

Міністерство освіти і науки України  
Сумський національний аграрний університет

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**БУТЕНКО СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 633.34:631.8

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ**  
**ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ З**  
**АНТИСТРЕСОВОЮ ДІЄЮ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО**  
**ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 201 «Агрономія»

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

Науковий керівник: Мельник Андрій Васильович,  
доктор с.-г. наук, професор

**Суми – 2022**

## АНОТАЦІЯ

Бутенко С. О. Сортові особливості формування продуктивності гірчиці білої залежно від регуляторів росту з антистресовою дією в умовах північно-східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». – Сумський національний аграрний університет, Міністерство освіти і науки України, Суми, 2022.

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Олійно-жирова промисловість нашої країни є визначальною складовою агропромислового комплексу і головним джерелом наповнення бюджету, що надзвичайно важливо за умов сьогодення. Перспективи її розвитку базуються на забезпеченні внутрішніх потреб та підвищенні попиту зовнішнього ринку. Це зумовлено зростанням загальної кількості населення планети та переорієнтацією у структурі харчування населення економічно розвинених країн із тваринних жирів на рослинні. Водночас за біологізації сучасного землеробства відзначається домінуюча роль *Sinapis alba* L. як основної сидератної культури, здатної збалансувати поживний режим ґрунту, та маючи фітоцидні властивості.

Ще однією складовою актуальності вибраних досліджень є тенденція до коливання температур як у межах однієї доби (+20–30 °С вдень та 10–15 °С вночі), так і протягом вегетаційного періоду (спекотний період понад +30 °С тривалістю 20–30 діб). Водночас слід відзначити відсутність опадів, що реально формують стресові умови для вегетації с.-г. культур. Також слід зазначити, що більшість хімічних пестицидів є достатньо токсичними речовинами, тому, окрім своєї основної функції (захисту рослин від хвороб та шкідників, бур'янів), спричиняють стресове навантаження на культурну рослину.

Отже, динамічне зростання попиту на рослинну олію, екологізація землеробства, сучасні виклики змін клімату та зростання кратності

виникнення стресових умов як у світі, так і в Україні обумовлюють актуальність застосування регуляторів росту з антистресовою дією, зокрема на гірчиці білій (*Sinapis alba* L.).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше проведені комплексні дослідження щодо вивчення впливу регуляторів росту на ріст та розвиток гірчиці білої залежно від сортових особливостей в умовах північно-східного Лісостепу України. Оптимізовано технологію вирощування гірчиці білої для умов північно-східного Лісостепу України. Набули подальшого розвитку питання впливу погодних умов на особливості росту, розвитку, показники продуктивності, структури та якості врожаю, вмісту олії залежно від сорту, застосування способів та видів регуляторів росту з антистресовою дією. Обґрунтовано економічну та енергетичну ефективність вирощування гірчиці білої за використання регуляторів росту з антистресовою дією.

**Практичне значення одержаних результатів.** Виробництву рекомендовано технологію вирощування гірчиці білої, яка забезпечила врожайність насіння 2,05 та 2,20 т/га відповідно. Основні елементи досліджень пройшли виробничу перевірку і впроваджені в господарствах Сумської та Полтавської областей, зокрема в ТОВ «ЛСК-11» та ФГ «Родина – 2017» на загальній площі 40 га. Підтверджено їх ефективність, а саме: умовно-чистий прибуток – 6050 та 8020 грн/га; рентабельність виробництва – 115,5-136,0 %.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми щодо оптимізації елементів технології вирощування гірчиці білої для умов північно-східного Лісостепу України. Досліджувались вплив способів застосування та видів регуляторів росту рослин на продуктивність сортів гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України.

Проаналізовано результати досліджень вітчизняних та закордонних науковців щодо доцільності та впливу застосування регуляторів росту на продуктивність гірчиці. Підсумовано значення використання регуляторів

росту рослин з метою стабілізації розвитку та формування продуктивності гірчиці за сучасних змін клімату і виникнення стресових ситуацій в Україні.

За аналізом погодних умов було виявлено, що за рівнем зволоження умови періоду вегетації 2019 року були недостатніми ( $K_c = -0,5$ ), зокрема найбільший дефіцит був у квітні та липні ( $K_c = -0,6$ ). За кількістю опадів 2020 рік був посушливим, але з умовами, близькими до звичайних ( $K_c = -0,2$ ), найбільшу нестачу опадів спостерігали у квітні ( $K_c = -1,1$ ) та серпні ( $K_c = -1,4$ ). Слід відзначити достатню кількість опадів за вегетації 2021 року ( $K_c = 0,3$ ). Найбільшою вологістю характеризувалися травень ( $K_c = 1,2$ ) та червень ( $K_c = 0,7$ ). У середньому за роки досліджень розраховано незначне зниження забезпеченості опадами порівняно з середніми багаторічними ( $K_c = -0,1$ ). Найбільш виражений дефіцит був виявлений у липні та серпні ( $K_c = -0,9$ ).

Морфометричні параметри досліджуваних сортів залежно від способів та видів регуляторів росту змінювалися. Зокрема, найвищі рослини були за обробки насіння і по вегетації регуляторами росту Біофордж та Регоплан. У середньому в сорту Біла принцеса – 108,4 та 109,5 см, у сорту Ослава 109,1 та 109,4 см відповідно. На варіантах обробки лише одного насіння показники висоти рослин були дещо нижчими. Слід відзначити, що варіювання висоти залежно від застосування регуляторів росту було більшим у сорту Ослава 101,0–107,7 см, тоді як у сорту Біла принцеса лише в межах 103,4–104,9 см. Мінімальні значення було отримано на контролі: у Білої принцеси 103,4 см, у Ослави 101,0 см.

За сприятливих умов (достатня кількість тепла і вологи, сортові особливості) гірчиця схильна до дуже сильного розгалуження, утворюючи до 60 гілок (першого–п'ятого порядку). За несприятливих умов і за суцільного способу посіву вона наближається до типу одностеблових рослин, утворюючи тільки 1–2 гілки першого порядку. У наших дослідках максимальна кількість гілок I-го порядку виявлена за комбінованого внесення регулятора росту Біофордж (насіння + позакоренево) – у Ослави – 5,4 шт, у Білої принцеси до 5,7 шт.

Основною складовою проходження процесу фотосинтезу є асиміляційна поверхня та вміст хлорофілу. Доведено, що застосування регуляторів росту підвищувало основні фотосинтетичні показники. Визначивши площу листової поверхні визначали методом висічок встановлено, що максимальні значення площі листової поверхні було отримано за застосування Агрінос – 43,8 та Біофордж – 44,7 тис. м. кв. У середньому на варіантах сорту Біла принцеса було сформовано 42,3 тис. м. кв, а сорту Ослава 40,7 тис. м. кв фотосинтетичної поверхні. Максимальну площу листової поверхні для Білої принцеси виявлено за комплексного застосування Агріносу – 47,1 та Біофорджу – 49,37 тис. м. кв; для сорту Ослава: Регоплану – 43,9 та 44,8 тис. м. кв. Щодо сорту Ослава, то слід відзначити високу ефективність за позакореневого внесення Фаст старту (44,88 тис. м. кв).

Біохімічні аналізи на спектрофотометрі ULAB 102 виявили, що вміст хлорофілів а та b у сорту Ослава був вищим і становив – 1,64 мг/г порівняно з 1,51 мг/г у сорту Біла принцеса. Слід відзначити підвищення цього показника за позакореневого внесення (1,59 мг/г) та комплексної обробки насіння та позакореневого внесення (1,60 мг/г). Серед регуляторів росту найвищого вмісту хлорофілів було виявлено за застосування Біофордж (1,64 мг/г), Фаст старт (1,64 мг/г) та Регоплан (1,65 мг/г).

За 2019–2021 рр. найбільшу кількість плодів було сформовано у сорту Біла принцеса – 90,8 шт., а у Ослави – 89,5 шт. Нами виявлено істотне підвищення цього показника за позакореневого внесення (на 2,1 шт.) та комплексного внесення (на 2,8 шт.). Максимальну кількість стручків було виявлено в сорту Біла принцеса за комплексного застосування (насіння та позакореневого внесення) Біофордж – 96,1 шт.

Індивідуальна продуктивність за масою насіння з однієї рослини у сорту Біла принцеса в середньому становила – 1,46 г, тоді як Ослава – 1,4 г. Застосування регуляторів росту обумовило суттєве підвищення цього показника. Так, середній показник за обробки насіння – 1,4 г; позакореневого

внесення – 1,44 г; обробки насіння та позакореневого внесення 1,47 г, що суттєво більше, ніж на контролі (1,25 г). Максимальну масу насіння з однієї рослини було отримано за застосування Агрінос – 1,51 г та Біофордж – 1,54 г. Слід відзначити, що лідером серед досліджуваних варіантів є комплексне застосування (обробка насіння та позакореневе підживлення) Біофордж для сорту Біла принцеса – 1,7 г. Найбільший вплив на формування індивідуальної продуктивності гірчиці білої у середньому за 2019–2021 рр. мав фактор «погодні умови» – 68,2 %, а фактор «регулятори росту» – 18,5 %.

За результатами трирічних досліджень вищу врожайність отримали у сорту Біла принцеса (1,97 т/га). Урожайність сорту Ослава була 1,89 т/га. Прибавка врожаю на варіантах використання регуляторів росту зокрема: за обробки насіння – 0,2 т/га; позакореневого внесення – 0,26 т/га; обробки насіння та по вегетації – 0,29 т/га. У розрізі регуляторів росту «фактор С» для сорту Біла принцеса істотно більший врожай було зібрано за використання Агрінос (2,15 т/га), Фаст старт (2,20 т/га) та Біофордж (2,29 т/га). Для сорту Ослава більш ефективним було позакореневе внесення Агрінос (2,01 т/га), Антистрес (2,02 т/га), Регоплан (2,04 т/га) та Фаст стар (2,08 т/га). У середньому по досліді для двох сортів максимальну врожайність понад 2,0 т/га отримали на варіантах за використання Фаст старт (2,0 т/га); Агрінос (2,03 т/га) та Біофордж (2,08 т/га). За результатами проведеного дисперсійного аналізу найбільш вагомий вплив мали погодні умови (67,8 %). Максимальну врожайність було сформовано в 2021 році – 2,22 т/га. Неприятливі умови 2019 р. обумовили формування найменшого врожаю – 1,7 т/га. Умови 2020 року дозволи реалізувати свій потенціал посівам гірчиці білої на рівні – 1,82 т/га. У розрізі сортів: Біла принцеса в 2019 р. – 1,73 т/га; у 2020 р. – 1,85 т/га; у 2021 р. – 2,26 т/га. Сорт Ослава сформував 1,67; 1,78 та 2,18 т/га насіння відповідно.

Установлено, що за показником маси 1000 шт. насінин сорти істотно не відрізнялись (Біла принцеса – 4,72 г; Ослава – 4,73 г). Виявлено істотне підвищення крупності насіння за застосування регуляторів росту (4,64–4,83 г)

поряд з контролем (4,5 г). Виявлено сортові особливості ефективності регуляторів росту, зокрема: у сорту Біла принцеса кращими були варіанти за застосування Біофордж (5,12 г), а у сорту Ослава – Регоплан (5,01 г) та Біофордж (5,1 г). Водночас застосування одноразового підживлення Фаст старт по вегетації рослин сорту Ослава забезпечило формування насіння з масою 1000 шт – 5,07 г. На формування показника маси 1000 шт. розраховано найбільший вплив регуляторів росту – 32,2 %. Погодні умови мали вплив на рівні 27,0 %; способи застосування PPP – 11,4 %.

За результатами біохімічного аналізу, проведеного на інфрачервоному аналізаторі SupNir 2700, виявлено, що в середньому найвищий вміст олії в насінні формували сорти Біла принцеса – 30,4 % з варіюванням у межах 29,4–31,6 %. У сорту Ослава олійність дорівнювала 29,6 % і змінювалась в межах 28,4–31,1 %. У середньому за дослідом відмічена незначна тенденція до підвищення олійності насіння за застосування регуляторів росту (29,8–30,4 %) порівняно з контролем (28,9 %). Залежно від регулятора росту максимальний вміст олії (понад 30,0 %) формувалася на варіантах за використання Регоплану (30,2 %); Фаст старт (30,4 %); Біофордж (30,6 %) та Стимуляте (31,0 %).

Розраховано вищий збір олії у сорту Біла принцеса (0,6 т/га) порівняно із сортом Ослава (0,56 т/га). Отримано істотну прибавку на рівні 0,08–0,11 т/га за застосування регуляторів росту порівняно з контролем, де було сформовано 0,49 т/га олії. У середньому в розрізі досліджуваних регуляторів росту для сорту Біла принцеса більш ефективним за виходом олії було застосування Фаст старт (0,69 т/га) та Біофордж (0,71 т/га). У сорту Ослава істотно вищий вихід олії було отримано за використання Агрінос (0,6 т/га), Регоплан (0,6 т/га) та Біофордж (0,63 т/га). Вище зазначений біологічний вихід олії отримано за комплексного застосування регуляторів росту.

Найбільш енергетично ефективним є вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневого внесення регуляторів росту Агрінос ( $K_{ce} - 3,03$ ) та Біофордж ( $K_{ce} - 3,08$ ). Слід відзначити високий

коефіцієнт енергетичної ефективності за позакореневого застосування Фаст старт (3,07). У сорту Ослава вищі рівні енергетичної ефективності отримано за позакореневого застосування Агрінос ( $K_{ee} - 2,9$ ), Антистрес ( $K_{ee} - 2,9$ ), Регоплан ( $K_{ee} - 2,92$ ) та Фаст старт ( $K_{ee} - 2,96$ ).

Аналіз показників економічної ефективності виявив, що максимальна маса прибутку (понад 24 тис. грн/га.) була отримана за вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту Біофордж, Фаст старт та Агрінос за рентабельності понад 140 %. Сортові особливості Ослави обумовили вищу ефективність позакореневого застосування Агрінос та Регоплан. За застосування даних препаратів прибуток з одного гектара становив понад 22 тис. грн/га а рівні рентабельності 137 та 139 % відповідно.

За результатами проведених досліджень для підвищення продуктивності, економічних та біоенергетичних показників вирощування гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України технологія повинна передбачати застосування регуляторів росту, зокрема для сорту Біла принцеса обробку насіння ( $ВВСН_{00}$ ) та в період вегетації ( $ВВСН_{14-18}$ ): регулятором росту Біофодж, Фаст старт або Агрінос для сорту Ослава позакореневе внесення ( $ВВСН_{14-18}$ ) Агрінос або Регоплан.

**Ключові слова:** гірчиця, сидерат, сорти, регулятори росту, добрива, обробка, позакореневе внесення, площа листкової поверхні, продуктивність, урожайність, якість, економічна та енергетична ефективність.



## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у міжнародних наукових базах Скопус (Scopus):

1. Jia P., Melnyk A., Li L., Kong X., Dai H., Zhang Z., **Butenko S.** Effects of grought and rehydration on the growth and physiological features of mustard seedlings. *Journal of Central European Agriculture*. 2021. 22(4). P. 836- 847.

DOI:<https://doi.org/10.5513/JCEA01/22.4.3246>.

2. Jia P., Melnyk A., Zhang Z., **Butenko S.**, Kolosok V. Effects of seed pre-treatment with plant growth compound regulators on seedling growth under drought stress. *Agraarteadus*.2021. 32(2). P. 251–256.

DOI: <https://doi.org/10.15159/jas.21.35>.

3. **Sergey Butenko**, Andrii Melnyk, Tetiana Melnyk, Peipei Jia, Volodymyr Kolosok. Influence of Growth Regulators with Anti–Stress Activity on Productivity Parameters of *Sinapis alba* L. *Journal of Ecological Engineering* 2022, 23(9), 128–135.

DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/151780>.

### Статті в наукових фахових виданнях України:

4. **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей. Вплив регуляторів росту рослин на якість насіння гірчиці в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 10–18.

DOI: <https://doi.Org/10.32851/2226-0099.2022.124.2>.

### Тези наукових доповідей:

5. **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей. Перспективи вирощування гірчиці озимої в умовах північно-східного лісостепу України: *матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції* (с. Олександрівка

Дніпропетровська обл., Україна 27 листопада 2018 р.). 2018. С. 93.

6. Мельник А. В., **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей. Перспектививикористання регуляторів росту з антистресовою дією для олійних культур родини *Brassicaceae* за умов зміни клімату в лівобережному лісостепу України. *Науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство»* (Миколаїв, 10–12 квітня 2019 р.). Миколаїв, 2019. С. 212.

7. Melnyk A. V., Jia Peipei, **Butenko S. O.** Effect of seed treatment with plant growth regulators on germination of mustard seeds. *Міжнародна науково-практична конференція «Гончарівські читання»* (Суми, 24–25 травня 2019 р.). Суми, 2019. С. 81.

8. Melnyk A. V., Jia P., **Butenko S. O.** The role of melatonin in salt stress on mustard: *матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»* (Суми, 25–26 травня 2020 р.). Суми, 2020. С. 99.

9. **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей, Колосок В. Г. Особливості використання фотосинтетично активної радіації рослинами гірчиці ярої в умовах Лівобережного Лісостепу України: *матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»*. Суми, 2021. С. 78–79.

10. Melnyk A., Jia P., **Butenko S.** Effect of Seed treatment with Plant Growth regulators under Stress conditions in Mustard: *матеріали Міжнародної науково-практичній конференції «Розвиток аграрної галузі на впровадження наукових розробок у виробництво»*. (Миколаїв, 18 листопада 2021 р.). Миколаїв: МНАУ, 2021. С. 80–81.

11. **Бутенко С. О.** Якість насіння гірчиц і білої при застосуванні регуляторів росту рослин в умовах лівобережного лісостепу України: *матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»*, 2022. С. 62.

