2019-2020 рр.

Всі інбредні лінії колекції можна класифікувати як зразки із підвищеним вмістом крохмалю проте, згідно «Класифікатора-довідника виду *Zea Mays L.*» їх розділено на підгрупи із високим та дуже високим вмістом крохмалю до яких увійшло 20 та 18 зразків, відповідно. До підгрупи із дуже високим вмістом крохмалю увійшли такі лінії: ВК 13, ВК 69, Q 170, АЕ 392, АЕ 464, УХК 686 та ін., а до підгрупи із високим вмістом крохмалю – АЕ 746, АЕ 801, ВК 36, УХК 667, G 255 та ін. Відсотковий показник вмісту крохмалю варіював в межах 66,5 – 71,58 % (рис 3.2.2).



Рис. 3.2.2 Розподіл зразків за відсотковим вмістом крохмалю, 2019-2020 рр.

На відміну від білка та крохмалю, за вмістом олії колекцію було розділено на 3 групи. До групи із високим вмістом олії увійшли лінії ВК 69, АЕ 746 та АЕ 801; із середнім вмістом – 26 зразків, серед них лінії АЕ 392, Q 170, ВК 13, ВК 64, ВК 36 та інші; низьким вмістом характеризувались 9 зразків. Діапазон вмісту олії в зерні samozапальних ліній знаходився у межах від 3,0 до 5,9 % (рис 3.2.3).

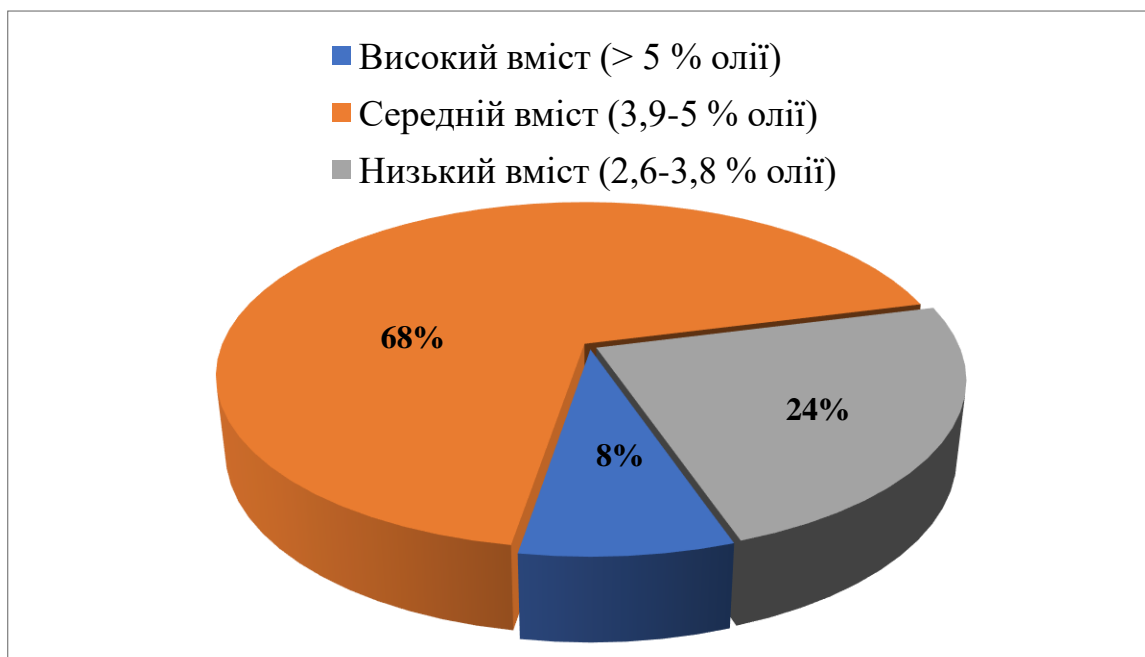


Рис. 3.2.3. Розподіл зразків за відсотковим вмістом олії, 2019-2020 рр.

Важливою частиною комплексу оцінки безпосередньо є показник урожайності інбредних ліній кукурудзи (табл. 3.2.2).

Таблиця 3.2.2

**Урожайність (т/га) інбредних ліній кукурудзи (тестерів), 2019-2020 р.**

№ з/п	Назва лінії	Урожайність, т/га
1.	ВК13	3,45
2.	ВК69	3,11
3.	АЕ392	4,84
4.	АЕ801	3,56
НІР <sub>0,05</sub> = 0,22		
S`x` = 2,48 %		

Значною мірою на вибір ліній-тестерів вплинула генетична віддаленість цих ліній. Так, лінії ВК 13 та ВК 69 несуть крохмаль-модифікуючий мутантний ген *wx*, котрий викликає утворення крохмалів, які повністю складаються із амілопектину. Лінії АЕ 392 та АЕ 801, навпаки, мають у своєму складі ген *ae*, завдяки якому 60 % крохмалю цих зразків складається із амілози (Жемойда, Макаруч, & Спряжка, 2020).

Лінії ВК 13 та ВК 69 за даними С.М. Тимчука також проявляють високі ефекти загальної комбінаційної здатності за вмістом крохмалю у зерні (Тимчук, та ін., 2012).

### **3.3 Оцінка загальної і специфічної комбінаційної здатності інбредних ліній кукурудзи за показниками якості та урожайністю**

Висновки про цінність самозапилених ліній можуть бути зроблені після визначення їх комбінаційної здатності. Позитивне поєднання в одному генотипі високої комбінаційної здатності з добре вираженими господарсько-цінними ознаками є вкрай важливим (Супрунов, Замковой, & Чилашвили, 2012).

У прикладній селекції для того, щоб оцінити велику кількість інбредних ліній використовують тестерну систему схрещувань. Оскільки

комбінаційна здатність визначається сукупністю взаємодії генотипу ліній і генотипу аналізатора, достовірність її оцінки буде залежати від широти генетичної основи тестера (Jensen, Kuhn, & Mc. Connell, 1983).

Зазвичай в якості тестерів використовують декілька кращих сестринських інбредних ліній або базові лінії, які належать до іншої генетичної групи за походженням (Костюченко, Соколов, & Гонтаровский, 1976).

Наявність результатів оцінки ліній за комбінаційною здатністю дає змогу цілеспрямовано відбирати батьківські компоненти для одержання нових гібридів, що зменшує витрати часу та коштів на створення комбінацій із високим рівнем гетерозису (Пакудин, 1972). Зазвичай вплив загальної комбінаційної здатності батьківських форм відображається і на специфічній комбінаційній здатності по більшості досліджуваних ознак (Mohammad, et al., 2016).

Протягом 2020-2021 років досліджень було проаналізовано 65 гібридних комбінацій, за показниками якості зерна та урожайністю. Вихідним матеріалом для цих комбінацій слугувало 30 інбредних ліній кукурудзи, котрі було оцінено за комбінаційною здатністю ознак вмісту у зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю зерна.

Для зручності проведення обрахунків загальної і специфічної комбінаційної здатності та отримання достовірних, математично обґрунтованих даних, досліджувані лінії було розподілено на групи, відповідно до їх походження. До I групи увійшли лінії ХЛГ1203, ХЛГ1238, ХЛГ1239 – селекції Харківської лабораторії гетерозису; до II групи включено лінії селекції кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського НУБіП України – АК149, АК151, АК157, АК159; III група включала лінії-носії мутантного гену структури ендосперму *wx* – ВК11, ВК13, ВК19, ВК32, ВК37, ВК64 та ВК69, до IV групи увійшли лінії-носії мутантного гену структури ендосперму *ae* – АЕ392, АЕ746, АЕ800 та АЕ801; V групу було сформовано на основі селекційних

досягнень Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, до її складу увійшли лінії УХК37, УХК667, УХК686, УХК678 та УХК646; до складу VI групи було включено інбредні лінії різного географічного походження – СО255, FV243, G255, Q170, ІК1431, NP2318 та NP2143 (Додатки Б1-Б4).

Високою оцінкою ефекту загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) за ознакою вмісту у зерні крохмалю у 2020 році характеризувалась інбредна лінія ХЛГ1203 із показником – 1,52 та високим ефектом ЗКЗ за вмістом у зерні олії у 2021 році. У ліній даної групи стабільних та комплексних високих ефектів ЗКЗ виявлено не було (Табл. 3.3.1).

Для лінії ХЛГ 1203 характерні стабільні, достовірно високі константи специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) за вмістом білка із тестером АЕ392, та за вмістом олії – із тестером ВК69. У ліній: ХЛГ1238 із тестером ВК69 та ХЛГ1239 із тестером ВК13 виявлено високий прояв СКЗ за вмістом білку у зерні. У решти комбінацій стабільного високого прояву ефекту СКЗ із різними тестерами виявлено не було.

Таблиця 3.3.1

**Ефекти загальної комбінаційної здатності ліній I групи  
(2020-2021 рр.)**

Назва лінії	Показник							
	білок		крохмаль		олія		урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
ХЛГ1203	0,16	0,33	<b>1,52</b>	-3,22	0,55	<b>0,88</b>	-1,24	-1,57
ХЛГ1238	0,03	0,12	-2,82	-0,21	0,01	0,21	0,42	0,57
ХЛГ1239	0,22	0,42	-0,37	-3,32	-0,16	-0,32	-1,29	-0,60

Серед інбредних ліній II групи високим ефектом ЗКЗ характеризувалась лінія АК151 за показником вмісту у зерні крохмалю та рівнем урожайності у 2021 році, проте даний прояв ефекту ЗКЗ не є стабільним. У 2020 році необхідно відмітити лінію АК159 з високим проявом ефекту ЗКЗ за ознакою відсоткового вмісту у зерні крохмалю. За вмістом білка та олії у зерні математично обґрунтованих, стабільно високих показників ефектів ЗКЗ виявлено не було (табл. 3.3.2).

Високими константами ЗКЗ за вмістом крохмалю у 2020-2021 роках досліджень характеризувались: лінія АК157 із тестером ВК13 (2,96 у 2020 році, 1,82 – у 2021) та лінія АК159 із тестером ВК69 (2,80 у 2020 році, 1,36 – у 2021). За показниками вмісту у зерні білка, олії та урожайністю достовірно високих та стабільних ефектів ЗКЗ не спостерігалось.

Таблиця 3.3.2

**Ефекти загальної комбінаційної здатності ліній II групи  
(2020-2021 рр.)**

Назва лінії	Показник							
	білок		крохмаль		олія		урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
АК149	-1,01	-0,81	-1,94	-0,99	-0,40	-0,47	-0,04	-0,01
АК151	0,13	-0,01	-1,97	<b>1,08</b>	0,24	0,07	<b>1,43</b>	0,20
АК157	-0,31	-0,26	0,58	0,88	0,24	0,11	-0,12	-0,19
АК159	-0,01	-0,85	<b>1,26</b>	-1,22	-0,37	-0,46	-0,56	-0,05

Стабільно високі прояви ефекту ЗКЗ у інбредних ліній III групи – носіїв мутантного гену структури ендосперму *wx*, зафіксовано у ліній: ВК37 – за вмістом у зерні білка; ВК11 та ВК32 – за вмістом крохмалю; ВК37 – за вмістом олії; ВК69 – за рівнем урожайності. Крім того достовірно високі значення ЗКЗ у 2021 році зафіксовано у ліній: ВК13 – за показником вмісту білка та олії; ВК19 та ВК37 – за вмістом крохмалю; ВК11 – за рівнем урожайності. Інбредна лінія ВК37 характеризується не лише стабільним проявом ефекту ЗКЗ, а й комплексністю, показуючи високий рівень ефекту за вмістом у зерні білка та олії одночасно.

Необхідно зазначити, що для ліній даної групи встановлено найкращі середні результати показників ЗКЗ за усіма досліджуваними ознаками серед усіх досліджуваних груп. Також прослідковується закономірність між ефектами ЗКЗ за показниками вмісту білка і жиру та крохмалю. Інбредні лінії із високим ефектом ЗКЗ за вмістом крохмалю, мають достовірно низькі показники ЗКЗ за вмістом білка та олії в зерні (табл. 3.3.3).



Встановлено, що для лінії ВК11 притаманний стабільний, достовірно високий рівень ефекту СКЗ у комбінації із тестером ВК13 – за вмістом крохмалю. Для лінії ВК13 за вмістом білка – із тестером ВК69 та за рівнем урожайності – із тестером АЕ801. Лінія ВК19 показала стабільно високий рівень СКЗ за вмістом білка та олії із тестерами ВК13 та АЕ392 одночасно, а також із тестером ВК69 – за вмістом білка, однак за показниками вмісту крохмалю та урожайністю ефекти СКЗ були від’ємними. У лінії ВК32, за вмістом крохмалю відмічено високий рівень ефекту СКЗ із тестером АЕ801, а із тестером ВК13 за вмістом крохмалю та урожайністю. Лінія ВК37 із тестером ВК13 сформувала високу СКЗ відразу за двома показниками – вмістом білка та олії, а лінія ВК64, із цим же тестером – лише за вмістом білка. Позитивні, достовірно високі константи СКЗ за рівнем урожайності у лінії ВК69 виявлено у поєднанні із тестерами ВК13 та АЕ801.

Таблиця 3.3.3

**Ефекти загальної комбінаційної здатності ліній III групи  
(2020-2021 рр.)**

Назва лінії	Показник							
	білок		крохмаль		олія		урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
ВК11	0,60	0,12	<b>1,37</b>	<b>1,60</b>	0,20	0,43	0,09	<b>1,46</b>
ВК13	0,11	<b>0,91</b>	-0,18	-0,21	0,49	<b>0,73</b>	<b>1,40</b>	0,75
ВК19	0,38	0,12	-3,18	<b>1,25</b>	0,18	0,56	-1,26	-1,43
ВК32	-0,75	-0,44	<b>1,41</b>	<b>1,99</b>	-0,16	-0,13	0,07	-0,56
ВК37	<b>2,79</b>	<b>1,73</b>	-2,89	<b>1,32</b>	<b>0,82</b>	<b>0,69</b>	-0,03	-1,56
ВК64	0,24	0,81	-0,11	0,69	-0,13	-0,01	-1,51	-1,65
ВК69	-0,55	-0,19	-0,30	0,76	-0,03	-0,09	<b>1,16</b>	<b>2,25</b>

Серед ліній інбредних ліній IV групи – носіїв мутантного гену структури ендосперму *ae*, комплексних та стабільних проявів ефекту ЗКЗ за досліджуваними показниками виявлено не було. У 2020 році можна виокремити лінію АЕ746 – за вмістом білка в зерні, а у 2021 році – лінії АЕ392 та АЕ801 за вмістом у зерні олії та рівнем урожайності, відповідно (табл. 3.3.4).

Серед зразків даної групи, стабільно високий рівень СКЗ відразу за двома показниками – вмістом білка та олії, виявлено у лінії АЕ746 із тестером АЕ801, а лінія АЕ800 характеризувалась високою СКЗ із тестером ВК13 за вмістом крохмалю.

Таблиця 3.3.4

**Ефекти загальної комбінаційної здатності ліній IV групи  
(2020-2021 рр.)**

Назва лінії	Показник							
	білок		крохмаль		олія		урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
АЕ392	-0,26	0,01	-0,72	-2,70	0,31	<b>0,66</b>	-2,46	-1,37
АЕ746	<b>0,68</b>	0,41	-2,88	-1,76	0,21	0,16	-1,79	-1,10
АЕ800	0,05	-0,19	0,55	-2,20	0,02	-0,09	-1,77	-1,24
АЕ801	-0,64	-0,14	-2,45	-0,07	-0,57	-0,57	0,77	<b>1,76</b>

У групі ліній селекції «Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва» стабільних позитивний ефект ЗКЗ за показником вмісту у зерні крохмалю відмічено у лінії УХК678, а за показником урожайності зерна – у лінії УХК37. Також слід зазначити, що у 2020 році високий ефект ЗКЗ зафіксовано у лінії УХК686 за рівнем урожайності, а у 2021 – у лінії УХК667 – за вмістом крохмалю та УХК646 – за рівнем урожайності (табл. 3.3.5).

За вмістом у зерні білка, жодна із ліній групи «УХК» високих показників СКЗ не сформувала, проте лінія УХК37 із тестерами ВК13 та АЕ801 показала високу, стабільну за роками СКЗ за рівнем урожайності; лінія УХК678 із тестером ВК13 – за вмістом крохмалю, а лінія УХК686, з цим же тестером – за вмістом крохмалю та олії одночасно, що свідчить про доцільність її використання в якості батьківського компонента для створення гібридів кукурудзи різних напрямів використання. У 2020 році половина ліній даної групи, а саме лінії УХК37, УХК686, УХК646 характеризувались комплексним високим проявом СКЗ за вмістом крохмалю та урожайністю із різними тестерами, однак дані характеристики виявились не стабільними.

Таблиця 3.3.5

**Ефекти загальної комбінаційної здатності ліній V групи  
(2020-2021 рр.)**

Назва лінії	Показник							
	білок		крохмаль		олія		урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
УХК37	-0,21	-0,62	-0,55	-0,48	-0,29	-0,16	<b>1,38</b>	<b>1,85</b>
УХК667	-0,49	0,56	-0,06	<b>1,71</b>	0,21	0,42	-1,26	-1,60
УХК686	-1,75	-1,86	0,79	0,44	-0,18	-0,08	<b>1,18</b>	-0,63
УХК678	-1,08	-0,20	<b>4,37</b>	<b>2,40</b>	0,18	-0,01	-1,18	-0,33
УХК646	0,01	-0,05	0,56	-0,48	-0,38	-0,19	0,44	<b>2,06</b>

Позитивним стабільним ефектом ЗКЗ, серед ліній групи різного географічного походження, за комплексом ознак необхідно відмітити лінію G255, яка сформувала достовірно високі ефекти ЗКЗ за показниками вмісту у зерні білка та урожайністю. Також стабільним позитивним ефектом ЗКЗ за вмістом білка характеризувалась лінія CO255; за вмістом у зерні крохмалю – лінія NP2318; за рівнем урожайності – лінія IK1431 (табл. 3.3.6).

Стабільно високий ефект СКЗ у лінії FV243 за вмістом білка виявлено у комбінації із тестером AE801, за вмістом крохмалю – із тестером BK69, а за рівнем урожайності – із тестером BK13. Комбінація лінії G255 та тестера BK69 показала найкращий результат за рівнем урожайності у 2020 році досліджень, та найвищу середню урожайність за усі роки досліджень характеризувалась стабільним високим ефектом СКЗ не лише за урожайністю, а й за вмістом у зерні білка. Також стабільну високу СКЗ за рівнем урожайності відмічено у лінії IK1431 із тестером BK13. Лінії NP2318 та NP2143 із тестером BK13 сформували високий вміст крохмалю у зерні в усі роки досліджень, і як результат, характеризувались високим рівнем СКЗ за даним показником. За вмістом у зерні білка високі константи у роки досліджень було відмічено у лінії CO255 із тестером BK13, а за вмістом крохмалю – із тестером BK69. Лінія Q170 у 2020 році сформувала позитивні

показники СКЗ за всіма досліджуваними показниками якості, проте вони виявились не стабільними за роками.

Таблиця 3.3.6

**Ефекти загальної комбінаційної здатності ліній VI групи  
(2020-2021 рр.)**

Назва лінії	Показник							
	білок		крохмаль		олія		урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
FV243	0,12	-0,24	-0,64	<b>2,22</b>	0,30	0,09	-0,15	0,74
G255	<b>0,74</b>	<b>0,94</b>	0,52	-1,67	0,07	-0,17	<b>4,46</b>	<b>2,06</b>
Q170	0,24	0,04	-0,03	1,45	-0,14	-0,34	-1,86	-1,70
IK1431	-0,08	-0,80	<b>1,64</b>	-2,01	-0,30	-0,27	<b>2,12</b>	<b>1,23</b>
NP2318	-1,02	-0,80	<b>2,30</b>	<b>1,58</b>	-0,60	-0,74	0,16	0,02
NP2143	0,07	-0,81	0,59	<b>1,24</b>	-0,34	-0,49	-0,09	-1,66
CO255	<b>1,11</b>	<b>0,92</b>	-0,44	-0,08	0,15	0,08	-0,34	-0,71

Аналіз комбінаційної здатності дає змогу визначити найбільш придатні батьківські форми для гібридизації. Такі дослідження допомагають визначити характер і амплітуду дії різних генів, які впливають на прояв кількісних ознак.

### Висновки до розділу 3

1. Серед досліджуваних колекційних зразків інбредних ліній кукурудзи виділено кращі за наступними ознаками:

– за вмістом білка слід виділити лінії AE746, AE801, G255 та IK1431, які мали > 13 % білка у зерні;

– за вмістом крохмалю у зерні найкращі показники було зафіксовано у ліній BK13, BK64, BK69, AE392, AE800, Q170 та NP2143 – більше 71 % крохмалю у зерні;

– за вмістом олії в зерні достовірно високими показниками характеризувались лінії BK19, AE392, AE800 та УХК646 – більше 4,5 % вмісту олії у зерні.

2. Підвищеною урожайністю зерна характеризувались інбредні лінії АК149, АК151 та АЕ392 – більше 4 т/га.

3. Низькою передзбиральною вологістю характеризувалась самозапильна лінія Q170 канадського походження – 13,9 %. За висотою прикріплення качана слід виокремити лінію G255, яка в середньому формувала качан на висоті 88 см.

4. За елементами структури врожаю виділено лінії, які можуть слугувати джерелами певних господарсько-цінних ознак. За довжиною качана кращий результат відмічено у лінії АЕ801, яка, протягом років досліджень, сформувала середню довжину качана 27,5 см. Найбільшу кількість рядів зерна виявлено у лінії УХК667 – 20 рядів. За кількістю зерен в ряді виділено лінію FV243, яка в середньому формувала 39 зерен за два роки досліджень. Високу масу 1000 зерен відмічено у лінії АЕ746 – 332 г.

5. Усі інбредні лінії було розподілено на групи у відповідності до вмісту у зерні білка, крохмалю та олії. Так за вмістом білка було сформовано 2 групи: із високим вмістом ( $> 12\%$ ) до якої увійшло 14 зразків, та групи із середнім вмістом (10-12 %) – 24 зразки. За вмістом крохмалю сформовано також 2 групи: із високим вмістом (66-70 %) – 20 зразків, із дуже високим вмістом ( $> 70\%$ ) – 18 зразків. За вмістом олії 3 зразка сформували високий вміст  $> 5\%$ , у 26 зразків зафіксовано середній вміст – 3,9-5 % та 9 зразків сформували вміст олії у зерні на рівні 2,6-3,8 %.

6. Високі, стабільні за роками, статистично достовірні, позитивні ефекти загальної комбінаційної здатності за різними показниками (вміст білка, крохмалю, олії та урожайність) відмічено у наступних лінії:

- за вмістом білка у зерні: ВК37, G255, СО255;
- за вмістом крохмалю у зерні: ВК11, ВК32, УХК678, NP2318;
- за вмістом олії у зерні: ВК37, ВК13;
- за урожайністю: ВК69, УХК37, G255, ІК1431;

– високу, стабільну за роками, ЗКЗ за комплексом ознак відмічено у ліній: ВК37 – за вмістом білка та олії в зерні; G255 – за вмістом білка та урожайністю.

7. Стабільні, високі, константи СЗК виділено у ліній:

– за вмістом білка: ХЛГ1239, ВК19, ВК37, ВК64, СО255 – з тестером ВК13; ХЛГ1238, ВК13, ВК19, G255 – з тестером ВК69; АЕ746, FV243 – з тестером АЕ801, ХЛГ1203, ВК19 – з тестером АЕ392

– за вмістом крохмалю: АЕ157, ВК11, ВК32, АЕ800, УХК686, УХК678, NP2318, NP2143 – з тестером ВК13; АК159, FV243, СО255 – з тестером ВК69; АЕ801 – з тестером ВК32.

– за вмістом олії: ВК19, ВК37, УХК686 – з тестером ВК13; ХЛГ1203 – з тестером ВК69, АЕ746 – з тестером АЕ801, ХЛГ1203, ВК19 – з тестером АЕ392.

– за рівнем урожайності: ВК32, ВК69, УХК37, FV243, ІК1431 – з тестером ВК13; АЕ801, G255 – з тестером ВК69, ВК13, ВК69, УХК37, УХК646 – з тестером АЕ801.

– за комплексом показників: ХЛГ1203 з тестером АЕ392, ВК19 з тестерами ВК13 та АЕ392, ВК37 з тестером ВК13, АЕ746 з тестером АЕ801 – усі за вмістом білка та олії в зерні, УХК686 з тестером ВК13 – за вмістом крохмалю та олії в зерні і урожайністю, G255 з тестером ВК69 – за вмістом білка, крохмалю та урожайністю.

8. За комплексом ознак в якості тестерів для схрещувань обрано інбредні лінії ВК13, ВК69, АЕ392 та АЕ801 – носії мутантних генів структури ендосперму *wx* та *ae*, відповідно.

## РОЗДІЛ 4

### ОЦІНКА НОВОСТВОРЕНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ЯКІСТЮ ЗЕРНА

#### 4.1 Оцінка експериментальних гібридів кукурудзи за вмістом у зерні білка, крохмалю та олії

Під час моделювання гібрида, складно спрогнозувати, як та чи інша цінна господарська ознака буде проявляти себе в різних комбінаціях та умовах вирощування. Як правило, більшість морфологічних та адаптивних ознак мають складну природу успадкування, яка має полігенний характер. Тому, стратегією сучасної селекції є глибоке вивчення даних ознак в результаті чого буде можливе керування процесами їх продукування (Zhemoйда, Krasnovsky, Karpuk, & Makarchuk, 2019).

Створення гібридів кукурудзи з покращеним біохімічним складом зерна залежить від наявності надійного вихідного матеріалу для селекції. Він повинен відрізнятися високим генетично зумовленим рівнем ознак якості зерна, стабільно відтворювати цей рівень в різних кліматичних умовах вирощування і поєднуватись з продуктивністю та іншими цінними господарськими ознаками (Силенко, 2011).

Зазначимо, що вміст білка, крохмалю та олії в зерні кукурудзи має пряму кореляцію з генотипом, що в свою чергу спонукає до вивчення вихідного матеріалу та створених на його основі гібридів (Bojtor, Illés, Horváth, Nagy, & Marton, 2021). Для цього необхідно зосередитися на важливості вивчення точних характеристик поживних речовин, щоб зрозуміти фактори, що впливають на якість врожаю (Gökkuş, Kahriman, Alatürk, & Ali, 2016).

За результатами проведених у 2020-2021 роках лабораторних аналізів вмісту у зерні основних біохімічних складових усі досліджувані

експериментальні гібриди було згруповано у відповідності до відсоткового вмісту білка, крохмалю та олії у зерні.

За вмістом у зерні білка було виділено чотири групи: до групи із дуже низьким вмістом білка (менше 9.0%) увійшло 18 зразків; до групи із низьким вмістом білка (9.1–10.0%) – 24 зразки; до групи із середнім вмістом білка (10.1–12.0%) – 21 зразок і до групи із високим вмістом білка (12.1–15.0%) – 2 зразки (Рис. 4.1.1).

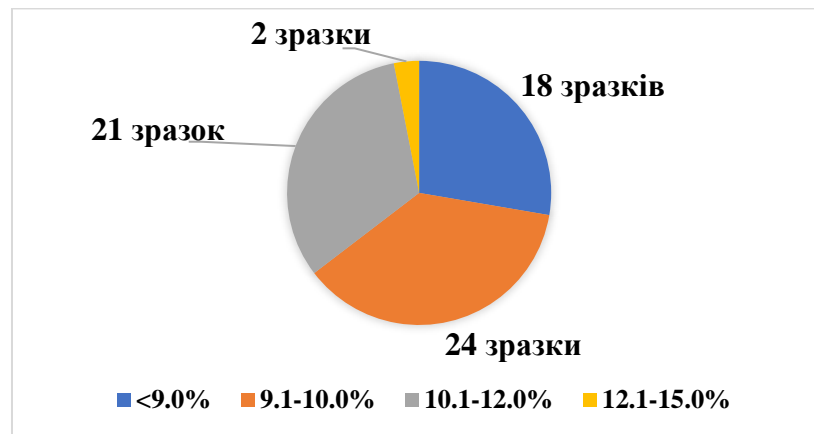


Рис. 4.1.1 Розподіл гібридів за відсотковим вмістом білка.

За вмістом крохмалю 65 експериментальних гібридів розподілено на три групи: I група із середнім вмістом крохмалю (61-65%) до якої увійшло 3 зразки; II група із високим вмістом крохмалю (66–70%) – 45 зразків та III група із дуже високим вмістом крохмалю (>70%) – 17 зразків (Рис. 4.1.2).

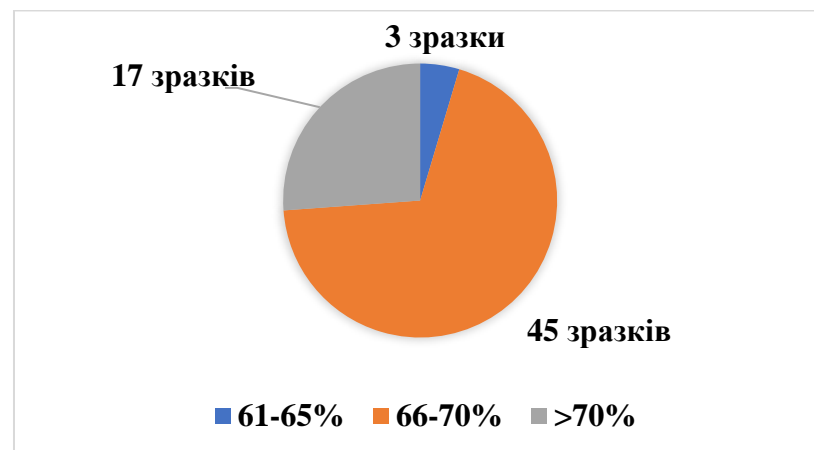


Рис. 4.1.2 Розподіл гібридів за відсотковим вмістом крохмалю.



За вмістом олії також було сформовано три групи гібридів: до групи із низьким вмістом (2.6–3.8%) увійшло 7 зразків; до групи із середнім вмістом (3.9–5.0%) – 52 зразки та до групи із високим вмістом олії (5.1–7.0%) – 6 зразків (Рис. 4.1.3).

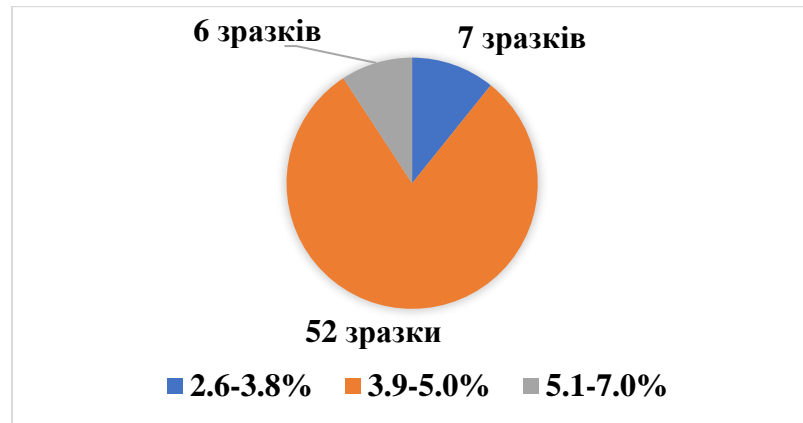


Рис. 4.1.3 Розподіл гібридів за відсотковим вмістом олії.

Для визначення ролі материнського компонента гібридів у формуванні вмісту в зерні основних показників якості необхідно розділити досліджувані гібриди на окремі групи, у відповідності до їх материнських форм (Reif, Melchinger, Xia, Warburton, & Hoisington, 2003).

За результатами досліджень експериментальних гібридів материнською формою яких слугувала інбредна лінія ВК13 – джерело мутації гену структури ендосперму *wx*, у 2020 році встановлено, що вміст у зерні білка варіював у межах 8,3–13,57 %, крохмалю – 64,86–73,6 %, олії 3,77–5,32 %. У 2021 році вміст білка становив від 7,64 % до 12,57 %, крохмалю 64,8–72,5 %, олії 3,83–5,22 %. За два роки досліджень, середній вміст білка становив 7.97–13.07 % із стандартним відхиленням ( $s$ ) 0,547, крохмалю – 65,9–72,6 % ( $s=0.8519$ ), олії 3,9–5,27 % ( $s=0,2393$ ) (Додаток В.1).

Необхідно зазначити, що дана група гібридів є лідером за середнім вмістом білка у зерні, сформувавши показник даної ознаки рівні 10,38 %; середній вміст крохмалю у даній групі становив 69,25 %, а олії – 4,47 %.

За роки досліджень достовірно високий вміст білка встановлено у гібридів ВК13хСО255 (13,07%) та ВК13хВК37 (12,60%). Дуже високий вміст у зерні крохмалю спостерігався у гібридів: ВК13хУХК678 (72,60%) та ВК13хУХК686 (72,57%). Високий вміст олії сформували гібриди ВК13хВК37 (5,27%) та ВК13хУХК686 (5,07%). Гібриди ВК13хВК37 та ВК13хУХК686 характеризувались одночасно підвищеним вмістом білка і олії та крохмалю і олії відповідно (Таблиця 4.1.1).

Таблиця 4.1.1

**Коротка характеристика кращих гібридів із тестером ВК13  
(2020–2021 рр.)**

Формула гібриду	Вміст в зерні, %		
	Білок	Крохмаль	Олія
<b>2020</b>			
ВК13хСО255	13,1 ± 0,2	68,2 ± 0,4	4,5 ± 0,1
ВК13хВК37	12,5 ± 0,2	67,3 ± 0,8	5,3 ± 0,1
ВК13хУХК678	9,2 ± 0,2	73,1 ± 0,8	4,7 ± 0,1
ВК13хУХК686	8,3 ± 0,2	73,1 ± 0,8	5,0 ± 0,1
ВК13хАК159	10,4 ± 0,2	68,5 ± 0,8	4,2 ± 0,1
ВК13хFV243	9,6 ± 0,2	67,4 ± 0,8	4,7 ± 0,1
ВК13хАЕ746	10,8 ± 0,3	64,9 ± 0,6	4,7 ± 0,2
ВК13хВК19	11,2 ± 0,2	66,9 ± 0,6	4,9 ± 0,2
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР<sub>0,05</sub></b>	0,68	4,62	0,34
<b>2021</b>			
ВК13хСО255	13,0 ± 0,4	66,9 ± 0,6	4,4 ± 0,1
ВК13хВК37	12,7 ± 0,3	69,5 ± 0,8	5,2 ± 0,2
ВК13хУХК678	10,2 ± 0,3	72,1 ± 0,7	4,5 ± 0,2
ВК13хУХК686	7,6 ± 0,2	72,1 ± 0,9	5,1 ± 0,1
ВК13хАК159	9,7 ± 0,3	67,2 ± 0,5	4,3 ± 0,1
ВК13хFV243	9,5 ± 0,3	70,3 ± 0,4	4,6 ± 0,2
ВК13хАЕ746	10,6 ± 0,2	66,9 ± 0,4	4,6 ± 0,1
ВК13хВК19	11,1 ± 0,3	68,3 ± 0,7	5,0 ± 0,2
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР<sub>0,05</sub></b>	0,70	4,37	0,29

У 2020 році вміст білка у зерні досліджуваних зразків групи гібридів, материнською формою яких виступала інбредна лінія ВК69 – також носій мутації гену структури ендосперму, варіював у межах 7,78–9,85%,

крохмалю – 66,27–72,3%, олії – 3,56–5,22%. У 2021 році експериментальні гібриди сформували 7,8-12,57 % білка, 65,66-73,8 % крохмалю та 3,39-5,27 % олії у зерні досліджуваних зразків. В середньому, за роки досліджень вміст основних біохімічних показників становив: білка 8,03–9,83 % ( $s=0,5026$ ), крохмалю – 67,50–72,80 % ( $s=0,9322$ ), олії – від 3,67 % до 5,27 % ( $s=0,3293$ ) (Додаток В.2).

Середній вміст білка у гібридах даної групи становив 8,9 %, що значно нижче, ніж у решти груп, проте за показником вмісту у зерні крохмалю на рівні 69,56 % дана група гібридів зайняла лідируючу позицію. Середній по групі показник вмісту у зерні олії становив 4,29 %.

За біохімічними показниками високий, достовірно вищий за умовний стандарт, показник вмісту олії у зерні сформував гібрид ВК69хВК13 – 5,27 %, дуже високим вмістом крохмалю характеризувався гібрид ВК69хFV243 – 72,80 %, що є кращим показником серед усіх досліджуваних гібридів (Таблиця 4.1.2).

Таблиця 4.1.2

**Коротка характеристика кращих гібридів із тестером ВК69  
(2020–2021 рр.)**

Формула гібриду	Вміст в зерні, %		
	Білок	Крохмаль	Олія
<b>2020</b>			
ВК69хВК13	9,4 ± 0,2	69,4 ± 0,3	5,3 ± 0,2
ВК69хСО255	9,4 ± 0,2	70,4 ± 0,5	4,3 ± 0,1
ВК69хG255	9,7 ± 0,3	70,0 ± 0,4	4,3 ± 0,1
ВК69хУХК686	7,8 ± 0,3	70,9 ± 0,5	3,6 ± 0,1
ВК69хВК19	9,8 ± 0,3	69,9 ± 0,6	4,3 ± 0,1
ВК69хАЕ746	9,1 ± 0,4	66,3 ± 0,9	4,6 ± 0,1
ВК69хFV243	8,4 ± 0,2	72,4 ± 0,6	4,6 ± 0,1
ВК69хАК159	8,6 ± 0,2	72,3 ± 0,3	3,6 ± 0,2
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР</b> 0,05	0,75	5,41	0,30
<b>2021</b>			
ВК69хВК13	9,9 ± 0,2	70,6 ± 0,4	5,3 ± 0,1
ВК69хСО255	8,9 ± 0,5	71,4 ± 0,8	4,3 ± 0,1
ВК69хG255	10,0 ± 0,2	68,5 ± 0,4	4,1 ± 0,1

Продовження табл. 4.1.2

ВК69хУХК686	8,3 ± 0,1	68,5 ± 0,4	3,8 ± 0,1
ВК69хВК19	9,3 ± 0,5	69,4 ± 0,9	4,5 ± 0,3
ВК69хАЕ746	9,4 ± 0,4	68,7 ± 0,4	4,6 ± 0,2
ВК69хFV243	8,3 ± 0,2	73,1 ± 0,2	4,5 ± 0,1
ВК69хАК159	7,8 ± 0,2	70,4 ± 0,8	3,4 ± 0,1
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР</b> 0,05	0,68	4,85	0,34

За результатами досліджень якості зерна групи гібридів, материнською формою яких була інбредна лінія АЕ801, у 2020 році встановлено, що варіювання відсоткового вмісту білка становило 8,7–11,62%, крохмалю – 64,62–70,83%, олії – 3,49–5,14%. У 2021 році білка 8,7–11,51 %, крохмалю – 63,33–72,04 %, олії – 3,49–5,14 %. За два роки досліджень середній вміст білка становив 8,7–11,27% ( $s=0,5592$ ), крохмалю – 65,0–70,83% ( $s=0,9711$ ), олії – 3,67–5,13% ( $s=0,2786$ ) (Додаток В.3).

Середній, за роки досліджень, вміст білка у зерні гібридів даної групи становив 9,69 %, крохмалю – 67,56 % та олії на рівні 4,22 %.

У межах даної групи гібридів, виділено гібридну комбінацію АЕ801хFV243 (11,18 %), – з високим вмістом білка; Дуже високий вміст у зерні крохмалю відмічено у гібриду АЕ801хВК32 – 70,83 %, гібрид АЕ801хАЕ746 характеризувався достовірно вищим за умовний стандарт вмістом білка – 11,27 % та олії – 5,13 % одночасно. (Таблиця 4.1.3).

Таблиця 4.1.3

**Коротка характеристика кращих гібридів із тестером АЕ801  
(2020–2021 рр.)**

Формула гібриду	Вміст в зерні, %		
	Білок	Крохмаль	Олія
<b>2020</b>			
АЕ801хАЕ746	11,0 ± 0,4	66,7 ± 0,4	5,1 ± 0,1
АЕ801хВК32	8,8 ± 0,2	70,6 ± 0,9	3,8 ± 0,2
АЕ801хСО255	10,1 ± 0,3	68,5 ± 0,2	4,5 ± 0,2
АЕ801хАК159	9,9 ± 0,3	68,2 ± 0,3	4,2 ± 0,1
АЕ801хВК19	9,0 ± 0,3	65,4 ± 0,3	3,8 ± 0,1
АЕ801хFV243	11,5 ± 0,3	67,1 ± 0,4	4,7 ± 0,1

Продовження табл. 4,1,3

AE801xBK13	9,6 ± 0,2	68,2 ± 0,5	4,2 ± 0,1
AE801xAE800	9,4 ± 0,2	65,1 ± 0,5	4,8 ± 0,1
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР</b> 0,05	0,53	5,27	0,24
<b>2021</b>			
AE801xAE746	11,5 ± 0,4	64,2 ± 0,4	5,1 ± 0,1
AE801xBK32	9,3 ± 0,4	71,0 ± 0,6	3,8 ± 0,1
AE801xCO255	10,2 ± 0,4	68,3 ± 0,5	4,2 ± 0,1
AE801xAК159	9,6 ± 0,3	67,8 ± 0,5	3,9 ± 0,1
AE801xBK19	8,7 ± 0,2	69,8 ± 0,5	3,9 ± 0,1
AE801xFV243	10,9 ± 0,2	69,6 ± 0,4	4,2 ± 0,2
AE801xBK13	10,4 ± 0,3	66,7 ± 0,5	4,6 ± 0,2
AE801xAE800	8,5 ± 0,2	65,3 ± 0,3	4,4 ± 0,2
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР</b> 0,05	0,69	4,71	0,33

Інбредна лінія кукурудзи AE392, котрій властивий підвищений вміст у зерні олії (Жемойда, Макаручук, & Спряжка, 2020) виступала в ролі материнської форми групи експериментальних гібридів, які у 2020 році сформували вміст білка на рівні 7,99-10,82 %, крохмалю – 65,07-70,37 %, олії - 4,00-5,62 %. У 2021 році гібриди даної групи характеризувались вмістом білка 8,05-11,19 %, крохмалю - 64,15-69,13 %, олії – 4,24-6,43 %. За 2020-2021 роки середній вміст білка у даній групі гібридів варіював у межах 9,9–10,8 % ( $s=0,5757$ ), крохмалю 67,10–68,27 % ( $s=0,575$ ), олії 4,37–5,83 % ( $s=0,2204$ ). (Додаток В.4)

Дана група експериментальних гібридів, за роки досліджень, характеризувалась середнім вмістом білка у зерні на рівні 10,11 %, відносно низьким вмістом крохмалю – 67,67 % та вмістом олії на рівні 4,84 %, що є кращим показником серед досліджуваних груп гібридів.

В межах даної групи слід відзначити гібрид AE392xХЛГ1203 із достовірно вищим вмістом олії відносно конкурентів не лише своєї групи, а й усіх досліджуваних гібридів – 5,83% (Таблиця 4.1.4).

Таблиця 4.1.4

**Коротка характеристика кращих гібридів із тестером АЕ392  
(2020–2021 рр.)**

Формула гібриду	Вміст в зерні, %		
	Білок	Крохмаль	Олія
<b>2020</b>			
АЕ392xХЛГ1203	10,4 ± 0,2	67,4 ± 0,5	5,6 ± 0,2
АЕ392xСО255	10,4 ± 0,3	68,3 ± 0,5	4,8 ± 0,2
АЕ392xАК157	9,7 ± 0,4	67,7 ± 0,5	5,1 ± 0,1
АЕ392xАЕ800	10,4 ± 0,4	68,8 ± 0,3	4,3 ± 0,2
АЕ392xQ170	10,5 ± 0,3	68,4 ± 0,3	4,6 ± 0,1
АЕ392xВК19	10,5 ± 0,3	66,1 ± 0,7	5,1 ± 0,2
АЕ392xАЕ746	10,8 ± 0,4	67,2 ± 0,2	4,0 ± 0,1
АЕ392xУХК686	7,9 ± 0,4	66,0 ± 0,7	4,2 ± 0,1
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР<sub>0,05</sub></b>	<b>0,69</b>	<b>6,53</b>	<b>0,50</b>
<b>2021</b>			
АЕ392xХЛГ1203	10,7 ± 0,3	66,6 ± 0,5	6,1 ± 0,2
АЕ392xСО255	11,2 ± 0,3	67,7 ± 0,8	5,1 ± 0,1
АЕ392xАК157	10,1 ± 0,2	68,8 ± 0,5	4,9 ± 0,1
АЕ392xАЕ800	10,7 ± 0,4	66,3 ± 0,9	4,4 ± 0,1
АЕ392xQ170	9,7 ± 0,3	68,0 ± 0,6	4,2 ± 0,1
АЕ392xВК19	10,5 ± 0,4	68,1 ± 0,3	6,4 ± 0,3
АЕ392xАЕ746	9,9 ± 0,2	68,3 ± 0,3	4,4 ± 0,1
АЕ392xУХК686	8,1 ± 0,2	68,8 ± 0,4	4,2 ± 0,1
Богатир (st)	10,3	69,5	5,0
<b>НІР<sub>0,05</sub></b>	<b>0,75</b>	<b>6,17</b>	<b>0,43</b>

Результати аналізу вмісту у зерні експериментальних гібридів кукурудзи білка, крохмалю та олії свідчать про ефективність добору батьківських компонентів за основними показниками якості зерна (Spriazhka, Zhemoida, Makarchuk, Dmytrenko, & Bahatchenko, 2022).

Однак, використовуючи у ролі материнських форм інбредні лінії-носії мутацій генів структури ендосперму, які сприятливо змінюють консистенцію зерна кукурудзи, необхідно враховувати те, що вони також викликають певні небажані наслідки, як і очікується від більшості мутантів (Toro, Medici, Sodek, Lea, & Azevedo, 2013).

## 4.2 Урожайність новостворених гібридів

Одночасно із дослідженням основних біохімічних показників у 2020-2021 роках визначено також і урожайність експериментальних гібридів.

Одним із основних показників, який характеризує успіх та ефективність селекційної роботи із кукурудзою, є зернова продуктивність гібридів. Але отримання стабільних врожаїв з року в рік при різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування часом є непростим завданням (Черчель, Купар, Таганцова, & Стасів, 2020).

Утім стабільність урожайності зерна гібридів кукурудзи в різних умовах пояснюється частіше не популяційною буферністю, а насамперед, генетичними особливостями складових батьківських компонентів (Ковальчук, 2017).

Для визначення селекційної цінності вихідного матеріалу необхідно правильно і точно визначити всі господарсько-цінні ознаки які впливають на формування показнику урожайності в певних ґрунтово-кліматичних умовах (Сікалова, 2008). Ці показники складні і визначаються великою кількістю окремих, більш простих ознак та властивостей, котрі змінюються під впливом різних умов вирощування (Адамень, 1998).

Дослідження рівня урожайності 65 експериментальних гібридів, створених за неповною тестерною схемою проводились протягом 2020-2021 років. Для визначення урожайності, гібриди було розподілено на чотири групи відповідно до їх материнських форм. До групи із тестером ВК13 увійшло 24 гібриди, середня урожайність даної групи за роки досліджень становила 5,9 т/га. Група гібридів із тестером ВК69, до якої увійшло 19 комбінацій, сформувала середню урожайність на рівні 6,07 т/га, що є кращим показником серед усіх груп гібридів. Середня урожайність 14 гібридів, материнською формою яких слугувала інbredна лінія АЕ801, становила 5,74 т/га. У гібридів із тестером АЕ392 спостерігалась середня

урожайність за два роки досліджень на рівні 3,81 т/га, до складу даної групи увійшло 8 гібридів.

Урожайність гібридів із тестером ВК13 у 2020 році варіювала у межах 2,97-8,74 т/га; у 2021 році у межах 2,89-8,52 т/га; в середньому за роки досліджень діапазон урожайності становив 2,93-7,63 т/га (Додаток Г.1).

Кращим показником урожайності, достовірно вищим за умовний стандарт (5,9 т/га) характеризувались комбінації: ВК13хУХК686 із урожайністю у 2020 році – 8,74 т/га, у 2021 році – 6,52 т/га; ВК13хУХК37 – урожайність 2020 року – 6,94 т/га, у 2021 року – 8,2 т/га; ВК13хІК1431 – урожайність у 2020 році – 7,94 т/га, у 2021 – 7,26 т/га; ВК13хFV243 – урожайність 2020 року – 6,48 т/га, 2021 року – 8,52 т/га (Рис. 4.2.1).

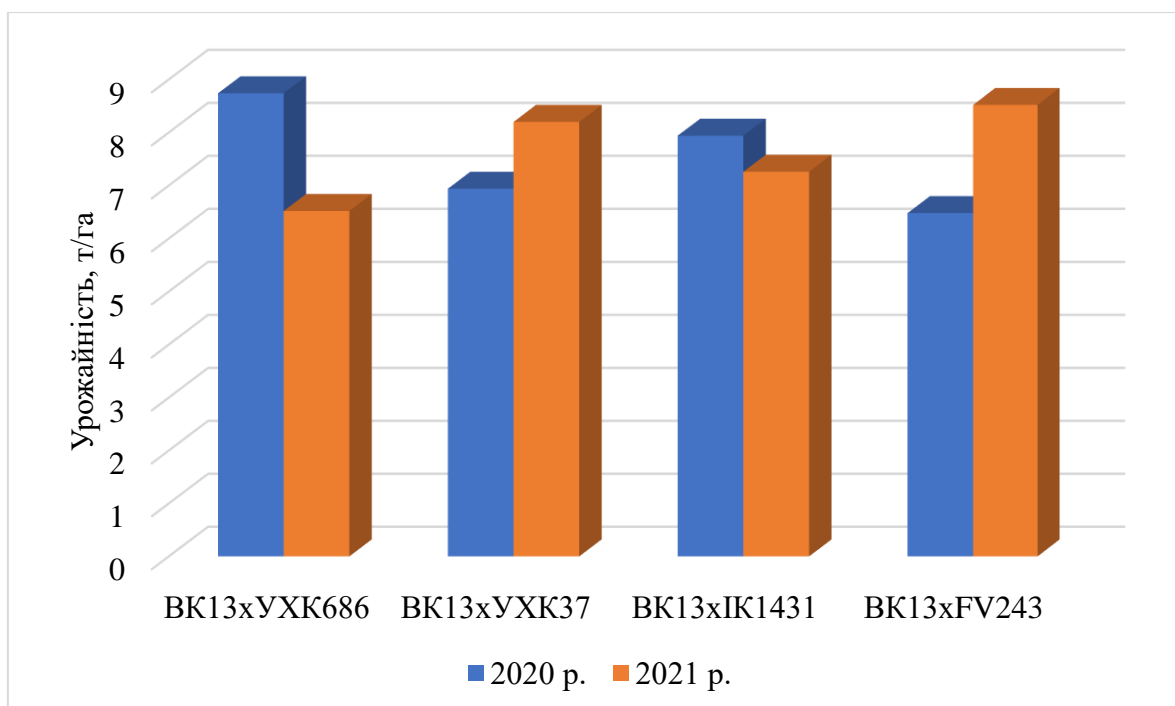


Рис. 4.2.1 Урожайність кращих гібридів із тестером ВК13

Гібриди, материнською формою яких слугувала інбредна лінія ВК69 у 2020 році характеризувались урожайністю у межах 3,65-10,57 т/га; у 2021 році у межах 4,22-9,01 т/га; в середньому за роки досліджень діапазон урожайності становив 4,20-9,37 т/га. Дана група гібридів сформувала найвищі показники урожайності за роки досліджень, а у гібриду ВК69хG255



відмічено середню урожайність на рівні 9,37 т/га, що є кращим показником серед усіх досліджуваних гібридів усіх груп (Додаток Г.1).

Урожайність умовного стандарту по даній групі становила 6,07 т/га. Достовірно вищу за умовний стандарт урожайність виявлено у гібридів: ВК69хУХК37 із урожайністю у 2020 році – 8,19 т/га, у 2021 році – 6,73 т/га; ВК69хАЕ801 – урожайність 2020 року – 7,93 т/га, у 2021 року – 9,01 т/га; ВК69хG255 – урожайність у 2020 році – 10,57 т/га, у 2021 – 8,18 т/га; ВК69хХЛГ1238 – урожайність 2020 року – 6,68 т/га, 2021 року – 8,01 т/га (Рис. 4.2.2).

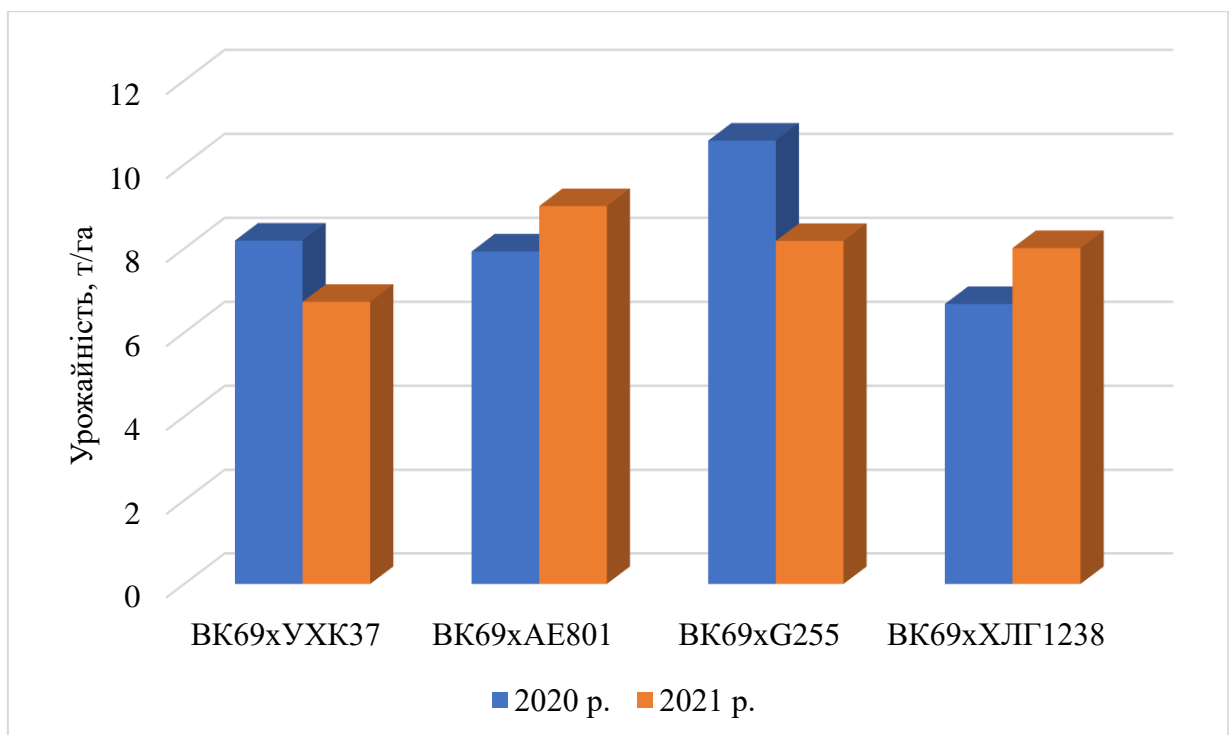


Рис. 4.2.2 Урожайність кращих гібридів із тестером ВК69

Гібрид третьої групи, материнською формою яких була інбредна лінія АЕ801 у 2020 році сформували урожайність від 2,82 т/га до 8,53 т/га; у 2021 році урожайність варіювала у межах 3,18-8,78 т/га; усереднені показники урожайності досліджуваних гібридів становили від 3,00 т/га до 8,63 т/га (Додаток Г.2).

В якості умовного стандарту було взято середню урожайність гібридів даної групи, яка становила 5,74 т/га. Достовірно вищою, за умовний стандарт урожайність, характеризувались гібриди: АЕ801хУХК37 із урожайністю 2020 року – 6,59 т/га, у 2021 році – 8,78 т/га; АЕ801хВК13 – урожайність у 2020 році – 8,53 т/га, у 2021 році – 8,72 т/га; АЕ801хВК69 – урожайність 2020 року – 7,12 т/га, у 2021 – 8,5 т/га; АЕ801хУХК646 – урожайність у 2020 році – 6,06 т/га, у 2021 році – 8,05 т/га (Рис. 4.2.3).

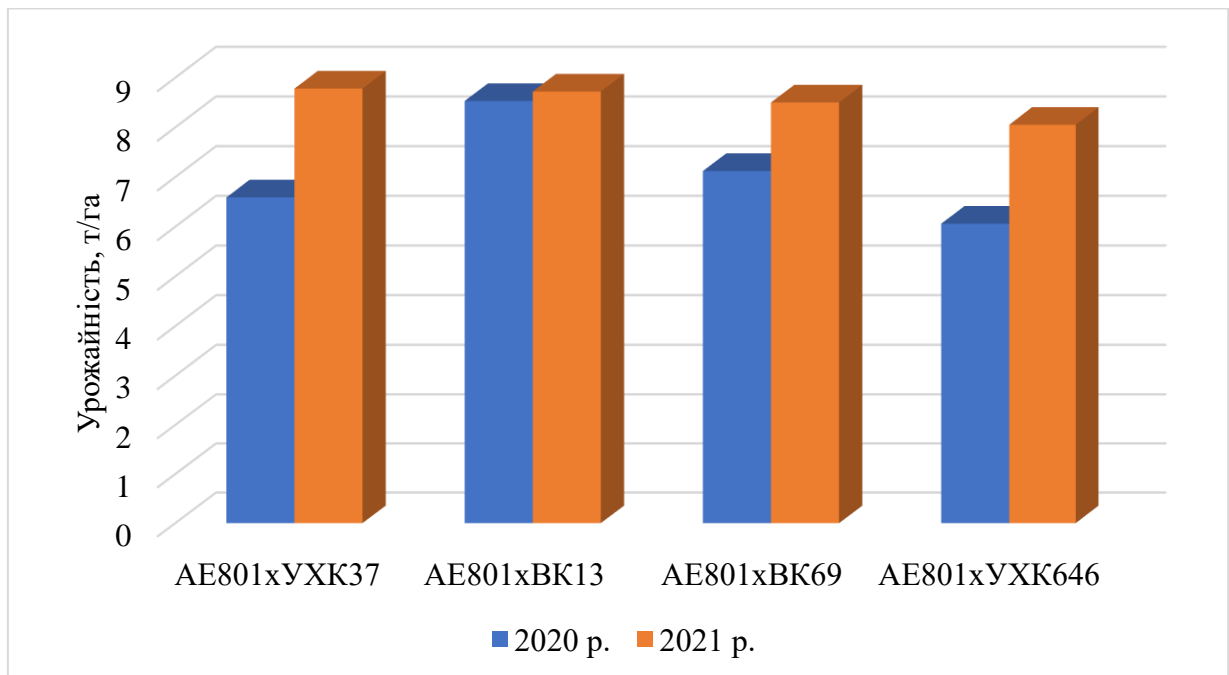


Рис. 4.2.3 Урожайність кращих гібридів із тестером АЕ801

Остання група досліджуваних гібридів, материнською формою яких слугувала інбредна лінія АЕ392 у 2020 році характеризувалась урожайністю від 2,75 т/га до 6,55 т/га; у 2021 році показник урожайності варіював у межах 2,73-5,9 т/га; у середньому, за 2 роки досліджень середня урожайність гібридів цієї групи становила від 3,06 т/га до 6,23 т/га (Додаток Г.2).

Однак у семи із восьми гібридних комбінацій у даній групі спостерігався рівень урожайності в межах 3,09-4,17 т/га, що свідчить про низьку придатність даної інбредної лінії в якості материнського компонента при створенні гібридів кукурудзи із високою урожайністю, проте цей факт

не знижує її селекційної цінності, оскільки вона має низку позитивних характеристик за іншими господарсько-цінними ознаками, такими, як вміст у зерні білка, олії та крохмалю.

Серед гібридів даної групи, лише комбінація АЕ392хАК157 сформувавши урожайність на рівні 6,55 т/га у 2020 році та 5,9 т/га у 2021 році достовірно перевищила середній показник (умовний стандарт) урожайності групи, який становив 3,81 т/га (Рис. 4.2.4).

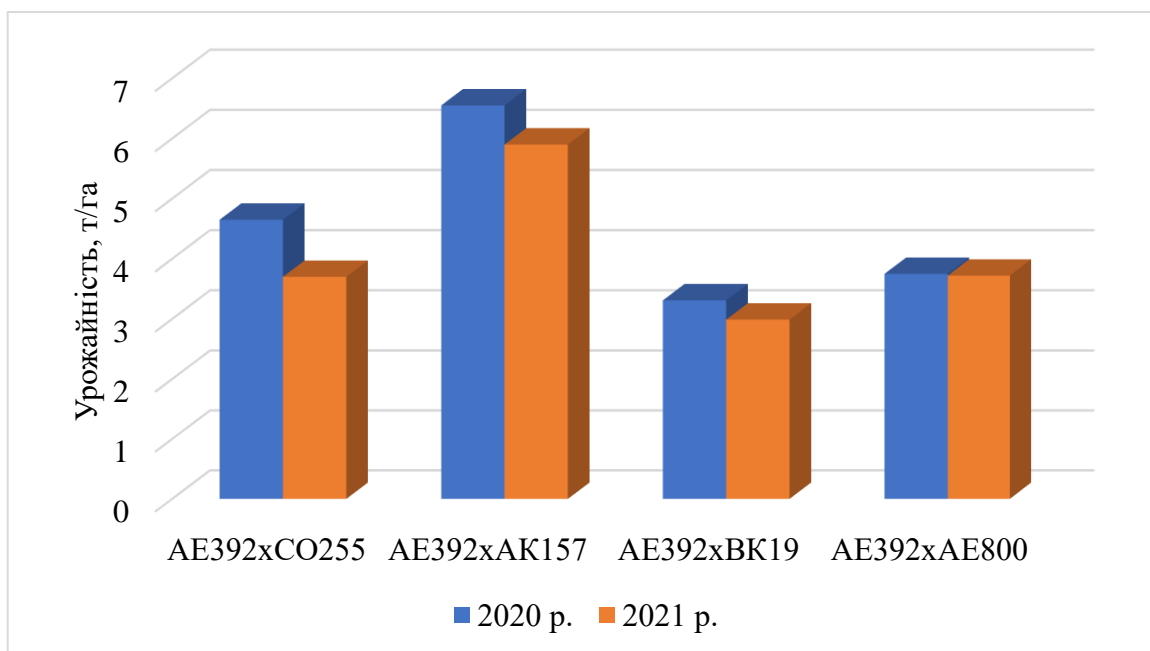


Рис. 4.2.4 Урожайність кращих гібридів із тестером АЕ392

### 4.3 Екологічна пластичність експериментальних гібридів

Для підтвердження практичної значимості отриманих результатів у 2021 році було передано на випробування до ТОВ «Агрофірма «Колос» 7 експериментальних гібридів та 6 гібридів до Національного Центру генетичних ресурсів рослин України.

Для досліджень, в умовах ТОВ «Агрофірма «Колос», було відібрано експериментальні гібриди кукурудзи: ВК69хУХК667, ВК69хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хFV243, АЕ801хВК19, АЕ801хВК69.

В умовах ТОВ «Агрофірми «Колос» середня урожайність досліджуваних гібридів становила 6,04 т/га, що лише на 16 % вище, ніж у аналогічних гібридів в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» – 5,24 т/га. Така незначна різниця показників рівня урожайності зумовлена, в першу чергу, відносною схожістю ґрунтового покриву та кліматичних умов, оскільки обидві точки випробувань розташовані в зоні північної частини Правобережного Лісостепу України. Найвищу серед випробовуваних гібридів урожайність сформували гібриди: ВК69хУХК667 – 7,31 т/га, ВК13хВК11 – 6,89 т/га (Додаток Г.3).

До Національного Центру генетичних ресурсів рослин України для вивчення було передано експериментальні гібриди АЕ801хВК13, ВК69хВК13, ВК13хFV243, ВК69хУХК667, ВК69хQ170 та ВК13хАК159. Досліджувані експериментальні гібриди, в ґрунтово-кліматичних умовах дослідних полів НЦГРР України, сформували середню урожайність на рівні 8,24 т/га, що на 48% вище ніж аналогічні гібриди в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» – 5,6 т/га. Серед вищенаведених гібридів слід виокремити гібриди ВК69хУХК667 та ВК13хАК159, які сформували урожайність на рівні 9,40 т/га та 10,25 т/га відповідно (рис. 4.3.1).