## ABSTRACT

*Butenko S. O.* Varietal features of the performance formation of white mustard according to growth regulators with anti-stress effect under the conditions of the northeastern Forest-steppe of Ukraine. – Manuscript.

Thesis for a Doctor of Philosophy in agronomy – Specialty 201 – Agronomy. – Sumy National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine. – Sumy, 2022.

**The rationale for choosing the research topic.** The oil and fat industry of our country is a defining component of agribusiness and the main source of filling the budget, which is extremely important under current conditions. The prospects for its development are based on ensuring internal needs and increasing the demand of the foreign market. This is due to the growth of the total planet's population and a reorientation in the nutrition structure of the population of economically developed countries from animal to vegetable fats. At the same time, in the course of the biologization of modern agriculture, the dominant role of *Sinapis alba L.* as the main siderate crop capable of balancing the nutrient regime of the soil and having phytocidal properties is noted.

Another component of the relevance of the selected studies is the tendency for temperature fluctuations both within one day (+20–30 °C during the day and 10–15 °C at night) and during the growing season (a hot period over +30 °C lasting 20–30 days). At the same time, it is worth noting the absence of precipitation, which creates stressful conditions for the crop vegetation. It should also be noted that most chemical pesticides are quite toxic substances, therefore, alongside their main function (protection of plants from diseases and pests, weeds), they cause a stress load on a cultivated crop.

Therefore, the dynamic growth of demand for vegetable oil, the greening of agriculture, modern challenges of climate change, and the increasing frequency of occurrence of stressful conditions both in the world and in Ukraine determine the relevance of the use of growth regulators with anti-stress effect, in particular, on white mustard (*Sinapis alba L.*).

**The scientific novelty of the obtained results.** For the first time, comprehensive research was conducted on the study of the influence of growth regulators on the growth and development of white mustard according to varietal characteristics under the conditions of the northeastern Forest-steppe of Ukraine. The technology of growing white mustard *has been optimized* for the conditions of the northeastern Forest-steppe of Ukraine. The issue of the influence of weather conditions on growth, development, performance indicators, structure and quality of the yield, and oil content according to the variety, application of methods and types of growth regulators with anti-stress effect *has been further developed*. The economic and energy efficiency of growing white mustard when using growth regulators with anti-stress effect *has been substantiated*.

**The practical significance of the obtained results.** The technology of growing white mustard, which ensured seed yields of 2.05 and 2.20 t/ha, respectively, was recommended for production. The main elements of the research passed production verification and were implemented in the farms of the Sumy and Poltava regions, in particular, in LLC “LSK-11” and FE “Rodyna – 2017” on a total area of 40 hectares. Their effectiveness has been confirmed, namely: conditional net profit is 6050 and 8020 UAH/ha; profitability of production is 115.5-136.0%.

The thesis provides a theoretical generalization and a new solution to the scientific problem of optimizing the elements of white mustard cultivation technology for the conditions of the northeastern Forest-steppe of Ukraine. The influence of methods of application and types of plant growth regulators on the productivity of white mustard varieties under the conditions of the northeastern Forest-steppe of Ukraine was studied.

The results of research by domestic and foreign scientists regarding the expediency and impact of the use of growth regulators on mustard performance have been analyzed. The significance of the use of plant growth regulators to stabilize the development and formation of mustard performance under modern

climate changes and the occurrence of stressful situations in Ukraine has been summarized.

According to the analysis of weather conditions, in terms of moisture level, the conditions of the growing season in 2019 were insufficient ( $K_s=-0.5$ ), in particular, the biggest deficit was in April and July ( $K_s=-0.6$ ). In terms of precipitation, 2020 was dry, but with conditions close to normal ( $K_s=-0.2$ ), the greatest lack of precipitation was observed in April ( $K_s=-1.1$ ) and August ( $K_s=-1.4$ ). It is worth noting that there was enough precipitation during the growing season of 2021 ( $K_s=0.3$ ). May ( $K_s=1.2$ ) and June ( $K_s=0.7$ ) were characterized by the highest humidity. On average, during the years of the research, a slight decrease in rainfall was calculated compared to the long-term average ( $K_s=-0.1$ ). The most pronounced deficit was found in July and August ( $K_s=-0.9$ ).

The morphometric parameters of the studied varieties varied according to the methods and types of growth regulators. In particular, the highest plants were Bioforge and Regoplan for the seed treatment and vegetation growth regulators. On average, the Bila Pryntsesa variety is 108.4 and 109.5 cm, and the Oslava variety is 109.1 and 109.4 cm, respectively. The plant height indicators were slightly lower in the variants of only seed treatment. It is worth noting that the variation in height according to the use of growth regulators was greater in the Oslava variety 101.0–107.7 cm, while in the Bila Pryntsesa variety it was only within 103.4–104.9 cm. The minimum values were obtained in the control: Bila Pryntsesa had 103.4 cm, Oslava – 101.0 cm.

Under favorable conditions (enough heat and moisture, varietal characteristics), mustard is prone to very strong branching, forming up to 60 branches (first-fifth order). Under unfavorable conditions and with a continuous method of sowing, it approaches the type of single-stemmed plants, forming only 1-2 branches of the first order. In our experiments, the maximum number of branches of the 1st order was found with the combined application of the Bioforge growth regulator (seeds + foliar) – 5.4 pcs. in Oslava, up to 5.7 pcs. in Bila Pryntsesa.

The main component of the photosynthesis process is the assimilation surface and the chlorophyll content. It has been proved that the use of growth regulators increased the main photosynthetic indicators. Having determined the area of the leaf surface by the method of cuttings, it was established that the maximum values of the area of the leaf surface were obtained with the use of Agrinos – 43.8 and Bioforge – 44.7 thousand square meters. On average, 42.3 thousand square meters of the photosynthetic surface was formed on the variants of the Bila Pryntsesa variety, and 40.7 thousand square meters of the Oslava variety. The maximum leaf surface area for the Bila Pryntsesa was found with the complex application of Agrinos – 47.1 and Bioforge – 49.37 thousand square meters; for the Oslava variety: Regoplanu – 43.9 and 44.8 thousand square meters. As for the Oslava variety, the high efficiency with the foliar application of Fast Start (44.88 thousand square meters) should be noted.

Biochemical analyzes on a spectrophotometer ULAB 102 revealed that the content of chlorophylls a and b in the Oslava variety was higher. It was 1.64 mg/g compared to 1.51 mg/g in the Bila Pryntsesa variety. It is worth noting that this indicator increased with the foliar application (1.59 mg/g) and the complex seed treatment and foliar application (1.60 mg/g). Among the growth regulators, the highest content of chlorophylls was found when using Bioforge (1.64 mg/g), Fast Start (1.64 mg/g), and Regoplan (1.65 mg/g).

In 2019–2021, the largest number of fruits was formed in the Bila Pryntsesa variety – 90.8 pcs., and in Oslava – 89.5 pcs. We found a significant increase in this indicator for foliar application (by 2.1 units) and complex application (by 2.8 units). The maximum number of pods were found in the Bila Pryntsesa variety with the complex application (seeds and foliar application) Bioforge – 96.1 pcs.

Individual productivity by the weight of seeds from one plant in the Bila Pryntsesa variety was on average – 1.46 g, while Oslava – 1.4 g. The use of growth regulators led to a significant increase in this indicator. So, the average rate for seed processing is 1.4 g; foliar application is 1.44 g; treatment of seeds and foliar application of 1.47 g, which is significantly more than in the control (1.25 g). The

maximum weight of seeds from one plant was obtained with the use of Agrinos – 1.51 g and Bioforge – 1.54 g. It is worth noting that the leader among the studied variants is the complex application (the seed treatment and foliar feeding) Bioforge for the Bila Pryntsesa variety – 1, 7 g. The “weather conditions” factor - 68.2% had the greatest influence on the formation of individual performance of white mustard on average for 2019-2021 and the “growth regulators” factor was 18.5%.

According to the results of the three-year research, the highest yield was obtained from the Bila Pryntsesa variety (1.97 t/ha). The yield of the Oslava variety was 1.89 t/ha. An increase in yield on variants for using growth regulators was, in particular: for the seed treatment – 0.2 t/ha; foliar application – 0.26 t/ha; seed treatment and vegetation – 0.29 t/ha. In terms of “factor C” growth regulators for the Bila Pryntsesa variety, a significantly higher yield was obtained using Agrinos (2.15 t/ha), Fast Start (2.20 t/ha), and Bioforge (2.29 t/ha). For the Oslava variety, the foliar application of Agrinos (2.01 t/ha), Antistress (2.02 t/ha), Regoplan (2.04 t/ha), and Fast Star (2.08 t/ha) was more effective. On average, according to the experiment, for the two varieties, the maximum yield of more than 2.0 t/ha was obtained on the variants using Fast Start (2.0 t/ha), Agrinos (2.03 t/ha), and Bioforge (2.08 t/ha). According to the results of the variance analysis, weather conditions had the most significant influence (67.8%). The maximum yield was formed in 2021 – 2.22 t/ha. Unfavorable conditions in 2019 resulted in the formation of the smallest yield – 1.7 t/ha. The conditions of 2020 allowed for the cultivation of white mustard to fulfill its potential at the level of 1.82 t/ha. By varieties: Bila Pryntsesa in 2019 – 1.73 t/ha; in 2020 – 1.85 t/ha; in 2021 – 2.26 t/ha, the Oslava variety formed 1.67; 1.78 and 2.18 t/ha of seeds, respectively.

It has been established that according to the mass index of 1000 pcs., the seeds of the varieties did not differ significantly (Bila Pryntsesa – 4.72 g; Oslava – 4.73 g). A significant increase in the size of the seeds with the use of growth regulators (4.64-4.83 g) along with the control (4.5 g) was revealed. Varietal features of the effectiveness of growth regulators were revealed, in particular: in the Bila Pryntsesa variety, the best options were for the use of Bioforge (5.12 g),

and in the Oslava variety for Regoplan (5.01 g) and Bioforge (5.1 g). At the same time, the application of a one-time Fast Start during the vegetation of plants of the Oslava variety ensured the formation of seeds with a weight of 1000 pcs. weight – 5.07 g. The greatest influence of growth regulators on the formation of 1000 pcs weight indicator was calculated at 32.2%. Weather conditions influenced at the level by 27.0%; ways of using growth regulators by 11.4%.

According to the results of the biochemical analysis carried out on the infrared analyzer SupNir 2700, on average, the highest oil content in the seeds was formed by the Bila Pryntsesa variety – 30.4% with a variation in the range of 29.4–31.6%. In the Oslava variety, the oil content equaled 29.6% and varied between 28.4–31.1%. On average, according to the experiment, a slight tendency to increase the oiliness of seeds with the use of growth regulators (29.8–30.4%) compared to the control (28.9%) was noted. Depending on the growth regulator, the maximum oil content (over 30.0%) was formed on the variants using Regoplan (30.2%), Fast start (30.4%), Bioforge (30.6%), and Stimulate (31.0%).

A higher oil yield was calculated for the Bila Pryntsesa variety (0.6 t/ha) compared to the Oslava variety (0.56 t/ha). A significant increase was obtained at the level of 0.08–0.11 t/ha with the use of growth regulators compared to the control, where 0.49 t/ha of oil was formed. On average, among the studied growth regulators for the Bila Pryntsesa variety, Fast Start (0.69 t/ha) and Bioforge (0.71 t/ha) were more effective in terms of oil yield. In the Oslava variety, a significantly higher oil yield was obtained using Agrinos (0.6 t/ha), Regoplan (0.6 t/ha), and Biforge (0.63 t/ha). The above-mentioned biological yield of oil is obtained with the complex application of growth regulators.

The most energetically efficient is the cultivation of white mustard of the Bila Pryntsesa variety with the seed treatment + foliar application of growth regulators Agrinos (Kee – 3.03) and Bioforge (Kee – 3.08). The high coefficient of energy efficiency for the foliar application of Fast Start (3.07) should be noted. In the Oslava variety, higher levels of energy efficiency were obtained with the foliar



application of Agrinos (Kee – 2.9), Antistress (Kee – 2.9), Regoplan (Kee – 2.92), and Fast start (Kee – 2.96).

The analysis of economic efficiency indicators revealed that the maximum amount of profit (over UAH 24,000/ha) was obtained for the cultivation of white mustard of the Bila Pryntsesa variety for the seed treatment + foliar application of growth regulators of Bioforge, Fast Start, and Agrinos with profitability of over 140%. Varietal features of Oslava determined the higher efficiency of foliar application of Agrinos and Regoplan. With the use of these chemicals, the profit from one hectare was more than UAH 22,000/ha, and the profitability levels were 137 and 139%, respectively.

According to the research conducted to increase the productivity, economic and bioenergetic indicators of growing white mustard under the conditions of the northeastern Forest-steppe of Ukraine, the technology should provide for the use of growth regulators, in particular, for seed treatment (BBCH00) of the Bila Pryntsesa variety and during the growing season (BBCH14–18): with growth regulators of Biofodge, Fast Start, or Agrinos, for the Oslava variety, the foliar application (BBCH14–18) of Agrinos or Regoplan.

**Keywords:** mustard, siderate, varieties, growth regulators, fertilizers, treatment, foliar application, leaf surface, productivity, yield, quality, economic and energy efficiency.

## З М І С Т

ВСТУП		21
РОЗДІЛ 1.	НАРОДНОГОСПОДАРСЬКЕ ЗНАЧЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КУЛЬТУРИ	25
1.1.	Історія та на народногосподарське значення використання гірчиці	25
1.2.	Ботанічна характеристика та біологічні особливості гірчиці	30
1.3.	Основні складові технології вирощування гірчиці	32
1.4.	Особливості системи удобрення за вирощування гірчиці	37
1.5.	Використання регуляторів росту для підвищення продуктивності та толентності до стресових факторів за вирощування гірчиці	46
	Висновки до розділу 1	54
	Список використаних джерел до розділу 1	55
РОЗДІЛ 2.	УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	71
2.1.	Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень	71
2.2.	Об'єкт, схема та методика проведення досліджень	76
	Висновки до розділу 2	83
	Список використаних джерел до розділу 2	84
РОЗДІЛ 3.	ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ СОРТІВ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ( <i>Sinapis alba</i> L.)	86

		19
	Висновки до Розділу 3	107
	Список використаних джерел до розділу 3	109
РОЗДІЛ 4.	ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА УРОЖАЙ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ( <i>Sinapis alba</i> L.)	112
	Висновки до Розділу 4	125
	Список використаних джерел по Розділу 4	127
РОЗДІЛ 5	ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, СПОСОБУ ОБРОБКИ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ	131
5.1.	Оцінка енергетичної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту	131
5.2.	Оцінка економічної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту залежно від регуляторів росту з антистресовою дією	135
	Висновки до розділу 5	140
	Список використаних джерел до розділу 5	141
	ВИСНОВКИ	142
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	145
	ДОДАТКИ	146

## СКОРОЧЕННЯ

**РРР** – регулятори росту рослин

**ПЛП** – площа листової поверхні

**ГТК** – гідротермічний коефіцієнт Селянинова

**РНК** – рибонуклеїнова кислота

**КС** – коефіцієнт суттєвості відхилень

**НІР** – найменша істотна різниця

## ВСТУП

*Обґрунтування вибору теми дослідження.* Олійно-жирова промисловість нашої країни є визначальною складовою агропромислового комплексу і головним джерелом наповнення бюджету, що є надзвичайно важливим за умов сьогодення. Перспективи її розвитку базуються на забезпеченні внутрішніх потреб та підвищенні попиту зовнішнього ринку. Це зумовлено зростанням загальної кількості населення планети та переорієнтацією у структурі харчування населення економічно розвинених країн із тваринних жирів на рослинні. Водночас за сучасної біологізації землеробства наявна домінуюча роль *Sinapis alba* L. як основної сидератної культури, здатної, маючи фітоцидні властивості, збалансувати поживний режим ґрунту.

Ще однією складовою актуальності вибраних досліджень є наявна тенденція до коливання температур як у межах однієї доби (+20–30 °С вдень та 10–15 °С вночі), так і протягом вегетаційного періоду (спекотний період понад +30 °С тривалістю 20–30 діб). Водночас слід відзначити відсутність опадів, що реально формують стресові умови для вегетації с.-г. культур. Також зазначимо, що більшість хімічних пестицидів є достатньо токсичними речовинами, тому, окрім своєї основної функції (захисту рослин від хвороб та шкідників, бур'янів), дають стресове навантаження на культурну рослину.

Отже, динамічне зростання попиту на рослинну олію, екологізація землеробства, сучасні виклики зміни клімату та зростання кратності виникнення стресових умов як у світі, так і в Україні обумовлюють актуальність застосування регуляторів росту з антистресовою дією, зокрема на гірчиці білій (*Sinapis alba* L.).

Науково-дослідна робота виконана за завданнями тематичних планів та у рамках державних наукових тем Сумського національного аграрного університету на 2019–2021 рр. – «Оптимізація елементів технології вирощування гірчиці в умовах північно-східного Лісостепу України»,

державний реєстраційний номер 0115U001051, та «Розробити сучасні способи ідентифікації стресу сільськогосподарських і лісових культур та шляхи його зниження», державний реєстраційний номер 0121U113642.

**Метою** досліджень є визначення впливу способів застосування та видів регуляторів росту рослин на продуктивність сортів гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України.

Відповідно до поставленої мети було заплановано вирішити такі **завдання:**

- Визначити показники росту і розвитку гірчиці білої залежно від сортових особливостей.
- Виявити закономірності формування продуктивності рослин гірчиці білої залежно від способів застосування та видів регуляторів росту рослин.
- Визначити вплив способів застосування та видів регуляторів росту рослин добрив на врожайність та якість насіння гірчиці білої.
- Розрахувати економічну та енергетичну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування гірчиці білої.

**Об'єкт дослідження** – процес формування продуктивності рослин гірчиці білої залежно від способів застосування та видів регуляторів росту рослин.