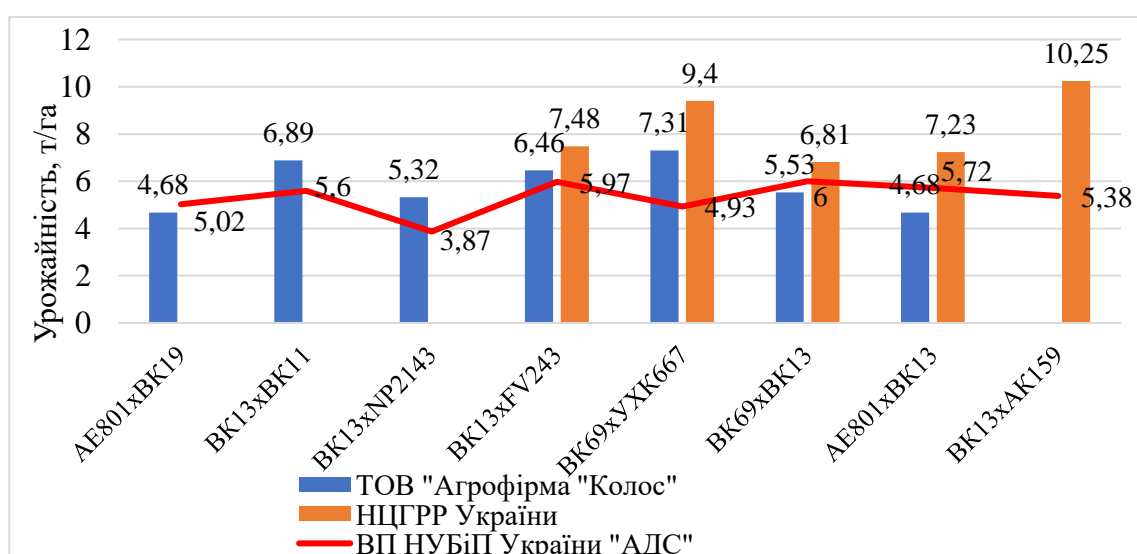


Рис. 4.3.1 Урожайність експериментальних гібридів в умовах ТОВ «Агрофірма «Колос», НЦГРРУ, ВП НУБіП України «АДС», 2021 р.

Для раціонального аналізу потенціалу експериментальних гібридів кукурудзи необхідно отримати дані про їх екологічну стабільність і пластичність, які дають змогу рекомендувати оптимальні умови та регіони для впровадження у виробництво того чи іншого гібриду. В агрономічній термінології поняття «екологічно стійкий гібрид» має на увазі здатність гібриду формувати відносно стабільний рівень урожайності по рокам та різним еколого-географічним зонам (Spriazhka & Zhemoida, Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна., 2022).

Класифікація гібридів за нормою реакції на умови вирощування включає розподіл на три групи:

1. Інтенсивні – потребують комфортних умов для росту і розвитку, оскільки мають широку норму реакції на ґрунтово-кліматичні умови. Здатні ефективно використовувати високий рівень агрофону.

2. Пластичні – характеризуються високою пластичністю та стабільністю в різних екологічних умовах за рахунок середньої норми реакції. Гібриди даної групи здатні пристосовуватись до мінливих умов зовнішнього середовища.

3. Гомеостатичні – за рахунок вузької норми реакції мають, відповідно, незначну реакцію на умови вирощування. Гібриди даної групи придатні для вирощування в зонах із низьким рівнем агрофону (Воскобойник, 2005).

Екологічна пластичність – це ступінь пристосовуваності сорту або гібрида до умов зовнішнього середовища. Чим ширше діапазон пристосовуваності, тим вище його екологічна пластичність. Екологічна стабільність – це здатність сорту або гібрида зберігати свою структуру і функції в процесі впливу внутрішніх і зовнішніх факторів середовища вирощування. Отже поняття «пластичність» та «стабільність» характеризують потенціал модифікаційної та генотипової мінливості, як окремих ознак та властивостей рослини, так і урожайності в цілому.

Метою визначення екологічної пластичності за показником урожайності експериментальних гібридів кукурудзи було встановлення оптимальних еколого-географічних та ґрунтово-кліматичних умов для вирощування даних гібридів.

Результати досліджень свідчать про те, що кращими умовами навколишнього середовища у 2021 році, згідно індексу умов середовища ( $I_j$ ) характеризувались дослідні поля НЦГРР України ( $I_j = 0,38$ ) (табл. 4.3.1).

Коефіцієнт лінійної регресії ( $bi$ ) показує їх реакцію на покращення умов вирощування. Чим вище коефіцієнт ( $bi$ ), тим вищим відгуком до покращення умов вирощування характеризується гібрид.

Найвищий показник екологічної пластичності встановлено у гібридів АЕ801хВК13 ( $bi = 3,6$ ) та ВК13хАК159 ( $bi = 5,9$ ), що вказує на їх позитивну реакцію при використанні інтенсивного типу господарювання. Дані гібриди потребують високого рівня агротехніки, оскільки лише в цьому випадку зможуть повністю розкрити свій потенціал.

Таблиця 4.3.1

**Індекси умов середовища та показники екологічної пластичності,  
2021 р.**

Назва зразка	Середня урожайність в різних умовах вирощування, т/га			$\sum Y_i$	$Y_i$	$bi$
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України			
ВК13хFV243	8,52	6,46	7,48	22,46	7,49	1,5
ВК69хУХК667	4,52	7,31	9,40	21,23	7,08	1,5
ВК69хВК13	4,91	5,53	6,81	17,25	5,75	1,2
АЕ801хВК13	8,72	4,68	7,23	20,63	6,88	3,6
ВК13хВК11	7,49	6,89		14,38	7,19	-2,2
ВК13хNP2143	4,37	5,32		9,69	4,85	-2,1
ВК13хАК159	6,79		10,25	17,04	8,52	5,9
АЕ801хВК69	8,50	8,29		16,79	8,40	-1,5
$\sum Y_j$	53,82	44,48	41,17	139,47		
$Y_j$	6,73	6,35	8,23			
$I_j$	0,08	-0,46	0,38	$\sum I_j^2$	1,34	

Для визначення екологічної стабільності генотипів попередньо визначають теоретичну можливу урожайність гібридів за вирощування в оптимальних умовах (табл. 4.3.2).

Таблиця 4.3.2

**Розрахункова теоретична урожайність гібридів кукурудзи, 2021 р.**

Назва зразка	Середня урожайність в різних умовах вирощування, т/га		
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України
ВК13хFV243	7,61	6,78	8,07
ВК69хУХК667	7,20	6,37	7,66
ВК69хВК13	5,85	5,20	6,20
АЕ801хВК13	7,17	5,22	8,23
ВК13хВК11	6,16	7,36	
ВК13хNP2143	4,23	5,37	
ВК13хАК159	7,83		9,57
АЕ801хВК69	7,75	8,55	

Наступним етапом при розрахунку екологічної стабільності є визначення відхилення фактичної урожайності від розрахункової теоретичної та визначення середньоквадратичного відхилення, збільшення якого свідчить про зниження екологічної стабільності досліджуваного зразка (табл. 4.4.3).

Таблиця 4.3.3

**Відхилення фактичної урожайності від розрахункової, 2021 р.**

Назва зразка	Відхилення урожайності, $\sigma_{ij}$ , т/га			$\sum \sigma_{ij}^2$	$\sigma d^2$
	ВП НУБіП України «АДС»	ТОВ «Агрофірма «Колос»	НЦГРР України		
ВК13хFV243	0,91	-0,32	-0,59	1,27	0,21
ВК69хУХК667	-2,68	0,94	1,74	11,13	1,85
ВК69хВК13	-0,94	0,33	0,61	1,36	0,23
АЕ801хВК13	1,55	-0,54	-1,00	3,69	0,61
ВК13хВК11	1,33	-0,47	-0,86	2,72	0,45
ВК13хNP2143	0,14	-0,05	-0,09	0,03	0,01
ВК13хАК159	-1,04	0,37	0,68	1,67	0,28
АЕ801хВК69	0,75	-0,26	-0,48	0,86	0,14

Майже всі досліджувані генотипи характеризувались високою екологічною стабільністю, кращі показники зафіксовано у гібридів ВК13хNP2143 ( $\sigma^2 = 0,01$ ), АЕ801хВК69 ( $\sigma^2 = 0,14$ ) та ВК13хFV243 ( $\sigma^2 = 0,21$ ). Розрахункові дані свідчать про те, що експериментальний гібрид ВК69хУХК667 із показником середнього квадратичного відхилення на рівні 1,85 є екологічно нестабільним і сильно залежить від умов навколишнього середовища.

Сім із восьми досліджуваних гібридів є екологічно пластичними та стабільними – здатні пристосовуватись до мінливих умов навколишнього середовища. Показник середньоквадратичного відхилення ( $\sigma^2$ ) більше одиниці зафіксовано лише у одного гібрида – ВК69хУХК667, що доводить сильну залежність формування урожайності даного гібрида від умов вирощування (Spriazhka & Zhemoida, Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна., 2022).

#### **4.4 Взаємозв'язки між ознаками урожайності та поліпшеною якістю зерна кукурудзи**

Аналіз кореляційних структур дозволяє отримати більш повну картину зв'язків між ознаками, яка відповідає ідеї цілісності (інтегрованості) живих систем (Климчук, Кореляція урожайності із елементами її структури та морфологічними ознаками селекційного матеріалу кукурудзи в умовах монокультури, 2008).

Вже більше сторіччя в селекції рослин широко використовується кореляційний аналіз. За цей час погляди на значимість його результатів та місце в селекційних програмах дещо змінились, було запропоновано численні варіанти аналізу для підвищення його інформативності (Möhring & Piepho, 2009).

В наших дослідженнях було проведено розрахунки та визначено коефіцієнти кореляції і регресії між основними біохімічними складовими



зерна, такими як вміст білка, крохмалю і олії та урожайністю новостворених експериментальних гібридів, материнськими формами яких слугували інбредні лінії кукурудзи ВК13, ВК69, АЕ801 та АЕ392. Для кожної групи гібридів коефіцієнти кореляції визначалась окремо (Додаток Д.1-Д.2).

У гібридів із материнською формою ВК13 було виявлено: суттєву обернену кореляцію між показником вмісту білка у зерні та урожайністю: коефіцієнт кореляції становив  $-0,250$  у 2020 році, та  $-0,437$  у 2021; середньої сили позитивний взаємозв'язок ознак вмісту крохмалю у зерні та урожайністю було виявлено у 2020 році –  $r=0,310$ , а в 2021 – незначну обернену кореляцію ( $r=-0,080$ ); між показниками вмісту олії у зерні та урожайністю суттєвої кореляції виявлено не було –  $r=0,187$  у 2020 році, та  $r=0,036$  у 2021 (Рис. 4.3.1-4.3.3).

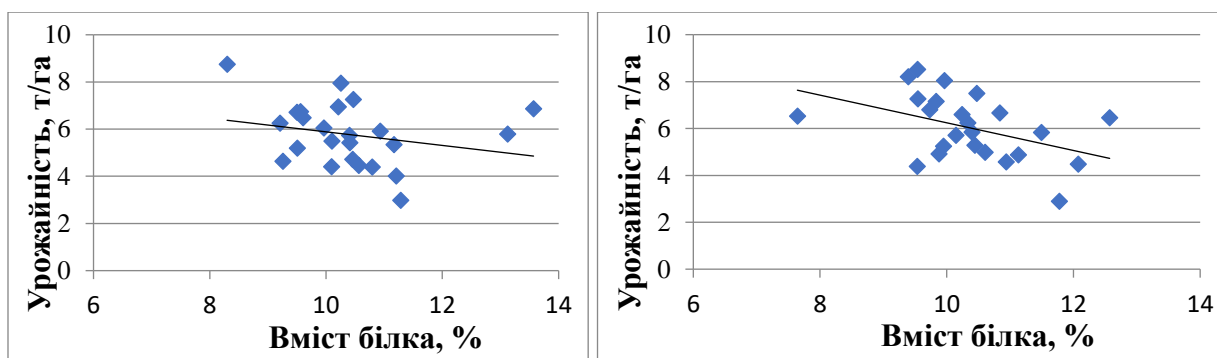


Рис. 4.3.1 Кореляція вмісту білка в зерні і урожайності у гібридів із тестером ВК13 (2020-2021 рр.).

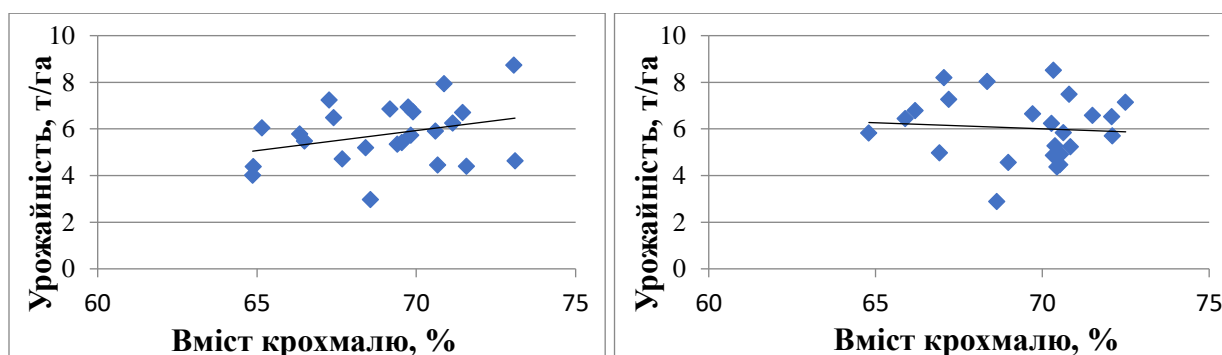


Рис. 4.3.2 Кореляція вмісту крохмалю в зерні і урожайності у гібридів із тестером ВК13 (2020-2021 рр.).

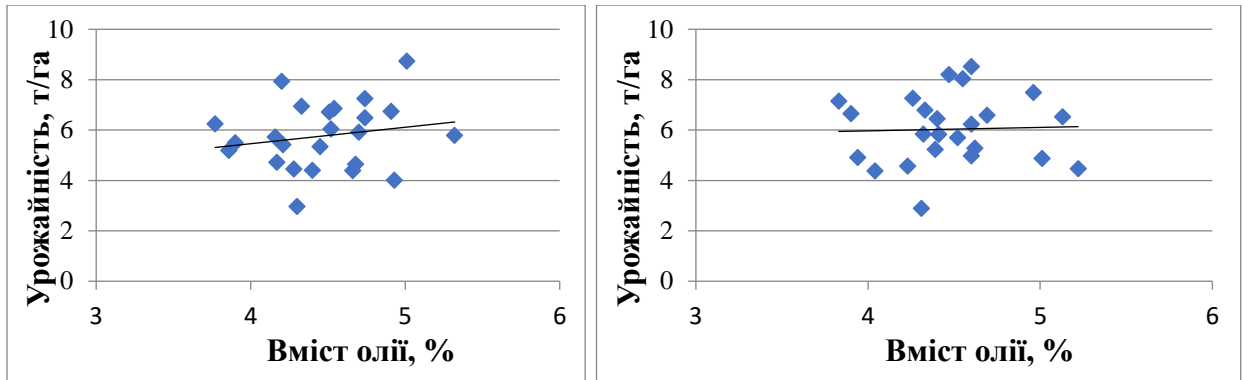


Рис. 4.3.3 Кореляція вмісту олії в зерні і урожайності у гібридів із тестером ВК13 (2020-2021 рр.).

У групи гібридів, материнською формою яких слугувала інbredна лінія ВК69, суттєвої кореляції між показниками відсоткового вмісту у зерні білка і урожайністю не спостерігалась, а коефіцієнт кореляції становив 0,108 у 2020 році та 0,016 у 2021; за ознаками вмісту крохмалю у зерні та урожайністю коефіцієнт кореляції становив 0,054 у 2020 році та був від'ємним у 2021 (-0,102), однак за розрахунками  $|t_{\phi}| < t_{\tau}$ , що свідчить про те, що кореляція, у даному випадку, не є суттєвою; між вмістом у зерні олії та урожайністю було виявлено обернену кореляцію –  $r=-0,290$  у 2020 році, та значну обернену кореляцію у 2021 ( $r=-0,428$ ) (Рис. 4.3.4-4.3.6).

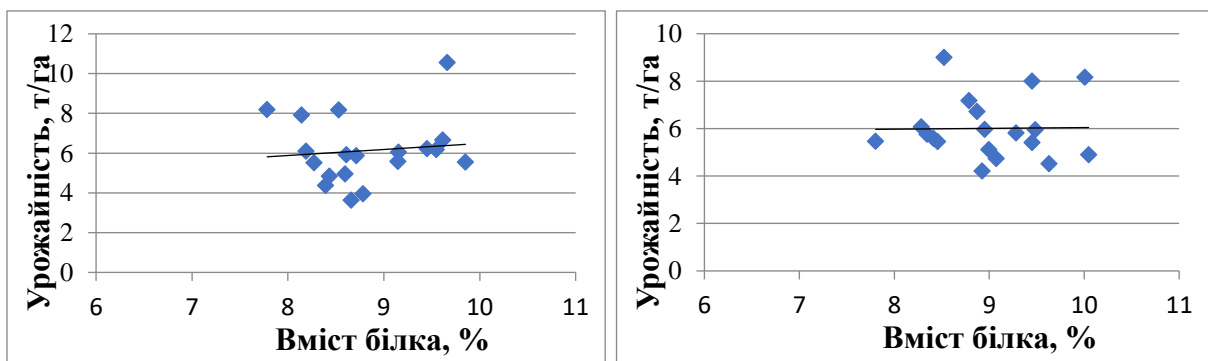


Рис. 4.3.4 Кореляція вмісту білка в зерні і урожайності у гібридів із тестером ВК69 (2020-2021 рр.).

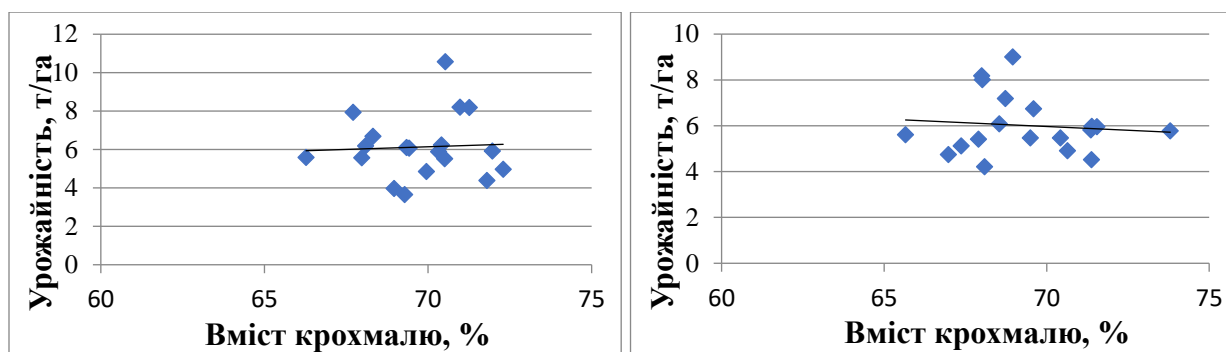


Рис. 4.3.5 Кореляція вмісту крохмалю в зерні і урожайності у гібридів із тестером ВК69 (2020-2021 рр.).

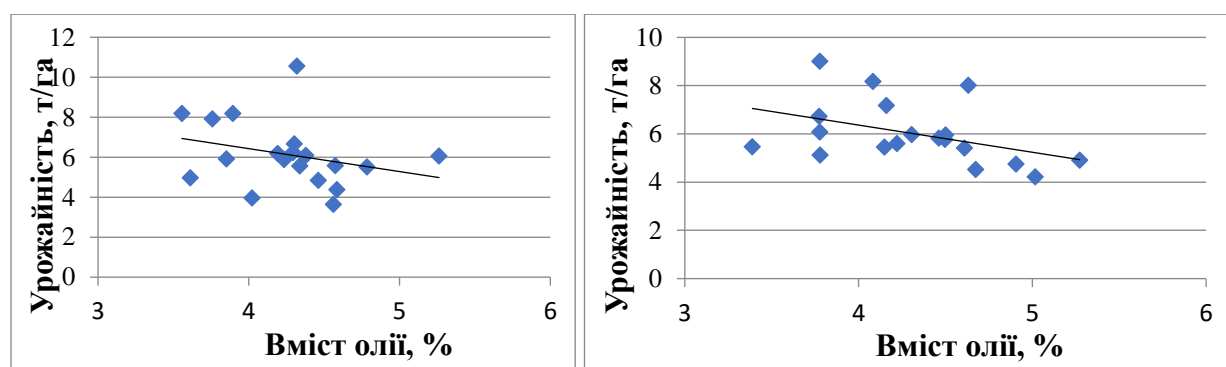


Рис. 4.3.6 Кореляція вмісту олії в зерні і урожайності у гібридів із тестером ВК69 (2020-2021 рр.).

Гібриди із материнськими формами АЕ801 та АЕ392, які є носіями мутантного гену структури ендосперму – *ae*, за роки досліджень сформували дещо нижчу середню урожайність у порівнянні із гібридами, материнськими формами яких були інбредні лінії ВК13 та ВК69 – носії мутантного гену структури ендосперму – *wx*. Однак прямої залежності між урожайністю та наявністю того, чи іншого гена-модифікатора структури ендосперму виявлено не було.

Суттєвої лінійної кореляції між вмістом у зерні білка та урожайністю у групи гібридів із материнською формою АЕ801 виявлено не було, а коефіцієнт кореляції становив  $-0,154$  у 2020 році та  $-0,020$  у 2021; за показниками відсоткового вмісту у зерні крохмалю та урожайністю кореляція також була не суттєвою, а коефіцієнт кореляції становив  $-0,113$  та  $0,129$  у 2020 та 2021 роках, відповідно; між вмістом у зерні олії та урожайністю було виявлено негативну залежність середньої сили –  $r=-0,482$  у 2020 році та не суттєву кореляцію у 2021 році ( $r=-0,063$ ) (Рис. 4.3.7-4.3.9).

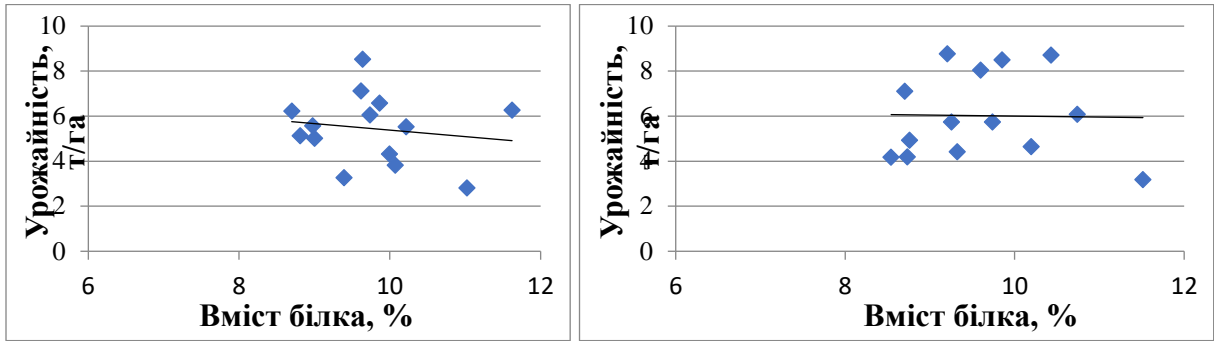


Рис. 4.3.7 Кореляція вмісту білка в зерні і урожайності у гібридів із тестером АЕ801 (2020-2021 рр.).

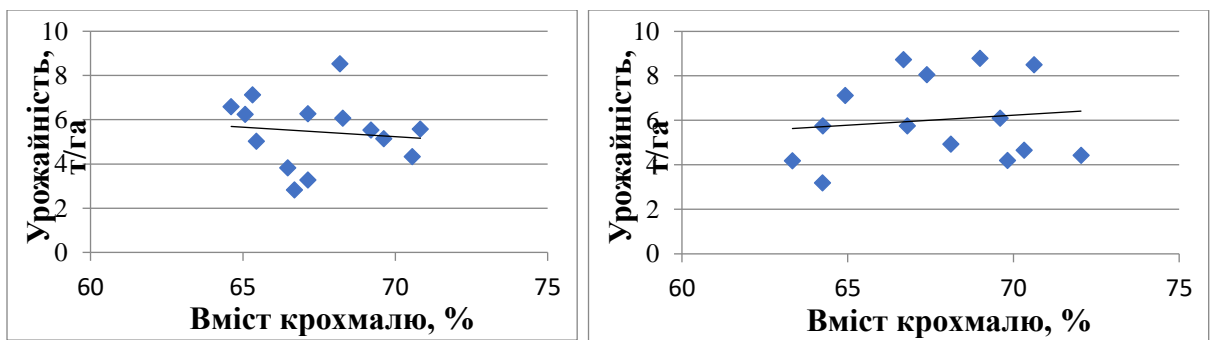


Рис. 4.3.8 Кореляція вмісту крохмалю в зерні і урожайності у гібридів із тестером АЕ801 (2020-2021 рр.).

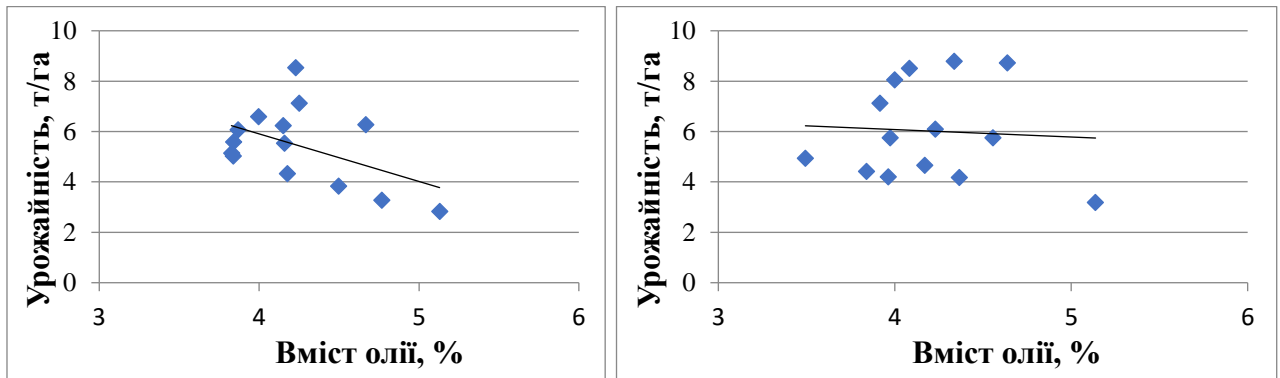


Рис. 4.3.9 Кореляція вмісту олії в зерні і урожайності у гібридів із тестером АЕ801 (2020-2021 рр.).

Експериментальні гібриди із тестером АЕ392 за показником вмісту у зерні білка та урожайністю суттєвої кореляції між ознаками виявлено не було (у 2020 році  $r=-0,300$ , у 2021 –  $r=0,026$ ). Аналогічно до кореляції ознак вмісту білку та урожайності серед досліджуваних гібридних комбінації

групи суттєвої взаємозалежності між показниками вмісту крохмалю у зерні та урожайністю виявлено не було (у 2020 році  $r=-0,097$ , у 2021 –  $r=0,369$ ). Коефіцієнт кореляції за показниками вмісту олії та урожайністю становив 0,280 у 2020 році та  $-0,292$  у 2021, що свідчить про відсутність взаємозалежності між цими характеристиками.

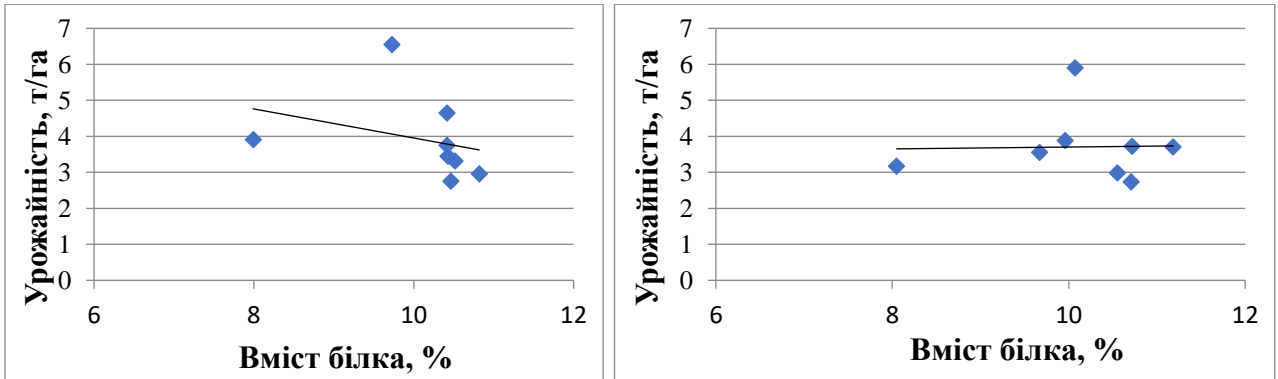


Рис. 4.3.10 Кореляція вмісту білка в зерні і урожайності у гібридів із тестером АЕ392 (2020-2021 рр.).

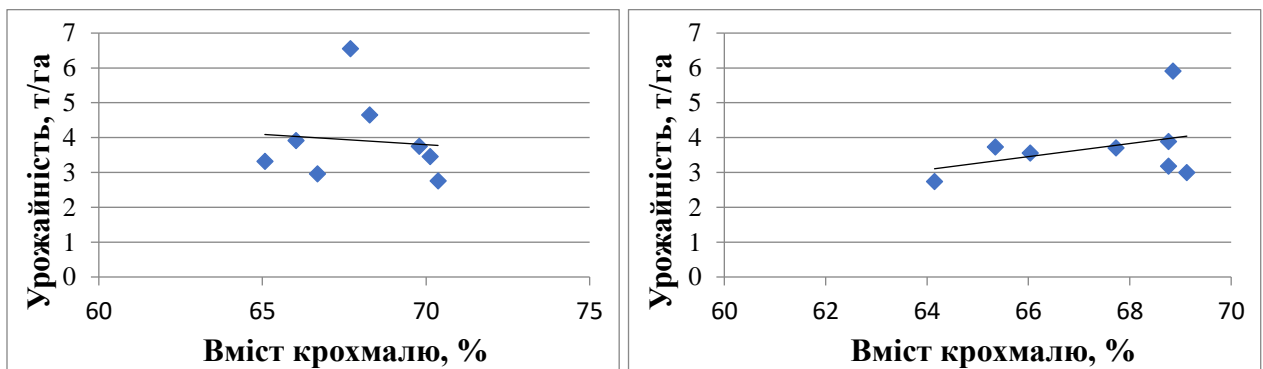


Рис. 4.3.11 Кореляція вмісту крохмалю в зерні і урожайності у гібридів із тестером АЕ392 (2020-2021 рр.).

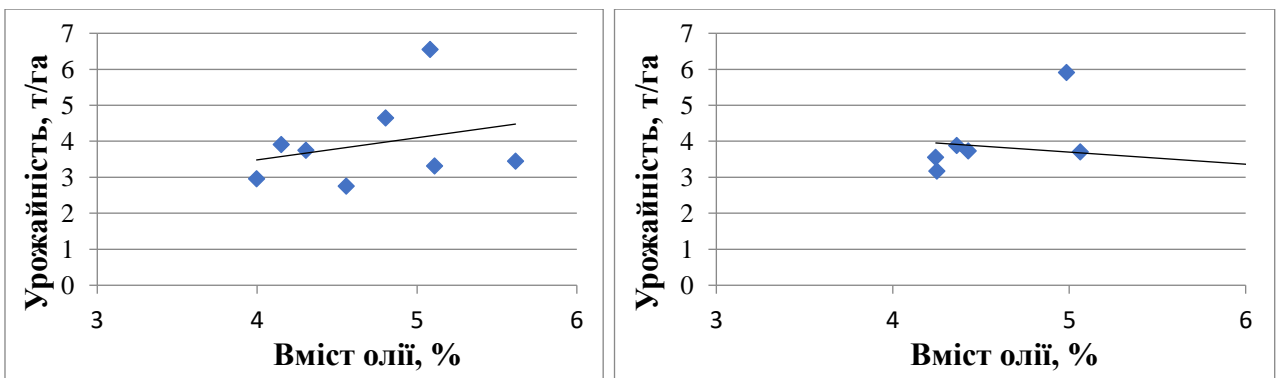


Рис. 4.3.12 Кореляція вмісту олії в зерні і урожайності у гібридів із тестером АЕ392 (2020-2021 рр.).

Загалом, стабільно сильних взаємозв'язків ( $r > 0,7$ ) між вмістом у зерні експериментальних гібридів білка, крохмалю і олії та показником урожайності виявлено не було. Коефіцієнт прямої та оберненої кореляції варіював у межах від 0,016 до -0,482, що свідчить про те, що контроль цих ознак є генетично незалежним, а плейотропні ефекти, які є основними чинниками кореляції, відсутні. Отже завдання одночасного покращення показників якості зерна із підвищенням урожайності не втрачає своєї актуальності.

#### Висновки до розділу 4

1. В результаті аналізу експериментальних даних за вмістом у зерні кукурудзи нових гібридів основних біохімічних складових, у межах своїх груп виділено наступні:

– із високим вмістом білка: ВК13хСО255 – 13,07%, ВК13хВК37 – 12,60%, АЕ801хАЕ746 – 11,27%, АЕ801хFV243 – 11,18%;

– із високим вмістом крохмалю: ВК13хУХК678 – 72,60%, ВК13хУХК686 – 72,57%, ВК69хFV243 – 72,80%, АЕ801хВК32 – 70,83%.

– із високим вмістом олії: ВК13хУХК686 – 5,07%, ВК13хВК37 – 5,27%, ВК69хВК13 – 5,27%, АЕ801хАЕ746 – 5,13%, АЕ392хХЛГ1203 – 5,83%.

2. За середнім рівнем урожайності в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» виділено гібриди: ВК69хG255 із урожайністю 9,37 т/га та АЕ801хВК13 із урожайністю 8,63 т/га; в умовах НЦГРР України гібриди: ВК69хУХК667 із урожайність 9,40 т/га та ВК13хАК159 із урожайністю 10,25 т/га

3. За комплексом цінних господарських показників виділено гібриди ВК13хСО255 – високий вміст білка та урожайність; ВК13хВК37 та АЕ801хАЕ746 – одночасно високий вміст білка та олії; ВК13хУХК686 – високий вміст крохмалю, олії та урожайність.

4. Інбредні лінії кукурудзи CO255, УХК686, ВК37, FV243, АЕ746 та інші є цінним селекційним матеріалом (батьківським компонентом) для створення нових гібридів із комплексом поліпшених показників якості зерна.

5. Результати випробувань експериментальних гібридів свідчать про те, що ґрунтово-кліматичні умови дослідних полів НЦГРР України є найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин кукурудзи із індексом умов середовища ( $I_j$ ) 0,38. Кращими показниками коефіцієнту лінійної регресії характеризуються гібриди АЕ801хВК13 ( $bi = 3,6$ ) та ВК13хАК159 ( $bi = 5,9$ ). Дані гібриди за нормою реакції на умови вирощування відносяться до інтенсивних, вони найкраще реагують на оптимізацію рівня агрофону.

6. Стабільно сильної кореляції ( $r > 0,7$ ) між вмістом у зерні експериментальних гібридів білка, крохмалю і олії та показником урожайності виявлено не було.

## РОЗДІЛ 5

### РІВЕНЬ ПРОЯВУ ЕФЕКТУ ГЕТЕРОЗИСУ ТА ХАРАКТЕР УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПОЛПШЕНОЇ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

#### 5.1 Рівень прояву ефектів гетерозису за вмістом білка, крохмалю та олії у зерні

Рівень результативності гетерозисної селекції кукурудзи визначається успіхом у доборі і створенні генофонду самозапилених ліній із високим рівнем прояву гетерозису за господарсько-цінними ознаками і зниженням економічних затрат. А класифікація ліній за показниками якості зерна, оцінка та аналіз успадкування ознак нині є важливим завданням селекції культури (Білокур & Рябовол, 2021).

Вивчення рівня гетерозисного ефекту і характеру успадкування основних господарсько-цінних ознак, корисних для селекції, дозволяє прогнозувати підбір батьківських пар для схрещувань і надає можливість отримати гібриди із заданими параметрами вмісту у зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю (Овсяннікова, Чупіков, & Барсуков, 2010).

В середньому за роки досліджень експериментальні гібриди, материнською формою яких слугувала інбредна лінія кукурудзи ВК13 характеризувались ступенем прояву істинного гетерозису за вмістом білку у зерні від -37,36% до 7,04%, вмістом крохмалю від -9,85% до 3,04%, вмістом олії від -34,12% до 28,89% та урожайністю від -15,31 до 150,37% (Додаток Е.1-Е.2).

У 2020 році гібриди ВК13хСО255 та ВК13хВК37 проявили позитивний ефект істинного гетерозису за вмістом білка у зерні на рівні 4,61 % та 7,04 % відповідно, однак у 2021 році досліджень за ознакою вмісту у зерні білка усі досліджувані гібриди групи проявили депресію (табл. 5.1.1).

За ознакою вмісту крохмалю у зерні більша частина експериментальних гібридів у 2020 році характеризувались від'ємними



значеннями прояву ефектів істинного та гіпотетичного гетерозису, окрім гібридів ВК13хУХК678 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 3,04 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 5,18 \%$ ), ВК13хВК69 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 0,72 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 0,87 \%$ ), ВК13хУХК686 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 1,87 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 2,42 \%$ ) та ВК13хАК157 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 0,90 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 0,93 \%$ ); у 2021 році позитивний прояв ефекту гетерозису був значно нижчим та спостерігався лише у гібридів ВК13хУХК678 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 0,31 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 2,52 \%$ ), ВК13хУХК686 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 0,28 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 1,47 \%$ ) та ВК13хNP2318 ( $\Gamma_{\text{ict}} = 0,09 \%$ ;  $\Gamma_{\text{гип}} = 0,47 \%$ ).

За показником вмісту у зерні олії у 13 гібридів у 2020 році відмічено позитивний прояв істинного гетерозису у межах 1,18 % – 25,18 % та гіпотетичного гетерозису у 17 гібридів в межах 1,58 % – 30,39 %, а в 2021 році позитивний істинний гетерозис відмічено у 15 гібридів із варіацією в межах 1,58 % – 25,18 % та гіпотетичний від 0,40 % до 28,89 % у 19 гібридів групи.

Середнє значення гіпотетичного гетерозису за показником урожайності серед гібридів даної групи у 2020 році становило 78,36 %, в той час, як у 2021 році – 89,04 %. Більш сприятливі кліматичні умови 2021 року сприяли загальному підвищенню рівня урожайності експериментальних гібридів.

Таблиця 5.1.1

**Ступінь ефектів гетерозису у кращих гібридів із тестером ВК13 (2020-2021 рр.)**

Комбінація схрещування	2020 рік				2021 рік			
	Показник							
	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайність, т/га	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайність, т/га
♀ ВК13	12,26	70,94	4,25	3,49	12,2	71,88	4,05	3,41
♂ УХК678	10,50	68,06	4,23	2,63	10,54	68,78	4,09	2,77
F1	9,25	73,10	4,68	4,64	10,15	72,10	4,52	5,70
$\Gamma_{\text{ict}}, \%$	-24,52	<b>3,04</b>	<b>10,12</b>	32,88	-16,83	<b>0,31</b>	<b>10,51</b>	67,23
$\Gamma_{\text{гип}}, \%$	-18,69	<b>5,18</b>	<b>10,38</b>	51,55	-10,76	<b>2,52</b>	<b>11,06</b>	84,55

Продовження табл. 5.1.1

♂ УХК686	12,21	71,72	3,71	2,33	11,83	70,20	3,53	2,25
F1	8,30	73,06	5,01	8,74	7,64	72,08	5,13	6,52
Г <sub>іст.</sub> , %	-32,32	<b>1,87</b>	<b>17,88</b>	<b>150,37</b>	-37,36	<b>0,28</b>	<b>26,67</b>	<b>91,26</b>
Г <sub>гіп.</sub> , %	-32,18	<b>2,42</b>	<b>25,88</b>	<b>200,27</b>	-36,39	<b>1,47</b>	<b>35,36</b>	<b>130,46</b>
♂ ВК37	11,54	70,84	3,91	2,95	11,77	69,71	3,79	2,93
F1	13,12	66,34	5,32	5,79	12,08	70,52	5,22	4,47
Г <sub>іст.</sub> , %	7,04	-6,49	<b>25,18</b>	65,89	-1,00	-1,89	<b>28,89</b>	31,10
Г <sub>гіп.</sub> , %	-14,21	-1,61	<b>6,13</b>	91,51	-16,56	-5,29	<b>14,03</b>	128,03
♂ АК159	10,07	70,06	4,43	3,38	11,77	69,71	3,79	2,93
F1	10,41	69,55	4,21	5,41	12,08	70,52	5,22	4,47
Г <sub>іст.</sub> , %	-15,10	-1,96	-4,97	55,14	-1,00	-1,89	<b>28,89</b>	31,10
Г <sub>гіп.</sub> , %	-6,77	-1,35	-3,00	57,63	-11,90	-6,38	<b>4,84</b>	97,54

Стабільний позитивний прояв істинного гетерозису та наддомінування батьківської форми з більшим проявом ознаки відсоткового вмісту у зерні крохмалю серед гібридів із тестером ВК69 спостерігався у гібрида ВК69xFV243 та становив у 2020 році – 1,51 %, а в 2021 році – 2,40 %. Прояв ефекту істинного гетерозису у решти гібридів групи за відсотковим вмістом у зерні білку варіювали у межах від -41,13% до -11,62%; крохмалю – від -7,06% до 2,40%, олії від -38,36% до -0,73% та урожайністю від -25,42% до 218,29% (Додаток Е.3-Е.4).

Необхідно зазначити, що гібриди даної групи характеризувались підвищеним рівнем урожайності у порівнянні із іншими групами досліджуваних гібридів, яка знаходилась у межах 3,65 – 10,57 т/га із середнім рівнем прояву гіпотетичного гетерозису – 97,57 % у 2020 році, та 4,75 – 9,01 т/га і середнім гіпотетичним гетерозисом на рівні 101,51 % у 2021. Найвищу урожайність сформував гібрид ВК69xG255 – 10,57 т/га у 2020 році із проявом істинного гетерозису – 218,29%. Також за рівнем прояву істинного гетерозису ознаки урожайності слід виокремити гібриди: ВК69xУХК686 (2020 р. – 156,21 %, 2021 р. – 100,80 %); ВК69xАЕ801 (2020 р. – 127,78 %, 2021 р. – 147,43 %) та ВК69xХЛГ1238 (2020 р. – 107,63 %, 2021 р. – 158,48 %) (табл. 5.1.2).

Таблиця 5.1.2

**Ступінь ефектів гетерозису у кращих гібридів із тестером ВК69  
(2020-2021 рр.)**

Комбінація схрещування	2020 рік				2021 рік			
	Показник							
	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайність, т/га	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайність, т/га
♀ ВК69	10,88	70,73	5,3	3,2	11,52	72,07	5,5	3,03
♂ ВК32	12,37	69,46	3,73	2,67	12,03	72,31	3,67	2,83
F1	8,61	71,97	3,85	5,92	8,46	69,50	4,15	5,46
Г <sub>ист.</sub> , %	-30,39	1,75	-27,34	85,06	-29,71	-3,89	-24,57	80,24
Г <sub>гін.</sub> , %	-25,92	<b>2,67</b>	-14,70	101,77	-28,19	-3,73	-9,51	86,39
♂ АК159	10,07	70,06	4,43	3,38	9,89	69,52	4,21	3,46
F1	8,60	72,30	3,61	4,97	7,80	70,42	3,39	5,47
Г <sub>ист.</sub> , %	-20,96	2,22	-31,89	47,04	-32,29	-2,29	-38,36	58,09
Г <sub>гін.</sub> , %	-17,90	<b>2,71</b>	-25,80	51,06	-27,14	-0,53	-30,18	68,57
♂ G255	13,20	68,25	4,27	3,32	12,81	70,34	4,13	3,22
F1	9,66	70,53	4,32	10,57	10,01	68,01	4,08	8,18
Г <sub>ист.</sub> , %	-26,82	-0,29	-18,53	<b>218,29</b>	-21,88	-5,64	-25,78	<b>154,00</b>
Г <sub>гін.</sub> , %	-19,77	<b>1,49</b>	-9,76	<b>224,15</b>	-17,74	-4,49	-15,22	<b>161,72</b>
♂ FV243	11,86	69,82	4,23	2,63	11,33	71,78	4,17	2,57
F1	8,39	71,80	4,58	4,39	8,35	73,80	4,50	5,77
Г <sub>ист.</sub> , %	-29,26	<b>1,51</b>	-13,58	37,19	-27,52	<b>2,40</b>	-18,18	90,43
Г <sub>гін.</sub> , %	-26,21	<b>2,17</b>	-3,88	50,60	-26,91	<b>2,61</b>	-6,93	106,07

Загальний рівень прояву істинного гетерозису у групі гібридів, материнською формою яких слугувала інбредна лінія АЕ801, за вмістом білка у зерні гібридів кукурудзи за роки досліджень варіював у межах від -37,97% до -15,98%; крохмалю від -9,72% до 5,50%; олії від -40,59% до -12,62% та урожайністю від -33,64% до 144,40% (Додаток Е.5-Е.6).

Стабільний за роками позитивний прояв гіпотетичного гетерозису за вмістом у зерні крохмалю зафіксовано у комбінації АЕ801хВК32: у 2020 році – 2,19%, у 2021 році – 4,03%. Прояв ефекту істинного гетерозису за показником вмісту у зерні білка в обидва роки досліджень був від’ємним та

варіював у межах від -37,11% до -15,98% у 2020 році і від -37,97% до -16,39% у 2021. Позитивного прояву гіпотетичного гетерозису за вмістом білка у зерні зафіксовано не було. За показником вмісту у зерні олії всі гібриди даної групи також проявили депресію як за істинним (від -35,36 до -13,36% у 2020 та від -40,59 до -12,62 у 2021), так і за гіпотетичним гетерозисом (табл. 5.1.3).

Позитивний ефект істинного гетерозису серед гібридів даної групи у 2020 році за показником вмісту у зерні крохмалю відмічено у комбінаціях: АЕ801хХЛГ1203 – 0,17 % та АЕ801хВК32 – 0,24 %, решта гібридів проявили депресію, а у 2021 році у комбінацій АЕ801хСО255 – 4,25%, АЕ801хУХК37 – 2,00% та АЕ801хВК19 – 5,50%.

За ступенем проявом ефекту гіпотетичного гетерозису у 2020 році 4 комбінації із 14 характеризувались позитивним проявом та 5 із 14 у 2021 році.

Значний, стабільно високий рівень прояву як істинного так і гіпотетичного гетерозису за урожайністю зерна за роки досліджень виявлено у комбінації АЕ801хВК13 (~140%).

Таблиця 5.1.3

**Ступінь ефектів гетерозису у кращих гібридів із тестером АЕ801  
(2020-2021 рр.)**

Комбінація схрещування	2020 рік				2021 рік			
	Показник							
	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайніс ть, т/га	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайніс ть, т/га
♀ АЕ801	13,83	66,82	5,92	3,48	13,77	66,18	5,88	3,64
♂ ВК32	12,37	69,46	3,73	2,67	12,03	72,31	3,67	2,83
F1	8,81	69,63	3,83	5,14	9,32	72,04	3,84	4,42
Г <sub>іст</sub> , %	-36,29	0,24	-35,36	47,61	-32,30	-0,38	-34,69	21,33
Г <sub>гіп</sub> , %	-32,74	<b>2,19</b>	-20,69	67,06	-27,73	<b>4,03</b>	-19,58	36,52

Продовження табл. 5.1.3

♂ ВК19	12,09	64,80	5,29	1,45	11,51	63,80	4,99	1,37
F1	9,00	65,44	3,84	5,02	8,73	69,82	3,96	4,20
$\Gamma_{\text{ict}}, \%$	-34,92	-2,06	-35,19	44,26	-36,58	5,50	-32,60	15,35
$\Gamma_{\text{гип}}, \%$	-30,55	-0,56	-31,54	103,65	-30,91	<b>7,44</b>	-27,08	67,62
♂ ВК13	12,26	70,94	4,25	3,49	12,20	71,88	4,05	3,41
F1	9,64	68,19	4,23	8,53	10,43	66,68	4,64	8,72
$\Gamma_{\text{ict}}, \%$	-30,32	-3,88	-28,58	<b>144,40</b>	-24,25	-7,23	-21,12	<b>139,63</b>
$\Gamma_{\text{гип}}, \%$	-26,13	-1,01	-16,85	<b>144,76</b>	-19,67	-3,40	-6,58	<b>147,45</b>
♂ ХЛГ1203	11,42	70,44	3,95	3,76	11,52	70,48	3,89	3,90
F1	9,99	70,56	4,18	4,32	9,74	64,24	4,56	5,75
$\Gamma_{\text{ict}}, \%$	-27,73	0,17	-29,46	14,88	-29,28	-8,85	-22,49	47,37
$\Gamma_{\text{гип}}, \%$	-20,83	<b>2,81</b>	-15,38	19,32	-22,99	-5,98	-6,71	52,45

Інбредна лінія кукурудзи АЕ392 – материнська форма четвертої групи досліджуваних експериментальних гібридів кукурудзи, характеризується підвищеним вмістом олії у зерні. Як результат отримано гібриди із проявом ефекту істинного гетерозису за показником вмісту олії у зерні в межах від -28,76% до 31,82%. За вмістом у зерні білку ефект істинного гетерозису у даній групі гібридів становив від -35,75% до -11,44%, вміст крохмалю – від -10,89% до -0,45% та урожайністю від -28,76 до 31,82% (Додаток Е.7-Е.8).

Усі гібриди даної групи у 2020 році характеризувались від'ємним проявом ефектів істинного і гіпотетичного гетерозису за показниками вмісту у зерні білка ( $\Gamma_{\text{ict}}$  від -34,56% до -13,03%;  $\Gamma_{\text{гип}}$  від -34,08% до -7,34 %) та відсотковим вмістом у зерні крохмалю ( $\Gamma_{\text{ict}}$  від -7,95% до -0,45%;  $\Gamma_{\text{гип}}$  від -4,13% до -0,36 %). Аналогічна ситуація за цими показниками спостерігалась і у 2021 році: прояв ефекту істинного гетерозису за показником вмісту у зерні білка варіював у межах від -35,75% до -11,44%, гіпотетичний – від -33,91% до -8,47%; за вмістом у зерні крохмалю істинний гетерозис був у межах від -10,89% до -3,98%, гіпотетичний – від -9,95% до 1,81% (табл. 5.1.4).

Високий позитивний та стабільний по рокам досліджень прояв ефектів істинного та гіпотетичного гетерозису за вмістом у зерні олії спостерігався у комбінацій АЕ392хСО255 (у 2020 році –  $\Gamma_{\text{ict}} = 9,90\%$ ,

$\Gamma_{\text{гін}} = 14,08\%$ ; у 2021 –  $\Gamma_{\text{іст}} = 10,33\%$ ,  $\Gamma_{\text{гін}} = 18,60\%$ ), АЕ392хХЛГ1203 (2020 рік –  $\Gamma_{\text{іст}} = 28,51\%$ ,  $\Gamma_{\text{гін}} = 35,00\%$ ; 2021 рік –  $\Gamma_{\text{іст}} = 31,82\%$ ,  $\Gamma_{\text{гін}} = 42,71\%$ ) та АЕ392хАК157 (2020 рік –  $\Gamma_{\text{іст}} = 16,27\%$ ,  $\Gamma_{\text{гін}} = 17,48\%$ ; 2021 рік –  $\Gamma_{\text{іст}} = 8,62\%$ ,  $\Gamma_{\text{гін}} = 11,91\%$ )

Таблиця 5.1.4

**Ступінь ефектів гетерозису у кращих гібридів із тестером АЕ392 (2020-2021 рр.)**

Комбінація схрещування	2020 рік				2021 рік			
	Показник							
	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайність, т/га	білок, %	крохмаль, %	олія, %	урожайність, т/га
♀ АЕ392	12,03	70,31	4,37	4,89	12,53	71,99	4,59	4,8
♂ СО255	12,97	67,94	4,05	2,69	12,63	67,46	3,95	2,83
F1	10,41	68,27	4,80	4,65	11,19	67,73	5,06	3,70
$\Gamma_{\text{іст}}, \%$	-19,70	-2,90	<b>9,90</b>	-4,99	-11,44	-5,92	<b>10,33</b>	-22,89
$\Gamma_{\text{гін}}, \%$	-16,68	-1,23	<b>14,08</b>	22,58	-11,09	-2,86	<b>18,60</b>	-2,98
♂ ХЛГ1203	11,42	70,44	3,95	3,76	11,52	70,48	3,89	3,90
F1	10,43	70,12	5,62	3,45	10,71	64,15	6,05	2,73
$\Gamma_{\text{іст}}, \%$	-13,33	-0,45	<b>28,51</b>	-29,49	-14,55	-10,89	<b>31,82</b>	-43,07
$\Gamma_{\text{гін}}, \%$	-11,08	-0,36	<b>35,00</b>	-20,28	-10,96	-9,95	<b>42,71</b>	-37,18
♂ АК157	11,19	70,89	4,28	3,31	10,61	69,91	4,32	3,13
F1	9,73	67,68	5,08	6,55	10,07	68,85	4,99	5,90
$\Gamma_{\text{іст}}, \%$	-19,16	-4,53	<b>16,27</b>	33,95	-19,60	-4,36	<b>8,62</b>	22,98
$\Gamma_{\text{гін}}, \%$	-16,23	-4,13	<b>17,48</b>	59,76	-12,93	-2,96	<b>11,91</b>	48,88
♂ ВК19	12,09	64,80	5,29	1,45	11,51	63,80	4,99	1,37
F1	10,51	65,07	5,11	3,31	10,55	69,13	6,43	2,99
$\Gamma_{\text{іст}}, \%$	-13,03	-7,45	-3,40	-32,25	-15,78	-3,98	28,86	-37,76
$\Gamma_{\text{гін}}, \%$	-12,82	-3,67	5,80	4,51	-12,21	1,81	34,24	-3,16

При визначенні виробничої цінності досліджуваних зразків за показником конкурсного гетерозису експериментальні гібриди порівнювали із гібридом «Богатир» селекції компанії «КВС ЗААТ АГ». Даний гібрид займає найбільші площі при вирощуванні кукурудзи на силос, як в Україні так і у Європі.

Серед гібридів, материнською формою яких була інбредна лінія ВК13 за вмістом крохмалю значно перевищила стандарт в усі роки досліджень комбінація ВК13хСО255 – на 31,73% у 2020 році та на 22,05% у 2021; за вмістом крохмалю – ВК13хУХК678: у 2020 році на 5,18% та на 3,75% у 2021; за вмістом олії – ВК13хВК37: на 6,40% у 2020 році та на 4,40% у 2021 році (Спряжка & Жемойда, 2022).

Жоден із гібридів із материнською формою ВК69 за вмістом у зерні білка не перевищив стандарт; за вмістом крохмалю у зерні найвищий прояв конкурсного гетерозису виявлено у гібриду ВК69хАК159 на рівні 4,03% у 2020 році та 1,32% у 2021 році; за вмістом олії – гібрид ВК69хВК13 (у 2020 році – 5,23%, у 2021 році – 5,44%).

Найвищий прояв конкурсного гетерозису серед гібридів, із материнською формою АЕ801 за вмістом у зерні білка сформував гібрид АЕ801хFV243: 12,82% у 2020 році та 4,27% у 2021; за вмістом крохмалю – АЕ801хВК32: 0,19% у 2020 році та 3,65% у 2021; за вмістом олії – гібрид АЕ801хАЕ746: 2,58% у 2020 році та 2,76% у 2021.

Серед гібридів групи із материнською формою АЕ392 кращий показник конкурсного гетерозису за вмістом у зерні білка відмічено у комбінації АЕ392хСО255 (1,12% у 2020 році, 8,59% у 2021 році); за вмістом у зерні крохмалю жоден із гібридів даної групи стабільно не перевищував стандарт; за вмістом олії найбільш стабільний і значущий прояв конкурсного гетерозису виявлено у комбінації АЕ392хХЛГ1203 – 12,32% у 2020 році та 21,02% у 2021 (рис. 5.1.1-5.1.3).

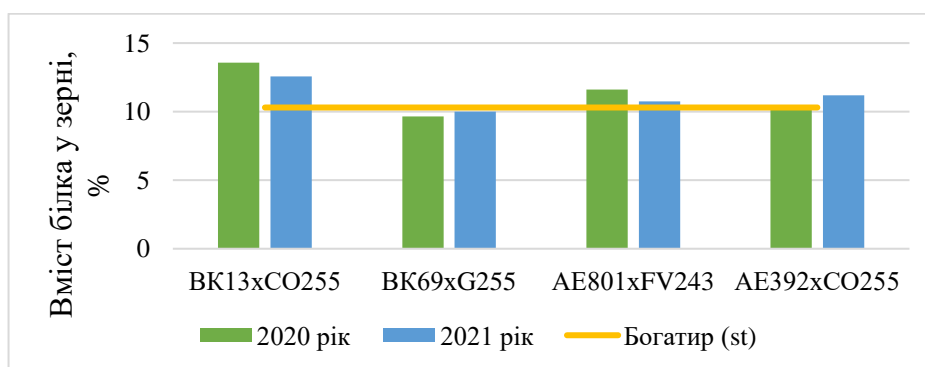


Рис. 5.1.1. Рівень конкурсного гетерозису за вмістом у зерні білка (2020-2021 рр.)

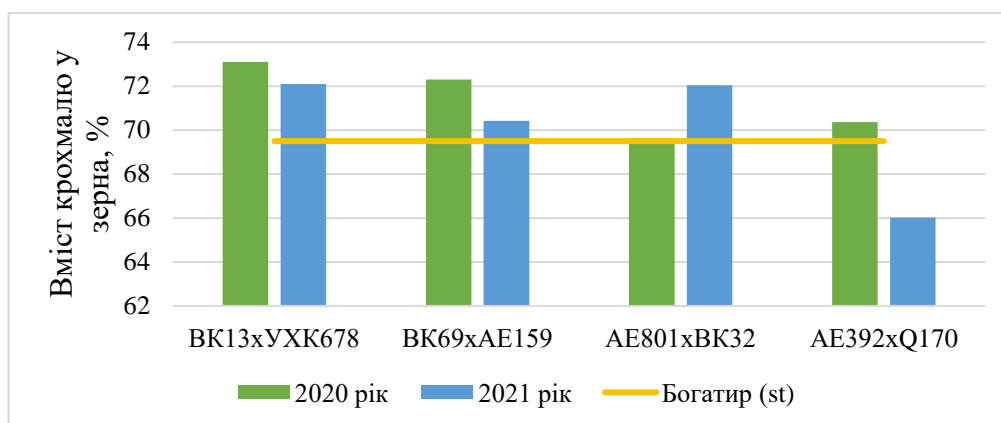


Рис. 5.1.2. Рівень конкурсного гетерозису за вмістом у зерні крохмалю (2020-2021 рр.)

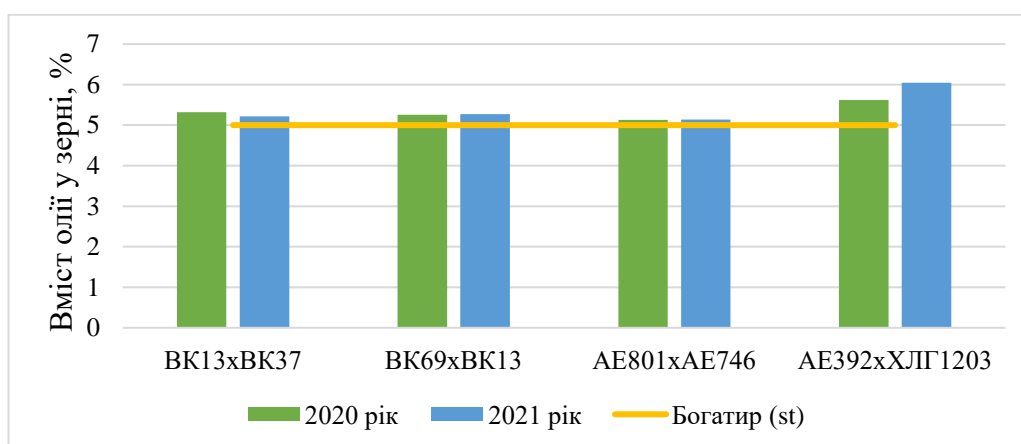


Рис. 5.1.3. Рівень конкурсного гетерозису за вмістом у зерні олії (2020-2021 рр.)

## 5.2 Коефіцієнти та характер успадкування показників поліпшеної якості зерна

Гібридизація представляє собою складний процес утворення нових форм, які базуються на розвитку генотипу в умовах зовнішнього середовища, що постійно змінюються (Баранова, Петренкова, & Чернобай, 2015). В гібридному організмі ознаки та властивості, отримані від батьків, в різних сполученнях розвиваються в кожному поколінні заново. Тому необхідно знати, як успадковуються ознаки і властивості за певних умов розвитку і в повній мірі прогнозувати кінцеві результати гібридизації (Красновський, 2017).



При схрещуванні двох батьківських форм фенотипова мінливість гібридів, як і кожної із вихідних форм, визначається лише неспадковими чинниками. Як правило ступінь домінування та успадкованість застосовують для характеристики певних кількісних ознак (Моцний, Гончарова, Чеботар, & Чеботар, 2017).

В наших дослідженнях було визначено ступінь успадкування ознак вмісту у зерні кукурудзи білка, крохмалю, олії та урожайності.

Для раціонального планування добору батьківських пар для схрещувань та орієнтовного прогнозування ефективності селекції найбільш вагоме значення має коефіцієнт успадкування ( $h^2$ ). Найбільш відомими методами є визначення коефіцієнту успадкування за допомогою коефіцієнтів кореляції та регресії, який вважається більш точним.

Коефіцієнти успадкування показників якості зерна, згідно коефіцієнту регресії, у 2020 році становили 0,64 – за вмістом білка, 0,88 – за вмістом крохмалю та 0,38 – за вмістом олії. У 2021 році коефіцієнт успадкування ознаки вмісту білка становив 0,30, крохмалю – 0,53 та олії – 0,36. Так умови року мають найбільш істотний вплив на показник вмісту у зерні білка, а найбільшу стабільність успадкування має показник вмісту олії. Однак, найбільш раціональним є добір батьківських пар за показником вмісту крохмалю у зерні, оскільки в обидва роки досліджень вплив генотипу вихідного матеріалу на вміст крохмалю у зерні гібридів першого покоління був вищим за 50% (табл. 5.2.1).

*Таблиця 5.2.1*

**Варіювання коефіцієнтів успадкування показників якості зерна  
залежно від умов (2020-2021 рр.)**

Показник якості	2020 рік		2021 рік	
	за коефіцієнтом кореляції	за коефіцієнтом регресії	за коефіцієнтом кореляції	за коефіцієнтом регресії
Білок	0,61	0,64	0,24	0,30
Крохмаль	0,66	0,88	0,55	0,53
Олія	0,59	0,38	0,52	0,36

Окрім визначення коефіцієнтів успадкування, також було визначено ступінь фенотипового домінування таких кількісних ознак, як вміст у зерні білка, крохмалю, олії та урожайність, для отримання уявлення характеру успадкування цих ознак.