**Предмет дослідження** – гірчиця біла (сорта Біла принцеса, Ослава), способи застосування та види регуляторів росту рослин, морфологічні параметри, показники продуктивності, погодні умови, економічна та енергетична ефективність досліджуваних елементів технології вирощування.

**Методи дослідження.** Під час проведення досліджень застосовували загальнонаукові (аналіз, синтез, гіпотеза, узагальнення) та спеціалізовані (агрономічні) методи дослідження. Візуальний – для фенологічних спостережень за фазами розвитку гірчиці; вимірювально-вагові – для визначення висоти, кількості гілок 1-го порядку, площі листової поверхні, маси 1 000 шт. насінин, індивідуальної продуктивності рослин; біохімічні –

для визначення вмісту хлорофілу в листках та олії в насінні; статистичний – для дисперсійного та кореляційного аналізу отриманих результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної та енергетичної ефективності використання регуляторів росту рослин з антистресовою дією для вирощування сортів гірчиці білої (*Sinapis alba* L.).

**Наукова новизна одержаних результатів.** *Уперше* проведені комплексні дослідження щодо вивчення впливу регуляторів росту на ріст та розвиток гірчиці білої залежно від сортових особливостей в умовах північно-східного Лісостепу України. *Оптимізовано* технологію вирощування гірчиці білої для умов північно-східного Лісостепу України. *Набули подальшого розвитку* питання впливу погодних умов на особливості росту, розвитку, показники продуктивності, структури та якості врожаю, вмісту олії залежно від сорту, застосування способів та видів регуляторів росту з антистресовою дією. *Обґрунтовано* економічну та енергетичну ефективність вирощування гірчиці білої за використання регуляторів росту з антистресовою дією.

**Практичне значення одержаних результатів.** Виробництву рекомендовано технологію вирощування гірчиці білої, яка забезпечила врожайність насіння 2,05 та 2,20 т/га відповідно. Основні елементи досліджень пройшли виробничу перевірку і впроваджені в господарствах Сумської та Полтавської областей, зокрема в ТОВ «ЛСК-11» та ФГ «Родина – 2017» на загальній площі 40 га. Підтверджено їх ефективність, а саме: умовно чистий прибуток – 6050 та 8020 грн/га; рентабельність виробництва – 115,5–136,0 %.

**Особистий внесок здобувача** полягає у вивченні, узагальненні та систематизації світових та українських досліджень; виконанні всієї експериментальної частини роботи (польові та лабораторні дослідження), здійсненні математично-статистичної обробки даних, формулюванні висновків та рекомендацій виробництву. За участі наукового керівника автором узагальнено положення дисертаційної роботи, що виносяться на захист.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дослідження дисертації оприлюднено та обговорено на: II Всеукраїнській науково-практичній конференції (с. Олександрівка Дніпропетровська обл., 2018 р.); Міжнародних науково-практичних конференціях «Гончарівські читання» (м. Суми, 2019–2022 рр.); Науково-практичній конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство», (м. Миколаїв, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток аграрної галузі на впровадження наукових розробок у виробництво» (м. Миколаїв, 2021 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертації викладено в 11 наукових працях, із них статей у фахових виданнях України – 1; що входять до міжнародних наукометричних баз цитування Scopus – 3; тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях і симпозиумах – 7.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел і додатків. Матеріали роботи викладені на 180 сторінках друкованого тексту і містять 15 таблиць, 10 рисунків та 27 додатків. Список використаної літератури налічує 227 джерел, із яких 27 латиницею.



## РОЗДІЛ 1

### 1.1. Історія та народногосподарське значення використання гірчиці

Останнім часом в Україні збільшилась тенденція до вирощування нішевих олійних культур, зокрема гірчиці, оскільки на неї формується високий попит та тримається стабільна ціна. Ґрунтово-кліматичні умови нашої країни сприяють вирощуванню гірчиці практично на всій її території [108]. Але здебільшого посівні площі зосереджені в степовій зоні, хоча більшу врожайність можна отримати в зонах більшого зволоження – це Лісостеп та Полісся. Водночас спостерігається збільшення валового збору насіння гірчиці, тому посівні площі під культурою значно збільшуються [35, 37, 53, 78].

На сьогодні найпоширенішими для використання у виробництві є гірчиця сиза, або сарептська (*Brassica juncea* Czern), та гірчиця біла (*Sinapis alba* L), що належать до різних ботанічних родів. Зазначимо, що останнім часом усе більше в структурі посівних площ наших сільгоспвиробників починає використовуватися гірчиця чорна (*Brassica nigra* Koch), або французька [1, 30, 54].

Завдяки біолого-екологічним властивостям гірчиці сизої, а саме найбільшій посухостійкості та здатності формувати економічно доцільніші врожаї в зонах із посушливим кліматом, перевагу віддають саме їй. Тому й посівні площі гірчиці сарептської в основному знаходяться в степовій зоні. Гірчиця біла, навпаки, є більш вологолюбною рослиною, тому посівні площі під цієї культурою зосереджені в північно-західних областях нашої країни [8, 57, 114].

Гірчиця як олійна культура має велике господарське значення. Олія, яку виробляють з її насіння, за якістю не поступається соняшниковій. Насіння гірчиці білої містить від 30 до 40% слабовисихаючої олії, до 32% білка, до 1,1% ефірного масла, йодне число від 92 до 122 [141]. Олію гірчиці широко використовують в кондитерській, хлібопекарській промисловості,

перероблена макуха гірчиці є кормом для тварин. Макуха, отримана з гірчиці, містить до 40% концентрованих речовин та використовується на корм худобі. Гірчичний порошок, який отримують з макухи, використовують для виготовлення медичних гірчичників. Гірчиця також є хорошим медоносом, з одного гектара посівів гірчиці отримують до 100 кг високоякісного меду, це в два рази більше, ніж отримують на посівах соняшнику [56].

Гірчицю білу вирощують на зелений корм, висівають її в чистому вигляді або як суміш з іншими культурами. У 100 кілограмах зеленої маси гірчиці міститься 12 кормових одиниць та близько 1,5 кг перетравного білка. З-поміж рослин родини капустяних гірчиця є однією з екологічно пластичних культур. Вона є невибагливою до умов навколишнього середовища та росте майже на всіх видах ґрунту. Її коренева система проникає набагато глибше від орного шару, добре дренажує ґрунт, збільшуючи його водопроникність та аерацію, а її поживні залишки зменшують в ґрунті поширення багатьох захворювань, таких, як фітофтороз, кореневі гнилі, а ще вона є хорошим медоносом [9, 18, 20, 144].

Гірчиця біла дає високі врожаї зеленої маси, яку добре поїдають сільськогосподарські тварини. Це досить скоростигла культура, укісної стиглості вона досягає через 30–38 днів після появи сходів. Короткий вегетаційний період дозволяє вирощувати її в сівозмінах як проміжну високоврожайну культуру. Цінність післяжнивних посівів гірчиці білої полягає в тому, що вони не потребують великих затрат, це зумовлюється неглибокою та спрощеною обробкою ґрунту, низькою нормою висіву насіння та можливістю не збирати зелену масу, а випасати її тваринам [10, 81, 130].

У багатьох районах гірчицю білу на зелений корм вирощують самостійно або в суміші з бобовими. Цю культуру використовують для покращення кормової бази тваринництва та підвищення родючості ґрунтів. Сьогодні, коли застосування гною і мінеральних добрив вимагає великих затрат, варто звернути особливу увагу на такий дешевий і ефективний засіб

удобрення ґрунту, як сидеральні посіви культур, серед яких гірчиця є однією із найефективніших [42].

Ще з давніх часів гірчицю використовували в медицині як протилихоманковий засіб, при бронхітах та пневмонії, при зубному болю, а за часів Гіппократа гірчицю цінували як засіб від кашлю, для поліпшення травлення і апетиту [28].

Гірчицю вважають культурою азійського походження. До Європи вона потрапила з Індії завдяки появі торговельних зв'язків, але, як не дивно, спочатку ця рослина була поширена як бур'ян. Однак, за деякими даними, археологи зробили відкриття на території Німеччини, де знайшли артефакти з залишками насіння чорної гірчиці, це приблизно за 5 тис. років до н.е. До того ж ще здавна гірчицю культивували в Китаї, Єгипті та Передній Азії. [111].

Про гірчицю згадувалось ще в Талмуді та Новому заповіті, а рекомендації щодо її використання як приправи містяться у працях Колумели (I ст. н. е.). У документах Сан-Жерменського монастиря в Парижі, датованих 800 р., містяться записи про врожаї гірчиці та вказівки з розвитку культури.

Із записів Гіппократа та Діоскорида відомо про використання гірчиці в Давній Греції, а одна з найвідоміших легенд розповідає про так званий «дипломатичний» обмін між двома царями Олександром Македонським та Дарієм III. Згідно з легендою, перський цар відправив своєму противнику мішок з кунжутом, аби показати чисельність своєї армії, натомість Олександр передав усього вузлик гірчичних зерен, натякнувши на бойову імпульсивність своїх воїнів, хоч і меншу кількість. У результаті військо Дарія було розбито. Незважаючи на те що в Давній Греції гірчиця була досить популярною, в їжу її використовували просто розтертою. А от уже в Стародавньому Римі з неї почали робити справжню приправу, в яку ще також додавали оливкову олію, перець, мед та пряні трави.

У середні віки гірчиця була однією з найпопулярніших спецій в Європі, оскільки її використовували для поліпшення травлення, боротьби з болем,

застудою та іншими хворобами. Уже в X столітті гірчиця була дуже поширеною в Англії та Німеччині, а її виробництво досягало значних розмірів.

В Україні гірчицю почали культивувати приблизно у XVIII столітті, але, за словами науковців, можна стверджувати, що чорну гірчицю вирощували ще в Київській Русі разом із кропом та м'ятою. Перевагою гірчиці сизої порівняно з іншими видами є те, що стручки не так швидко розтріскуються і збір зерна є простішим. Але сучасні сорти гірчиці білої мають також стійкість до розтріскування і формують вищі врожаї за гірчицю сизу за умов достатнього зволоження. Середня врожайність насіння становить приблизно від 1,2 до 1,5 т/га, а врожай зеленої маси може досягати 20 т/га.

Дослідниками було встановлено, що вирощування гірчиці білої на добриво дає додаткове надходження в ґрунт поживних речовин. Вона, так само, як і ріпак, очищає ґрунт від збудників кореневих гнилей, які уражують зернові культури [55, 71, 92, 126]. Гірчицю як сидеральну культуру висівають після збирання зернових та овочевих культур. Кращими є літні строки сівби, бо утворюються стручки, а зелена маса швидко грубіє. Якщо ж проводити посіви в пізні строки, то рослини довгий період перебувають у фазі цвітіння. Сівба у більш ранні строки краща тим, що фази розвитку гірчиці збігаються з довгим світловим днем та більшою кількістю тепла, а це сприяє швидкому розвитку вегетативної частини рослин гірчиці та утворенню генеративних органів [18, 61, 130, 144].

Науковцям уже давно відомо про бактерицидні та фунгіцидні властивості гірчиці. Так, наприклад, шкодочинні гриби, які викликають хвороби, гинуть під їх дією. Фітонциди гірчиці можуть вбивати спори спорофітних та паразитних грибів, пригнічують ріст грибниці, це дозволяє використовувати її в боротьбі з грибними хворобами рослин. Поля, на яких гірчиця уражується хворобами, не слід засівати іншими культурами впродовж 5 років [7, 72, 90, 125].

Найбільше фітонциди продукуються під час цвітіння та утворення стручків, вони накопичуються переважно в молодих органах. Значна кількість фітонцидів міститься в насінні, бутонах та квітках, менше всього в стеблах. Найвища активність фітонцидів проявляється при ушкодженні рослин та на сонячному світлі.

Дослідження В. Бугайова показали, що гірчиця біла може очищати ґрунт від корневих гнилей, вона пригнічує розвиток попелиці, також є методом боротьби з нематодною інфекцією, пригнічує розвиток цист, личинки не можуть розвиватись та гинуть. Гірчиця також є природним знищувачем попелиць, тому її можна висівати смугами в посівах інших культур, які необхідно захистити від шкідників [18].

За сучасної технології вирощування гірчиця біла може давати такий врожай, який майже не поступається врожаю ріпаку [109, 110, 127]. З-поміж рослин родини капустяних гірчиця є однією з екологічно пластичних культур. Вона досить невибаглива до умов навколишнього середовища та росте майже на всіх видах ґрунту. Також вирощування гірчиці є досить дешевим та ефективним способом удобрення ґрунту, серед сидеральних культур гірчиця є однією з найефективніших. Важливо відмітити, що для вирощування гірчиці як сидерального добрива більше підійде гірчиця біла, оскільки порівняно з сизою вона утворює більше листків та інтенсивніше накопичує саму біомасу. Гірчиця чорна є одним із теплолюбних видів, а особливістю є те, що її можна вирощувати на сирих та болотистих ґрунтах [7, 54].

Серед позитивних чинників вирощування гірчиці для сучасних аграріїв можна назвати гарний вплив на подальше вирощування після неї зернових культур, оскільки гірчиця як попередник додає до 30% врожайності зернових [71].

Як відмічає П. Коротич, для України культура гірчиці є суто експортною, оскільки вироби з неї більше використовують в Західній Європі. Також в Україні є достатньо великі не тільки внутрішні, а й зовнішні ринки

збуту, такі, як американський, азіатський та європейський. Основним споживачем насіння гірчиці є Німеччина, яка закупляє до 6 тис. тонн кожного року [68].

## 1.2. Ботанічна характеристика та біологічні особливості гірчиці

Гірчиця біла (*Sinapis alba* L) належить до родини Хрестоцвіті, або ж Капустяні. Це однорічна трав'яниста рослина, яка має борознисте, сильно розгалужене прямостояче стебло, висотою від 25 до 80 см, покрите жорсткими волосками. Нижнє листя рослини ліроподібне, верхнє широкоовальне, складається з трьох часток, нижнє листя – черешкове, верхнє – короткочерешкове. Квіти гірчиці білої згруповані в грони довжиною до 30 см, мають жовте забарвлення.

Є три екотипи гірчиці білої: північний, який має довгий вегетаційний період, південний – він більше пристосований до степової зони, але менш продуктивний; середземноморський – це скоростиглий екотип, але менш врожайний та менших розмірів [21].

Корінь білої гірчиці стрижневий, веретеноподібний, проникає у ґрунт на глибину 1–1,5 м. Стебло висотою 55–90 см, розгалужене, вкрите шорсткими щетинистими волосками. Листки прикореневі, черешкові, ліроподібні, перисторозсічені, верхні – перисторозсічені, середні – менше розсічені, шорстковолосисті. У гірчиці суцвіття – китиця, квітки жовті або світло-жовті, з приємним запахом. Плід – стручок, який заповнений круглим, дрібним насінням, світло-жовтого кольору. Стручки можуть бути прямі або ж трохи зігнуті, покриті жорсткими волосками довжиною 2–5 см. Маса 1000 шт. насінин є сортовою особливістю та варіює від 4 до 8 г. Період вегетації гірчиці білої становить від 65 до 90 днів. Сходи починаються на 6–7 день після посіву, цвітіння настає через 30–40 днів. Гірчиця біла – це культура довгого дня, тому на півночі вона починає цвісти раніше, ніж на півдні. Це

культура факультативно самозапильна з частковим перехресним запиленням [105, 112].

Гірчиця біла досить холодо- та посухостійка рослина. Як більш вологолюбна та холодостійка культура вона може розміщуватися у північно-західних областях. Оптимальне вологозабезпечення для проходження вегетаційного періоду приблизно 350–450 мм. Насіння проростає вже за температури 1–2°C, сходи можуть переносити заморозки до – 6 °C, але дорослі рослини можуть пошкоджуватись вже за температури 7°C. Гірчиця біла порівняно з основними олійними культурами України більш стресостійка до температурного режиму. Вона може рости і на малородючих ґрунтах, підзолистих та слабозасолених, вона менш вибаглива до ґрунтів, ніж гірчиця сиза [71, 111].

Гірчиця сиза, або сарептська (*Brassica juncea* Czern), однорічна трав'яниста рослина родини Капустяні, походить зі Східного Китаю, де її ввели в культуру, а вже звідти вона потрапила до Індії. Стебло в гірчиці сизої прямостояче, гіллясте, висотою від 50 до 150 см. Листки цільні або ж кучеряво-перисті, середні за формою, сизуваті. Корінь гірчиці сизої може проникати в ґрунт до 3 метрів. Насіння має червонувато-коричневе, рідше жовте забарвлення. Квіти двостатеві, досить дрібні, зібрані в щиткоподібні суцвіття, до 12 мм у діаметрі, золотисто-жовтого кольору, період цвітіння припадає на квітень – травень. Розкриватися квітки починають з нижньої частини суцвіття. Плід у гірчиці стручок, циліндричної форми до 4 см у довжину, грубий, горбкуватий, має плоский мечоподібний носик, при дозріванні не розтріскується. Стулки у стручків гірчиці міцні та мають два човники, з тонкими прожилками. На стеблі стручки розташовуються під прямим кутом, але можуть бути дещо схилені донизу або ж доверху відносно осі. Насіння гірчиці білої округле, гладеньке, до 2 мм у діаметрі, блідо-жовтого кольору, має гіркуватий смак. Маса 1 000 шт. насінин до 6 г.

**Гірчиця чорна** (*Brassica nigra* Koch.). За своїми біологічними характеристиками гірчиця чорна дещо відрізняється від гірчиці білої. Вона

має більш розгалужене, прямостояче, голе стебло висотою до 120 см. Листки ростуть на довгих черешках, досить маленькі, верхні листки мають ланцетоподібну форму. Насіння схоже на насіння гірчиці білої, але має темне забарвлення, більш гіркий та гострий смак. Квіти дрібні, пелюстки блідо-жовтого кольору, утворюють рідкі гроноподібні суцвіття. Цвіте гірчиця чорна в червні та на початку липня. Гірчиця чорна може траплятись як бур'ян на городах, полях, у долинах річок, у природних умовах поширена по всій території країни [54].

### **1.3. Основні складники технології вирощування гірчиці**

Незалежно від виду гірчиці технологія її вирощування є досить подібною, за винятком деяких особливостей.

Внесення в сівозміну гірчиці доцільне, оскільки сільгоспвиробники отримують високі та сталі врожаї, що є економічно вигідним. Достатньо високі показники врожайності можна отримати вирощуючи гірчицю після таких попередників, як жито та пшениця, які висівають по удобреному пару, а також після удобрених просапних культур. Не рекомендується висівати гірчицю після інших культур родини капустяних, оскільки вони мають однакових шкідників та збудників хвороб, а повертати на попереднє місце вирощування можна лише через 4–5 років [39, 51].

Одним із найважливіших агрозаходів, від якого залежить рівномірність та своєчасність сходів, є підготовка ґрунту. Насамперед система заходів обробітку ґрунту має бути спрямована на збереження вологи та максимальне знищення бур'янів [1, 114, 117]. Основний та передпосівний обробіток ґрунту проводять з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та зони вирощування.

Для вирощування гірчиці підходить різний обробіток ґрунту – це може бути полицевий, безполицевий, мінімальний та нульовий [75]. Головна передумова обробітку – це передусім знищення бур'янів, а також



накопичення та збереження вологи в ґрунті (поверхня ґрунту має бути вирівняна та добре зволожена на глибині загортання насіння). Якщо поверхня не була вирівняна восени, то перед посівом необхідно провести боронування середніми або важкими боронами. Наприкінці вересня після збирання попередника необхідно провести лущення стерні та зяблеву оранку на глибину до 25 см. Якщо поле дуже забур'янене, то механічні заходи обов'язково поєднують з хімічними. Можна використовувати гербіциди суцільної дії, але їх вносять лише по вегетуючих бур'янах до проведення оранки, її здійснюють після проведення обробки гербіцидом приблизно через 2–3 тижні [107].

Потрібно також урахувати й те, що на початкових етапах розвитку рослин гірчиці відсутні придаткові корені, тому потрібно забезпечити утворення посівного ложа та дрібногрудкуватої структури ґрунту. Для росту та розвитку стрижневого кореня потрібен достатньо забезпечений вологою верхній шар ґрунту та добре розроблений, це також сприяє появі дружніх сходів. Якщо обробіток ґрунту недостатній, то врожайність гірчиці може знизитись на 20% і більше. Найсуттєвішим чинником, який забезпечує отримання стабільних гарантованих урожаїв, є достатнє забезпечення рослин вологою під час появи сходів та у критичні для культури періоди [91, 115].

Перед сівбою основним технологічним процесом є обробіток ґрунту, він зводиться до системи різноманітних прийомів, які мають позитивний вплив на подальший розвиток рослин. Значний вплив на щільність ґрунту чинить механічний обробіток, оскільки щільність зі свого боку сильно впливає на такі процеси, як поглинання вологи, газообмін у ґрунті та розвиток кореневої системи. Після обробітку ґрунт відразу ж стає більш пухкішим, зменшується його об'ємна маса та починається поступове ущільнення. За даними науковців, порівняно з оранкою після проведення поверхневого обробітку ґрунту його щільність збільшується на  $0,21 \text{ г/см}^3$  [3].

Оскільки гірчиця достатньо холодостійка та вологолюбна рослина, то висівають її в більш ранні строки одночасно з ярими зерновими культурами.

Якщо ж сівбу провести з запізненням, то це значно знизить врожайність приблизно до 20–40%. Під час сівби використовують добре відсортоване насіння, яке відповідає всім вимогам державного стандарту. Найбільш оптимальним способом сівби гірчиці є звичайний рядковий, з шириною міжрядь 15 см, норма висіву залежить від виду – приблизно 1,5 млн шт./га [16]. Якщо збільшується глибина загортання насіння, то потрібно збільшувати й норму висіву.

Строк сівби значно впливає на врожайність як насіння, так і вегетативної маси. Вищі врожаї формуються за літніх строків сівби. За вирощування гірчиці білої на зелений корм і силос в умовах північних районів висівають її впродовж усього червня, отримуючи при цьому високі врожаї зеленої маси. Кращим строком сівби при вирощуванні гірчиці білої на насіння за цих умов є ранньовесняний. Так, за висівання гірчиці білої 29 травня врожай насіння становив 11,2 ц/га, а 16 червня – 6,5 ц/га [127].

Дослідження Оксимець О. Л. показали, що ранньовесняні строки сівби та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{45}K_{15}$  забезпечують підвищення олійності до 33,8%, а вихід олії 570 л/га [87].

За пізніх строків значно знижується врожай гірчиці. Так, за сівби через 10 днів після дозрівання ґрунту урожай насіння становив 50%, через 20 днів – 25% порівняно з оптимальним строком. Установлено, що найкращими строками сівби гірчиці за цих умов є останні числа квітня і перша декада травня, тобто – строк висівання ярих колосових культур. Посів 30 квітня забезпечив врожайність 9 ц, а посів через 10 днів – 7,8 ц з гектара; ще нижчу урожайність отримано за сівби 1 червня – 7 ц з гектара [96].

Від вибору строків сівби значною мірою залежать ріст і розвиток рослин, їх стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища, шкідників та хвороб, величина та якість урожаю [32, 43, 81]. Рання сівба дає можливість ефективно використовувати зимові запаси вологи в ґрунті, продовжувати вегетаційний період. Надзвичайно важливим є те, що рання сівба затримує перехід у генеративну фазу розвитку та урожайність рослин

довгого світлового дня. У разі запізнення з сівбою рослини формують недостатньо розвинену кореневу систему, неефективно використовують вологу, формування репродуктивних органів припадає на несприятливі погодні умови [47, 64, 48].

Shorna S., Shastry A. займалися дослідженням урожайності насіння гірчиці за різних строків сівби та виявили, що ранній строк сівби та густина стояння рослин 232 тис. шт./га дозволяють сформувати найвищий врожай. Якщо ж змістити строки до більш пізніх та знизити густоту стояння рослин, це призведе до значного зниження урожайності та олійності [145].

За результатами досліджень в північно-східній частині Лісостепу України в 2015–2017 рр. встановлено, що найвища врожайність формувалася за I строку сівби за температури ґрунту 4–5°C у сорту Пріма – 1,86 т/га. Незначне зниження врожайності, зокрема – 1,75 т/га, спостерігалось за II строку сівби за температури ґрунту 6–7°C. Крім того, урожайність гірчиці сорту Пріма суттєво знижувалася і становила – 1,53 т/га за III строку сівби, при цьому температура ґрунту становила 8–9°C. Подібна тенденція встановлена у сорту Ретро. Максимальну врожайність було отримано за I строку сівби, а саме 1,76 т/га. Виявлено несуттєве зниження врожайності за II строку сівби – 1,67 т/га. До того ж суттєве зниження врожайності спостерігалось за III строку сівби – 1,46 т/га [44].

Іншими важливими елементами сучасної технології вирощування для створення оптимальних умов росту та розвитку культури є норма висіву та спосіб сівби [84, 91, 103, 107, 114, 121].

За результатами досліджень І. Кифорук та О. Бойчук виявлено, що вищу врожайність насіння (1,81 т/га) було зібрано за норми висівання 2,0 млн/га. У посівах із нормами 1,5 і 2,5 млн/га схожих насінин урожайність насіння знижувалася в середньому на 0,26 і 0,09 т/га (14,4 і 4,4 %) [103]. Як стверджує Ф. М. Мироненко, за рядкового способу сівби з шириною міжрядь 15 см найвищий врожай утворюється за норми висіву 2,0 млн шт. насінин на 1 га.

За результатами досліджень, проведених у Сумському НАУ, встановлено, що внесення добрив у нормі  $N_{30}P_{30}K_{30}$  збільшувало індивідуальну продуктивність гірчиці білої на 25%, у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на 36%, а у нормі  $N_{90}P_{90}K_{90}$  на 38%. Загущеність посіву на 0,5 млн шт./га (із початкових 1,0 млн шт./га) обумовлювало зниження продуктивності рослин на 9,5–65,0% відповідно [44, 84].

Отже, на сьогодні існуючі рекомендації норм висіву відрізняються, норми варіюють від 1,0–1,5 млн [45, 75, 107] до 2,5–3,0 млн схожих насінин на 1 га [64]. Але доведено, що оптимальна норма висіву для отримання товарного насіння має забезпечувати на час збирання густоту стояння 125–140 шт./м<sup>2</sup> [103].

Догляд за посівами – це комплекс заходів, спрямованих на появу дружніх сходів, захист від бур'янів, шкідників та хвороб. Після сівби для отримання дружніх сходів необхідно провести коткування. Якщо ж посіви дещо загущені, то використовують досходове боронування легкими зубоподібними боронами. Для захисту посівів від бур'янів застосовують гербіциди, дозволені до використання в Україні. Обов'язковим заходом при вирощуванні гірчиці є захист від збудників хвороб та шкідників. Ще на початку сівби роблять протруювання насіння. Якщо ж протруювання не робити, то за перевищення порогу шкодочинності шкідників необхідно провести обробку інсектицидами. А вже наприкінці бутонізації потрібно обробити посіви гірчиці проти капустияного, стеблового та насінневого прихованохоботника та ріпакового пильщика. У період цвітіння посіви може заселяти капустияна попелиця, тому теж необхідно провести крайову обробку.

Для збирання гірчиці використовують як пряме комбайнування, так і роздільний спосіб. Винятком є гірчиця сиза, яка при дозріванні досить швидко обсипається, тому її збирають тільки роздільним методом, скошуючи у валки на початку воскової стиглості [27, 33]. Роздільний спосіб також застосовують на дуже забур'яненних або ж на зріджених посівах. На чистих посівах використовують пряме комбайнування, вологість насіння має бути не

вище 15%, якщо ж гірчицю збирають роздільним способом, то посіви скошують у валки, вологість насіння може бути від 20 до 30%, підбирання валків проводять, коли вологість насіння становить 12%. Це бажано проводити у ранкові та вечірні години.

#### **1.4. Особливості системи удобрення за вирощування гірчиці**

Одним із головних чинників, який значно впливає на врожайність, є правильна система удобрення. Для формування 1 тонни насіння гірчиці необхідно до 60 кг азоту, 20–30 кг фосфору та приблизно від 35 до 60 кг калію [27, 102, 144].

Гірчиця добре реагує на азотно-фосфорні добрива, на кислих дерново-підзолистих ґрунтах ефективно використання мінеральних добрив разом із внесенням вапна. На чорноземах та каштанових ґрунтах основна доза внесення добрив становить  $N_{60}P_{60}$ , а органічні добрива потрібно вносити під попередника [103].

Дослідження показали, що найвищі рівні врожаїв отримано за повного мінерального удобрення, його зазвичай вносять під основний обробіток ґрунту. У зонах достатнього або ж надмірного зволоження вносять азотні добрива малими дозами в різні строки. Дози внесення регулюють за допомогою балансового методу, виходячи з родючості ґрунтів та стану посівів [46, 50, 95, 107].

Дози мінеральних добрив за вирощування гірчиці вносять з урахуванням вимог рослин до певних поживних речовин, наявності їх у ґрунті, а також коефіцієнтів використання та виносу запланованим врожаєм [24, 34, 87, 95, 123].

За результатами наукових досліджень можна підсумувати, що в Лісостеповій зоні внесення добрив залежить від забезпечення рослин вологою під час вегетації. За достатньої кількості опадів спостерігається значно краща реакція на основне внесення мінеральних добрив. Якщо ж у

критичні періоди для рослин родини капустяних буде недостатнє забезпечення вологою, то й ефективність добрив буде незначною [88, 123].

Водночас дослідження, проведені для цієї зони, виявили суттєве підвищення врожайності гірчиці сизої сорту Пріма за внесення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  до 1,89 т/га, що на 0,47 т/га більше порівняно з контрольним варіантом. Крім того, на варіанті з нормою добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 2,03 т/га було отримано максимальний врожай, що на 0,61 т/га більше порівняно з контрольним варіантом. Також встановлено, що у сорту Ретро спостерігалось суттєве підвищення врожайності на 0,41 і 0,53 т/га на варіантах із нормою добрив  $N_{30}P_{30}K_{30}$  і  $N_{60}P_{60}K_{60}$  порівняно з контрольним варіантом. Тож на обох варіантах різниця в урожайності між нормами добрив є несуттєвою [2, 82].

Одним із складників багатьох органічних сполук, амінокислот, білків, ферментів та регуляторів росту рослин є азот. Суха речовина рослинних решток містить до 5% азоту у своєму складі. До зниження продуктивності сільськогосподарських культур та погіршення якості врожаю призводить як нестача, так і надлишок азоту. Азот може рухатись по рослині, відтікати до молодих більш активних частин з уже утворених. Нестача цього елемента насамперед проявляється на зовнішньому вигляді листка, особливо на тому, яке вже закінчило свій ріст. Дефіцит проявляється у вигляді пожовтіння, оскільки через розкладання хлорофілу відбувається побуріння тканин та їх засихання. Також значно сповільнюється ріст стебла та кореневої системи [19, 87].

На рослини погано впливає як нестача, так і надлишок азоту, оскільки високі дози азоту впливають на якість олії та її вміст. Надмірна кількість внесеного азоту подовжує період вегетації та затримує дозрівання врожаю, тому деякі науковці вважають, що краще вносити азот за сівби в нормі  $N_{60}$ , решту вносити під час підживлення [59, 97].

Індійські науковці Джахалівал С., Шарма В, Шукла А. та ін., що досліджували вплив мінеральних добрив на врожайність та якість зерна гірчиці, встановили, що внесення азотних добрив дозою 150 кг/га сприяло

підвищенню врожайності до 1,2 т/га. Вміст білка в зерні підвищився, натомість олійність знизилась з 42,3% до 38,5% [133].

Повне мінеральне удобрення під зяблеву оранку вносять в нормі  $N_{45}P_{45}K_{45}$ . Оптимізувати норми внесення добрив можна за допомогою балансового методу, під час якого визначають вміст нітратів у ґрунті до сівби культури. За допомогою цього методу можна розраховувати кількість азоту, необхідну для отримання високих урожаїв. Також необхідно контролювати, щоб добрива в легкодоступній формі потрапляли в ґрунт безперервно, особливо в найважливіші стадії розвитку культури [94].

На основі досліджень, проведених В. П. Кирилюк та Т. М. Тимощук, можна зазначити, що в умовах Правобережного Лісостепу найвищу врожайність та прибуток отримано за застосування полиневої системи обробітку ґрунту та органо-мінерального фону удобрення. Найбільшу врожайність отримано саме за органо-мінерального удобрення із залишенням соломи попередника та внесення добрив у нормі  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , порівняно з мінеральним внесенням рентабельність зросла приблизно на 93%. Також слід відзначити, що використання органо-мінеральної системи удобрення є більш економічно вигіднішим, оскільки ціни на мінеральні добрива досить високі [62].

Як відомо, гірчиця дуже добре реагує на внесення добрив та може забезпечити формування врожаю від 25 до 50%. Н. М. Тетерещенко та В. С. Шапран довели, що внесення мінеральних добрив позитивно вплинуло на інтенсивність ростових процесів різних сортів гірчиці, сприяло кращому формуванню елементів структури врожаю та значно підвищило врожайність зерна. Після проведення обліків було виявлено тенденцію до збільшення висоти рослин удобрених сортів гірчиці. У середньому найвищий приріст врожаю гірчиці (до 30%) було сформовано за внесення дози добрив  $N_{45}P_{45}K_{45}$  [15].

З досліджень можна зробити висновок, що дози добрив, які вносять під сільськогосподарські культури, мають визначитися з урахуванням погодних

умов. У періоди з достатньою вологістю дози азоту потрібно зменшувати, а в посушливі періоди потрібно збільшувати [32, 43, 87]. Підвищене внесення азотних добрив не тільки подовжує вегетаційний період, а й призводить до вилягання рослин, нерівномірного дозрівання насіння та зниження його якості, а також до надмірного ураження шкідниками та хворобами. З підвищеним внесенням доз азотних добрив урожайність зростає, але абсолютні величини приросту врожаю на одиницю внесеного азоту знижуються, тобто значні дози азотних добрив (250–300 кг/га) зазвичай не дають очікуваної економічної віддачі [31].

Для підвищення урожайності вирощуваних культур науковці рекомендують азотні добрива вносити вроздріб, використовуючи при цьому і позакореневе підживлення рослин. Дослідники Д. А. Кореньков і М. Г. Таран вважають, що за такого внесення азот краще використовується рослинами [73]. Такої ж думки дотримуються і Н. І. Зайцев, А. Г. Бокач, Н. П. Лопатько [57, 58].

Коренева система гірчиці характеризується високою засвоювальною здатністю, тому під неї доцільно вносити такі добрива, як фосфоритне борошно і каїніт, а норма внесення  $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$ . [116].

Відомо, що основним джерелом фосфору для рослин є ґрунт. Але здебільшого він знаходиться у вигляді важкодоступних сполук [131, 148] і тому вважається одним із лімітуючих елементів для одержання високих та сталих урожаїв. Інтенсивність надходження фосфору в рослину залежить від багатьох чинників: температури ґрунту і повітря, умов зволоження тощо. Нестача опадів під час росту рослини і формування плодів призводить до уповільнення надходження вологи, що веде до зменшення вмісту  $P_2O_5$  в рослині або ж, навпаки, за достатньої кількості опадів накопичення фосфору зростає [102].