Для гібридів, материнською формою яких виступала інбредна лінія ВК13, у 2020 році було притаманне наддомінування за показником вмісту у зерні білка при схрещуванні із лініями СО255 та ВК37, а наддомінування батьківської форми із меншим проявом ознаки (депресія) при схрещуванні із лініями – УХК678, УХК686, УХК37, ВК11 ВК19, ВК32, ВК69, ІК1431, ХЛГ1238, FV243, АЕ746, АЕ801, АК157, АК149, NP2318 та Q170; у 2021 році наддомінування не зафіксовано, а у 19 із 24 комбінацій було виявлено депресію за даним показником. За вмістом у зерні крохмалю у 2020 році наддомінування було виявлено при схрещуванні із лініями – УХК678, ВК69, УХК686 та АК157, а депресія із лініями УХК37, АК149, АК151, АК159, ВК64, ХЛГ1238, FV243, АЕ746, ВК37, АЕ800, Q170, ВК11, NP2143; у 2021 році наддомінування виявлено при схрещуванні із лініями УХК678, УХК686 та NP2318. За результатами досліджень 2020 року по вмісту олії наддомінування було виявлено у 14 комбінацій, а депресія проявилась при схрещуванні із лініями ІК1431, АК159, АК149 та АЕ801; за результатами 2021 року наддомінування виявлено у 15 комбінацій, а депресія проявилась при схрещуванні із лініями АК149 та АЕ801. За ознакою урожайності в обидва роки досліджень наддомінування було виявлено у всіх гібридів, окрім ВК13хВК64, який характеризувався повним домінуванням батьківської форми із меншим рівнем прояву ознаки.

Стабільне за роками досліджень наддомінування батьківської форми із більшою величиною прояву ознаки зафіксовано у 3 із 24 гібридів даної групи: ВК13хУХК678 – за вмістом у зерні крохмалю та олії; ВК13хУХК686 – за вмістом у зерні крохмалю, олії та урожайністю; ВК13хВК37 – за вмістом у зерні олії (Табл. 5.2.1).

Таблиця 5.2.1

**Коефіцієнти фенотипового домінування ознак у гібридів із  
материнською формою ВК13 (2020-2021 рр.)**

Назва гібриду	Показник / роки досліджень							
	Білок		Крохмаль		Олія		Урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
ВК13хУХК678	-2,4	-1,4	<b>2,5</b>	<b>1,1</b>	<b>44,0</b>	<b>22,5</b>	<b>3,6</b>	<b>8,1</b>
ВК13хУХК37	-4,7	-1,9	-22,8	-3,4	<b>1,4</b>	<b>4,2</b>	<b>24,5</b>	<b>24,8</b>
ВК13хАК151	-0,5	-0,9	-1,9	-0,8	<b>6,5</b>	0,8	<b>10,7</b>	<b>10,3</b>
ВК13хВК69	-3,0	-5,5	<b>5,8</b>	-38,1	-0,5	-0,3	<b>23,2</b>	<b>25,3</b>
ВК13хВК32	-50,1	-22,0	-0,4	0,1	<b>3,5</b>	<b>4,3</b>	<b>8,9</b>	<b>11,9</b>
ВК13хВК64	-0,5	-0,6	-14,5	-6,2	<b>1,9</b>	<b>51,0</b>	-0,7	-0,8
ВК13хВК19	-11,3	-2,0	-0,9	0,6	0,3	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>
ВК13хІК1431	-3,5	-5,1	0,8	-2,4	-1,5	0,9	<b>10,5</b>	<b>8,8</b>
ВК13хХЛГ1238	-2,2	-1,2	-6,4	-0,3	<b>2,2</b>	<b>7,0</b>	<b>20,6</b>	<b>16,5</b>
ВК13хУХК686	-157,5	-23,6	<b>4,4</b>	<b>1,2</b>	<b>3,8</b>	<b>5,1</b>	<b>10,0</b>	<b>6,3</b>
ВК13хFV243	-12,2	-5,1	-5,3	-29,9	<b>50,0</b>	<b>8,1</b>	<b>7,9</b>	<b>13,1</b>
ВК13хАЕ746	-3,1	-5,2	-4,4	-0,5	-0,4	-0,2	<b>4,1</b>	<b>6,2</b>
ВК13хАК159	-0,6	-1,1	-2,1	-3,8	-1,4	<b>2,5</b>	<b>35,9</b>	<b>134,0</b>
ВК13хСО255	<b>2,6</b>	0,7	-0,1	-1,7	<b>3,9</b>	<b>8,0</b>	<b>9,4</b>	<b>11,5</b>
ВК13хВК37	<b>3,4</b>	0,4	-91,0	-0,2	<b>7,3</b>	<b>10,0</b>	<b>9,5</b>	<b>5,4</b>
ВК13хАК157	-3,0	-1,8	<b>26,4</b>	-0,1	<b>9,0</b>	<b>1,5</b>	<b>11,1</b>	<b>14,0</b>
ВК13хАК149	-2,4	-2,6	-1,2	0,2	-25,0	-1,8	<b>6,2</b>	<b>2,9</b>
ВК13хNP2318	-1,5	-1,2	-0,8	<b>1,2</b>	0,2	0,6	<b>8,1</b>	<b>13,8</b>
ВК13хХЛГ1239	-0,8	-0,2	-0,9	-9,7	<b>2,8</b>	<b>11,0</b>	<b>11,6</b>	<b>12,4</b>
ВК13хАЕ800	-0,8	-1,7	-1,5	-0,4	-0,9	-0,4	<b>0,3</b>	<b>2,2</b>
ВК13хQ170	-16,1	-3,0	-15,2	-47,2	0,4	<b>3,0</b>	<b>82,7</b>	<b>19,9</b>
ВК13хВК11	-1,8	-2,8	-1,8	-0,3	<b>2,4</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>9,5</b>
ВК13хNP2143	-0,8	-2,7	-3,0	-21,1	0,6	0,9	<b>4,7</b>	<b>2,8</b>
ВК13хАЕ801	-3,7	-2,7	-1,1	0,2	-1,4	-1,1	<b>40,9</b>	<b>27,1</b>

У гібридів із тестером ВК69 за вмістом у зерні білка усі комбінації характеризувались наддомінуванням батьківської форми із меншою величиною ознаки в обидва роки досліджень. За вмістом крохмалю у 2020 році наддомінування спостерігалось при схрещуванні із лініями УХК37, ВК32, АК159 та FV243; а депресія – із лініями ВК13, АЕ392, ХЛГ1238, ВК64 АЕ746 та ХЛГ1239; у 2021 році наддомінування спостерігалось лише при схрещуванні із лінією FV243, а депресія із лініями ВК13, ВК32, АЕ392, УХК686, G255, ХЛГ1238, ХЛГ1203 та ХЛГ1239. За вмістом олії

наддомінування батьківської форми із більшою величиною ознаки у 2020-2021 роках виявлено не було, депресія у 2020 році проявилась при схрещуванні із лініями ВК19, АЕ801, УХК686, АЕ746, ХЛГ1239 та АК159; у 2021 році – із лініями УХК37, ВК19, АЕ801, G255, АЕ746, ХЛГ 1239 та АК159. За рівнем урожайності в 2020-2021 роках проміжне успадкування зафіксовано при схрещуванні із лінією АЕ392, у решти гібридів виявлено тип успадкування – наддомінування.

Стабільне наддомінування батьківської форми з більшим проявом ознаки відсоткового вмісту у зерні крохмалю спостерігалось при схрещуванні із лінією FV243, а коефіцієнт становив у 2020 році – 3,35, а в 2021 році – 12,39 (Табл. 5.2.2).

Таблиця 5.2.2

**Коефіцієнти фенотипового домінування ознак у гібридів із материнською формою ВК69 (2020-2021 рр.)**

Назва гібриду	Показник / роки досліджень							
	Білок		Крохмаль		Олія		Урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
ВК69хУХК37	-19,4	-3,4	<b>8,7</b>	-0,1	-1,0	-1,1	<b>16,8</b>	<b>8,9</b>
ВК69хВК13	-3,5	-5,3	-13,4	-14,0	0,9	0,7	<b>18,7</b>	<b>8,9</b>
ВК69хВК19	-2,7	-44,5	0,1	0,8	-191,6	-3,1	<b>3,7</b>	<b>4,4</b>
ВК69хВК32	-4,0	-13,0	<b>2,9</b>	-22,4	-0,8	-0,5	<b>11,3</b>	<b>25,3</b>
ВК69хАЕ392	-4,9	-5,8	-5,9	-126,2	-0,6	-0,3	-0,5	0,9
ВК69хАЕ801	-2,9	-3,7	-0,5	-0,1	-6,0	-10,1	<b>32,8</b>	<b>18,6</b>
ВК69хУХК686	-5,7	-21,9	-0,5	-2,8	-1,2	-0,7	<b>12,5</b>	<b>8,8</b>
ВК69хG255	-2,1	-3,3	0,8	-3,7	-0,9	-1,1	<b>121,8</b>	<b>53,2</b>
ВК69хСО255	-2,4	-5,6	0,8	0,7	-0,6	-0,5	<b>12,9</b>	<b>30,4</b>
ВК69хХЛГ1238	-62,2	-3,5	-2,6	-2,2	-0,3	-0,1	<b>230,7</b>	<b>70,2</b>
ВК69хВК64	-31,9	-23,6	-2,5	0,0	-0,8	-0,4	<b>18,9</b>	<b>31,9</b>
ВК69хАЕ746	-2,3	-4,8	-3,5	0,0	-5,7	-23,4	<b>17,5</b>	<b>38,7</b>
ВК69хУХК667	-6,5	-5,0	0,1	-0,1	-0,1	0,1	<b>5,2</b>	<b>6,9</b>
ВК69хХЛГ1203	-10,7	-51,9	-0,5	-5,5	0,2	0,4	<b>7,3</b>	<b>1,7</b>
ВК69хХЛГ1239	-22,0	-11,0	-1,5	-5,1	-1,0	-1,5	<b>26,3</b>	<b>105,5</b>
ВК69хАК159	-4,6	-3,6	<b>5,7</b>	-0,3	-2,9	-2,3	<b>18,7</b>	<b>10,3</b>
ВК69хFV243	-6,1	-32,4	<b>3,4</b>	<b>12,9</b>	-0,3	-0,5	<b>5,2</b>	<b>12,9</b>

За роки досліджень, гібриди, материнською формою яких була лінія АЕ801, за вмістом білка у зерні виявили наддомінування ознаки із меншою

величиною у всіх комбінаціях. За вмістом крохмалю у 2020 році наддомінування було виявлено при схрещуванні із лініями ХЛГ1203 та ВК32, депресія – із лініями СО255, АК149, ВК69 та АЕ746; у 2021 році наддомінування – із лініями СО255, УХК37 та ВК19, депресія – із лініями ХЛГ1203, АК149, АЕ746 та АЕ800. За вмістом олії наддомінування виявлено не було, а усі коефіцієнти мали від’ємне значення. За рівнем урожайності 12 із 14 комбінацій проявили позитивне наддомінування у роки досліджень, а проміжне успадкування виявлено із лініями АЕ746 та АЕ800 (Табл. 5.2.3).

Таблиця 5.2.3

**Коефіцієнти фенотипового домінування ознак у гібридів із  
материнською формою АЕ801 (2020-2021 рр.)**

Назва гібриду	Показник / роки досліджень							
	Білок		Крохмаль		Олія		Урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
АЕ801хСО255	-7,7	-5,3	-1,6	<b>5,5</b>	-0,5	-0,8	<b>1,9</b>	<b>3,5</b>
АЕ801хХЛГ1203	-2,2	-2,6	<b>1,1</b>	-1,9	-0,8	-0,3	<b>5,0</b>	<b>15,2</b>
АЕ801хУХК37	-2,5	-1,6	-50,0	<b>2,9</b>	-0,9	-0,5	<b>21,2</b>	<b>72,4</b>
АЕ801хАК149	-2,3	-2,6	-2,9	-2,2	-1,1	-1,5	<b>10,5</b>	<b>12,4</b>
АЕ801хАК159	-0,9	-1,3	0,5	-0,6	-1,4	-1,3	<b>42,0</b>	<b>24,4</b>
АЕ801хВК13	-4,3	-3,3	-0,3	-0,8	-1,0	-0,4	<b>101,9</b>	<b>45,2</b>
АЕ801хВК19	-4,6	-3,5	-0,4	<b>4,1</b>	-5,6	-3,3	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>
АЕ801хВК32	-5,9	-4,1	<b>1,1</b>	0,9	-0,9	-0,8	<b>5,1</b>	<b>2,9</b>
АЕ801хВК69	-1,9	-2,5	-1,8	0,5	-4,4	-8,5	<b>27,0</b>	<b>16,9</b>
АЕ801хАЕ746	-30,2	-4,5	-1,1	-4,5	-4,1	-2,0	-1,3	-0,1
АЕ801хАЕ800	-1,6	-2,6	-0,9	-2,4	-1,4	-2,4	-1,3	-0,2
АЕ801хУХК646	-1,1	-1,6	-0,2	-0,2	-2,7	-2,5	<b>19,4</b>	<b>26,9</b>
АЕ801хNP2318	-1,5	-1,7	0,3	-0,4	-0,5	-0,6	<b>6,4</b>	<b>4,2</b>
АЕ801хFV243	-1,2	-1,5	-0,8	0,2	-0,5	-0,9	<b>7,6</b>	<b>5,6</b>

Усім гібридам із тестером АЕ392 притаманне наддомінування батьківської форми із меншим вмістом білка у зерні в обидва роки досліджень. Аналогічна ситуація спостерігалась і з вмістом крохмалю у зерні, лише у 2021 році комбінації із батьківськими формами ВК19 та АЕ746 мали додатне значення коефіцієнту фенотипового домінування (+0,3 та +0,1

відповідно). За вмістом олії у 2020 році виявлено наддомінування при схрещуванні із лініями CO255, ХЛГ1203, АК157 та Q170, у 2021 році – із лініями CO255, ХЛГ1203, АК157 та ВК19. За рівнем урожайності у 2020-2021 роках наддомінування виявлено лише при схрещуванні із лінією АК157. Також необхідно зазначити, що стабільним проявом фенотипового наддомінування батьківської форми із більшою величиною прояву ознаки за вмістом у зерні олії характеризуються комбінації АЕ392хСО255, АЕ392хХЛГ1203, а комбінація АЕ392хАК157 характеризується стабільним проявом наддомінування не лише за вмістом у зерні олії, а і за рівнем урожайності (Табл. 5.2.4).

Таблиця 5.2.4

**Коефіцієнти фенотипового домінування ознак у гібридів із  
материнською формою АЕ392 (2020-2021 рр.)**

Назва гібриду	Показник / роки досліджень							
	Білок		Крохмаль		Олія		Урожайність	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
АЕ392хСО255	-4,4	-27,9	-0,7	-0,9	<b>3,7</b>	<b>2,5</b>	0,8	-0,1
АЕ392хХЛГ1203	-4,3	-2,6	-3,9	-9,4	<b>6,9</b>	<b>5,2</b>	-1,6	-3,6
АЕ392хАК157	-4,5	-1,6	-10,1	-2,0	<b>16,8</b>	<b>3,9</b>	<b>3,1</b>	<b>2,3</b>
АЕ392хВК19	-51,5	-2,9	-0,9	0,3	0,6	<b>8,2</b>	0,1	-0,1
АЕ392хАЕ800	-1,0	-1,2	-1,6	-6,2	-1,2	-1,8	-58,2	-18,9
АЕ392хQ170	-157,6	-5,0	-0,9	-50,8	<b>1,9</b>	-0,5	-2,0	-1,0
АЕ392хАЕ746	-2,5	-13,2	-3,6	0,0	-1,6	-1,6	-1,0	0,1
АЕ392хУХК686	-45,9	-11,8	-7,1	-2,6	0,3	0,4	0,2	-0,3

В результаті досліджень було встановлено, що характер успадкування та ступінь прояву фенотипових ознак та кількісних показників вмісту основних біохімічних складових зерна, а також рівень урожайності має пряму залежність не лише від умов року, а і від батьківських компонентів гібриду, що свідчить про важливість підбору батьківських пар для створення гібридів із заданими параметрами ознак.

## Висновки до розділу 5

В результаті проведених досліджень було виділено інбредні лінії кукурудзи, які мають найвищі ефекти істинного, гіпотетичного та конкурсного гетерозису, зокрема:

1. Стабільно високим проявом ефектів гетерозису за комплексом показників характеризуються комбінації ВК13хУХК678 – за вмістом у зерні крохмалю та олії, ВК13хУХК686 – за вмістом у зерні крохмалю, олії та урожайністю.

2. Стабільне за роками досліджень наддомінування батьківської форми із більшою величиною прояву ознаки зафіксовано у гібридів:

- за вмістом у зерні крохмалю: ВК13хУХК678 (Н = 2,50 у 2020 р., Н = 1,14 у 2021 р.); ВК13хУХК686 (Н = 4,43 у 2020 р., Н = 1,24 у 2021 р.); ВК19хFV243 (Н = 3,35 у 2020 р., Н = 12,39 у 2021 р.); АЕ801хВК32 (Н = 1,13 у 2020 р., Н=0,91 у 2021 р.).

- за вмістом у зерні олії: ВК13хУХК678 (Н = 44,00 у 2020 р., Н = 22,50 у 2021 р.); ВК13хУХК686 (Н = 3,81 у 2020 р., Н = 5,15 у 2021 р.); ВК13хВК37 (Н = 7,29 у 2020 р., Н = 10,00 у 2021 р.); АЕ392хСО255 (Н = 3,70 у 2020 р., Н = 2,48 у 2021 р.); АЕ392хХЛГ1203 (Н = 6,93 у 2020 р., Н = 5,17 у 2021 р.), АЕ392хАК157 (Н = 16,80 у 2020 р., Н = 3,93 у 2021 р.).

3. За показником вмісту у зерні білка гібрид ВК13хСО255 значно перевищив стандарт в обидва роки досліджень (на 31,73% у 2020 р. та 22,05% у 2021 р.); за вмістом крохмалю у зерні – ВК13хУХК678 (на 5,18% у 2020 р. та 3,75% у 2021 р.); за вмістом олії у зерні – АЕ392хХЛГ1203 (на 12,32% у 2020 р. та 21,02% у 2021 р.).

4. Явище прояву ефектів гетерозису спостерігалось при використанні інбредних ліній кукурудзи ХЛГ1203, СО255, FV243 та АК159 в якості батьківського компонента, при схрещуванні із різними материнськими формами.

5. Найбільш раціональним для гібридизації є добір батьківських пар за показником вмісту крохмалю у зерні, оскільки в роки досліджень вплив генотипу вихідного матеріалу на вміст крохмалю у зерні гібридів першого покоління був вищим за 50%.

## РОЗДІЛ 6

### БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Фундаментом будь якої галузі виробництва, зокрема і сільського господарства є енергетичне співвідношення затрачених ресурсів до накопичення енергії в кінцевій продукції. Тому, оцінка експериментальних гібридів за енергетичними показниками є важливою складовою роботи агропромислового комплексу (Браженко, Райко, & Удовенко, 1996).

Для забезпечення рішення продовольчої проблеми та забезпечення збалансованого розвитку агропромислового комплексу необхідно збільшувати виробництво зерна із високими показниками якості.

Біоенергетична оцінка сільськогосподарської продукції є самостійним інструментом визначення шляхів економії енергетичних ресурсів. За допомогою енергетичного аналізу технології вирощування можна визначити ступінь використання трудових ресурсів, добрив, засобів захисту рослин, поглинання фотосинтетичної активної радіації та інших факторів, які впливають на формування показників якості та урожаю зерна (Поліщук & Азуркін, 2007).

Визначення енергоємності виробництва зерна кукурудзи включає такі фактори, як: стійкість вирощуваних гібридів до несприятливих умов, збудників хвороб та шкідників, високу технологічність – придатність до механізованого збирання, строки досягання, передзбиральну вологість зерна та показники його якості, зокрема вміст основних біохімічних складових – білка, крохмалю та олії (Корнійчук & Зозуля, 1995).

Оцінка біоенергетичних характеристик досліджуваних експериментальних гібридів кукурудзи дає змогу визначити доцільність їх вирощування та використання за конкретними напрямками переробки та отримання доданої вартості, яка може забезпечити підвищення рентабельності у декілька разів.



Оцінка експериментальних гібридів проводилась за комплексом показників: виходу енергії з гектару (ГДж/га), виходу енергії з 1 тони зерна (ГДж/т зерна), вихід етанолу з гектару (т/га) та вихід умовних кормопротейнових одиниць з гектару. Дані показники дають змогу реалізувати потенціал гібридів за конкретних напрямків використання.

У 2020 році серед досліджуваних гібридних комбінації вихід енергії варіював у межах 41,21 ГДж/га – 132,33 ГДж/га; з 1 тони зерна було отримано від 13,95 ГДж до 16,10 ГДж; вихід біоетанолу становив 1,25-4,41 т/га, а вихід кормопротейнових одиниць від 3280 до 10113 з гектару. При дослідженні біоенергетичних характеристик експериментальних гібридів у 2021 році виявлено, що вихід енергії становив 42,80-162,26 ГДж/га, а з однієї тони зерна було отримано від 14,19 ГДж до 15,90 ГДж; вихід біоетанолу варіював у межах 1,34-5,29 т/га; умовних кормопротейнових одиниць 3270-12131 (Додаток Є.1-Є.7).

Для порівняння, за умовний стандарт, було взято середню урожайність гібридів кукурудзи в Україні за 2021 рік, а для розрахунку виходу енергії, біоетанолу та КПО – середні значення показників якості згідно класифікатора-довідника виду *Zea Mays L.*

Найвищу середню урожайність серед експериментальних гібридів за роки досліджень на рівні 9,37 т/га сформував гібрид ВК69хG255, що на 26,6% вище за умовний стандарт. За виходом енергії з одного гектару посіву, найвищі показники зафіксовано у гібридів ВК69хАЕ801 (123,25 ГДж/га), ВК69хG255 (142,05 ГДж/га) та АЕ801хВК13 (126,94 ГДж/га), що перевищило умовний стандарт на 30%, 51% та 33% відповідно. Середнє значення виходу енергії з однієї тони зерна серед досліджуваних гібридів становило 15,10 ГДж/т, що на 2,17% вище за умовний стандарт.

Показники умовного стандарту за виходом готової продукції із одного гектару становили 3,42 т/га біоетанолу та 8621 кормопротейнових одиниць. За вищевказаними показниками кращі результати, значно вищі за умовний

стандарт, відмічено у гібридів ВК69хАЕ801 – 4,11 т/га біоетанолу та 9158 КПО/га, ВК69хG255 – 4,61 т/га біоетанолу та 10841 КПО/га, АЕ801хВК13 – 4,14 т/га біоетанолу та 9810 КПО/га. Дані результати були досягнуті не лише за рахунок вищої, ніж у умовного стандарту, урожайності, а і за рахунок показників якості зерна.

Таблиця 6.1

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи за  
біоенергетичними показниками**

Назва комбінації	Урожайність, т/га	Енергетичні показники		Вихід продукції	
		ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
ВК13хУХК678	5,17	81,78	<b>15,82</b>	2,67	5946
ВК13хВК37	5,13	81,15	<b>15,82</b>	2,49	6643
ВК69хАЕ801	<b>8,47</b>	<b>123,25</b>	<b>14,56</b>	<b>4,11</b>	<b>9158</b>
ВК69хG255	<b>9,37</b>	<b>142,05</b>	<b>15,15</b>	<b>4,61</b>	<b>10841</b>
АЕ801хВК13	<b>8,63</b>	<b>126,94</b>	<b>14,72</b>	<b>4,14</b>	<b>9810</b>
Умовний стандарт	7,4	106,18	14,35	3,42	8621

**Висновки до розділу 6**

1. Впровадження у виробництво гібридів кукурудзи конкретного напрямку використання, із високими значеннями показників якості забезпечить підвищення рентабельності виробництва біоетанолу та високоякісних кормів, а також всього агропромислового комплексу.

2. За комплексом біоенергетичних показників можна виділити гібриди ВК69хАЕ801, ВК69хG255 та АЕ801хВК13, які показали достовірно кращі результати за виходом енергії, біоетанолу та кормопротейінових одиниць, ніж умовний стандарт.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та варіанти вирішення завдань із принципів добору вихідного матеріалу – інбредних ліній кукурудзи для створення гетерозисних гібридів із підвищеною урожайністю та поліпшеними показниками вмісту у зерні основних біохімічних складових: білка, крохмалю та олії. За результатами досліджень виділено цінні джерела високого вмісту у зерні білка, крохмалю та олії, досліджено їх комбінаційну здатність, потенціал прояву ефекту гетерозису та характер успадкування ознак. За отриманими результатами було сформовано наступні висновки:

1. Сформовано, розмножено і вивчено за господарсько-цінними показниками та елементами індивідуальної продуктивності колекцію із 38 інбредних ліній кукурудзи із підвищеним вмістом у зерні білка, крохмалю, олії.

2. Проведено ранжування зразків колекції на групи, у відповідності до вмісту основних біохімічних складових. Виділено кращі зразки за кожним із показників. Складено схему тестерних схрещувань. Тестерами обрано інбредні лінії ВК13, ВК69, АЕ392 та АЕ801.

3. Оцінено інбредні лінії за загальною та специфічною комбінаційною здатністю, виділено кращі за кожною досліджуваною ознакою. Визначено інбредні лінії, які володіють високою комплексною, статистично достовірною, стабільною по роках комбінаційною здатністю за 2 показниками і більше:

– за загальною комбінаційною здатністю: ВК37 – за вмістом білка та олії в зерні; G255 – за вмістом білка та урожайністю;

– за специфічною комбінаційною здатністю: ХЛГ1203 з тестером АЕ392, ВК19 з тестерами ВК13 та АЕ392, ВК37 з тестером ВК13, АЕ746 з тестером АЕ801 – усі за вмістом білка та олії в зерні, УХК686 з тестером

ВК13 – за вмістом крохмалю та олії в зерні і урожайністю, G255 з тестером ВК69 – за вмістом білка, крохмалю та урожайністю

4. Оцінено новостворені експериментальні гібриди за рівнем вмісту у зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю, виділено кращі комбінації: ВК13хСО255, ВК13хВК37, АЕ801хАЕ746, АЕ801хFV243 – за вмістом білка; ВК13хУХК678, ВК13хУХК686, ВК69хFV243, ВК69хВК32 – за вмістом крохмалю; ВК13хУХК686, ВКхВК37, ВК69хВК13, АЕ801хАЕ746, АЕ392хХЛГ1203 – за вмістом олії; ВК69хG255 та АЕ801хВК13 – за рівнем урожайності. За комплексом цінних господарських показників виділено гібриди ВК13хСО255 – високий вміст білка та урожайність; ВК13хВК37 та АЕ801хАЕ746 – одночасно високий вміст білка та олії; ВК13хУХК686 – високий вміст крохмалю, олії та урожайність.

5. За результатами екологічного випробування визначено, що кращими умовами вирощування характеризуються дослідні поля НЦГРР України із індексом умов 0,38, високий рівень екологічної пластичності встановлено у гібридів АЕ801хВК13 та ВК13хАК159, кращі показники екологічної стабільності зафіксовано у гібридів ВК13хNP2143, АЕ801хВК69 та ВК13хFV243.

6. Визначено коефіцієнти кореляції між показниками вмісту у зерні білка та урожайністю, вмісту у зерні крохмалю та урожайністю, вмісту у зерні олії та урожайністю. Встановлено, що стабільно сильних взаємозв'язків ( $r > 0,7$ ) між вмістом у зерні експериментальних гібридів білка, крохмалю і олії та показником урожайності виявлено не було. Коефіцієнт прямої та оберненої кореляції варіював у межах від 0,016 до -0,482, що свідчить про те, що контроль цих ознак є генетично незалежним, а плейотропні ефекти, які є основними чинниками кореляції, відсутні. Отже завдання одночасного покращення показників якості зерна із підвищенням урожайності не втрачає своєї актуальності.

7. Встановлено потенціал прояву ефектів істинного, гіпотетичного та конкурсного гетерозису досліджуваних зразків. Визначено ступінь їх

прояву за кожною досліджуваною ознакою у експериментальних гібридів кукурудзи. Стабільно високим проявом ефектів гетерозису за комплексом показників характеризуються комбінації ВК13хУХК678 – за вмістом у зерні крохмалю та олії, ВК13хУХК686 – за вмістом у зерні крохмалю, олії та урожайністю. Явище прояву ефектів гетерозису спостерігалось при використанні інбредних ліній кукурудзи ХЛГ1203, СО255, FV243 та АК159 в якості батьківського компонента, при схрещуванні із різними материнськими формами.

8. Досліджено характер успадкування ознак підвищеного вмісту у зерні білка, крохмалю та олії. Визначено коефіцієнти успадкування кожної із вищеперерахованих ознак за коефіцієнтом кореляції та коефіцієнтом регресії. В середньому за роки досліджень, коефіцієнт успадкування ознаки вмісту білка, згідно коефіцієнту регресії становив 0,512; вмісту крохмалю – 0,6779; вмісту олії – 0,3643.

9. Проведено біоенергетичну оцінку експериментальних гібридів. Достовірно вищі за умовний стандарт показники виходу енергії, біоетанолу та кормопротеїнових одиниць зафіксовано у гібридів ВК69хАЕ801 (123 ГДж/га), ВК69хG255 (142 ГДж/га) та АЕ801хВК13 (126 ГДж/га).

## РЕКОМЕНДАЦІ СЕЛЕКЦІЙНІЙ ПРАКТИЦІ

1. Для створення гетерозисних гібридів із підвищеним вмістом:

- білка у зерні (> 10 %) в якості материнського компоненту використовувати інбредну лінію ВК13 – носія мутантного гену структури ендосперму *wx*;

- крохмалю у зерні (> 70 %) та урожайністю (> 8 т/га) – лінію ВК69 – носія мутантного гену структури ендосперму *wx*;

- олії у зерні (> 5,0 %) – лінію АЕ392 – носія мутантного гену структури ендосперму *ae*.

2. В якості батьківського компоненту використовувати інбредні лінії з високою ЗКЗ за комплексом цінних господарських показників.

- за вмістом крохмалю та урожайністю: АК157 (1,16/0,61), ВК11 (0,63/0,44), УХК686(1,49/1,17);

- за вмістом білка та олії в зерні: ВК13 (0,50/0,57), ВК19 (0,51/0,58), ВК37 (1,06/0,38), АЕ746 (1,07/0,24);

- за вмістом білка та урожайністю: G255 (0,45/1,54);

- за вмістом крохмалю, олії та урожайністю: FV243 (1,69/0,33/0,47).

3. За результатами випробувань у різних локаціях рекомендувати господарствам вирощувати гібриди: ВК13хFV243 з вмістом: білка – 9,57%; крохмалю – 68,9%; олії – 4,67% та ВК13хАК159 з вмістом: білка – 10,1%; крохмалю – 67,9%; олії – 4,27% для отримання урожаю із стабільно високими показниками якості.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ**

- Alcázar, A., Sylvia, C., & Meireles, M. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology*, 215-236.
- Alrefai, R., Berke, T. G., & Rocheford, T. R. (1995). Quantitative trait locus analysis of fatty acid concentrations in maize . *Genome*, 894–901.
- Bagiu, C., Cosmin, O., Gabulea, I., Ciocazanu, I., Bica, N., Sarca, T., & Dicu, G. (2000). Ereditarea rezistentei la seceta si implicatiile in ameliorarea porumbului. *Cercetari de genetica vegetala si animal*, 45–66.
- Baker, R. J. (1978). Issues in diallel analyses. *Crop Sci*, 533–536.
- Begna, T. (2021). Combining ability and heterosis in plant improvement. *Open J Plant Sci*, 108-117.
- Beil, G., & Atkins, R. E. (1965). *Inheritance of quantitative characters in grain sorghum*. Iowa : State University.
- Blanc, G. K., & Wolfe, H. (2004). Widespread paleopolyploidy in model plant species inferred from age distributions of duplicate genes. *Plant Cell*, 1667-1678.
- Bojtor, C., Illés, A., Horváth, E., Nagy, J., & Marton, L. (2021). Hybridspecific nutrient interactions and their role in maize yield quality. *Agronomy Research*, 169-171.
- Borevitz, J. O., & Nordborg, M. (2003). Impact of genomics on the study of natural variation in Arabidopsis. *Plant Physiol*, 718-725.
- Boyer, D., & Curtis, L. (2001). Kernel Mutants of Corn. *Specialty Corns Second Edition*, 10-40.