Фосфор як поживний елемент необхідний для формування потужної кореневої системи, що дозволяє використовувати вологу і елементи живлення з глибоких шарів ґрунту, він також підвищує стійкість рослин до



вилягання та захворювань і сприяє своєчасному утворенню генеративних органів рослини, стимулює процес утворення насіння і прискорює їх дозрівання. Цей елемент входить до складу нуклеїнових кислот, нуклеопротейдів, фосфатидів, сахарофосфатів, фітину та лецитину, тобто сполук, що відповідають за спадковість та перенесення генетичної інформації, беруть участь у процесах дихання, біосинтезу складних вуглеводів та фотосинтезу. Фосфорне живлення підвищує частку генеративних органів у загальній біомасі врожаю, збільшує вміст крохмалю та цукру в продукції. За нестачі фосфору на початку вегетації у рослин пригнічується ріст, листки набувають темно-зеленого кольору, затримується цвітіння рослин, загалом рослини відстають в рості та сповільнюється їх онтогенез [31].

Хрестоцвіті культури добре реагують на внесення фосфорних добрив. Дослідження показують, що за використання фосфорних добрив приріст врожаю становить від 8,0 до 15,0%, але водночас знижує олійність насіння на 0,36%.

Для формування високих та сталих урожаїв важливим є з-поміж інших елементів і калій, який сприяє поділу клітин у рослині, цвітінню та формуванню насіння хорошої якості з високим вмістом олії, також він впливає на синтез жирів, протеїну, підвищує стійкість рослин до засухи, вилягання та захворювань [24, 77]. Достатнє забезпечення рослин цим елементом позитивно впливає на дружність цвітіння та утворення стручків, а також підвищує продуктивність.

За нестачі калію затримується ріст стебел та розвиток кореневої системи, на листках утворюються червонувато-коричневі плями, квітки в'януть і опадають, знижується вміст олії в насінні, підвищується схильність до вилягання, все це в подальшому призводить до загибелі рослин [67].

Достатнє забезпечення рослин калієм посилює утворення нектару, а це зі свого боку приваблює у посіви бджіл, сприяє більш повному запиленню квіток і підвищує врожайність насіння. Якщо вміст калію високий, починає

збільшуватись концентрація клітинного соку, підвищується осмотичний тиск клітин, а це призводить до зниження вмісту сухої речовини. Дослідження підтверджують позитивний вплив калію на якісні показники насіння, зокрема олійність та вміст протеїну [109].

Одним із основних напрямків досліджень є також збільшення продуктивності гірчиці сизої, що широко застосовується у виробництві та може стати альтернативою соняшнику. Урсал В. В. досліджував вплив мінеральних добрив на продуктивність гірчиці сизої в умовах Степу. Найбільшу врожайність було сформовано за внесення добрив у нормі  $N_{40}P_{60}K_{30}$ . Також було доведено, що застосування максимальної дози добрив було нерентабельним та значно зменшило чистий прибуток [142].

Слободяник Т. М., Лебязов А. А., Швецова Г. К. довели, що внесення під зяблеву оранку повного мінерального добрива забезпечує азотом на ранніх етапах розвитку рослин та сприяє прискоренню росту і дозволяє знизити ураження шкідниками [74]. Як показують дослідження О. Л. Оксимець, внесення добрив дозою  $N_{30}P_{45}K_{45}$  дали найвищу врожайність насіння таких сортів, як Сигнал та Кароліна (1,69 т/га), за ранньовесняного строку сівби. За більш пізнього строку сівби найвищий урожай становив 1,55 т/га, доза добрив була такою самою, як і за раннього строку внесення –  $N_{30}P_{45}K_{45}$ . За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що за сучасних умов більш економічно вигідним є внесення добрив  $N_{30}$ , що забезпечує врожайність за ранньовесняного внесення 1,53 т/га сорту Сигнал та 1,53 т/га сорту Кароліна, за пізньовесняного показники дещо менші – 1,24 та 1,18 т/га відповідно [90, 91].

Ефективними є органічні добрива. Так, за внесення 40 т/га гною урожай білої гірчиці збільшувався на 37–49%, 80 т/га – на 80%. Це було виявлено ще в 1901 р. на Лохвицькій дослідній станції (Україна). У дослідженнях Сільськогосподарської академії імені Тимирязєва в 1928 р. біла гірчиця по фоні із внесенням гною збільшила урожай з 12,5 до 17 ц/га, або на 36%. Найвищий урожай (18,4 ц/га) було отримано за сумісного внесення

гною з фосфорними добривами. Приріст при цьому становив майже 6 ц з гектара. По фосфорно-калійному фоні він був 3,5 ц/га, або 28%. Як добриво під гірчицю застосовували якісний перегній у кількості 25–30 т на гектар, повне мінеральне добриво із розрахунку 1–2 ц сульфату амонію чи селітри, від 2 до 3 ц суперфосфату та 3–4 ц силвініту на гектар [86].

Велике значення у живленні гірчиці мають не тільки макродобрива, а й мікродобрива, серед яких найбільш ефективними для розвитку рослин та отримання високих урожаїв є бор та цинк [123]. За результатами досліджень встановлено синергізм дії спільного використання мікроелементів на проходження фізіологічних процесів у рослинах родини Капустяні. Науковці зазначають, що за позакореневого підживлення марганцем, цинком та кобальтом, марганцем та бором [6], марганцем, молібденом та бором спостерігається підвищення інтенсивності фотосинтезу [79].

Відомий факт, що ефективність мікроелементів значно зростає за достатнього забезпечення рослин макроелементами, що досягається відповідним рівнем внесення макродобрив. Так, збільшується потреба рослин у молібдені, міді, борі за внесення високих норм азоту. Водночас ефективність фосфорних добрив зростає за внесення цинку та молібдену. Виявлено, що після вапнування кислих ґрунтів зменшується доступність для рослин бору, міді, цинку, проте підвищується рухомість [63].

Зазначимо, що сучасна рамкова концепція раціональних систем застосування добрив базується на дотриманні чотирьох основних правил: добрива потрібно застосовувати в найбільш відповідних формі та вигляді, в оптимальній дозі, в необхідні терміни та кращим способом, урахувавши при цьому специфіку мінерального живлення рослин та трофічного стану ґрунтів [120].

Нестача бору може призвести не тільки до видимих симптомів, а й до морфологічних та анатомічних змін рослинного організму. Доведено, що внесення бору в дозі 2 кг на 1 га збільшує прибавку врожаю на 20%. За дефіциту такого елемента, як цинк, значно призупиняється ріст рослин,

затримується період цвітіння та дозрівання насіння. Внесення в ґрунт добрив сірчаноокислим цинком підвищує врожай гірчиці приблизно до 3,0 ц/га. Найбільший вміст олії в зерні гірчиці та його збір можна відмітити за удобрення сульфатом цинку, оскільки він є найбільш розчинним у воді та містить до 33% цинку у своєму складі [22].

Одним із основних способів регулювання мінерального живлення рослин є позакореневе підживлення. Вивченням цього питання займалась Гордєєва О. Ф., дослідження проводились в різні фази в чотирикратному повторенні. Виявлено, що обприскування посівів у фазі 2–3 справжніх листків сприяло збільшенню врожайності на 0,12 т/га, а у фазі бутонізації на 0,9 т/га порівняно з контрольним варіантом. Найбільшу врожайність насіння гірчиці сарептської (1,47 т/га) було отримано за двократного позакореневого підживлення у фазу бутонізації [34].

Під час проведення дослідів в умовах південного Степу О. Г. Жуйковим було встановлено, що позакореневе підживлення комплексними мінеральними добривами позитивно вплинуло на врожайність та показник вмісту в насінні жирної олії. Визначено, що оптимальна доза внесення мінеральних добрив при вирощуванні гірчиці  $N_{60}P_{30}$ , а найвищий рівень насінневої продуктивності було відмічено за внесення повної дози фосфорних добрив та більшої частини азотних [49, 52].

За результатами досліджень в Лівобережному Лісостепу України виявлено, що для гірчиці білої застосування мінеральних добрив та позакореневе підживлення впливали на продуктивність рослин. Істотне підвищення було отримано за внесення Спектрум В+Мо (2,0 л/га) + Спектрум Аскоріст (3,0 л/га), яке збільшило врожай на 0,05 т/га [83, 83]. Для гірчиці сизої більш ефективним було комплексне позакореневе застосування Вуксал борон (3,0 л/га) + Вуксал біоаміноплант (3,0 л/га) та також Басфоліар 12-4-6+S (6,0 л/га) + Солю Бор (3,0 л/га). На цих варіантах отримали 1,74 т/га насіння, що на 0,03 т/га більше за контроль [132].

Одним із важливих заходів підвищення врожайності сільськогосподарських культур є підживлення органо-мінеральними добривами, які містять в своєму складі мікроелементи в халатній формі. Одним із таких добрив є рідке комплексне добриво Реаком плюс, яке використовують для позакореневого підживлення. Доведено, що за його використання збільшується маса качана та маса 1 000 шт. насінин, а отже, підвищується і врожайність [40, 66].

Застосування препаратів на основі бактерій *Bacillus mucilaginosus* сприяє зниженню рівня фітопатогенної мікрофлори та підвищенню врожайності таких культур, як кукурудза, гречка та овес [85]. Дослідження Губенко показали, що найвищий рівень урожайності ріпаку (3,14 т/га) вдалось отримати за обробки насіння біопрепаратом на основі азотфіксувальних бактерій *Azotobacter chroococum* та за внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , а також застосування комплексних добрив. Подібна тенденція спостерігалась за обробки біопрепаратами та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ . Отримано найвищий вихід олії – 1,3 т/га, а це на 0,35 т/га перевищує показники на контролі [37].

Аналізуючи останні дослідження, можна з упевненістю сказати, що добрива також мають і безпосередній вплив на проходження в рослинах такого важливого процесу, як фотосинтез. Тобто добрива позитивно впливають на збільшення в клітинах рослин асиміляційних тканин, тим самим створюючи всі передумови для прискорення росту, розвитку рослин та збільшення приросту врожаю. Урожайність сільськогосподарських культур значно залежить від продуктивності фотосинтезу, листя є основним органом цього процесу, тож будь-яке захворювання чи несприятливі умови ведуть до зниження продуктивності рослинного організму. Для кращого проходження процесу фотосинтезу необхідне листя з досить великою поверхнею, чим більша листова поверхня та добре розвинута сітка провідних судин, тим кращі умови для проходження фотосинтезу [14, 41].

На підвищення продуктивності та поліпшення якості продукції впливають також і комплексні добрива, до складу яких входять макро- та мікроелементи, зокрема азот, фосфор, калій, сірка, бор, молібден, цинк, марганець та мідь [134, 137].

Отже, доведено, що комплексні добрива допомагають більш ефективно використовувати макро-і мікроелементи, поповнювати запаси поживних речовин у ґрунті та збалансувати живлення рослинного організму під час проходження кожної з фаз розвитку.

Використання комплексних добрив під час вирощування сільськогосподарських культур дає можливість в більш повному обсязі регулювати проходження важливих процесів у рослинному організмі та повніше реалізувати всі можливості та потенціал культури гірчиці.

Огляд літератури щодо удосконалення технології вирощування гірчиці в Лівобережному Лісостепу України, зокрема впливу удобрення рослин мінеральними добривами та мікроелементами на продуктивність культури, свідчить про необхідність подальшого вивчення цих чинників та комплексного їх застосування. Слід зазначити, що для кожної ґрунтово-кліматичної зони різними є дози внесення мінеральних добрив та способи їх застосування. До того ж для кожного виду гірчиці система живлення є досить специфічною.

### **1.5. Використання регуляторів росту для підвищення продуктивності та толерантності до стресових чинників за вирощування гірчиці**

З біологічного погляду термін «регулятор» означає впорядкування різних біологічних процесів. Ще з 20-х років ХХ ст. науковці досліджували фізіологічно активні речовини або ж фітогормони та довели, що вони відіграють важливу роль в керуванні різними життєвими процесами рослинного організму, також було доведено перспективу їх використання

[60, 99, 140]. Як продовження в 60-х роках ХХ ст. кількома незалежним групами було відкрито абсцизову кислоту, яка міститься в багатьох видах рослин. Пізніше була виявлена речовина цитокінін, що активізує ростові процеси клітин листя та сім'ядолей, на її основі створюють стимулятори росту, гербіциди та речовини захисної дії [101]. Ці питання також досліджував український науковець М. Г. Холодний, який виявив невідомі до цього речовини у точках росту рослин – фітогормони. Фітогормони – це так звані організатори ростових процесів, які за відповідних умов можуть змінювати швидкість та напрям проходження фізіологічних процесів у рослинному організмі [118, 119].

На сьогодні, виходячи з аналізу стану використання у вітчизняному сільському господарстві, можна сказати, що здебільшого застосовують не ендогенні сполуки, а синтетичні, особливо на великих площах. Сполуки, які одержані в процесі органічного синтезу в невеликих дозах, але характеризуються фітотоксичністю та діють на певні групи рослин вибірково. Ці речовини не впливають конкретно на життєво важливі процеси, які проходять в рослинах, а можуть тільки блокувати або стимулювати їх проходження [26, 38, 99]. Поряд з цим важлива стабілізуюча здатність до зростаючих стресових факторів абіотичного та біотичного характеру [32, 80, 104].

Одним із резервних видів підвищення урожайності та якості продукції рослинництва є використання стимуляторів росту рослин. Їх широко застосовують в товарному виробництві, до того ж вони є важливими елементами екологічно безпечних технологій. Регулятори росту рослин не тільки підвищують урожайність та якість зерна, а й підсилюють стійкість рослин до несприятливих чинників середовища. Перспективним напрямом розвитку в сільському господарстві є впровадження енергозберігаючих технологій, тобто використання вітчизняних добрив та регуляторів росту рослин, які не забруднюють ґрунти та водойми, що позитивно впливає на збереження та підвищення продуктивності земель.

Сучасними регуляторами росту рослин можуть бути як природні, так і синтетичні сполуки, що використовуються для обробки рослин з метою покращення росту та розвитку рослин, а також збільшення врожаю [60, 66].

Регулятори рослин є не просто поживними речовинами, а й чинниками керування росту та розвитку рослин. Окрім синтетичних, є й природні регулятори росту рослин, до яких належать ауксин, гіберелін, абсцизова кислота, етилен [13, 36].

Фітогормони впливають на регуляцію фізіологічних та морфогенетичних параметрів рослинного організму.

Ауксини – сполуки, що утворюються в апікальних меристемах та стимулюють клітинний ріст.

Гібереліни прискорюють ріст стебла та кореневої системи, можуть переривати період спокою у насіння, індукують цвітіння рослин, також стимулюють проростання пилку.

Цитокініни головним чином синтезуються у меристемі кореня та беруть участь в регуляції обміну речовин у надземних органах рослин, а також індукують в поєднанні з ауксином поділ клітин.

Абсцизова кислота накопичується з осені в насінні рослин, збільшує період спокою насіння, прискорює опадання листя.

Етилен може міститись в різних органах рослини, сприяє уповільненню росту та прискоренню старіння клітин, дозрівання плодів.

Синтетичні регулятори росту рослин отримують хімічним шляхом, вони є аналогами природних фітогормонів, а також збалансованим комплексом біологічно активних речовин, під дією яких активізуються основні життєві процеси в рослинах. Регулятори росту прискорюють наростання зеленої маси та сприяють розвитку кореневої системи, а тому можна сказати, що вони більш активно використовують поживні речовини, які містяться у ґрунті та мінеральних добривах. Отже, зростають захисні властивості рослин, підвищується їх стійкість до захворювань, низьких або



високих температур, посухи. Як наслідок, значно підвищується врожайність та покращується якість сільськогосподарської продукції [4, 5].

Регулятори росту рослин впливають на процеси стресостійкості рослин, оскільки вони здатні інтенсифікувати діяльність клітинного апарату та змінювати будову рослин. Вони також комплексно впливають на рослини, підсилюють морозостійкість рослин та знижують фітотоксичну дію засобів захисту [100]. Основними чинниками, що обумовлюють абіотичний стрес у рослин, є: критично різке зниження температури в зимовий період та спекотні умови під час літньої вегетації, повітряна та ґрунтова посуха, дефіцит опадів та перезволоження, підвищена засоленість та кислотність ґрунту, перевищення граничних норм важких металів тощо [128, 135, 136, 138, 149].

Усі ці явища дозволили пояснити дослідження на клітинному та молекулярному рівні. Варто відмітити, що під впливом регуляторів росту частки зв'язної води та вміст білків і вуглеводів, які підтримують структуру і функції рослин, значно зменшують температуру переходу цитоплазми з рідкого в твердий стан, а це сприяє підвищенню морозостійкості рослин.

Інший, не менш важливий показник, такий, як посухостійкість рослин, пов'язаний з дією регуляторів росту на синтез РНК та білків, які відновлюють термічні порушення обміну речовин, укріплюють мембрани хлоропластів, а це сприяє підтримці синтезу хлорофілу та його активності [139, 146, 147]. Якщо немає вологи, то регулятори росту рослин перешкоджають деградації ліпідів, нормалізують стан рідинно-кристалічної структури клітин. Зі збільшенням температури регулятори росту рослин оптимізують асиміляційну поверхню листя. Якщо дія регуляторів росту припиняється, то процеси обміну речовин повертаються до первісного стану. Використання регуляторів росту рослин дозволяє більшою мірою реалізувати можливості рослин, які закладені природою або ж селекцією.

Доведено, що сучасні регулятори росту рослин, які виробляються на базі вітчизняних науково-дослідних установ, не поступаються за

ефективністю іноземним препаратам, а навіть мають переваги за вартістю та технічними показниками [129]. За санітарно-гігієнічною класифікацією сучасні регулятори росту рослин належать до нетоксичних речовин. Вони також позитивно впливають на ростові процеси рослин та значно підвищують продуктивність за відповідних доз та строків внесення. Вітчизняні регулятори росту здебільшого виготовляють з продуктів життєдіяльності грибів, які вилучені з кореневої системи женьшеню, вони містять амінокислоти, фітогормони, мікроелементи та інші сполуки.

За останні роки науковці з різних установ дослідили дію та вплив на рослини різних регуляторів росту. Ефективність використання препаратів залежить від багатьох чинників, зокрема: погодно-кліматичних умов, сортових особливостей та способів застосування препаратів [139].

Так, застосування регуляторів росту за обробки насіння гібереліном підвищувало польову схожість гороху на 16% [93]. Також визначено закономірність, що за обробки утворювалася більша кількість вторинних коренів, а отже, збільшувалася кількість колосків на колосі та маса 1 000 зерен. Збільшувався також і приріст урожаю, він варіював від 6 до 25%, а вміст білка підвищувався на 2%. Зазначимо, що позитивна дія препаратів залежить насамперед від внесення правильної концентрації, оскільки підвищена концентрація препарату пригнічує ріст та розвиток рослин [122].

Регулятори росту рослин застосовують як для передпосівної обробки насіння, так і для позакореневого підживлення. Дослідження Г. С. Боровикової показали, що обробка вегетуючих рослин томатів позитивно вплинула на дозрівання плодів (на 9 діб) та підвищила врожайність (на 24%) [17].

На базі Інституту захисту рослин НААН України проводились дослідження з визначення впливу обробки пшениці біостимуляторами росту рослин у поєднанні з протруєнням насіння. Було доведено, що використання біостимуляторів дає змогу на 30% зменшити використання протруйників, і це не знижує їх ефективність, а дає змогу заощадити на придбанні пестицидів.

Застосування регуляторів росту Емістим С та Агростимулін сприяє підвищенню врожайності пшениці до 16%, або ж на 7,4 ц/га. Такий позитивний вплив та висока прибавка врожаю пояснюються тим, що вони значно підвищують рівень життєдіяльності рослинних організмів та їх стійкість до несприятливих умов. Доведено, що під впливом цих біостимуляторів значно посилюються такі процеси, як дихання, живлення та фотосинтез, також збільшується вміст у листі такої речовини, як хлорофіл. Ці зміни можна помітити навіть візуально: забарвлення рослин стає темнішим [12, 104].

Препарати на основі бактерій також позитивно впливають на доступність важкорозчинних елементів ґрунту, зокрема фосфатів. Доведено, що інокульована продукція має досить низький рівень нітратів та значно вищий рівень вмісту амінокислот та білків [13].

Насіння, оброблене біопрепаратами, має вищу енергію проростання, інтенсивніше проходять процеси фотосинтезу. Дослідження показують, що за обробки препаратів зростає площа асиміляційної поверхні та вміст фотосинтетичних пігментів у листі [36].

Також було встановлено, що використання стимуляторів росту рослин підвищує на клітинному та молекулярному рівні таку властивість, як морозостійкість, що пов'язано зі збільшенням у клітинах рослин частки зв'язної води, білків та вуглеводів, які підтримують структуру та функціональність рослинного організму [36, 143].

Дослідження Інституту мікробіології та вірусології НААН України довели, що обробка регуляторами росту рослин зменшила ураження хвороботворними мікроорганізмами та шкідниками на 20–30% [69]. На основі досліджень Т. В. Козиної доведено, що обробка рослин гірчиці білої регулятором росту «Верміобаг» позитивно вплинула на підвищення вмісту олії в насінні. Найвищий вихід олії спостерігався за обробки сорту Подолянка 30,2% [65].

В умовах північного Лісостепу України після внесення мінеральних добрив у поєднанні з регулятором росту рослин «Флорон» було сформовано потужну асиміляційну поверхню рослинами гірчиці, що забезпечило найвищий рівень врожайності усіх досліджуваних видів гірчиці, зокрема гірчиці білої на рівні 2,24 т/га, сарептської – 2,26 т/га, чорної – 2,16 т/га [ 23].

Регулятори росту рослин впливають на етапи онтогенезу та можуть мобілізувати потенційні властивості рослинного фотосинтетичного апарату. На прикладі гірчиці білої сорту Ослава було вивчено вплив триптолему та регопланту на процеси метаболізму. Обробка рослин у період бутонізації спричинила зміни у мезоструктурній організації рослин гірчиці білої. Використання стимуляторів росту привело до збільшення товщини листових пластинок, що показує позитивний вплив після обробки рослин [98].

Дослідження науковців свідчать, що використання сучасних регуляторів росту рослин є високоефективним способом підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зокрема бобових [41, 70, 89, 124]. Доведено також, що регулятори росту можна вносити разом із мікродобривами, пестицидами за протруювання насіння та позакореневого підживлення [76, 93, 106].

Отже, на цьому етапі розвитку сільського господарства виробники все більше уваги приділяють вирощуванню малопоширених культур, які здатні урізноманітнити асортимент олійних культур у сучасних сівозмінах та не поступаються економічною привабливістю. Однією з таких культур є гірчиця біла. Це культура, яка характеризується достатньо високим рівнем рентабельності та наявністю ринку збуту, що є значущим чинником для виробників. Тому важливо удосконалювати технологічні прийоми вирощування цієї культури з урахуванням сучасних змін клімату та підвищувати стресостійкість за рахунок внесення регуляторів росту рослин. Крім того, зважаючи на тенденції глобальної зміни клімату та виникнення стресових ситуацій, відчутних в Україні, застосування комплексного використання позакореневого підживлення та застосування сучасних

регуляторів росту рослин, здатних підвищити толерантність до стресових чинників, як біотичних, так і абіотичних, є наразі важливим питанням, що потребує детального вивчення.

## Висновки до розділу 1

1. Зроблено історичний опис формування гірчиці як с.-г. культури. Наведено особливості системи удобрення за вирощування гірчиці.

2. Узагальнено результати досліджень вітчизняних та закордонних науковців щодо доцільності та впливу застосування регуляторів росту на продуктивність гірчиці.

2. Підсумовано значення використання регуляторів росту рослин з метою стабілізації розвитку та формування продуктивності гірчиці за сучасних змін клімату і виникнення стресових ситуацій в Україні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Абрамик М. І., Гузінович С. Й., Зозуля О. Л. Гірчиця. Івано-Франківськ : Симфонія, 2011. 32 с.
2. Алі Шахід. Вплив норм мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. № 101. С. 136–140.
3. Аксьонов І. В., Нікітенко О. В. Зміна фізичних властивостей ґрунту в залежності від агроприйомів його обробітку. *Наук.-тех. бюл. ІОК УААН*. Вип. 3. Запоріжжя, 1998. С. 181–186.
4. Анішин Л. А. Основні результати і перспективи досліджень ефективності регуляторів росту в рослинництві. *Регулятори росту рослин в землеробстві*. К., 1998. С. 26–32.
5. Анішин Л. А. Регулятори росту рослин: сумніви і факти. *Пропозиція*. 2002. № 5. С. 64–65.
6. Антонова А., Шестиперова З., Шувалов Г. Содержание хлорофилла и бора в рассаде белокочанной капусты различных по устойчивости к киле сортов в зависимости от внекорневой подкормки бором и марганцем. *Микроэлементы в почве: записки ЛСХИ*. Л., 1972. Т. 200. С. 36–43.
7. Архипенко Ф. М., Слюсар С. М., Оксимець О. Л. Гірчиця біла – культура широкого діапазону використання. *Агроном*. 2006. № 3. С. 26–28.
8. Архипенко Ф. М. Диво-рослина-гірчиця біла. *Агросвіт України*. 2000. № 3–4. 27 с.
9. Архипенко Ф. М., Войтовик М. В., Оксимець О. Л., Любчич О. Г. Гірчиця як олійна та кормова культура : зб. наук. праць Інституту землеробства УААН. К. : Нора-прінт, 2000. Вип. 1. С. 48–51.
10. Аубекеров Т. А. Горчица / Т. А. Аубекеров, М. К. Мейрманов. Алма-Ата: Кайнар, 1980. 96 с.

11. Бабич А. О. Кормові і білкові ресурси світу. К., 1995. 299 с.
12. Біологічні процеси і продуктивність сільськогосподарських культур при застосуванні хімічних і біологічних препаратів та шляхи зменшення гербіцидного навантаження на зовнішнє середовище /З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко та ін. *Вчені вищої школи України – селу* : праці міжн. наук. конф., 5–7 липня, 2006 р. Київ–Умань, 2006. С. 73–87.
13. Біологічні та агроекологічні основи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур /А. Ф. Гойчук, П. Г. Копитко, З. М. Грицаєнко та ін. *Біологічні науки і проблеми рослинництва*: зб. наук. праць УДАУ. Умань, 2003. С. 5–14.
14. Биология: практическое пособие для подготовки отделений с.-х. вузов /под общей редакцией Н. П. Соколовой. К. : УСХА, 1989. 464 с.
15. Блащук М. І., Тетерещенко Н. М. Вплив технології на продуктивність гірчиці білої сорту Запоріжанка за умов нестійкого зволоження. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, № 24, 2017. С.146–155.
16. Блищик С. П. Вплив прийомів вирощування на урожайність гірчиці сарептської. *Наукові проблеми виробництва зерна в Україні та сучасні методи їх вирішення* : всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. Дніпропетровськ, 2000. С. 110.
17. Боровикова Г. С., Драга М. В., Таран Н. Ю., Щупик С. А., Мусієнко М. М. Вплив стимуляторів росту на врожайність і якість озимої пшениці та зменшення пестицидного навантаження на угіддя. *Елементи регуляції у рослинництві*. С. 41–46.
18. Бугайов В. Гірчиця біла – цінна кормова і сидеральна культура /В. Бугайов, Ю. Бехацький, С. Антонів. *Пропозиція*. 1999. № 1. 30 с.
19. Булигін С. Ю. Кролевець О. О., Коцарева Н. В., Коваленко А. М. Вплив добрив на мікрофлору ґрунту і ризофлору гірчиці. *Вісник аграрної науки. Рослинництво, кормовиробництво*. 2020. № 3. С.13–19.



20. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2013. 724 с.
21. Вавилов Г. П. Растениеводство. М.: Агропромиздат, 1986. 511 с.
22. Вишневский П. С. Влияние элементов технологии на формирование продуктивности горчицы : сборник статей Международной научной конференции молодых ученых и специалистов. Москва : Изд-во РГАУМСХА, 2012. Том 1. С. 12–16.
23. Вишневський В. С. Вплив удобрення та біостимулятора Флорон на формування продуктивності гірчиці : збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Випуск 1–2, 2014. С. 92–97.
24. Власенко Н. Г., Коротких Н. А. Эффективность действия азотного удобрения на семенную продуктивность полевых капустных культур. *Вестник РАСХН*. 2003. № 5. С. 23–26.
25. Воловик В. Т. Горчица белая – значение, использование. *Адаптивное кормопроизводство*, (2), С. 41–67.
26. Вяткін Ю. А., Рябченко І. К. Нові регулятори росту рослин. М. : Наука, 1984. С.1–4.
27. Гаврилюк М. М. Насінництво й насіннезнавство олійних культур. К. : Аграрна наука, 2002.
28. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В. Олійні культури в Україні : монографія. К. : Основа, 2007. 416 с.
29. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні : навч. посіб. /за ред. В. Н. Салатенка. 2-ге вид., переробл. і доповн. К. : Основа, 2008. 420 с.
30. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Гальченко Н. Н., Резниченко Н. Д. (2020). Эколого-экономическая эффективность сидерации в севообороте на орошаемых землях Юга Украины. *Агроекологічний журнал*, (2), 55–62.
31. Гайдаш В. Д. Ріпак. Івано-Франківськ : Сіверсія. 1998. 224 с.

32. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Коваленко О. А., Гирля Л. М. Урожайність гірчиці залежно від погодних умов та норми висіву на чорноземах південних. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Айлант, 2014. Вип. 88. С. 50–56.
33. Гірчиця / за ред. П. І. Гадза. Івано-Франківськ, 2014. 96 с.
34. Гордєєва О. Ф., Онищенко Д. І. Оптимізація удобрення гірчиці сарептської ярої : матеріали II Науково-практичної інтернет-конференції. *Актуальні проблеми вирощування та переробки продукції рослинництва*. Полтавська державна аграрна академія, 2014. С. 62–65.
35. Григорів Я. Я., Сендецький В. М. Рекомендації з вирощування гірчиці сизої озимої в умовах Прикарпаття. Івано-Франківськ: ПП «Сімик». 2018. 29 с.
36. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. К. : Нічлава, 2008. 352 с.
37. Губенко Л. Г. Гірчиця озима – чи варто вирощувати в Україні. *Пропозиція*. № 8, 2019. URL: <https://propozitsiya.com/ua/gorchica-ozimaya-stoit-li-vyrashchivat-v-ukraine>.
38. Гуменюк І. О., Поливаний С. В. Дія хлормекватхлориду на морфогенез та продуктивність рослин гірчиці білої. *Грааль науки. Міжнародний науковий журнал*. № 7 (серпень, 2021). С. 134–136.
39. Дерев'янський В. П., Ліщук О. А., Ковальчук Н. В. Формування продуктивності сортів гірчиці білої залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. № 1 (1). (2014). С. 31–39.
40. Драговоз І. В. Відходи спиртодріжджового виробництва як джерело фітогормонів. *Доповіді НАН України*. № 3. С. 170–174.
41. Додихудоева Г. Р. Симбиотическая фиксация азота воздуха и продуктивность чечевицы в зависимости от режима питания в условиях Центрального Таджикистана : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09. Душанбе, 2004. 24 с.

42. Єрмакова П. М. Кормовиробництво : навчальний посібник /П. М. Єрмакова, Р. Т. Івановська, М. Я. Шевніков. К. : 2008. 396 с.
43. Жердецька С. В., Мельник А. В., Шабір Г., Алі Ш. Урожайність гірчиці залежно від погодно-кліматичних умов північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми. 2016. № 2. С. 127–130.
44. Жердецька С. В. Вплив строків сівби на врожайність гірчиці сизої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми, 2016. № 9. С. 85–87.
45. Жердецька С. В., Алі Ш., Шабір Г. Вплив норм висіву насіння на врожайність гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Гончарівські читання : матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, присвяченої 88-річчю з Дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича, 24–25 травня 2019 р.* Суми, 2019. С. 106–107.
46. Жернова Н. П. Водоспоживання гірчиці білої в залежності від способів основного обробітку ґрунту та внесення доз мінеральних добрив в умовах півдня Степу України. *Наук.-тех. бюл. ІОК УААН. Вип. 13.* Запоріжжя, 2008. С. 127–130.
47. Жернова Н. П. Вплив норм висіву насіння та способів сівби на продуктивність гірчиці білої в умовах півдня Степу України. *Вісник Степу. Науковий збірник*. Вип.6. Кіровоград, 2009. С. 32–34.
48. Жернова Н. П. Вплив способів сівби та норм висіву на продуктивність гірчиці сарептської сорту Світлана. *Агроном*. № 1. С. 211–213.
49. Жуйков О. Г. Гірчиця в Південному степу: агроекологічні аспекти і технології вирощування : наукова монографія ДВНЗ «Херсонський держ. аграр. ун-т». Херсон: Видавець Грін Д.С. 2014. 416 с.

50. Жуйков О. Г. Експериментальне дослідження технологічних аспектів системи удобрення гірчиці чорної в умовах південного степу. *Таврійський науковий вісник*. № 84. 2012. С. 53–57.

51. Жуйков О. Г. Передпосівне інсектицидне протруєння – запорука стабілізації насінневої продуктивності гірчиці сарептської за вирощування в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник* : зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 2005. Вип. 38. С. 29–35.

52. Жуйков О. Г. Продуктивність та якість насіння гірчиці сарептської в залежності від рівнів зволоження та норм мінеральних добрив. *Таврійський науковий вісник*: зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 2000. Вип. 16. С. 114–116.

53. Жуйков О. Г., Ходос Т. А. Гірчиця в структурі жиролійного комплексу України: повноправна альтернатива чи «Чужий серед своїх» (Оглядова). *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. 2021. № 121. С. 48–52.

54. Журавель В. М., Буділка Г. І. Гірчиця чорна і біла – альтернатива соняшнику. *Зерно*. 2013. № 4. С. 85–91.

55. Журавель В. М., Буділка Г. І. Эффективность использования отбора при создании сортов горчицы белой. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 2016. Випуск 23. С. 51–55.

56. Жатов О. Г., Каленська С. М., Троценко В. І. Мельник А. В. та ін. Технічні культури. Практикум : навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2013. 284 с.

57. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії /В. П. Гудзь, А. П. Лісовал, В. О. Андрієнко, М. Ф. Рибак; за ред. В. П. Гудзя. К. : Центр учбової літератури, 2007. 408 с.

58. Иваницкая Ю. Горчичные реалии и перспективы. *Зерно*. 2013. № 4. С. 92–95.

59. Каричковська Г. І. Вплив мінеральних добрив і мікроелементів на продуктивність і якість насіння ярого ріпаку : збірник наукових праць

Уманської с.-г. академії. 1999. С. 174–178.

60. Кефели В. И. Проблемы регуляторов роста и перспективы регуляции роста и развития растений. К. : Наукова думка, 1989. С. 24–39.

61. Кирилеско А. Л. Горчица белая в пожнивных посевах. *Тематическая подборка Украинского научно-исследовательского института научно-технической информации и технико-экономических исследований госплана УССР Киевского отделения*. 1980. № 408/2. С. 2–4.

62. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М. Урожайність гірчиці білої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Наукові горизонти SCIENTIFICHORIZONS*. 2019, № 2 (75). С. 27–33.

63. Кліщенко С. Гірчиця та технології її вирощування. *Agroexpert*. 2009. №1(6). С. 14–16.