- Brown, W. L. (1949). Numbers and distribution of chromosome knobs in United states maize. *Genetics*, 524-536.
- Bulyhin, S. Y., & Tonkha, O. L. (2019). Biological evaluation of the rationality of soil usage in agriculture. *Agricultural science and practice*, 23-29.
- Coe, E., & Polacco, M. (1994). Maize gene list and working maps. *Maize Genet. Newslett*, 156-191.
- Cornejo-Ramirez, Y. I., Cinco-Moroyoqui, F. J., & Ramirez-Reyes, F. (2015). Physicochemical characterization of starch from hexaploid triticale ( $\times$  Triticosecale Wittmack) genotypes. *CyTA – Journal of Food*, 420–426.
- Doehlert, D. C., & Lambert, R. (1991). Metabolic characteristics associated with starch, protein, and oil deposition in developing maize kernels. *Crop Science*, 151-157.
- Dudley, J. W. (2007). From means to QTL: the Illinois long term selection experiment as a case study in quantitative genetics. *Crop Science*, 20-31.
- Dudley, J. W., & Lambert, R. J. (2004). 100 generations of selection for oil and protein in corn. *Plant Breeding Revue*, 97-110.
- Dumanovic, J., & Pajic, Z. (1998). *Specificni tipovi kukuruza*. Beograd- Zemun: Zemun Polje.
- Duvick, D. N. (2001). Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. *Nat. Rev. Genet.*, 69-74.
- Duvick, D. N., Smith, J. S., & Cooper, M. (2004). Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. *Plant Breeding Revue*, 109-151.
- East, E. M. (1908). Inbreeding in corn. *Rep Connecticut AgricExpStn*, 419–428.
- Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 36-40.



- Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. (1982). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 33-50.
- Fakorede, M. A., & Agbara, S. B. (1983). Heterotic effects and association of seedling vigor with mature plant characteristics and grain yield in some tropical maize cultivars. *Maydica*, 327–338.
- Gardiner, J. M., & Coe, E. H. (1993). Development of a core RFLP map in maize using an immortalized F2 population. *Genetics*, 917-930.
- Gemechu, N., Sentayehu, A., & Leta, T. (2016). Review on Quality Protein Maize Breeding for Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 84-96.
- Gianazza, E. (1977). Amino acid composition of zein molecular components. *Phytochemistry*, 315–317.
- Gibbon, B. C., & Larkins, B. A. (2005). Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. *Trends in Genetics*, 227-233.
- Gökkuş, A., Kahrıman, F., Alatürk, F., & Ali, B. (2016). Variation of nutritional values in leaves and stalks of different maize genotypes having high protein and high oil during vegetation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 18-25.
- Gorash, A., Armonien, R., & Mitchell, J. (2017). Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives. *Annals of Applied Biology*, 281-302.
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences.*, 463-493.

- Gupta, D. K., Acharya, S., & Patel, J. B. (2011). Combining ability and heterosis studies in pigeonpea using A2 cytoplasm from *Cajanus scarabaeoides* as source of male sterility. *J Food Legumes*, 58-64.
- Gustafson, A. (1946). The effect of heterozygosity on variability and vigor. *Hereditas*, 263–286.
- Hallauer, A. R. (1992). Use of genetic variation for breeding populations in cross-pollinated species. y H. T. Stalker, & J. P. Murphy, *Plant breeding in the 1990s* (cc. 37–92). Wallingford: CAB International.
- Hallauer, A. R. (2001). *Specialty corns 2nd ed.* CRC Press LLC: 469.
- Hasjim, J., Lee, S., Hendrich, S., Setiawan, S., Ai, Y., & Jane, J.-L. (2010). Characterization of a Novel Resistant-Starch and Its Effects on Postprandial Plasma-Glucose and Insulin Responses. *Cereal Chemistry*, 257-262.
- Hinkelmann, K. (1976). Diallel and multi-cross designs. What do they achieve. y E. Pollak, *Proc. Int. Symp. Quantitative Genetics* (cc. 659–676). Iowa: Press, Ames, IA.
- Hoobin, P., Ying, D., Burgar, I., Gooley, P., & Augustin, M. (2015). Physical characterisation of high amylose maize starch and acylated high amylose maize starches. *Carbohydrate Polymers*, 279–285.
- Hood, E. E., Devaiah, S. P., Fake, G., Egelkrout, E., Teoh, K., Requesens, D. V., & Howard, J. A. (2012). Manipulating corn germplasm to increase recombinant protein accumulation. *Plant biotechnology journal*, 20-30.
- Jan, A., & Hoseney, R. (2010). Principles of cereal science and technology. *Third Edition, Chapter 2: Starch*, 23-51.
- Jannink, J. L., Lorenz, A. J., & Iwata, H. (2010). Genomic selection in plant breeding: from theory to practice. *BriefFunct. Genomics.*, 166-177.

- Jensen, S. D., Kuhn, W. E., & Mc. Connell, R. L. (1983). Combining ability studies in elite U.S. maize germplasm. *Proc. ASTA Corn Sorghum Res*, 87-96.
- Kimura, A., & Robyt, J. F. (1995). Reaction of enzyme with starch granules: Kinetics and products of the reaction with glucoamylase. *Carbohydrate Reserch*, 87–107.
- Lambert, R. J., Alexander, D. E., & Mejaya, I. J. (2004). Single kernel selection for increased grain oil in maize synthetics and high-oil hybrid development. *Plant Breeding. Revue*, 153–175.
- Lonnquist, J. H., & Gardner, C. O. (1961). Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures. *Crop Sci*, 179–183.
- Loskutov, I. G. (2002). Avena wild species is a source of diseases resistance, biochemical characters and agronomical traits in oat breeding. *Proc. International scientific conference. Agricutture*, 94-103.
- Lu, Y., Yan, J., & Guimarães, C. T. (2009). Molecular characterization of global maize breeding germplasm based on genome-wide single nucleotide polymorphisms. *Theor. Appl. Genet*, 93-115.
- Luo, M., Shi, Y., Yang, Y., Zhao, Y., Zhang Y., Shi, Y., . . . Zhao, J. (2020). Sequence polymorphism of the waxy gene in waxy maize accessions and characterization of a new waxy allele. *Scientific Reports*.
- Malvar, R. A. (2008). White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science*, 1373–1381.
- Mammadov, J. A., Chen, W., & Ren, R. (2010). Development of highly polymorphic SNP markers from the complexity reduced portion of maize [*Zea mays* L.] genome for use in marker-assisted breeding. *Theor. Appl. Genet.*, 577-588.

- Mangolin, C. A. (2004). Mapping QTLs for kernel oil content in a tropical maize population. *Euphytica*, 251–259.
- Melchinger, A. E., & Lee, M. (1990). Use of RFLPs for investigating relationships among inbreds and predicting heterosis in maize. *Proceedings of the XVth Congress EUCARPIA of the maize and sorghum section*, 72–94.
- Melchinger, A. E., Utz, H. E., & Schon, C. C. (1998). Quantitative trait locus (QTL) mapping using different testers and independent population samples in maize reveals low power of QTL detection and large bias in estimates of QTL effects. *Genetics*, 384–403.
- Messmer, M. M., Melchinger, A. E., & Boppenmaier, J. (1993). Relationship among early European maize inbreds: I Genetic diversity among Flint and Dent lines revealed by RFLPs. *Crop Sci*, 1301-1309.
- Miller, J. B., & Whistler, R. (2009). *Starch chemistry and technology*, 3rd ed. Amsterdam: Acad. Press, Elsevier Publ.
- Mloza-Banda, H. R. (1992). Seed maturation and drying in sweet corn (*Zea mays* L.) endosperm mutants. *Retrospective Theses and Dissertations*, 136.
- Mohammad , Q., Golam, R., Aminul Islam, A., Khaleque Mian, M., Nasrin Akter Ivy, & Jalal Uddin Ahmed. (2016). Combining Ability and Heterosis in Maize (*Zea mays* L.). *American Journal of BioScience*, 84-90.
- Möhring, J., & Piepho, H. P. (2009). Comparison of weighting in two-stage analysis of plant breeding trials. *Crop Science*, 1977-1988.
- Moose, S. P., Dudley, J. W., & Rocheford, T. R. (Trends Plant Science). *Maize selection passes the century mark: a unique resource for 21st century genomics*. 2004: 358–364.

- Moreau, R. A. (2005). Corn oil. *Beiley's industrial oil and fat products, 6th ed.*, 149–172.
- Nelson, O. E., & Pan, D. (1995). Starch synthesis in maize endosperm. *Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 475-496.
- Pajic, Z. (2007). Breeding of maize types with specific traits at the Maize Research Institute. *Genetika*, 169–180.
- Pereira, R. C., Davide, L. C., Pedrozo, C. A., Carneiro, N. P., Souza, I. P., & Paiva, E. (2008). Relationship between structural and biochemical characteristics and texture of corn grains. *Genetics and molecular research*, 498-508.
- Petrovic, R. W., Wale, M., & Jelovac, D. (1990). Variation of different traits under drought stress in maize (*Zea mays* L.). *Proceedings of the XVth Congress EUCARPIA of the maize and sorghum section*, 195-213.
- Popescu, E. C., Stoica, A., Barascu, E., & Iordan, M. (2010). Morphological and thermal properties of maize starch. *Annals. Food Science and Technology*, 35-39.
- Prasanna, B. M., Vasal, S. K., Kassahun, B., & Singh, N. N. (2001). Quality protein maize. *Current Science*, 1308-1319.
- Reif, J. S., Melchinger, A. E., Xia, X. C., Warburton, M. L., & Hoisington, D. A. (2003). Use of SSRs for establishing heterotic groups in subtropical maize. *Theor Appl Genet*, 947-957.
- Riedelsheimer, C., Czedik-Eysenberg, A., Grieder, C., Lisec, J., Technow, F., & Sulpice, R. (2012). Genomic and metabolic prediction of complex heterotic traits in hybrid maize. *Nat. Genet.*, 217–220.
- Rowe, D. E., & Garwood, D. L. (1978). Effects of four maize endosperm mutants on kernel vigor. *Crop Science*, 709-712.

- Ryu, S. H. (2010). Dissertation. *Genetic study of compositional and physical kernel quality traits in diverse maize*. The Ohio State University.
- Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (2006). Resistant starch – A review. *Food Science and Food Safety*, 1–17.
- Schwartz, S. H., Kerns, M. R., & Deikman, J. (2009). *Molecular genetic approaches to maize improvement*. Berlin: Springer.
- Scott, M. P. (2006). Grain composition and amino acid content in maize cultivars representing 80 years of commercial maize varieties. *Agronomy Publications*, 417-423.
- Sene, M., Causse, M., & Damerval, C. (2000). Quantitative trait loci affecting amylose, amylopectin and starch content in maize recombinant inbred lines. *Plant Physiol. Biochem.*, 459-472.
- Sene, M., Causse, M., & Damerval, C. (2000). Quantitative trait loci affecting amylose, amylopectin and starch content in maize recombinant inbred lines. *Plant Physiol. Biochem.*, 459–472.
- Shi, Y. C., & Seib, P. (1992). The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. *Carbohydr. Res.*, 131-145.
- Shull, G. H. (1914). A peculiar negative correlation in *Oenothera* hybrids. *J Genet*, 83.
- Smith, J. S., & Duvick, D. N. (2004). Changes in pedigree backgrounds of Pioneer brand maize hybrids widely grown from 1930 to 1999. *Crop Sci*, 1935–1946.
- Solaimalai, A. (2020). *Maize crop: improvement, production, protection and post harvest technology*. CRC Press.

- Spriazhka, R. O., & Zhemoida, V. L. (2022). Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна. *Наукові доповіді НУБіП України*.
- Spriazhka, R. O., Zhemoida, V. L., Makarchuk, O. S., Dmytrenko, Y. M., & Bahatchenko, V. V. (2022). Selection value of initial material according to the main biochemical parameters of grain in new maize hybrids creation. *Agronomy Research*.
- Toro, A. A., Medici, L. O., Sodek, L., Lea, P. J., & Azevedo, R. A. (2013). Distribution of soluble amino acids in maize endosperm mutants. *Scientia Agricola*, 91-96.
- Tracy, W. F. (1997). History, breeding, and genetics of super-sweet corn. y W. F. Tracy, *Plant Breeding Review* (cc. 189-236).
- Val, L. D. (2009). Development of a high oil trait for maize. y S. H. Schwartz, M. R. Kerns, & J. Deikman, *Molecular genetic approaches to maize improvement* (cc. 303-323). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Vasal, S. K. (2000). The quality protein maize story. *Food Nutr Bull*, 445-450.
- Wang, W., Zhou, H., Yang, H., Zhao, S., Liu, Y., & Liu, R. (2017). Effects of salts on the gelatinization and retrogradation properties of maize starch and waxy maize starch. *Food Chemistry*, 319-327.
- Wang, Y. J., White, P., Pollak, L., & Jane, J. L. (1993). Characterization of starch structures of 17 maize endosperm mutant genotypes with Oh43 inbred line background. *Cereal Chem*, 171-179.
- Watson, S. A. (1988). Corn marketing, processing, and utilization. y G. F. Sprague, & J. W. Dudley, *Corn and Corn improvement, 3rd ed* (cc. 881-940). Madison: American Society of Agronomy.
- Watson, S. A. (2003). Description, development, structure, and composition of the corn kernel. y P. J. White, & L. A. Johnson., *Chemistry and*

*Technology, second edition* (cc. 69-106). St. Paul,: American Association of Cereal Chemists.

Whitt, S. R., & et al. (2002). Genetic diversity and selection in the maize starch pathway. *PNAS*, 12959–12962.

Wolf, M. J., Cutler, H. C., Zuber, M. S., & Khoo, U. (1972). Maize with multilayer aleurone of high protein content. *Crop Science*, 440-442.

Zhemoyda, V. L., Krasnovsky, S. A., Karpuk, L. M., & Makarchuk, O. S. (2019). The algorithm selection of initial material corn by breeding for cold resistance and model of inbred line. *EurAsian Journal of BioSciences*, 431-436.

Абельмасов, О. В., & Бебех, А. В. (2018). Особливості прояву основних елементів структури врожайності самозапилених ліній кукурудзи в різних умовах вирощування. *Plant varieties studying and protection*, 209-214.

Адамень, Ф. Ф. (1998). Селекція і насінництво – основа виробництва кукурудзи в Україні. *Селекція і насінництво*, 3-11.

Багатченко, В. В., Жемойда, В. Л., & Спряжка, Р. О. (2020). Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти стояння. *Рослинництво та ґрунтознавство*, 79-87.

Баранов, Ю. О., Сліщук, Г. І., Волкова, Н. Е., & Сиволап, Ю. М. (2014). Біоінформатичний аналіз гена, що кодує гранулоасоційовану крохмальсинтазу, кукурудзи. *Цитология и генетика*, 18-23.

Баранова, В. В., Петренкова, В. П., & Чернобай, Л. М. (2015). Характер успадкування ознаки стійкості кукурудзи до фузаріозної стеблової гнилі. *Plant Breeding and Seed Production*, DOI: 10.30835/2413-7510.2013.54073 .



- Білокур, Ю. В., & Рябовол, Л. О. (2021). Створення та оцінка вихідного матеріалу для селекції еректоїдних форм кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*, 95-106.
- Блюм, Я. Б. (2010). *Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива*. Київ: АграрМедіаГруп.
- Браженко, І. П., Райко, О. П., & Удовенко, К. П. (1996). Біоенергетична оцінка польових культур. *Вісник аграрної науки*, 22-27.
- Булигін, С. Ю., Вітвіцький, С. В., Буліний, О. В., & Тонха, О. Л. (2019). *Моніторинг якості ґрунтів*. Київ: НУБіП України.
- Бухкало, С. І. (2019). Перспективи розвитку крохмалю з картоплі та кукурудзи. *Вісник Національного Технічного Університету "ХПІ"*, 75-83.
- Ведерникова, Е. И. (1956). Сборник материалов научно-методического совещания по вопросам селекции пшеницы и кукурузы. Вопросы методики селекции пшеницы и кукурузы. *Требования к сортам кукурузы со стороны пищевой промышленности* (с. 231-236). Харьков: Изд-во ХГУ.
- Воскобойник, О. В. (2005). Оцінка стабільності врожайності зерна гібридів кукурудзи за різних екофакторів. *Бюлетень Інституту зернового господарства*, 82-86.
- Голда, Д. М. (2000). *Генетика з основами селекції*. Київ: Фітосоціоцентр.
- Головчанська, І. О., & Кузьмишина, Н. В. (2013). Нові самозапилені лінії як носії цінних ознак, успадковуваних при інцухті. *Селекція і насінництво*, 20-25.
- Гур'єва І.А., Р. В. (2003). *Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи. (Видання друге доповнене)*. Україна: Харків, . Харків.

- Деркач, К. В., Абраїмова, О. Є., & Сатарова, Т. М. (2017). Морфогенез *in vitro* у ліній кукурудзи гетерозисної групи Ланкастер. *Цитологія і генетика*, 61–68.
- Діденко, С. Ю. (2016). Експресивність мутантних генів структури ендосперму кукурудзи за вмістом та фракційним складом крохмалю протягом розвитку насіння. *Селекція і насінництво*, 169-177.
- Дідора, В. Г., Смаглий, О. Ф., Ермантраут, Е. Р., Гудзь, В. П., Мойсеєнко, В. В., Манько, Ю. П., . . . Храпійчук, П. П. (2013). *Методика наукових досліджень в агрономії*. Київ: Центр учбової літератури.
- Жемойда, В. Л., Макарчук, О. С., & Спряжка, Р. О. (2020). Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське господарство та лісівництво*, 120-129.
- Жемойда, В. Л., Макарчук, О. С., & Спряжка, Р. О. (2020). Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське господарство та лісівництво*, 120-129.
- Заплітний, Я. Д., Микуляк, І. С., Лінська, М. І., Карп, Т. Я., & Козак, Г. В. (2017). Кластерний аналіз інбредних ліній кукурудзи альтернативних геноплазм за основними селекційними ознаками. *Зрошуване землеробство*, 116-120.
- Зеленский, М. А., Пархоменко, А. К., Хамуд, Н. А., & Хамис, М. Н. (1978). К методике оценки новых самоопыленных линий кукурузы на КС. *Селекция и семеноводство*, 19-27.
- Каленська, О. М., & Кнап, Н. В. (2013). Енергетичні рослинні ресурси і забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки. *Біоенергетика*, 28-31.

- Капустян, М. В. (2015). Оцінка нових самозапилених ліній кукурудзи, створених на базі різних генетичних плазм за продуктивністю та її складовими. *Генетичні ресурси рослин*, 64-75.
- Кириченко, В. В., Гур'єва, І. А., Кузьмишина, Н. В., Рябчун, В. К., & Чернобай, Л. М. (2019). *Інтенсифікація використання генофонду кукурудзи в гетерозисній селекції*. Харків.
- Кириченко, В. В., Гур'єва, І. А., Рябчун, В. К., Кузьмишина, Н. В., Вакуленко, С. М., & Степанова, В. П. (2009). *Класифікатор-довідник виду Zea mays L.* Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва УААН.
- Климчук, О. В. (2008). Кореляція урожайності із елементами її структури та морфологічними ознаками селекційного матеріалу кукурудзи в умовах монокультури. *Кормовиробництво*.
- Климчук, О. В. (2019). Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*, 150-154.
- Ковальчук, І. (07 11 2017 р.). *Нові високоадаптивні гібриди кукурудзи – запорука високого врожаю*. Отримано з Syngenta.ua:  
<https://www.syngenta.ua/news/kukurudza/novi-visokoadaptivni-gibridi-kukurudzi-zaporuka-visokogo-vrozhayu>
- Конарев, В. Г. (1970). Биохимические предпосылки в селекции кукурузы на белок. *Вестник с.-х. науки*, 22-31.
- Корнійчук, О. В., & Зозуля, Т. І. (1995). *Методичні вказівки по біоенергетичній оцінці технології*. Вінниця.
- Костюченко, В. И., Соколов, Б. П., & Гонтаровский, В. А. (1976). Оценка общей и специфической комбинационной способности линий кукурузы в топкроссных скрещиваниях. *Вестник с.-х. науки*, 31–37.

- Кравченко, В. М. (2007). *Вплив рівня гетерозису сестринських схрещувань на основі господарсько-цінні ознаки модифікованих гібридів кукурудзи*. Дніпропетровськ: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05.
- Красновський, С. А. (2017). Характер успадкування ознаки холодостійкості у кукурудзи. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*.
- Кузьмишина, Н. В., Рябчун, В. К., Вакуленко, С. М., Головчанська, І. А., Тертична, Н. В., & Акулова, М. А. (2014). Оцінка нових колекційних зразків кукурудзи за біохімічними ознаками зерна. *Генетичні ресурси рослин*, 42-49.
- Литун, П. П., & Гурьева, И. А. (1978). Комбинационная способность у линий кукурузы и особенности ее изучения. *Кукуруза*, 20-22.
- Лінник, Ю. О., Тимчук, С. М., Чупіков, М. М., & Кузьмишина, Н. В. (2010). Витривалість насіння різнихпідвидів кукурудзи до старіння. *Таврійський наук. вісник*, 67-74.
- Лупенко, Ю. О., & Месель-Веселяка, В. Я. (2012). *Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року*. Київ: ННЦ —ІАЕ.
- Мазур, В. А., & Шевченко, Н. В. (2017). Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*, 7-13.
- Моцний, І. І., Гончарова, А. І., Чеботар, Г. О., & Чеботар, С. В. (2017). Ступінь фенотипового домінування та успадковуваність за ознакою висота рослин у гібридів пшениці з різними алелями Rht-генів. *Цитология и генетика*, 25-33.
- Надь, Я. (2012). *Кукуруза*. Вінниця: ФОП Д.Ю. Корзун.

- Нестеренко, А. Г. (1996). Кукурудза. у А. Г. Нестеренко, *Біологічне рослинництво: підручник* (сс. 129 - 141). Київ: Вища школа.
- Овсяннікова, Н. С., Чупіков, М. М., & Барсуков, І. П. (2010). Комбінаційна здатність нових самозапилених ліній кукурудзи. *Селекція і насінництво*, 38-45.
- Омаров, Д. С. (1975). К методике учета и оценки гетерозиса у растений. *Сельскохозяйственная биология*, 123-127.
- Пакудин, В. З. (1972). Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных и анализирующих скрещиваниях. *автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. наук*, 21.
- Паламарчук, В. Д. (2017). Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Сільське господарство та лісівництво*, 37-45.
- Паламарчук, В. Д., Віннік, О. В., & Коваленко, О. А. (2021). Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*, 143-156.
- Паламарчук, В. Д., Дідур, І. М., Колісник, О. М., & Алексеев, О. О. (2020). *Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного*. Вінниця: Друк.
- Подпрятков, Г. І. (2004). *Основи стандартизації, управління якістю та сертифікація продукції рослинництва*. Київ: Арістей.
- Поліщук, М. І., & Азуркін, В. О. (2007). Біоенергетична оцінка самозапилених ліній і простих гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства УААН*, 122-126.

- Понуренко, С. Г. (2021). *Вихідний матеріал для селекції кукурудзи на продуктивність та якість зерна в умовах східного лісостепу України*. Харків: Дисертація на здобуття наукового ступеня канд. с.-г. наук.
- Рибалка, О. І., Червоніс, М. В., Моргун, Б. В., Починок, В. М., & Поліщук, С. С. (2013). Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напрямку технологічного використання зерна. *Физиология и биохимия культурных растений*, 3-19.
- Рідей, Н. М., Тонха, О. Л., Строкаль, В. П., Шофолов, Д. Л., & Горбатенко, А. А. (2014). *Комплексна агроекологічна оцінка земель ВП НУБІП України. Частина 2. Агрономічна дослідна станція*. Київ: Укр ДГРІ.
- Рябчун, В. К., & Гур'єва, І. А. (2007). *Генетичні ресурси кукурудзи на Україні*. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва.
- Саламов, А. Б. (1954). *Селекція и семеноводство кукурузы*. Москва: Сельхозгиз.
- Силенко, О. С. (2011). Прояв гетерозису за біохімічними показниками у гібридних комбінацій кукурудзи в умовах лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 55-58.
- Сич, З. Д., Жемойда, В. Л., & Сидорка, І. В. (2004). *Вивчення комбінаційної здатності у селекції гетерозисних гібридів методом неповних топкросів*. Київ: Видавничий центр НАУ.
- Сікалова, О. В. (2008). Селекційна цінність ліній кукурудзи різного генетичного походження в залежності від типу формування продуктивності. *Селекція і насінництво*, 149-155.

- Спряжка, Р. О., & Жемойда, В. Л. (2022). Ступінь та характер ефектів гетерозису ліній кукурудзи за показниками якості зерна. *Генетичні ресурси рослин*, 76-87.
- Спряжка, Р. О., Жемойда, В. Л., & Альохін, В. І. (2019). Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України. *Цінність вихідного матеріалу кукурудзи при селекції на якість зерна*, (с. 72). Київ.
- Спряжка, Р. О., Жемойда, В. Л., & Харченко, Л. Я. (2021). Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. *Варіювання параметрів росту та розвитку самозапильних ліній кукурудзи із поліпшеними показниками якості зерна залежно від строків сівби* (с. 103). с. Центральне: МП ім. В.М. Ремесла.
- Спряжка, Р. О., Жемойда, В. Л., & Харченко, Л. Я. (2021). Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій. *Вихідний матеріал - основа селекції кукурудзи на якість зерна* (сс. 410-411). Львів: ННБК "АТБ".
- Супрунов, А. И., Замковой, Г. А., & Чилашвили, И. М. (2012). Селекционная ценность новых самоопыленных линий кукурузы по основным хозяйственно-ценным признакам. *Зерновое хозяйство России*, 5-15.
- Тимчук, Д. С., Жмурко, В. В., & Тимчук, С. М. (2007). Вміст крохмалю і амілози в зерні ліній кукурудзи – носіїв ендоспермальних мутацій. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія*, 174-180.
- Тимчук, Д. С., Потапенко, Г. С., Тимчук, С. М., Поздняков, В. В., Мартинюк, М. М., & Мужилко, В. В. (2010). Вуглеводний склад стиглого зерна ліній кукурудзи на основі різних ендоспермальних мутацій. *Збірник наукових праць Харківського національного*

*педагогічного університету імені Г.С. Сковороди Біологія та валеологія, 117-124.*

Тимчук, С. М., Мартинюк, М. М., Поздняков, В. В., Тимчук, В. М., Анциферова, О. В., Харченко, Ю. В., & Харченко, Л. Я. (2012). Генетичний аналіз основних ознак якості гранулярного крохмалю у зубовидної та восковидної кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії, 23-26.*

Тимчук, С. М., Потапенко, Г. С., Ларінцева, Н. В., Супрун, О. Г., Поздняков, В. В., & Тимчук, Н. Ф. (2012). Генетичний аналіз жирнокислотного складу олії у восковидної кукурудзи. *Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. БІОЛОГІЯ ТА ВАЛЕОЛОГІЯ, 133-139.*

Тимчук, С. М., Супрун, О. Г., Потапенко, О. Г., Ларінцева, Н. В., Тимчук, Д. С., & Харченко, Л. Я. (2013). Генетичний аналіз жирнокислотного складу олії у високоамілозної кукурудзи на основі мутації ae. *Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. БІОЛОГІЯ ТА ВАЛЕОЛОГІЯ, 90-97.*

Ткачик, С. О. (2017). *Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва.* Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю.

Турбин, Н. В. (1961). Гетерозис и генетический баланс. *Гетерозис: теория и методы практического использования, 3-34.*

Туровець, В. М. (2010). Селекція кукурудзи на покращення якісних показників зерна в умовах зрошення півдня України та перспективи



його використання для виробництва біоетанолу. *Зрошуване землеробство*, 399-405.

- Хаджинов, М. И. (1980). Генетические и селекционные основы использования гетерозиса у растений. *С.-х. биология*, 3-11.
- Харченко, Ю. В., & Харченко, Л. Я. (2013). Вихідний матеріал для селекції кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 61-67.
- Харченко, Ю. В., Харченко, Л. Я., Тимчук, С. М., Поздняков, В. В., & Супрун, О. Г. (2014). Вивчення вихідного матеріалу для селекції кукурудзи харчового й технічного призначення на Устимівській дослідній станції рослинництва. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Сільське господарство. Рослинництво*, 40-44.
- Черчель, В. Ю., & Боденко, Н. А. (2010). Врожайність зерна та гіпотетичний гетерозис сестринських гібридів кукурудзи плазми Рейд. *Бюлетень Інституту зернового господарства*, 12-15.
- Черчель, В. Ю., Купар, Ю. Ю., Таганцова, М. М., & Стасів, О. Ф. (2020). Результати дивергенції скоростиглого вихідного матеріалу кукурудзи звичайної у гетерозисній селекції. *Plant Varieties Studying and Protection*, 378-386.
- Чумаков, А. Е., Минкевич, И. И., & Власов, Ю. И. (1974). *Основные методы фитопатологических исследований*. Москва: Колос.
- Шевченко, А. О., & Тарасенко, В. О. (1988). Регулятори росту. *Захист рослин*, 29-30.

## ДОДАТКИ

## Додаток А.1

**ІНСТИТУТ РОСЛИНИЦТВА**  
імені В.Я. Юр'єва  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК  
УКРАЇНИ

61060, Харків, Московський просп., 142  
тел.: (057) 392-11-87  
(+38) 098-94-94-524  
E-mail: yuriev1908@gmail.com  
Код ЄДРПОУ 00497176



**PLANT PRODUCTION INSTITUTE**  
named after V. Ya. Yuriev  
NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN  
SCIENCES OF UKRAINE

61060, Kharkiv, Moskovskiy Ave., 142  
phone: (057) 392-11-87  
(+38) 098-94-94-524  
E-mail: yuriev1908@gmail.com  
USREOU code 00497176

№ 1/2а-255 від 25.08.2022 р.

## Довідка

Видана **Спряжці Роману Олеговичу** про те, що виділені ним в результаті виконання дисертаційної роботи самозапильні лінії кукурудзи із високим вмістом білку, крохмалю та олії в зерні: СО 255, ХЛГ 1203, ХЛГ 1238, УХК 37, FV 243, Q 170, АК 135, АК 149, АК 151, АК 153, АК 155, АК 157, АК 159 залучені в селекційний процес лабораторії селекції кукурудзи ІР НААН України.

Довідка видана за місцем захисту дисертації.

Завідувач лабораторії  
селекції і насінництва кукурудзи,  
доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник

Лариса ЧЕРНОБАЙ

Підпис Лариси ЧЕРНОБАЙ засвідчую  
Вчений секретар Інституту рослинництва  
імені В.Я. Юр'єва НААН



Наталія ВАСЬКО

*Додаток А.2*

Довідка

№159 21.07.2022

Видана Спряжці Роману Олеговичу про те, що виділені ним в результаті виконання дисертаційної роботи самозапильні лінії кукурудзи із високим вмістом білку, крохмалю та олії в зерні: NP 2143, FV 243, AE 801, BK 11, BK 13, BK 69 залучені в селекційний процес наукового відділу ТОВ «Агрофірма «Колос».

Довідка видана за місцем захисту дисертації.

Директор  
ТОВ «Агрофірма «Колос»



Л.В. Центило

## Додаток А.3

**ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА**  
імені В.Я. Юр'єва

**НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК**  
**УКРАЇНИ**

61060, Харків, Московський просп., 142  
тел.: (057) 392-11-87  
(+38) 098-94-94-524  
E-mail: yuriev1908@gmail.com  
Код ЄДРПОУ 00497176



**PLANT PRODUCTION INSTITUTE**  
named after V. Ya. Yuriev

**NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN**  
**SCIENCES OF UKRAINE**

61060, Kharkiv, Moskovskiy Ave., 142  
phone: (057) 392-11-87  
(+38) 098-94-94-524  
E-mail: yuriev1908@gmail.com  
USREOU code 00497176

№ 1/2а-254 від 25.08.2022 р.

## АКТ

про випробування експериментальних гібридів кукурудзи аспіранта кафедри  
генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського  
Національного університету біоресурсів і природокористування України

## Спряжки Романа Олеговича

Цей акт складений про те, що ним було передано в 2021 р. до Національного центру генетичних ресурсів рослин України (м. Харків) 6 (шість) гібридних комбінацій кукурудзи (ВК13хFV243, ВК13хАК159, ВК69хВК13, ВК69хУХК667, АЕ801хВК13, ВК19хQ170), які були випробувані згідно методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні.

Одержані результати висвітлено у дисертаційній роботі.

В.о. директора інституту,  
кандидат с.-г. наук, с.н.с



*[Signature]*  
Наталія КУЗЬМИШИНА

Заступник директора  
з наукової роботи з генетичними  
ресурсами рослин,  
кандидат біол. наук, с.н.с.