64. Козіна Т. В. Ріст та розвиток рослин і продуктивність гірчиці білої залежно від строків сівби і норм висіву в умовах Лісостепу Західного. *Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте* : междунаrodn. научн.-практ. интернет-конф. Днепропетровск, 2012. С. 12–13.

65. Козіна Т. В. Вплив регулятора росту «Вермибіомаг», строків сівби і норм висіву на насіннєву продуктивність гірчиці білої в умовах Лісостепу західного : збірник наукових праць ПДАТУ. Вип. 22. Кам'янець-Подільський, 2014. С. 77–81.

66. Колісник Н. М., Тимофійчук О. М. Застосування біостимуляторів добрив нового покоління в технологіях вирощування сільськогосподарських культур : збірник наукових праць ІМТ НААН. Вип. 2(8). Запоріжжя, 2011. С. 149–155.

67. Коломієць Н. Добрива під ріпак. *Пропозиція*. 2000. № 6. С. 44–45.

68. Коротич П. Посухостійка пропозиція для сівозмін Півдня. *Пропозиція*. 2004. № 4. С. 20–21.

69. Лис Н. М., Боднар О. Й., Ткачук Н. Л. та ін. Вплив мікробіологічних препаратів на продуктивність гірчиці : збірник наук. праць

ННЦ Інститут землеробства НААН. 2015. Вип. 2. С. 143–151.

70. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво [20 зернових культур]. Львів : Українські технології, 2008. 624 с.

71. Лихочвор В. В. Добривна альтернатива. ЛДАУ, 2009. URL: <http://zerno-ua.com/?p=1961>.

72. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.

73. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) : монографія /Л. А. Шевченко та ін. Запоріжжя : Статус, 2017. 44 с.

74. Мазур В. О., Проців П. Б., Гамалій С. М., Попович Ю. В. Аспекти системи удобрення та захисту посівів гірчиці. *Хімія. Агронімія. Сервіс*. 2010. № 4. С. 14–17.

75. Мазур В. О., Проців П. Б., Гамалій С. М., Попович Ю. В. Гірчиця. Івано-Франківськ : Симфонія-форте, 2009. 88 с.

76. Максимов М. В. Удосконалення технології вирощування сочевиці за різних умов зволоження : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.02. Херсон : Херсонський ДАУ, 2016. 206 с.

77. Марчук Г. У., Макаренко В. М., Розстальний В. Є., Савчук А. В. Добрива та їх використання. К. : Урожай, 2002. 245 с.

78. Маслак О. Основні тенденції ринку олійного насіння. *Пропозиція*. 2013. № 2. С. 4–7.

79. Мацков Ф. Ф. Влияние микроэлементов на важнейшие физиолого-биохимические процессы и продуктивность семенников овощных культур. *Исследования по физиологии и биохимии растений*: сб. науч. трудов ХСХИ. 1974. Т.194. С. 39–55.

80. Мельник А. В., Куцегуб Г. О., Жердецька С. В., Алі Ш. Вплив регуляторів росту на продуктивність гірчиці в умовах північно-східного

Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми. 2015. № 9. С. 173–175.

81. Мельник А. В., Жердецька С. В., Алі Ш., Шабір Г. Видові особливості формування зеленої маси гірчиці в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Харків. 2016. № 2. С. 79–83.

82. Мельник А. В., Жердецька С. В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Науковий вісник нац. університету біоресурсів і природокористування України*. Київ. 2017. № 269. С. 177–185.

83. Мельник А. В., Жердецька С. В., Алі Ш., Шабір Г., Бутенко С. О. Вплив позакореневого підживлення на продуктивність гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми. 2019. № 3. (37). С. 24–29.

84. Мельник Т. І., Алі Ш., Колосок В. Г. Якість насіння гірчиці білої залежно від сорту та норм висіву в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2020. № 113. С. 92–97.

85. Мікробні препарати в рослинництві – важливий фактор біологізації землеробства. *Оптимізація структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів*: тез. док. конф. Ін-ту агроєкології УААН /Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук, О. В. Валагурова та ін. К. С. 20–22.

86. Минкевич И. А., Борковский В. Е. Масличные культуры: 3-е изд. М., 1955.

87. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення /за заг. ред. М. М. Городнього. К. : ТОВ «Алефа», 2004. 140 с.

88. Науково-практичні рекомендації. Культура ярого ріпаку в Лісостепу: значення, роль, технологія вирощування /А. В. Мельник, М. П. Бондаренко, М. Г. Собко та ін. Сад, 2009. 20 с.

89. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти*. Том 83. №10, 2019. С. 28–34. doi: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-28-34.

90. Оксимець О. Л. Продуктивність гірчиці білої залежно від технологічних прийомів вирощування в Лісостепу: дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.09. К. : ННЦ «Інститут землеробства УААН», 2007. 168 с.

91. Оксимець О. Л., Ларіна В. І. Вплив добрив та строків сівби на ріст гірчиці білої. Ін-т землеробства УААН : зб. наукових праць. К. : Екмо, 2003. С. 87–91.

92. Опанасенко Г. П. Вплив післяжнивного вирощування гірчиці білої на продуктивність цукрових буряків : зб. наук .пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН». Вип. 3–4. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. 2011. С. 30–35. URL :[http://www.nbuu.gov.ua/portal/chem\\_biol/znpzeml/2011\\_3-4/5\\_opa.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/portal/chem_biol/znpzeml/2011_3-4/5_opa.pdf).

93. Петриченко В. Ф., Антипін Р. А. Фотосинтетична продуктивність гороху залежно від впливу технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. Вінниця : ТОВ «Видавництво-друкарня Діло», 2006. Вип. 57. С. 3–13.

94. Петербургский А. Б. Агрохимия и физиология питания растений. М. : Росагропромиздат, 1989. 184 с.

95. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Вендель В. В. Вплив мінерального живлення на продуктивність гірчиці ярої за різних норм висіву. Науково-технічний бюл. ІОК НААН. 2018. Вип. 26. С. 89–97.

96. Поляков О., Журавель В. Перспективи вирощування гірчиці. *Пропозиція*. 2009. № 2. С. 54–56.

97. Поляков О. І., Вахненко С. В. Реакція гірчиці озимої сорту Новинка на додаткове мінеральне живлення та застосування ретарданту. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 22 (2015). С. 119–128.



98. Поливаний С. В., Голунова Л. А. Анатомічні особливості будови листкового апарату рослин гірчиці білої за дії стимуляторів росту. ISSN 2414-9810 (Print). ISSN 2616-6720 (Online). *Біологія та екологія*. 2020. Том 6. № 1–2. С. 48–50.
99. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин. К., 2003. 219 с.
100. Присяжнюк О. І. Теоретичні та агробіологічні основи ідентифікації абіотичного стресу сільськогосподарських культур та підвищення їх толерантності: автореф. дис. ... доктора сільськогосподарських наук. Київ. 2021. 40 с.
101. Проценко Д. П. Фізіологія рослин : посібник. К. : Вища школа, 1978. 352 с.
102. Рапс /Д. Шпаар, Н. Маковски, В. Захаренко и др.; под общ. ред. Д. Шпаара. Минск: ФУАинформ, 1999. 208 с.
103. Рекомендації з вирощування гірчиці в умовах Прикарпаття : посібник українського хлібороба / І. М. Кифорук та ін., 2011.
104. Роль регуляторів росту в імунно-захисних реакціях рослин : посібник українського хлібороба / С. П. Пономаренко, А. І. Медков, В. А. Циганкова та ін. 2012. Т. 2. С. 317–320.
105. Рослинництво з основами кормовиробництва : навчальний посібник /Г. Жатов, О. М. Царенко, В. І. Троценко, Г. О. Жатова. Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. 384 с.
106. Рослинництво : практикум /за ред. О. І. Зінченка. Вінниця : Нова книга, 2008. 536 с.
107. Сайко В. Ф., Камінський В. Ф., Вишневський П. С. *Рекомендації з вирощування ріпаку та гірчиці білої*. К. : Колобіг, 2005. 34 с.
108. Сівак А. Н., Костюкевич Т. К. Перспективи виробництва гірчиці в Україні. *Рубіновські читання* : матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф., м. Умань, 14 травня 2021 р. Умань, 2021. С. 18.
109. Ситник І. Д., Кляченко О. Л., Кокорін О. Г. Озимий та ярий ріпак. К. : Знання України, 2005. 84 с.

110. Станкевич С. В. Чи є альтернатива ріпаку? *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 13. С. 46–48.
111. Супіханов Б. К., Петренко Н. І. Олійні культури: історія, сорти виробництво, торгівля. К. : УААН, Державна с.-г. бібліотека: ННЦ і АЕ УААН, 2008. 126 с.
112. Технічні культури. Практикум : навчальний посібник /за ред. А. В. Мельника, В. І. Троценка та ін. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 384 с.
113. Технологія виробництва гірчиці, збагаченої селеном /М. П. Головка, Т. М. Головка, В. Г. Применко та ін. Технологія харчової та легкої промисловості. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки*. Том 31 (70) Ч. 2 № 1 2020. С. 109–115.
114. Томашов С. В.; Журавель В. М. Вивчення окремих елементів технології вирощування гірчиці білої в суходольних умовах Степового Криму. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*, 2012, Випуск 2. С. 216–221.
115. Томашова О. Л. Основні агротехнічні прийоми вирощування гірчиці сарептської в умовах Криму / О. Л. Томашова. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. Харків, 2011. Вип. 10. С. 259–264.
116. Филипова К. М. Удобрение горчицы на светло-каштановых почвах. *Сборник научных трудов Волгоградского СХИ*. 1982. Т. 79. С. 89–92.
117. Ходос Т. А., Жуйков О. Г. Агроекологічні аспекти доцільності залучення гірчиці сарептської /*Brassica Juncea*/до польових сівозмін південного Степу України. *Сучасна наука: стан та перспективи розвитку* : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди Дня науки, 19 травня 2021 р. Херсон, С. 82–85.
118. Холодний М. Г. Вибрані праці. К. : Наукова думка. 1970. 450 с.
119. Холодный Н. Г. Ростовые гормоны и тропизмы у растений. *Избранные труды*. К. : АН УССР. 1998. Т.1. С. 200–215.

120. Хоменко А. Д. Серное питание и продуктивность растений. Київ : Наукова думка, 1983. С. 3–29.
121. Чехов А. В., Жернова Н. П. Технологічні аспекти вирощування гірчиці білої в умовах південного Степу України. Науково-техн. бюл. ІОК УААН. Запоріжжя, 2009. Вип. 14. С. 156–200.
122. Шевченко А. О. Регулятори росту рослин в землеробстві : збірник наукових праць. К. : Урожай, 1998. 143 с.
123. Школьник М. Я., Сааков В. С. Влияние микроэлементов на интенсивность фотосинтеза и передвижение ассимилянтов. *Физиология растений*. 1964. Т.11. №. 5. С. 783–787.
124. Щигорцова О. Л. Розробка елементів технології вирощування нуту, гороху, чини і сочевиці в умовах зрошення в Центральному Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. ПФ «Крим. агротехнол. ун-т» НАУ. Сімферополь, 2006. 16 с.
125. Шувар І. А., Бойко І. Є., Лис Н. М., Верещинський Р. А. Гірчиця біла та ефективне її використання в біологізації землеробства. Львів : Львівський національний аграрний університет, 2009. 50 с.
126. Шувар І. Родючість ґрунту. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 8 (231). URL : <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/1022-rodichist-gruntu.html>.
127. Шурупов В. Г. Основные направления повышения продуктивности масличных культур в зоне недостаточного увлажнения (подсолн., горчица сарептская, клещевина): науч. докл... д-ра с.-х наук. Всерос. НИИ масличных культур им. В. С. Пустовойта, Док. опыт. ст. масличных культур им. Л. А. Жданова. Ставрополь, 1999. 49 с.
128. Atkinson N. J.; Urwin P. E. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. *J Exp Bot* 2012, 63, 3523–3543.
129. Akuaku J., Melnyk A., Zherdetska S., Melnyk T., Surgan O., Makarchuk A. Yield and quality of confectionery sunflower seeds as affected by foliar fertilizers and plant growth regulators in the leftbank forest-steppe of

Ukraine // University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest Faculty of Agriculture SCIENTIFIC PAPERS SERIES A. AGRONOMY Volume LXIII, No. 1, 2020. P. 155–166.

130. Chavan S. A. Effects of dates of sowing, plant densiti and levels of nitrogen on mustard /S. A. Chavan, V. M. Kanade, P. P. Shinde, S.A. Khavilkar. *J. Magarashtra agr. Univ.* 1989. № 9. P. 12–14.

131. Dhillon N.S. Critical limits of nitrogen and phosphorus in mustard /N. S. Dhillon, A. S. Vig, M. S. Gill. *J. Indian Soc. Soil Sc.* 1988. № 8. P. 44–46.

132. Melnik A. V., Zherdetskaya S. V., Shahid Ali, Gulyam Shabir. Agro-biological features of growing the brown mustard under the conditions of left-bank forest-stepp of Ukraine. *AgroFor International Journal*. Vol. 4. Issue No. 1. 2019. P. 93–12.

133. Dhaliwal S. S., Sharma, V., Shukla A. K., Verma V., Sandhu P. S., Behera S. K., Hossain A. (2021). Interactive Effects of Foliar Application of Zinc, Iron and Nitrogen on Productivity and Nutritional Quality of Indian Mustard (*Brassica juncea* L.). *Agronomy*, 11(11), 2333. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.6>

134. Du Y., Cui, B., Wang Z., Sun J., & Niu W. (2020). Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. *Catena*, 193, 104617.

135. Ethimiadou A., Bilalis, D., Karkanis, A., Froud-Williams, B., and Eleftherochorinos, L. (2009). Effects of Cultural System (Organic and Conventional) on Growth, Photosynthesis and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L.) under Semi-Arid Environment. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 104–111.

136. Fracheboud Y., and Leipner J. (2003). The Application of Chlorophyll Fluorescence to Study Light, Temperature, and Drought Stress. *Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology*. pp.125–150.

137. Irin I. J., Biswas P. K., Ullah M. J., Roy T. S. (2020). Effect of in situ green manuring crops and chemical fertilizer on yield of T. *Aman rice* and

mustard. *Asian Journal of Crop*, 2(02), 68–79.

138. Ghasemi M., Arzani K., Yadollahi A., Ghasemi S., and Khorrami S. S. (2011). Estimate of Leaf Chlorophyll and Nitrogen Content in Asian Pear (*Pyrus serotina* Rehd.) by CCM-200. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(1), 91–94.

139. Jia Peipei, Melnyk A., Zhang Zhiyong, Butenko Sergey, Kolosok Volodymyr. Effect of seed pre-treatment with plant growth compound regulators on seedling growth under drought stress. *Agraarteadus*. 2021. 32, 2, 3. 251–256.

140. Mir M. R., Khan N.A., Ashraf Bhat M., Lone N. A., Rather G. H, Razivi S. M, Bhat K. A, Singh S., Payne W. A. Effect of ethrel spray on growth and photosynthetic characteristics of mustard (*Brassica juncea* L. Czern and Coss) cultivars. *International Journal of Current Research*. 2010; 6: 22–26.

141. Peterson C., Thompson J. Biodiesel from yellow mustard oil. Final Report. National Institute for Advanced Transportation Technology; University of Idaho. 2005. 20 p.

142. Rana K., Parihar M., Singh J. P., Singh R. K. Effect of sulfur fertilization, varieties and irrigation scheduling on growth, yield, and heat utilization efficiency of indian mustard (*Brassica Juncea* L.). *Communications in soil science and plant analysis*, 2020. 51(2), 265–275.

143. Rademacher W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. *J Plant Growth Regul* 2015, 34, 845–872.

144. Sari I. P., Hidayati S., Ali M., Purwanti S. Application of Urban Waste Organic Fertilizer on the Growth of Mustard Plants (*Brassica Juncea* L.). *Agricultural Science*, 2020.(1), 74–84.

145. Shorna S. I., Polash M. A. S., Sakil M. A., Mou M. A., Hakim M. A., Biswas A., & Hossain, M. A. Effects of nitrogenous fertilizer on growth and yield of Mustard Green. *Trop Plant Res*, 2020. 7, 30–6.

146. Zahra K.; Mohammad M. Evaluation of drought and salinity stress effects on germination and early growth of two cultivars of maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2011. 10, 14868–14872.

147. Yang, C.; Zhang, X.; Zou, C. Effects of drought simulated by peg-

6000 on germination and seedling growth of rapeseed (*brassica napus* l.). *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*. 2007.

148. Vinogradov D. V., Vysotskaya E. A., Naumtseva K. V., Lupova E. I. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 422, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

149. Waraich E.; Ahmad R.; Halim A.; Aziz T. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. *Journal of soil science and plant nutrition* 2012, 12, 221–244.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальна частина роботи виконувалась впродовж 2019–2021 рр. на дослідних полях Сумського національного аграрного університету, які знаходяться в Лісостеповій природно-кліматичній зоні.

Дослідження виконано в рамках наукової теми, зареєстрованої в УкрІНТЕІ (номер 0115U001051) «Оптимізація елементів технології вирощування гірчиці в умовах північно-східного Лісостепу України».

Основні елементи досліджень пройшли виробничу перевірку та впроваджені в господарствах Сумської та Полтавської областей, зокрема в ФГ «Соловей Р. В.» та ТОВ «Полтава-Сад» на загальній площі 45 га.

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

Природно-кліматичні умови Сумської області сприятливі для нормального росту та розвитку рослин гірчиці. Зокрема, достатньо висока родючість ґрунтів, їх задовільна водо- та повітропроникність, достатня кількість опадів і температурний режим.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибоко середньогумусовий крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах. Вміст гумусу за Тюрінім 4,1–4,5%; рН сольове 6,0–6,2. Вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 120 мг/кг, рухомих сполук  $P_2O_5$  і  $K_2O$  за Чириковим – 202 мг/кг та 85 мг/кг відповідно.