*[Signature]*

Віктор РЯБЧУН

*Додаток А.4*

## АКТ

про випробування експериментальних гібридів кукурудзи аспіранта кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України  
**Спряжки Романа Олеговича**

Цей акт складений про те, що Спряжка Роман Олегович, передав до ТОВ «Агрофірма «Колос» (Сквирського р.-н., Київської обл.) 7 (сім) гібридних комбінацій кукурудзи (ВК69хУХК667, ВК69хВК13, ВК13хВК11, ВК13хNP2143, ВК13хFV243, АЕ801хВК19, АЕ801хВК69), які були випробувані згідно методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні.

Одержані результати висвітлено у дисертаційній роботі.

Заступник директора  
з наукової роботи  
ТОВ «Агрофірма Колос»



В.В. Багатченко

## Додаток Б.1

## Ефекти СКЗ та ЗКЗ за показником вмісту білка

Лінія	Ефект СКЗ				Ефект ЗКЗ
	ВК13	ВК69	АЕ801	АЕ392	
2020 рік					
ХЛГ1203		0,32	<b>1,02</b>	<b>1,11</b>	0,16
ХЛГ1238	0,28	<b>1,66</b>			0,03
ХЛГ1239	<b>1,48</b>	0,81			0,22
АК149	-0,09		-0,19		-1,01
АК151	0,79				0,13
АК157	0,45			0,43	-0,31
АК159	0,74	0,64	<b>1,24</b>		-0,01
ВК11	<b>1,25</b>				0,60
ВК13		<b>1,19</b>	0,67		0,11
ВК19	<b>1,49</b>	<b>1,85</b>	-0,02	<b>1,14</b>	0,38
ВК32	-0,03	0,73	-0,08		-0,75
ВК37	<b>3,36</b>				<b>2,79</b>
ВК64	<b>1,59</b>	0,73			0,24
ВК69	-0,13		0,69		-0,55
АЕ392		0,72			-0,26
АЕ746	<b>1,03</b>	<b>1,11</b>	<b>1,96</b>	<b>1,40</b>	<b>0,68</b>
АЕ800	0,89		0,42	1,10	0,05
АЕ801	0,47	0,23			-0,64
УХК37	0,56	0,60	0,91		-0,21
УХК667		0,50			-0,49
УХК686	-1,18	0,02		-1,14	-1,75
УХК678	-0,37				-1,08
УХК646			0,78		0,01
FV243	-0,09	0,42	<b>2,63</b>		0,12
G255		<b>1,68</b>			<b>0,74</b>
Q170	0,78			1,12	0,24
ІК1431	0,59				-0,08
NP2318	-0,38		0,08		-1,02
NP2143	0,74				0,07
CO255	<b>3,75</b>	<b>1,34</b>	0,95	0,93	<b>1,11</b>
2021 рік					
ХЛГ1203		0,76	0,91	<b>1,34</b>	0,33
ХЛГ1238	0,82	<b>1,29</b>			0,12
ХЛГ1239	<b>1,85</b>	0,82			0,42
АК149	0,33		-0,06		-0,81
АК151	0,74				-0,01
АК157	0,37			0,74	-0,26

*Продовження додатку А.1*

AK159	0,21	-0,27	0,52		-0,85
BK11	0,87				0,12
BK13		<b>1,84</b>	<b>1,56</b>		<b>0,91</b>
BK19	<b>1,51</b>	<b>1,11</b>	-0,10	<b>1,19</b>	0,12
BK32	0,67	0,35	0,55		-0,44
BK37	<b>2,42</b>		0,74		<b>1,73</b>
BK64	<b>2,11</b>	<b>1,28</b>			0,81
BK69	0,36		1,05		-0,19
AE392		0,92			0,00
AE746	0,94	0,58	<b>2,64</b>	0,55	0,41
AE800	0,81		-0,25	<b>1,39</b>	-0,19
AE801	<b>1,24</b>	0,38			-0,14
УХК37	-0,16	0,78	0,46		-0,62
УХК667		<b>1,46</b>			0,56
УХК686	-1,76	0,33		-1,10	-1,86
УХК678	0,56				-0,20
УХК646			0,79		-0,05
FV243	-0,05	0,22	<b>1,95</b>		-0,24
G255		<b>1,83</b>			<b>0,94</b>
Q170	<b>1,33</b>			0,32	0,04
IK1431	-0,02				-0,80
NP2318	0,28		0,00		-0,80
NP2143	-0,03				-0,81
CO255	<b>2,83</b>	0,67	<b>1,26</b>	<b>1,71</b>	<b>0,92</b>



## Додаток Б.2

## Ефекти СКЗ та ЗКЗ за показником вмісту крохмалю

Лінія	Ефект СКЗ				Ефект ЗКЗ
	ВК13	ВК69	АЕ801	АЕ392	
2020 рік					
ХЛГ1203		0,97	<b>3,53</b>	<b>2,53</b>	<b>1,52</b>
ХЛГ1238	-3,19	-0,83			-2,82
ХЛГ1239	0,87	-0,34			-0,37
АК149	-0,02		-1,63		-1,94
АК151	-1,22				-1,97
АК157	<b>2,96</b>			0,22	0,58
АК159	0,84	<b>2,80</b>	<b>2,23</b>		<b>1,26</b>
ВК11	<b>2,00</b>				<b>1,37</b>
ВК13		0,08	<b>1,36</b>		-0,18
ВК19	-3,29	-0,97	-0,98	-1,92	-3,18
ВК32	<b>1,17</b>	<b>2,45</b>	<b>2,63</b>		<b>1,41</b>
ВК37	-2,11		0,75		-2,89
ВК64	0,02	0,99			-0,11
ВК69	<b>2,90</b>		-1,50		-0,30
АЕ392		-0,02			-0,72
АЕ746	-3,30	-2,71	0,23	-0,35	-2,88
АЕ800	<b>2,02</b>		0,21	<b>2,30</b>	0,55
АЕ801	-1,89	-1,46			-2,45
УХК37	<b>1,23</b>	<b>1,95</b>	-2,17		-0,55
УХК667		0,61			-0,06
УХК686	<b>4,84</b>	<b>1,52</b>		-1,49	0,79
УХК678	<b>4,89</b>				<b>4,37</b>
УХК646			<b>1,45</b>		0,56
FV243	-1,10	<b>1,50</b>	0,36		-0,64
G255		<b>1,17</b>			0,52
Q170	-0,91			<b>2,95</b>	-0,03
ІК1431	<b>2,26</b>				<b>1,64</b>
NP2318	<b>2,40</b>		<b>3,82</b>		<b>2,30</b>
NP2143	<b>1,25</b>				0,59
CO255	0,63	<b>1,08</b>	-0,34	0,89	-0,44
2021 рік					
ХЛГ1203		-0,80	-2,48	-2,25	-3,21
ХЛГ1238	<b>1,49</b>	-1,13			-0,21
ХЛГ1239	-3,87	-1,56			-3,32
АК149	<b>1,69</b>		-2,03		-0,99
АК151	<b>1,34</b>				<b>1,08</b>
АК157	<b>1,82</b>			<b>2,06</b>	0,88

*Продовження додатку А.2*

AK159	-2,60	<b>1,36</b>	-0,10		-1,22
BK11	<b>1,84</b>				<b>1,60</b>
BK13		<b>1,46</b>	-0,33		-0,21
BK19	<b>1,19</b>	<b>1,95</b>	<b>2,57</b>	<b>2,21</b>	<b>1,25</b>
BK32	<b>2,36</b>	0,10	<b>4,80</b>		<b>1,99</b>
BK37	<b>1,57</b>				<b>1,32</b>
BK64	-0,31	<b>2,33</b>			0,69
BK69	-0,63		<b>3,54</b>		0,76
AE392		-2,10			-2,70
AE746	-1,81	-0,25	-2,58	2,27	-1,76
AE800	<b>1,90</b>		-3,50	-1,17	-2,20
AE801	0,81	-0,20			-0,07
УХК37	-1,82	0,46	2,01		-0,48
УХК667		<b>2,15</b>			<b>1,71</b>
УХК686	<b>2,63</b>	-0,72		<b>1,98</b>	0,44
УХК678	<b>2,61</b>				<b>2,40</b>
УХК646			0,38		-0,48
FV243	<b>1,17</b>	<b>4,37</b>	<b>2,34</b>		<b>2,22</b>
G255		-1,11			-1,67
Q170	0,14			-0,60	-1,45
IK1431	-1,64				-2,01
NP2318	<b>3,46</b>		0,97		<b>1,58</b>
NP2143	<b>1,49</b>				<b>1,24</b>
CO255	-3,07	<b>2,17</b>	<b>3,27</b>	<b>1,00</b>	-0,08

## Додаток Б.3

## Ефекти СКЗ та ЗКЗ за показником вмісту олії

Лінія	Ефект СКЗ				Ефект ЗКЗ
	ВК13	ВК69	АЕ801	АЕ392	
2020 рік					
ХЛГ1203		<b>0,84</b>	0,26	<b>1,21</b>	0,55
ХЛГ1238	0,40	0,41			0,01
ХЛГ1239	0,34	0,14			-0,16
АК149	-0,23		0,30		-0,40
АК151	0,62				0,24
АК157	0,27			<b>0,71</b>	0,24
АК159	0,13	-0,24	0,33		-0,37
ВК11	0,58				0,20
ВК13		1,34	0,32		0,49
ВК19	<b>0,80</b>	0,43	-0,05	<b>0,73</b>	0,18
ВК32	<b>0,81</b>	-0,02	-0,03		-0,16
ВК37	<b>1,17</b>				<b>0,82</b>
ВК64	0,19	0,35			-0,13
ВК69	0,39		0,38		-0,03
АЕ392		0,66			0,31
АЕ746	0,52	0,66	<b>1,24</b>	-0,39	0,21
АЕ800	0,17		<b>0,90</b>	-0,06	0,02
АЕ801	-0,18	-0,09			-0,57
УХК37	0,24	0,03	0,16		-0,29
УХК667		0,56			0,21
УХК686	<b>0,92</b>	-0,30		-0,19	-0,18
УХК678	0,56				0,18
УХК646			0,01		-0,38
FV243	0,59	0,66	<b>0,76</b>		0,30
G255		0,43			0,07
Q170	0,07			0,21	-0,14
ІК1431	0,09				-0,30
NP2318	-0,31		0,01		-0,60
NP2143	0,06				-0,34
CO255	0,41	0,39	0,61	0,42	0,15
2021 рік					
ХЛГ1203		<b>1,02</b>	0,68	1,33	<b>0,88</b>
ХЛГ1238	0,50	0,69			0,21
ХЛГ1239	0,32	-0,12			-0,32
АК149	-0,14		0,14		-0,47
АК151	0,49				0,07
АК157	0,29			0,35	0,11

*Продовження додатку А.3*

AK159	0,27	-0,49	0,21		-0,46
BK11	<b>0,84</b>				0,43
BK13		<b>1,30</b>	<b>0,78</b>		<b>0,73</b>
BK19	<b>0,84</b>	0,47	0,09	<b>1,72</b>	0,56
BK32	0,59	0,24	0,04		-0,13
BK37	<b>1,09</b>				<b>0,69</b>
BK64	0,20	0,57			-0,01
BK69	0,45		0,28		-0,09
AE392		<b>0,96</b>			<b>0,66</b>
AE746	0,48	0,22	<b>1,32</b>	-0,29	0,16
AE800	0,23		0,58	-0,19	-0,09
AE801	-0,17	-0,11			-0,57
УХК37	0,38	-0,14	0,55		-0,16
УХК667		<b>0,73</b>			0,42
УХК686	<b>1,04</b>	-0,12		-0,37	-0,08
УХК678	0,41				-0,01
УХК646			0,20		-0,19
FV243	0,48	0,56	0,41		0,09
G255		0,16			-0,17
Q170	0,16			-0,37	-0,34
IK1431	0,16				-0,27
NP2318	-0,23		-0,27		-0,74
NP2143	-0,05				-0,49
CO255	0,29	0,39	0,36	0,42	0,08

## Додаток Б.4

## Ефекти СКЗ та ЗКЗ за показником рівня урожайності

Лінія	Ефект СКЗ				Ефект ЗКЗ
	ВК13	ВК69	АЕ801	АЕ392	
ХЛГ1203		-0,15	-0,63	0,15	-1,24
ХЛГ1238	0,66	0,90			0,42
ХЛГ1239	0,08	-1,70			-1,29
АК149	-0,17		1,20		-0,04
АК151	<b>1,84</b>				<b>1,43</b>
АК157	-1,00			3,12	-0,12
АК159	0,11	-0,73	0,55		-0,56
ВК11	0,55				0,09
ВК13		0,20	<b>3,40</b>		<b>1,40</b>
ВК19	-1,22	-0,07	0,11	0,05	-1,26
ВК32	<b>1,37</b>	0,15	0,09		0,07
ВК37	0,44				-0,03
ВК64	-2,27	0,24			-1,51
ВК69	<b>1,26</b>		<b>2,00</b>		<b>1,16</b>
АЕ392		-2,01			-2,46
АЕ746	-0,77	0,04	-2,01	-0,22	-1,79
АЕ800	-0,76		-1,63	0,50	-1,77
АЕ801	0,08	<b>2,12</b>			0,77
УХК37	<b>1,43</b>	<b>2,28</b>	<b>1,40</b>		<b>1,38</b>
УХК667		-0,85			-1,26
УХК686	<b>3,21</b>	<b>2,27</b>		0,35	<b>1,18</b>
УХК678	-0,67				-1,18
УХК646			<b>1,01</b>		0,44
FV243	<b>1,13</b>	-1,35	<b>1,25</b>		-0,15
G255		<b>4,66</b>			<b>4,46</b>
Q170	-0,55			-0,55	-1,86
ІК1431	<b>2,51</b>				<b>2,12</b>
NP2318	0,87		0,53		0,16
NP2143	0,38				-0,09
CO255	<b>1,49</b>	0,48	-1,22	<b>1,26</b>	-0,34
2021 рік					
ХЛГ1203		-1,34	0,24	-0,29	-1,57
ХЛГ1238	-0,39	<b>2,30</b>			0,57
ХЛГ1239	0,23	-0,51			-0,60
АК149	-0,73		<b>1,49</b>		-0,01
АК151	0,59				0,20
АК157	-0,45			<b>2,72</b>	-0,19
АК159	<b>1,16</b>	-0,20	0,14		-0,05

*Продовження додатку А.4*

ВК11	<b>1,81</b>				<b>1,46</b>
ВК13		-0,81	<b>3,05</b>		0,75
ВК19	-0,62	0,29	-1,28	0,00	-1,43
ВК32	<b>1,01</b>	-0,15	-1,14		-0,56
ВК37	-1,10				-1,56
ВК64	-2,62	0,41			-1,65
ВК69	<b>2,24</b>		<b>2,72</b>		<b>2,25</b>
АЕ392		-0,87			-1,37
АЕ746	-0,57	<b>1,60</b>	-2,34	0,84	-1,10
АЕ800	0,28		-1,37	0,66	-1,24
АЕ801	0,89	<b>3,21</b>			<b>1,76</b>
УХК37	<b>2,37</b>	0,86	<b>2,96</b>		<b>1,85</b>
УХК667		-1,09			-1,60
УХК686	0,89	0,41		0,04	-0,63
УХК678	0,08				-0,33
УХК646			<b>2,36</b>		<b>2,06</b>
FV243	<b>2,81</b>	0,02	0,39		0,74
G255		<b>2,44</b>			<b>2,06</b>
Q170	-1,01			0,48	-1,70
IK1431	<b>1,59</b>				<b>1,23</b>
NP2318	<b>1,52</b>		-0,69		0,02
NP2143	-1,20				-1,66
CO255	0,86	0,34	-0,93	0,61	-0,71

## Додаток В.1

## Характеристики біохімічного складу гібридів із тестером ВК13

Формула гібрида	Вміст білка, %		Вміст крохмалю, %		Вміст олії, %	
	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.
ВК13хУХК678	9,25	10,15	73,60	71,60	4,68	4,52
ВК13хУХК37	10,21	9,39	69,75	67,05	4,33	4,47
ВК13хАК151	10,46	10,34	67,26	70,28	4,74	4,60
ВК13хВК69	9,50	9,96	71,45	68,35	4,51	4,55
ВК13хВК32	9,56	10,24	69,90	71,50	4,91	4,69
ВК13хВК64	11,28	11,78	68,56	68,64	4,30	4,31
ВК13хВК19	11,21	11,13	64,86	70,34	4,93	5,01
ВК13хІК1431	10,25	9,55	70,87	67,19	4,20	4,26
ВК13хХЛГ1238	9,96	10,44	65,16	70,38	4,52	4,62
ВК13хУХК686	8,30	7,64	73,51	71,63	5,01	5,13
ВК13хFV243	9,60	9,54	67,41	70,33	4,74	4,60
ВК13хАЕ746	10,79	10,61	64,89	66,91	4,66	4,60
ВК13хАК159	10,41	9,73	69,55	66,19	4,21	4,33
ВК13хСО255	13,57	12,57	69,17	65,89	4,54	4,40
ВК13хВК37	13,12	12,08	66,34	70,52	5,32	5,22
ВК13хАК157	10,09	9,95	71,58	70,84	4,40	4,39
ВК13хАК149	9,50	9,88	68,41	70,55	3,86	3,94
ВК13хNP2318	9,21	9,83	71,14	72,50	3,77	3,83
ВК13хХЛГ1239	11,17	11,49	69,40	64,80	4,45	4,41
ВК13хАЕ800	10,56	10,40	70,67	70,63	4,28	4,32
ВК13хQ170	10,46	10,94	67,67	68,99	4,17	4,23
ВК13хВК11	10,93	10,47	70,60	70,80	4,70	4,96
ВК13хNP2143	10,40	9,54	69,82	70,44	4,16	4,04
ВК13хАЕ801	10,10	10,84	66,49	69,71	3,90	3,90

## Додаток В.2

## Характеристики біохімічного складу гібридів із тестером ВК69

Формула гібрида	Вміст білка, %		Вміст крохмалю, %		Вміст олії, %	
	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.
ВК69хУХК37	8,53	8,87	71,26	69,60	3,89	3,77
ВК69хВК13	9,15	10,05	69,42	70,64	5,26	5,27
ВК69хВК19	9,85	9,28	67,97	71,36	4,34	4,46
ВК69хВК32	8,61	8,46	71,97	69,50	3,85	4,15
ВК69хАЕ392	8,66	9,07	69,29	66,98	4,56	4,91
ВК69хАЕ801	8,14	8,52	67,71	68,96	3,76	3,78
ВК69хУХК686	7,78	8,28	70,98	68,55	3,56	3,78
ВК69хG255	9,66	10,01	70,53	68,01	4,32	4,08
ВК69хСО255	9,45	8,95	70,41	71,39	4,29	4,31
ВК69хХЛГ1238	9,62	9,45	68,31	68,02	4,30	4,63
ВК69хВК64	8,71	9,49	70,32	71,55	4,23	4,50
ВК69хАЕ746	9,15	8,79	66,27	68,73	4,57	4,16
ВК69хУХК667	8,43	9,63	69,95	71,39	4,46	4,67
ВК69хХЛГ1203	8,27	8,93	70,51	68,09	4,78	5,02
ВК69хАЕ746	9,55	9,45	68,09	67,91	4,19	4,61
ВК69хАЕ801	8,19	8,41	69,34	65,66	4,38	4,22
ВК69хFV243	8,39	8,35	71,80	73,80	4,58	4,50
ВК69хАК159	8,60	7,80	72,30	70,42	3,61	3,39
ВК69хХЛГ1239	8,78	9,00	68,97	67,37	4,02	3,78



## Додаток В.3

## Характеристики біохімічного складу гібридів із тестером АЕ801

Формула гібрида	Вміст білка, %		Вміст крохмалю, %		Вміст олії, %	
	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.
АЕ801хСО255	10,07	10,20	66,47	70,33	4,50	4,17
АЕ801хХЛГ1203	9,99	9,74	70,56	64,24	4,18	4,56
АЕ801хУХК37	9,86	9,21	64,62	68,98	4,00	4,34
АЕ801хАК149	8,70	8,70	65,07	64,93	4,15	3,92
АЕ801хАК159	10,21	9,25	69,21	66,79	4,16	3,97
АЕ801хВК13	9,64	10,43	68,19	66,68	4,23	4,64
АЕ801хВК19	9,00	8,73	65,44	69,82	3,84	3,96
АЕ801хВК32	8,81	9,32	69,63	72,04	3,83	3,84
АЕ801хВК69	9,62	9,85	65,32	70,62	4,25	4,08
АЕ801хАЕ746	11,02	11,51	66,69	64,24	5,13	5,14
АЕ801хАЕ800	9,39	8,54	67,13	63,33	4,77	4,37
АЕ801хУХК646	9,74	9,60	68,29	67,38	3,87	4,00
АЕ801хNP2318	8,97	8,76	70,83	68,11	3,84	3,49
АЕ801х FV243	11,62	10,74	67,14	69,60	4,67	4,23

*Додаток В.4***Характеристики біохімічного складу гібридів із тестером АЕ392**

Формула гібрида	Вміст білка, %		Вміст крохмалю, %		Вміст олії, %	
	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.
АЕ392хСО255	10,41	11,19	68,27	67,73	4,80	5,06
АЕ392хХЛГ1203	10,43	10,71	70,12	64,15	5,62	6,05
АЕ392хАК157	9,73	10,07	67,68	68,85	5,08	4,99
АЕ392хВК19	10,51	10,55	65,07	69,13	5,11	6,43
АЕ392хАЕ800	10,42	10,72	69,79	65,34	4,30	4,43
АЕ392хQ170	10,46	9,67	70,37	66,03	4,56	4,24
АЕ392хАЕ746	10,82	9,96	66,68	68,76	4,00	4,36
АЕ392хУХК686	7,99	8,05	66,02	68,76	4,15	4,25

## Додаток Г.1

## Характеристики урожайності гібридів із тестером ВК13 та ВК69

Формула гібрида	Урожайність, т/га		Формула гібрида	Урожайність, т/га	
	2020 р.	2021 р.		2020 р.	2021 р.
ВК13хУХК678	4,64	5,70	ВК69хУХК37	8,19	6,73
ВК13хУХК37	6,94	8,20	ВК69хВК13	6,06	4,91
ВК13хАК151	7,25	6,23	ВК69хВК19	5,56	5,82
ВК13хВК69	6,71	8,03	ВК69хВК32	5,92	5,46
ВК13хВК32	6,74	6,58	ВК69хАЕ392	3,65	4,75
ВК13хВК64	2,97	2,89	ВК69хАЕ801	7,93	9,01
ВК13хВК19	4,01	4,87	ВК69хУХК686	8,20	6,08
ВК13хІК1431	7,94	7,26	ВК69хG255	10,57	8,18
ВК13хХЛГ1238	6,04	5,28	ВК69хCO255	6,24	5,97
ВК13хУХК686	8,74	6,52	ВК69хХЛГ1238	6,68	8,01
ВК13хFV243	6,48	8,52	ВК69хВК64	5,88	5,96
ВК13хАЕ746	4,39	4,97	ВК69хАЕ746	5,59	7,18
ВК13хАК159	5,41	6,79	ВК69хУХК667	4,85	4,52
ВК13хCO255	6,85	6,45	ВК69хХЛГ1203	5,52	4,22
ВК13хВК37	5,79	4,47	ВК69хАЕ746	6,19	5,41
ВК13хАК157	4,40	5,23	ВК69хАЕ801	6,10	5,60
ВК13хАК149	5,19	4,90	ВК69хFV243	4,39	5,77
ВК13хNP2318	6,25	7,15	ВК69хАК159	4,97	5,47
ВК13хХЛГ1239	5,34	5,82	ВК69хХЛГ1239	3,96	5,12
ВК13хАЕ800	4,46	5,84			
ВК13хQ170	4,72	4,56			
ВК13хВК11	5,91	7,49			
ВК13хNP2143	5,73	4,37			
ВК13хАЕ801	5,49	6,65			

## Додаток Г.2

## Характеристики урожайності гібридів із тестером АЕ801 та АЕ392

Формула гібрида	Урожайність, т/га		Формула гібрида	Урожайність, т/га	
	2020 р.	2021 р.		2020 р.	2021 р.
АЕ801хСО255	3,82	4,65	АЕ392хСО255	4,65	3,70
АЕ801хХЛГ1203	4,32	5,75	АЕ392хХЛГ1203	3,45	2,73
АЕ801хУХК37	6,59	8,78	АЕ392хАК157	6,55	5,90
АЕ801хАК149	6,24	7,11	АЕ392хВК19	3,31	2,99
АЕ801хАК159	5,53	5,75	АЕ392хАЕ800	3,75	3,72
АЕ801хВК13	8,53	8,72	АЕ392хQ170	2,75	3,55
АЕ801хВК19	5,02	4,20	АЕ392хАЕ746	2,96	3,88
АЕ801хВК32	5,14	4,42	АЕ392хУХК686	3,91	3,17
АЕ801хВК69	7,12	8,50			
АЕ801хАЕ746	2,82	3,18			
АЕ801хАЕ800	3,27	4,18			
АЕ801хУХК646	6,06	8,05			
АЕ801хNP2318	5,58	4,93			
АЕ801х FV243	6,27	6,09			

## Додаток Г.3

**Характеристика урожайності гібридів переданих на екологічне випробування до ТОВ «Агрофірма «Колос» та НЦГРР України, 2021 р.**

ТОВ «Агрофірма «Колос»		Національний Центр генетичних ресурсів рослин України	
Формула гібрида	Урожайність, т/га	Формула гібрида	Урожайність, т/га
ВК69хУХК667	7,31	АЕ801хВК13	7,23
ВК69хВК13	5,53	ВК69хВК13	6,81
ВК13хВК11	6,89	ВК13хFV243	7,48
ВК13хNP2143	5,32	ВК69хУХК667	9,40
ВК13хFV243	6,46	ВК69хQ170	6,27
АЕ801хВК13	4,68	ВК13хАК159	10,25
АЕ801хВК69	8,29		

## Додаток Д.1

**Коефіцієнти кореляції показників якості та урожайності у 2020 році**

Група гібридів	Коефіцієнт кореляції між ознаками		
	Вміст білка-урожайність	Вміст крохмалю-урожайність	Вміст олій-урожайність
ВК13	-0,250	0,310	0,187
ВК69	0,108	0,054	-0,290
АЕ801	-0,154	-0,113	-0,482
АЕ392	-0,300	-0,097	0,280

Група гібридів	Коефіцієнт регресії між ознаками		
	Вміст білка-урожайність	Вміст крохмалю-урожайність	Вміст олій-урожайність
ВК13	-0,287	0,171	0,652
ВК69	0,302	0,055	-1,14
АЕ801	-0,289	-0,085	-1,889
АЕ392	-0,403	-0,059	0,615

## Додаток Д.2

**Коефіцієнти кореляції показників якості та урожайності у 2021 році**

Група гібридів	Коефіцієнт кореляції між ознаками		
	Вміст білка-урожайність	Вміст крохмалю-урожайність	Вміст олій-урожайність
ВК13	-0,437	-0,080	0,036
ВК69	0,016	-0,102	-0,428
АЕ801	-0,020	0,129	-0,063
АЕ392	0,026	0,369	-0,292

Група гібридів	Коефіцієнт регресії між ознаками		
	Вміст білка-урожайність	Вміст крохмалю-урожайність	Вміст олій-урожайність
ВК13	-0,589	-0,051	0,136
ВК69	0,033	-0,065	-1,126
АЕ801	-0,044	0,089	-0,295
АЕ392	0,026	0,187	-0,336

## Додаток Е.1

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером ВК13 у 2020 році

Формула гібрида	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
ВК13xУХК678	-24,52	3,04	10,12	32,88	-18,69	5,18	10,38	51,55	-10,16	5,18	-6,40	-19,57
ВК13xУХК37	-16,73	-1,68	1,88	84,63	-14,21	-1,61	6,13	91,51	-0,88	0,36	-13,40	20,41
ВК13xАК151	-14,64	-5,18	8,22	75,46	-5,64	-3,49	9,85	90,19	1,60	-3,22	-5,20	25,68
ВК13xВК69	-22,54	0,72	-14,91	92,23	-17,92	0,87	-5,55	100,57	-7,80	2,81	-9,80	16,36
ВК13xВК32	-22,72	-1,47	15,53	93,01	-22,38	-0,43	23,06	118,70	-7,19	0,57	-1,80	16,83
ВК13xВК64	-7,97	-3,83	1,18	-14,84	-3,06	-3,59	2,50	-6,98	9,55	-1,35	-14,00	-48,45
ВК13xВК19	-8,59	-8,56	-6,81	14,85	-7,95	-4,43	3,35	62,28	8,81	-6,67	-1,40	-30,48
ВК13xІК1431	-25,91	-0,11	-1,18	127,47	-21,42	0,43	-0,71	162,44	-0,44	1,96	-16,00	37,69
ВК13xХЛГ1238	-18,77	-8,15	6,35	73,18	-13,78	-7,14	12,30	79,88	-3,32	-6,25	-9,60	4,83
ВК13xУХК686	-32,32	1,87	17,88	150,37	-32,18	2,42	25,88	200,27	-19,44	5,12	0,20	51,55
ВК13xFV243	-21,68	-4,98	11,53	85,75	-20,38	-4,23	11,79	111,85	-6,78	-3,01	-5,20	12,44
ВК13xАЕ746	-20,94	-8,53	-16,93	25,64	-16,69	-7,09	-5,48	37,03	4,78	-6,64	-6,80	-23,95
ВК13xАК159	-15,10	-1,96	-4,97	55,14	-6,77	-1,35	-3,00	57,63	1,06	0,07	-15,80	-6,09
ВК13xСО255	4,61	-2,49	6,82	96,28	7,56	-0,38	9,40	121,68	31,73	-0,47	-9,20	18,81
ВК13xВК37	7,04	-6,49	25,18	65,89	10,27	-6,42	30,39	79,80	27,40	-4,55	6,40	0,41
ВК13xАК157	-17,67	0,90	2,80	26,00	-13,91	0,93	3,17	29,34	-2,00	2,99	-12,00	-23,73
ВК13xАК149	-22,50	-3,56	-9,18	31,15	-17,16	-2,01	-8,85	39,42	-7,75	-1,57	-22,80	-9,92
ВК13xNP2318	-24,91	-2,77	-11,29	79,00	-16,87	-1,27	3,01	101,52	-10,62	2,36	-24,60	8,35
ВК13xХЛГ1239	-8,93	-2,17	4,71	53,02	-4,33	-1,04	7,49	61,10	8,40	-0,14	-11,00	-7,38
ВК13xАЕ800	-13,85	-1,95	-13,88	-9,57	-6,98	-1,17	-7,16	5,90	2,54	1,68	-14,40	-22,67
ВК13xQ170	-14,69	-5,22	-1,88	35,14	-13,96	-4,91	1,58	35,73	1,54	-2,63	-16,60	-18,20
ВК13xВК11	-10,87	-1,55	10,59	69,33	-7,28	-1,02	19,44	93,44	6,09	1,58	-6,00	2,50
ВК13xNP2143	-15,14	-3,10	-2,12	64,17	-7,48	-2,34	3,48	98,25	1,01	0,46	-16,80	-0,63
ВК13xАЕ801	-26,97	-6,28	-34,12	57,29	-22,58	-3,47	-23,30	57,52	-1,94	-4,34	-22,00	-4,79



## Додаток Е.2

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером ВК13 у 2021 році

Формула гібрида	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
ВК13xУХК678	-16,83	0,31	10,51	67,23	-10,76	2,52	11,06	84,55	-1,49	3,75	-9,60	-5,48
ВК13xУХК37	-23,03	-6,72	10,37	116,87	-16,56	-5,29	14,03	128,03	-8,83	-3,52	-10,60	35,89
ВК13xАК151	-15,29	-2,23	-0,86	59,43	-8,13	-1,02	5,87	70,32	0,34	1,12	-8,00	3,33
ВК13xВК69	-18,34	-5,16	-17,27	135,52	-15,99	-5,04	-4,71	149,41	-3,27	-1,65	-9,00	33,12
ВК13xВК32	-16,06	-0,52	15,80	93,08	-15,47	0,10	21,50	111,03	-0,58	2,88	-6,20	9,14
ВК13xВК64	-3,47	-4,51	6,16	-15,31	-1,45	-3,92	6,29	-7,59	14,34	-1,24	-13,80	-52,13
ВК13xВК19	-8,75	-2,15	0,40	42,86	-6,09	3,68	10,84	103,83	8,08	1,20	0,20	-19,25
ВК13xІК1431	-29,19	-6,52	-0,23	112,94	-25,66	-4,69	2,40	148,67	-7,33	-3,32	-14,80	20,36
ВК13xХЛГ1238	-14,41	-2,08	14,07	54,72	-8,41	-0,48	16,81	60,36	1,38	1,27	-7,60	-12,55
ВК13xУХК686	-37,36	0,28	26,67	91,26	-36,39	1,47	35,36	130,46	-25,80	3,71	2,60	8,11
ВК13xFV243	-21,82	-2,15	10,31	149,78	-18,93	-2,08	11,92	184,86	-7,40	1,20	-8,00	41,18
ВК13xAE746	-18,09	-6,91	-14,66	45,89	-15,65	-2,56	-2,54	59,97	2,99	-3,72	-8,00	-17,54
ВК13xАК159	-20,24	-7,91	2,85	96,11	-11,90	-6,38	4,84	97,54	-5,52	-4,76	-13,40	12,48
ВК13xCO255	-0,46	-8,34	8,64	89,15	1,26	-5,43	10,00	106,73	22,05	-5,20	-12,00	6,91
ВК13xВК37	-1,00	-1,89	28,89	31,10	0,77	-0,39	33,16	41,02	17,26	1,47	4,40	-25,90
ВК13xАК157	-18,47	-1,45	1,62	53,48	-12,79	-0,08	4,90	60,05	-3,43	1,93	-12,20	-13,25
ВК13xАК149	-19,03	-1,85	-8,80	17,89	-14,62	0,70	-5,85	29,57	-4,09	1,51	-21,20	-18,71
ВК13xNP2318	-19,40	0,09	-5,43	109,64	-11,85	0,47	9,74	129,13	-4,53	4,31	-23,40	18,50
ВК13xХЛГ1239	-5,78	-9,85	7,30	70,66	-1,33	-9,01	8,09	81,86	11,60	-6,76	-11,80	-3,54
ВК13xAE800	-14,77	-1,73	-13,43	18,73	-9,93	-0,54	-4,42	40,25	0,95	1,63	-13,60	-3,17
ВК13xQ170	-10,32	-4,03	2,17	29,65	-7,94	-3,95	3,30	31,70	6,23	-0,74	-15,40	-24,35
ВК13xВК11	-14,16	-1,50	22,47	119,66	-10,91	-0,37	27,67	155,21	1,68	1,87	-0,80	24,16
ВК13xNP2143	-21,84	-2,00	-0,25	28,17	-16,97	-1,91	5,48	51,23	-7,42	1,35	-19,20	-27,55
ВК13xAE801	-21,30	-3,01	-33,67	82,70	-16,54	0,99	-21,45	88,67	5,22	0,31	-22,00	10,24

## Додаток Е.3

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером ВК69 у 2020 році

Формула гібрида	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
ВК69хУХК37	-21,60	0,60	-26,53	117,86	-20,76	0,68	-15,07	135,39	-17,19	2,54	-22,12	33,71
ВК69хВК13	-25,34	-2,14	-0,73	73,74	-20,88	-1,99	10,19	81,27	-11,13	-0,11	5,23	-1,03
ВК69хВК19	-18,52	-3,90	-18,17	73,71	-14,23	0,31	-18,09	139,09	-4,36	-2,20	-13,26	-9,26
ВК69хВК32	-30,39	1,75	-27,34	85,06	-25,92	2,67	-14,70	101,77	-16,40	3,55	-22,98	-3,33
ВК69хАЕ392	-28,01	-2,04	-13,97	-25,42	-24,40	-1,75	-5,69	-9,84	-15,92	-0,31	-8,80	-40,47
ВК69хАЕ801	-41,13	-4,27	-36,54	127,78	-34,10	-1,55	-33,03	137,33	-20,95	-2,58	-24,86	29,39
ВК69хУХК686	-36,25	-1,03	-32,90	156,21	-32,58	-0,34	-21,06	196,52	-24,43	2,13	-28,88	33,83
ВК69хG255	-26,82	-0,29	-18,53	218,29	-19,77	1,49	-9,76	224,15	-6,22	1,48	-13,64	72,49
ВК69хСО255	-27,15	-0,46	-18,99	94,89	-20,76	1,55	-8,16	111,76	-8,26	1,31	-14,13	1,80
ВК69хХЛГ1238	-11,62	-3,42	-18,83	106,67	-11,46	-2,50	-5,45	107,63	-6,64	-1,71	-13,96	8,96
ВК69хВК64	-20,92	-1,36	-20,14	83,78	-20,41	-0,97	-10,33	92,82	-15,39	1,18	-15,35	-4,01
ВК69хАЕ746	-33,00	-6,31	-18,47	74,62	-25,43	-4,96	-16,15	82,91	-11,20	-4,65	-8,52	-8,79
ВК69хУХК667	-28,35	-1,11	-15,85	51,49	-25,53	0,14	-1,00	72,51	-18,12	0,64	-10,80	-20,87
ВК69хХЛГ1203	-27,54	-0,31	-9,75	46,92	-25,79	-0,11	3,42	58,74	-19,67	1,45	-4,33	-9,83
ВК69хХЛГ1239	-20,76	-2,49	-24,15	23,75	-20,04	-1,51	-13,83	24,92	-14,76	-0,76	-19,60	-35,36
ВК69хАК159	-20,96	2,22	-31,89	47,04	-17,90	2,71	-25,80	51,06	-16,50	4,03	-27,80	-18,87
ВК69хFV243	-29,26	1,51	-13,58	37,19	-26,21	2,17	-3,88	50,60	-18,54	3,31	-8,40	-28,34

## Додаток Е.4

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером ВК69 у 2021 році

Формула гібрида	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
ВК69хУХК37	-23,00	-3,42	-31,40	78,12	-18,73	-0,35	-19,47	97,73	-13,88	0,15	-24,55	10,94
ВК69хВК13	-17,65	-1,98	-4,15	43,97	-15,29	-1,85	10,41	52,47	-2,46	1,65	5,44	-19,11
ВК69хВК19	-19,42	-0,98	-18,85	92,21	-19,39	5,04	-14,91	164,72	-9,88	2,68	-10,74	-4,04
ВК69хВК32	-29,71	-3,89	-24,57	80,24	-28,19	-3,73	-9,51	86,39	-17,91	0,00	-17,02	-10,01
ВК69хАЕ392	-27,59	-7,06	-10,78	-1,11	-24,55	-7,01	-2,74	21,25	-11,91	-3,63	-1,86	-21,79
ВК69хАЕ801	-38,09	-4,31	-35,78	147,43	-32,58	-0,24	-33,63	170,06	-17,23	-0,78	-24,47	48,40
ВК69хУХК686	-29,99	-4,88	-31,33	100,80	-29,06	-3,63	-16,34	130,47	-19,59	-1,36	-24,46	0,25
ВК69хG255	-21,88	-5,64	-25,78	154,00	-17,74	-4,49	-15,22	161,72	-2,84	-2,15	-18,36	34,76
ВК69хСО255	-29,13	-0,94	-21,70	97,14	-25,87	2,33	-8,86	103,87	-13,10	2,72	-13,87	-1,58
ВК69хХЛГ1238	-17,96	-5,62	-15,80	152,78	-14,55	-3,95	-1,04	158,48	-8,24	-2,13	-7,38	32,03
ВК69хВК64	-18,93	-0,73	-18,17	96,74	-18,30	0,02	-5,84	103,11	-7,91	2,94	-9,99	-1,78
ВК69хАЕ746	-32,14	-4,64	-24,38	137,04	-28,18	-0,06	-23,61	145,97	-14,69	-1,11	-16,81	18,34
ВК69хУХК667	-22,77	-0,95	-15,03	49,29	-19,72	-0,12	1,93	63,00	-6,50	2,72	-6,53	-25,47
ВК69хХЛГ1203	-22,52	-5,52	-8,79	8,10	-22,49	-4,71	6,85	21,67	-13,34	-2,03	0,33	-30,53
ВК69хХЛГ1239	-21,88	-6,52	-31,27	68,98	-20,42	-5,52	-21,33	70,10	-12,62	-3,06	-24,40	-15,64
ВК69хАК159	-32,29	-2,29	-38,36	58,09	-27,14	-0,53	-30,18	68,57	-24,27	1,32	-32,20	-9,87
ВК69хFV243	-27,52	2,40	-18,18	90,43	-26,91	2,61	-6,93	106,07	-18,93	6,19	-10,00	-4,93

## Додаток Е.5

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером АЕ801 у 2020 році

Формула гібрада	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
АЕ801хСО255	-27,19	-2,16	-24,06	9,87	-24,85	-1,34	-9,82	23,94	-2,23	-4,35	-10,09	-29,85
АЕ801хХЛГ1203	-27,73	0,17	-29,46	14,88	-20,83	2,81	-15,38	19,32	-2,96	1,52	-16,48	-20,75
АЕ801хУХК37	-28,69	-3,43	-32,51	75,23	-22,26	-3,36	-18,37	82,01	-4,26	-7,03	-20,09	20,89
АЕ801хАК149	-37,11	-5,27	-29,90	57,46	-29,03	-3,96	-18,15	67,62	-15,56	-6,37	-17,00	14,40
АЕ801хАК159	-26,15	-1,22	-29,75	58,88	-14,54	1,12	-19,64	61,20	-0,85	-0,42	-16,83	1,45
АЕ801хВК13	-30,32	-3,88	-28,58	144,40	-26,13	-1,01	-16,85	144,76	-6,44	-1,89	-15,43	56,50
АЕ801хВК19	-34,92	-2,06	-35,19	44,26	-30,55	-0,56	-31,54	103,65	-12,62	-5,84	-23,26	-7,89
АЕ801хВК32	-36,29	0,24	-35,36	47,61	-32,74	2,19	-20,69	67,06	-14,46	0,19	-23,47	-5,75
АЕ801хВК69	-30,46	-7,66	-28,23	104,64	-22,16	-5,03	-24,26	113,22	-6,63	-6,02	-15,02	30,66
АЕ801хАЕ746	-20,32	-2,96	-13,36	-18,88	-19,80	-1,59	-11,03	-11,65	6,99	-4,04	2,58	-48,21
АЕ801хАЕ800	-32,10	-6,85	-19,49	-33,64	-22,64	-3,33	-12,47	-22,20	-8,82	-3,41	-4,68	-39,97
АЕ801хУХК646	-29,60	-2,88	-34,67	74,13	-18,04	-0,41	-27,85	81,43	-5,47	-1,75	-22,65	11,18
АЕ801хNP2318	-35,11	-3,20	-35,14	60,28	-24,33	1,19	-14,57	80,22	-12,87	1,91	-23,20	2,34
АЕ801хFV243	-15,98	-3,84	-21,16	80,13	-9,53	-1,73	-8,03	105,19	12,82	-3,39	-6,65	15,01

## Додаток Е.6

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером АЕ801 у 2021 році

Формула гібрада	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
АЕ801хСО255	-25,95	4,25	-29,06	27,80	-22,75	5,25	-15,14	43,80	-1,01	1,19	-16,58	-22,75
АЕ801хХЛГ1203	-29,28	-8,85	-22,49	47,37	-22,99	-5,98	-6,71	52,45	-5,45	-7,56	-8,85	-4,55
АЕ801хУХК37	-33,15	2,00	-26,23	132,25	-23,55	3,11	-11,02	136,63	-10,63	-0,74	-13,25	45,79
АЕ801хАК149	-36,80	-4,84	-33,39	70,98	-29,57	-3,39	-23,20	82,38	-15,51	-6,58	-21,67	18,12
АЕ801хАК159	-32,80	-3,92	-32,40	57,96	-21,78	-1,56	-21,22	61,97	-10,16	-3,90	-20,51	-4,51
АЕ801хВК13	-24,25	-7,23	-21,12	139,63	-19,67	-3,40	-6,58	147,45	1,26	-4,06	-7,23	44,86
АЕ801хВК19	-36,58	5,50	-32,60	15,35	-30,91	7,44	-27,08	67,62	-15,21	0,46	-20,74	-30,27
АЕ801хВК32	-32,30	-0,38	-34,69	21,33	-27,73	4,03	-19,58	36,52	-9,49	3,65	-23,20	-26,66
АЕ801хВК69	-28,47	-2,01	-30,54	133,45	-22,11	2,16	-28,22	154,80	-4,37	1,61	-18,31	41,12
АЕ801хАЕ746	-16,39	-2,93	-12,62	-12,63	-13,82	-2,41	-8,82	-1,38	11,78	-7,57	2,76	-47,18
АЕ801хАЕ800	-37,97	-9,72	-25,73	-15,12	-30,72	-7,09	-19,65	-2,42	-17,07	-8,87	-12,66	-30,64
АЕ801хУХК646	-30,31	-2,67	-31,99	121,10	-20,95	-0,48	-25,25	131,93	-6,83	-3,05	-20,02	33,65
АЕ801хNP2318	-36,39	-5,97	-40,59	35,43	-26,64	-1,73	-20,70	52,38	-14,96	-2,01	-30,13	-18,13
АЕ801хFV243	-22,01	-3,04	-28,06	67,35	-14,43	0,90	-15,82	96,18	4,27	0,14	-15,40	1,16

## Додаток Е.7

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером АЕ392 у 2020 році

Формула гібрида	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
АЕ392хСО255	-19,70	-2,90	9,90	-4,99	-16,68	-1,23	14,08	22,58	1,12	-1,77	-3,95	18,67
АЕ392хХЛГ1203	-13,33	-0,45	28,51	-29,49	-11,08	-0,36	35,00	-20,28	1,22	0,89	12,32	-11,93
АЕ392хАК157	-19,16	-4,53	16,27	33,95	-16,23	-4,13	17,48	59,76	-5,58	-2,62	1,62	67,31
АЕ392хВК19	-13,03	-7,45	-3,40	-32,25	-12,82	-3,67	5,80	4,51	2,08	-6,37	2,20	-15,38
АЕ392хАЕ800	-13,42	-3,16	-13,39	-24,02	-7,34	-1,97	-7,83	-23,71	1,12	0,42	-13,91	-4,33
АЕ392хQ170	-13,17	-1,45	4,26	-43,73	-13,09	-0,69	9,39	-34,09	1,59	1,25	-8,88	-29,71
АЕ392хАЕ746	-20,75	-5,17	-28,76	-39,51	-15,75	-4,09	-19,91	-24,16	5,03	-4,06	-20,07	-24,45
АЕ392хУХК686	-34,56	-7,95	-5,03	-20,08	-34,08	-7,04	2,72	8,26	-22,43	-5,01	-17,00	-0,18

## Додаток Е.8

## Прояв ефектів гетерозису у гібридів із тестером АЕ392 у 2021 році

Формула гібрида	Гетерозис Істиний				Гетерозис Гіпотетичний				Гетерозис Конкурсний			
	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність	Білок	Крохмаль	Олія	Урожайність
АЕ392хСО255	-11,44	-5,92	10,33	-22,89	-11,09	-2,86	18,60	-2,98	8,59	-2,55	1,28	-0,14
АЕ392хХЛГ1203	-14,55	-10,89	31,82	-43,07	-10,96	-9,95	42,71	-37,18	3,95	-7,70	21,02	-26,27
АЕ392хАК157	-19,60	-4,36	8,62	22,98	-12,93	-2,96	11,91	48,88	-2,19	-0,93	-0,29	59,26
АЕ392хВК19	-15,78	-3,98	28,86	-37,76	-12,21	1,81	34,24	-3,16	2,45	-0,54	28,60	-19,40
АЕ392хАЕ800	-14,46	-9,23	-11,24	-24,30	-8,47	-8,06	-7,54	-23,37	4,06	-5,98	-11,42	0,47
АЕ392хQ170	-22,83	-8,27	-7,54	-26,04	-19,75	-8,13	-2,77	-14,66	-6,12	-4,99	-15,12	-4,22
АЕ392хАЕ746	-23,09	-4,48	-19,05	-19,12	-21,82	0,05	-12,56	2,03	-3,30	-1,06	-12,73	4,73
АЕ392хУХК686	-35,75	-4,49	-7,41	-33,92	-33,91	-3,28	4,68	-10,02	-21,84	-1,06	-15,00	-14,43

## Додаток Є.1

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою  
ВК13 за біоенергетичними показниками у 2020 році**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
ВК13хУХК678	90,01	15,78	2,92	6685
ВК13хУХК37	121,07	14,77	3,90	9301
ВК13хАК151	96,83	15,53	3,11	7367
ВК13хВК69	121,43	15,12	3,90	9341
ВК13хВК32	103,77	15,76	3,34	7750
ВК13хВК64	44,45	15,39	1,41	3621
ВК13хВК19	77,12	15,83	2,43	5951
ВК13хІК1431	107,05	14,74	3,47	8294
ВК13хХЛГ1238	82,18	15,58	2,64	6263
ВК13хУХК686	101,58	15,58	3,34	6829
ВК13хFV243	131,21	15,41	4,26	9726
ВК13хАЕ746	74,64	15,00	2,36	5947
ВК13хАК159	99,26	14,63	3,19	7814
ВК13хСО255	97,33	15,09	3,02	8344
ВК13хВК37	71,98	16,10	2,24	5672
ВК13хАК157	81,04	15,49	2,63	6083
ВК13хАК149	74,83	15,26	2,46	5684
ВК13хNP2318	111,12	15,54	3,68	8269
ВК13хХЛГ1239	85,67	14,72	2,68	7215
ВК13хАЕ800	90,55	15,50	2,93	6922
ВК13хQ170	69,72	15,28	2,24	5531
ВК13хВК11	118,19	15,78	3,77	8903
ВК13хNP2143	66,51	15,22	2,19	4990
ВК13хАЕ801	101,51	15,26	3,29	8026



## Додаток Є.2

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою  
ВК13 за біоенергетичними показниками у 2021 році**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
ВК13хУХК678	73,55	15,86	2,41	5230
ВК13хУХК37	106,36	15,32	3,44	8160
ВК13хАК151	109,34	15,09	3,46	8610
ВК13хВК69	104,37	15,56	3,41	7647
ВК13хВК32	104,06	15,45	3,34	7699
ВК13хВК64	45,44	15,29	1,45	3653
ВК13хВК19	59,62	14,87	1,85	4912
ВК13хІК1431	122,83	15,47	4,00	9350
ВК13хХЛГ1238	88,00	14,56	2,80	7029
ВК13хУХК686	138,16	15,81	4,54	9436
ВК13хFV243	97,02	14,97	3,10	7423
ВК13хАЕ746	64,49	14,71	2,02	5282
ВК13хАК159	82,71	15,28	2,68	6419
ВК13хСО255	108,75	15,88	3,37	9202
ВК13хВК37	90,32	15,60	2,73	7649
ВК13хАК157	68,78	15,64	2,24	5144
ВК13хАК149	76,85	14,80	2,52	5921
ВК13хNP2318	94,84	15,18	3,16	7030
ВК13хХЛГ1239	82,61	15,47	2,63	6533
ВК13хАЕ800	69,20	15,52	2,24	5319
ВК13хQ170	70,50	14,95	2,27	5603
ВК13хВК11	92,94	15,73	2,96	7159
ВК13хNP2143	87,68	15,30	2,84	6791
ВК13хАЕ801	80,06	14,58	2,59	6423

## Додаток Є.3

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою  
ВК69 за біоенергетичними показниками у 2020 році**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
ВК69хУХК37	100,05	14,86	3,33	7463
ВК69хВК13	77,54	15,79	2,46	5731
ВК69хВК19	90,20	15,49	2,95	6576
ВК69хВК32	81,43	14,91	2,70	5941
ВК69хАЕ392	70,55	14,86	2,26	5310
ВК69хАЕ801	132,33	14,69	4,41	9828
ВК69хУХК686	88,72	14,58	2,96	6566
ВК69хG255	121,83	14,90	3,95	9531
ВК69хСО255	91,86	15,38	3,03	6645
ВК69хХЛГ1238	120,24	15,01	3,87	9115
ВК69хВК64	92,80	15,57	3,03	6791
ВК69хАЕ746	106,58	14,84	3,51	7932
ВК69хУХК667	70,70	15,63	2,29	5186
ВК69хХЛГ1203	63,53	15,07	2,04	4685
ВК69хАЕ746	81,08	14,98	2,61	6158
ВК69хАЕ801	79,93	14,27	2,61	6080
ВК69хFV243	90,97	15,76	3,03	6248
ВК69хАК159	80,30	14,68	2,74	5773
ВК69хХЛГ1239	74,23	14,50	2,45	5706

## Додаток Є.4

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою  
ВК69 за біоенергетичними показниками у 2021 році**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
ВК69хУХК37	123,96	15,13	4,15	8941
ВК69хВК13	93,54	15,43	2,99	6807
ВК69хВК19	83,14	14,96	2,68	6434
ВК69хВК32	90,32	15,25	3,03	6488
ВК69хАЕ392	54,92	15,06	1,80	4004
ВК69хАЕ801	114,18	14,40	3,81	8498
ВК69хУХК686	121,60	14,83	4,13	8643
ВК69хG255	162,26	15,36	5,29	12131
ВК69хСО255	95,36	15,29	3,12	7094
ВК69хХЛГ1238	99,88	14,96	3,24	7648
ВК69хВК64	88,96	15,13	2,94	6473
ВК69хАЕ746	81,76	14,63	2,63	6271
ВК69хУХК667	73,19	15,10	2,41	5268
ВК69хХЛГ1203	84,44	15,29	2,77	5959
ВК69хАЕ746	92,00	14,87	2,99	7068
ВК69хАЕ801	91,00	14,92	3,00	6553
ВК69хFV243	67,80	15,45	2,24	4759
ВК69хАК159	75,61	15,22	2,55	5440
ВК69хХЛГ1239	58,74	14,83	1,94	4374

## Додаток Є.5

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою  
АЕ801 за біоенергетичними показниками у 2020 році**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
АЕ801хСО255	68,83	14,80	2,20	5436
АЕ801хХЛГ1203	88,28	15,36	2,87	6752
АЕ801хУХК37	126,23	14,38	4,01	10113
АЕ801хАК149	106,83	15,02	3,49	8004
АЕ801хАК159	80,97	14,08	2,65	6325
АЕ801хВК13	126,64	14,52	4,14	9836
АЕ801хВК19	62,75	14,95	1,99	4982
АЕ801хВК32	66,00	14,95	2,19	4865
АЕ801хВК69	130,70	15,38	4,35	9612
АЕ801хАЕ746	48,72	15,32	1,60	3681
АЕ801хАЕ800	62,21	14,90	1,91	5181
АЕ801хУХК646	112,25	13,95	3,62	8789
АЕ801хNP2318	72,40	14,69	2,36	5644
АЕ801хFV 243	88,21	14,48	2,95	6719

## Додаток Є.6

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою  
АЕ801 за біоенергетичними показниками у 2021 році**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
АЕ801хСО255	56,57	14,80	1,81	4468
АЕ801хХЛГ1203	66,37	15,37	2,17	5031
АЕ801хУХК37	93,94	14,26	3,02	7630
АЕ801хАК149	88,50	14,19	2,88	6858
АЕ801хАК159	83,85	15,17	2,72	6500
АЕ801хВК13	127,24	14,92	4,13	9782
АЕ801хВК19	71,25	14,19	2,33	5597
АЕ801хВК32	76,41	14,87	2,54	5679
АЕ801хВК69	102,75	14,43	3,30	8160
АЕ801хАЕ746	42,99	15,23	1,34	3433
АЕ801хАЕ800	48,72	14,89	1,56	3712
АЕ801хУХК646	89,79	14,82	2,94	6980
АЕ801хNP2318	84,30	15,11	2,81	6212
АЕ801хFV 243	95,53	15,24	2,99	7811

## Додаток Є.7

**Ефективність вирощування гібридів кукурудзи із материнською формою АЕ392 за біоенергетичними показниками у 2020-2021 рр.**

Назва комбінації	Енергетичні показники		Вихід продукції	
	ГДж/га	ГДж/т	етанол, т/га	КПО/га
2020 рік				
АЕ392хСО255	57,05	15,41	1,78	4531
АЕ392хХЛГ1203	41,21	15,08	1,25	3280
АЕ392хАК157	90,82	15,39	2,89	6899
АЕ392хВК19	47,94	16,05	1,47	3563
АЕ392хАЕ800	54,70	14,69	1,73	4472
АЕ392хQ170	51,69	14,56	1,67	4077
АЕ392хАЕ746	58,70	15,12	1,90	4515
АЕ392хУХК686	46,79	14,75	1,55	3386
2021 рік				
АЕ392хСО255	70,98	15,28	2,25	5509
АЕ392хХЛГ1203	54,80	15,90	1,72	4090
АЕ392хАК157	99,30	15,16	3,15	7541
АЕ392хВК19	49,22	14,86	1,53	3945
АЕ392хАЕ800	57,51	15,35	1,86	4441
АЕ392хQ170	42,80	15,55	1,38	3270
АЕ392хАЕ746	43,70	14,78	1,40	3567
АЕ392хУХК686	55,63	14,23	1,83	4160

## Додаток Ж

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому виданні,

включеному до міжнародних наукометричних баз даних

**Scopus та/або Web of Science Core Collection**

1. **Spriazhka R. O.**, Zhemoida V. L., Makarchuk O. S., Dmytrenko Y. M., Bahatchenko V. V. Selection value of initial material according to the main biochemical parameters of grain in new maize hybrids creation. *Agronomy Research*. 2022. № 20 (S1). P. 1151–1162. *(Здобувачем створено експериментальні гібриди кукурудзи, проведено їх оцінку, проаналізовано фактори впливу на формування показників якості зерна та урожайності, написано статтю).*

**Статті у наукових фахових виданнях України**

2. Багатченко В. В., Жемойда В. Л., **Спряжка Р. О.** Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти стояння. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т. 11. № 1. С. 79–87. *(Здобувачем проведено обстеження посівів кукурудзи, проведено статистичну обробку даних, підготовлено матеріали до друку).*

3. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., **Спряжка Р. О.** Сучасні підходи в селекції кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське господарство і лісівництво*. 2020. № 17. С. 120–128. *(Здобувачем вивчено колекцію інбредних ліній кукурудзи за основними показниками якості зерна, узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

4. **Spriazhka R. O.**, Zhemoida V. L. Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2022. № 5 (99). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/16575>. *(Здобувачем проаналізовано експериментальні гібриди кукурудзи за рівнем урожайності в різних ґрунтово-кліматичних зонах, розраховано коефіцієнти екологічної пластичності та стабільності, узагальнено експериментальні дані, написано статтю).*

5. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Ступінь та характер ефектів гетерозису ліній кукурудзи за показниками якості зерна. Генетичні ресурси рослин. 2022. № 30. С. 76–87. *(Здобувачем визначено прояв ефектів гетерозису в експериментальних гібридів кукурудзи, визначено ступінь фенотипового домінування та коефіцієнти успадкування, написано статтю).*

#### **Методичні рекомендації**

6. Жемойда В. Л., Центило Л. В., Багатченко В. В., **Спряжка Р. О.** Господарсько-біологічна характеристика та особливості насінництва батьківських форм гібридів кукурудзи селекції ТОВ «Агрофірма «Колос». Методичні рекомендації селекційній практиці і виробництву та для самостійної роботи студентів спеціальностей «Агрономія» та «Захист рослин». Київ, 2019. 38 с. *(Здобувачем встановлено вплив строків сівби інбредних ліній кукурудзи на насінневу продуктивність рослин, підготовлено матеріали до друку).*

7. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., Башкірова Н. В., Ковалишина Г. М., Антоненко О. Ф., Дмитренко Ю. М., Сень О. В., **Спряжка Р. О.**, Альохін В. І., Зінченко О. А. Каталог нових селекційних зразків кукурудзи, пшениці озимої, люцерни та ріпаків (2016–2019 рр.). Методичні рекомендації для фахівців-селекціонерів, агрономів, аспірантів та студентів ВНЗ аграрного профілю. Київ, 2019. 44 с. *(Здобувачем оцінено колекцію холодостійких інбредних ліній кукурудзи за показниками вмісту у зерні білка, крохмалю та олії, підготовлено матеріали до друку).*

#### **Тези наукових доповідей**

8. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Оцінка самозапильних ліній кукурудзи за вмістом крохмалю. Наукові читання до 100-річчя від дня народження професора Івана Вікторовича Яшовського: Міжнародна наукова конференція, смт Чабани, 14–15 серпня 2019 року: тези доповіді. Вінниця, 2019. С. 52–54. *(Здобувачем проведено експеримент, визначено вміст крохмалю в зерні інбредних ліній кукурудзи, написано тези).*

9. Жемойда В. Л., **Спряжка Р. О.**, Альохін В. І. Цінність вихідного матеріалу кукурудзи при селекції на якість зерна. Рослинництво XXI століття:



виклики та інновації. До 120-річчя кафедри рослинництва НУБіП України: III Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–26 вересня 2019 року: тези доповіді. Київ, 2019. С. 72. *(Здобувачем розмножено та оцінено колекцію інбредних ліній за показниками якості зерна, написано тези).*

10. **Спряжка Р. О.,** Жемойда В. Л. Оцінка самозапильних ліній кукурудзи при селекції на покращення якісних показників кормів. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції і насінництва пшениці і картоплі та 100-річчю з часу заснування Агробіотехнологічного (Агрономічного) факультету, м. Біла Церква, 26–27 березня 2020 року: тези доповіді. Біла Церква, 2020. С. 62–63. *(Здобувачем проведено дослідження з визначення в зерні інбредних ліній кукурудзи білка, крохмалю та олії, виділено кращі з них, написано тези).*

11. **Спряжка Р. О.,** Жемойда В. Л. Сучасні підходи в селекції кукурудзи кормового напрямку. Новітні агротехнології: I Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 10 вересня 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 23. *(Здобувачем проаналізовано новітні методи селекції на покращення показників якості зерна кукурудзи та обрано оптимальні з них для проведення досліджень для використання в умовах ВП НУБіП України, написано тези).*

12. **Спряжка Р. О.,** Жемойда В. Л., Макарчук О. С. Селекція кукурудзи з покращеними показниками якості силосної маси – основа підвищення продуктивності ВРХ. Інновації в освіті, науці та виробництві: IV Міжнародна науково-практична онлайн конференція до 100-річчя дня народження професора М. А. Білоножка, м. Київ, 24–25 листопада 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 84–85. *(Здобувачем оцінено біохімічних склад зерна експериментальних гібридів кукурудзи, написано тези).*

13. **Спряжка Р. О.,** Жемойда В. Л., Харченко Л. Я. Варіювання параметрів росту та розвитку самозапильних ліній кукурудзи з поліпшеними показниками якості зерна залежно від строків сівби. Селекція, генетика та

технології вирощування сільськогосподарських культур: IX Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 23 квітня 2021 року: тези доповіді. Центральне, 2021. С. 103. *(Здобувачем визначено адаптивний потенціал батьківських компонентів експериментальних гібридів кукурудзи, підготовлено тези доповідей).*

14. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., **Спряжка Р. О.**, Чубенко Д. В. Критерії формування урожайності батьківських форм ранньостиглих гібридів кукурудзи в умовах північного Лісостепу України. Наукові читання до 85-річчя від дня народження В'ячеслава Григоровича Михайлова – видатного вченого у галузі селекції та насінництва сільсько-господарських культур: наукова інтернет-конференція, смт Чабани, 5 жовтня 2021 року: тези доповіді. Вінниця, 2021. С. 71–75. *(Здобувачем визначено фактори, які мають найбільший вплив на формування урожайності гібридів та інбредних ліній кукурудзи, написано тези).*

15. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л., Харченко Л. Я. Вихідний матеріал – основа селекції кукурудзи на якість зерна. Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: XXII Міжнародний науково-практичний форум, м. Львів, 5–7 жовтня 2021 року: тези доповіді. Львів, 2021. Т. 1. С. 410–411. *(Здобувачем оцінено експериментальні гібриди та їх батьківські форми за тривалістю вегетації та синхронністю цвітіння, написано тези).*

16. **Спряжка Р. О.**, Жемойда В. Л. Кореляція ознак урожайності та поліпшеної якості зерна кукурудзи. Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво): V Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 110-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, заслуженого працівника вищої школи, доктора сільсько-господарських наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича (1912–1997), м. Київ, 24–25 травня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 103. *(Здобувачем на основі експериментальних даних розраховано коефіцієнти кореляції вмісту в зерні білка, крохмалю, олії та урожайністю, написано тези).*