Основні метеорологічні дані були отримані від лабораторії Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (с. Сад – 5 км від дослідного поля).

За аналізом погодних умов періоду вегетації 2019 року було виявлено, що рік був з недостатньою кількістю опадів (рис. 2.1). Дефіцит опадів спостерігався за всіма місяцями вегетаційного періоду. Дефіцит опадів у

червні (лише 16,8 мм) зумовив зниження загальної продуктивності гірчиці білої в цьому році порівняно з іншими досліджуваними роками.

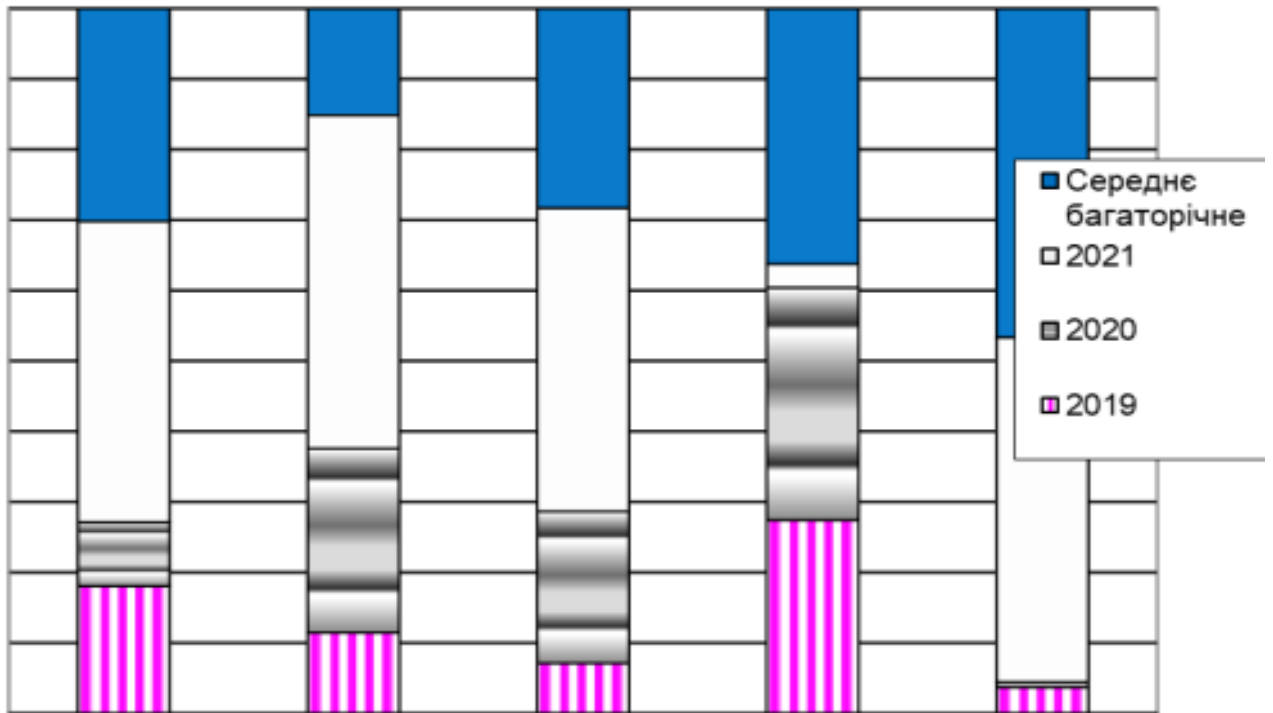


Рис. 2.1. Гістограма середньомісячної кількості опадів та середньобагаторічних показників за період вегетації (2019–2021 рр.), %

Температура повітря перевищила багаторічні показники на 2,0–4,5°C за всіма місяцями періоду вегетації гірчиці (рис. 2.2). Загалом за період вегетації (квітень–серпень) сума ефективних температур вище 10°C–2865,5°C, а сума опадів 143,3 мм.

Виявлено, що період вегетації 2020 року відрізнявся дефіцитом опадів – у квітні 12,0 мм порівняно із середньобагаторічними 40,0 мм. Водночас у травні випала більша кількість (93,2 мм) порівняно із середньобагаторічними (54,0 мм), що дозволило сформувати добрі сходи та в подальшому високопродуктивні рослини гірчиці білої. Також слід відзначити, що весною температурний режим був нижчим за середньобагаторічні параметри. А влітку зафіксовано збільшення середньомісячних температур порівняно з



багаторічними даними на  $1,7-4,5^{\circ}\text{C}$ . Розрахована сума активних температур понад  $10^{\circ}\text{C}$ – $2489,4^{\circ}\text{C}$ , а сума опадів  $215,1$  мм.

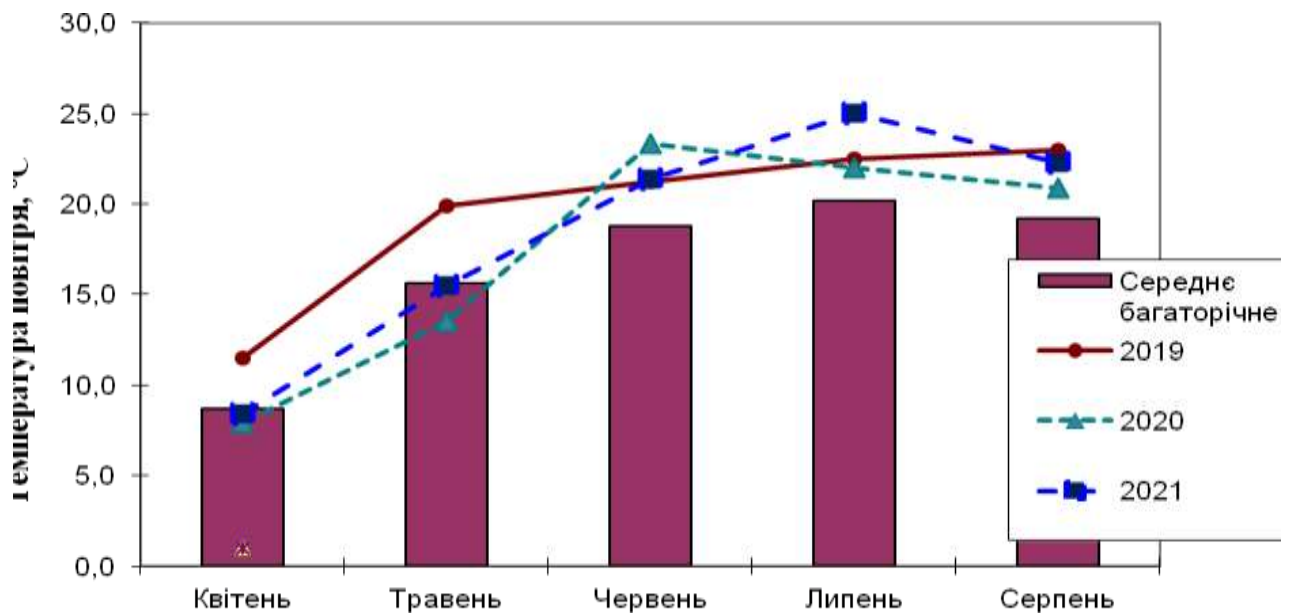


Рис. 2.2. Середньомісячна температура повітря за роки проведення досліджень (2019–2021 рр.),  $^{\circ}\text{C}$

Період вегетації 2021 року характеризувався достатньою кількістю опадів за всіма місяцями, окрім липня. Слід зазначити перевищення кількості опадів у травні ( $168,3$  мм) та червні ( $101,9$  мм), середньобагаторічні дані ( $54,0$  та  $67,0$  мм) відповідно. Отже, надмірне зволоження та низький температурний режим у цьому році зумовили уповільнення розвитку рослин та відповідно запізнення з календарним настанням основних фаз. Як уже зазначалося, температура повітря у квітні та травні була нижчою за середньобагаторічні дані. Відбувалося поступове підвищення температурного режиму починаючи з червня і до серпня (рис. 2.2).

Розрахована нами сума активних температур –  $2654,0^{\circ}\text{C}$ , сума опадів була найбільшою і становила  $319,6$  мм.

Для більш презентативного аналізу погодних умов досліджуваних років ми розраховали коефіцієнти суттєвості відхилень ( $K_c$ ) та

гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Селянинова, які обчислювали за формулами [2]:

Коефіцієнти суттєвості відхилень ( $K_c$ ) розраховали за формулою

$$K_c = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma}, \text{ де}$$

$K_c$  – коефіцієнт суттєвості відхилень;

$X_i$  – елементи поточної погоди;

$\bar{X}$  – показник середньої багаторічної величини;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення.

$$\text{ГТК} = \Sigma p \cdot 10 / \Sigma t,$$

де  $\Sigma p$  – сума опадів за період із температурою повітря понад 10°C;

$\Sigma t$  – сума температур понад 10°C за цей самий період.

Аналіз розрахунку коефіцієнта суттєвості відхилень погодних умов показав, що вони відрізнялись від середніх багаторічних показників. Результати розрахунку за вегетаційний період досліджуваних років наведені в табл. 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1

**Коефіцієнти суттєвості відхилень кількості опадів  
від середніх багаторічних за роки проведення досліджень  
(квітень–серпень, 2019–2021 рр.)**

Опади	Середнє багаторічне, мм	S	Середнє за місяцями, мм	Рік			
				2019	2020	2021	Середнє за роками
Квітень	40	25,6	30,8	-0,6	-1,1	0,6	-0,4
Травень	54	98,2	100,7	-0,1	0,4	1,2	0,5
Червень	67	47,4	56,5	-1,1	-0,3	0,7	-0,2
Липень	76	33,5	44,5	-0,6	-0,2	-2,1	-0,9
Серпень	57	39,9	21,7	-1,3	-1,4	0,1	-0,9
Сума за вегетацію	294	291,7	254,3	-0,5	-0,2	0,3	-0,1

За результатами розрахунків було виявлено, що за рівнем зволоження умови періоду вегетації 2019 року були недостатніми ( $K_c = -0,5$ ), зокрема найбільший дефіцит був у квітні та липні ( $K_c = -0,6$ ). За кількістю опадів 2020 рік був посушливим, але з умовами, близькими до звичайних ( $K_c = -0,2$ ), найбільшу нестачу опадів спостерігали у квітні ( $K_c = -1,1$ ) та серпні ( $K_c = -1,4$ ). Слід відзначити достатню кількість опадів за вегетацію 2021 року ( $K_c = 0,3$ ). Найбільшою вологістю характеризувалися травень ( $K_c = 1,2$ ) та червень ( $K_c = 0,7$ ). У середньому за роки досліджень розраховано незначне зниження забезпеченості опадами порівняно з середніми багаторічними ( $K_c = -0,1$ ). Найбільш виражений дефіцит був виявлений у липні та серпні ( $K_c = -0,9$ ).

Нами також розраховано коефіцієнти суттєвості відхилень середньомісячних температур від середніх багаторічних за роки проведення досліджень (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Коефіцієнти суттєвості відхилень середньомісячних температур від середніх багаторічних за роки проведення досліджень (квітень–серпень, 2019–2021 рр.)**

Опади	Середнє багаторічне, мм	S	Середнє за місяцями, мм	Рік			
				2019	2020	2021	Середнє за роками
Квітень	8,7	37,7	9,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Травень	15,6	29,2	16,3	0,1	-0,1	0,0	0,0
Червень	18,8	22,1	22,0	0,1	0,2	0,1	0,1
Липень	20,2	20,7	23,2	0,1	0,1	0,2	0,1
Серпень	19,2	22,0	22,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Сума за вегетацію	82,5	64,8	92,8	0,2	0,1	0,2	0,2

За цими параметрами метеорологічних умов результати розрахунків менш суттєві порівняно з попередніми. Але чітко спостерігається тенденція до підвищення температурного режиму порівняно з середніми багаторічними значеннями. Майже всі коефіцієнти мають позитивні  $K_c = 0,1-0,2$ . У

середньому за вегетацію коефіцієнт суттєвості відхилень середньомісячних температур від середніх багаторічних становить 0,2.

Традиційним для науковців України для характеристики умов зволоження території є використання гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Селянинова (табл. 2.3).

*Таблиця 2.3*

**Сума активних температур, сума опадів та гідротермічний коефіцієнт за роки досліджень в умовах ННВК СНАУ (квітень–серпень, 2019–2021 рр.)**

Рік	Сума активних температур, °С	Сума опадів, мм	ГТК	Рік за зволоженням
2019	2865,5	143,3	0,50	Сухий
2020	2489,4	214,1	0,86	Сухий
2021	2654,0	319,6	1,20	Нормальний
Середнє багаторічне (1989–2019)	2568,0	294,0	1,21	Нормальний

За результатами розрахунку гідротермічного коефіцієнта було виявлено, що умови періоду вегетації 2019 та 2020 років були сухими (ГТК=0,5–0,8). Водночас надмірна кількість опадів у травні та червні 2021 року обумовила загальний ГТК на рівні 1,2, що відповідає нормальному зволоженню.

## **2.2. Об'єкт, схема та методика проведення досліджень**

Метою проведення досліджень є визначення особливостей формування продуктивності сортів гірчиці білої залежно від способу застосування та виду регуляторів росту з антистресовою дією в умовах північно-східного Лісостепу України.

*Об'єкт дослідження* – процес оптимізації формування продуктивності гірчиці білої залежно від сортових особливостей, способу застосування та виду регуляторів росту рослин та погодних умов.

*Предмет дослідження* – сорти гірчиці білої (Біла принцеса, Ослава); способи застосування та види регуляторів росту рослин, економічна та енергетична ефективність досліджуваних елементів технології вирощування.

### **Досліджувані сорти гірчиці білої**

**Біла принцеса.** Оригінатор сорту: ННЦ «ІЗ НААН України». Сорт створений методом гібридизації з подальшим індивідуально-сімейним добром. Призначення сорту: отримання продовольчої олії і шроту для виробництва гірничного порошку. Висота рослини 125–145 см. Стебло округле, товщиною 7–8 мм, на якому розміщено 6–7 гілок першого порядку. Тривалість вегетаційного періоду 105–110 днів. Плід – стручок довжиною 2–3,5 см, у якому розміщуються 3–4 насінини округлої форми світло-жовтого кольору. Маса 1 000 шт. насінин – 4,8 г. Стійкий до вилягання і до осипання насіння. Середньостійкий до шкідників і хвороб. Урожайність насіння становить близько 3,2 т/га. Вміст ерукової кислоти в олії – до 15,6 мкмоль/г. Вміст олії в насінні – 40%. Сорт переданий до державного сортовипробовування в 2016 році [1].

**Ослава.** Оригінатор – Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України. Створений методом індивідуально-сімейного добору з сорту Кароліна на фоні пізньовесняних строків сівби. Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2012 року. Рекомендується до використання як кормова, технічна та сидеральна культура. Характеризується підвищеною кормовою та насінневою продуктивністю. Вегетаційний період: до укісної стиглості – 40–45 днів, до збирання насіння – 85–95 днів. Урожай: сухої речовини зеленої маси – 6,0–6,5 т/га, насіння – 2,8–3,0 т/га. Вміст у сухій речовині зеленої маси і сухої речовини: сирого протеїну – 18–19% клітковини – 21–22%. Вміст у сухій речовині насіння: олії – 26–28%, сирого протеїну – 28–30%. Рекомендована зона вирощування – Полісся, Лісостеп і Степ [1].

## **Застосовувані регулятори росту рослин**

**Альбіт ТПС (Albit TPS)** – поліфункціональний препарат біологічного походження. Унікальні механізми дії препарату дозволяють йому захищати сільськогосподарські рослини від широкого кола біотичних (хвороби) і абіотичних стресів. Серед останніх особливо слід відзначити захист від пестицидного стресу (антидотної дії). Результатом застосування альбіту є отримання значного додаткового врожаю сільськогосподарських культур. Найбільш результативним є використання альбіту як антидоту в поєднанні з запланованими обробками хімічними пестицидами: гербіцидами, інсектицидами, фунгіцидами та рідкими добривами в першій половині вегетації. Обприскування більшості культур проводиться 1–3-кратно в першій половині вегетації (до цвітіння включно), починаючи зі стадії 3–5 листків, з інтервалом між обробками 2–3 тижні. Заявник – Родоніт.

**Антистрес (Antistress)** – плівкоутворювальний регулятор росту рослин з підвищеною кріо-, фунгіпротекторною та адаптогенною дією, до складу якого входять: «Марс-EL» – полімерний препарат, що містить у своєму складі гумінові кислоти та гриб Ендофіт. Для підвищення адаптивних можливостей рослин до екстремальних умов, які можуть створюватись і кліматичними чинниками. Використовується для позакореневої обробки рослин та підвищує стійкість рослин до несприятливих впливів зовнішнього середовища, забезпечуючи адаптацію до екологічних умов, що змінюються, тобто має стрес-коректорну дію до кінця вегетаційного періоду.

**Агрінос (Agrinos)** – біостимулятор-антистресант, який покращує толерантність рослин до різних стресів (абіотичні, біотичні та фізіологічні) та підтримує процес фотосинтезу. Властивості препарату Агрінос дозволяють мінімізувати вплив стресових чинників, збільшують стійкість сільськогосподарських культур до патогенів, а також сприяють формуванню високого врожаю. До його складу входять доступні амінокислоти, хітин, хітон. Рекомендують застосовувати як у позакореновому підживленні, так і в ґрунт через систему краплинного поливу.

Комплекс елементів живлення та біостимулятор-антистресант підвищують активність метаболічних шляхів у клітинах тканин та органів сільськогосподарських культур. За рахунок цього підвищується стійкість рослин до абіотичного та антропогенного стресу та зберігається високий рівень реалізації потенціалу продуктивності культури.

**Регоплант (Regoplan)** – біостимулятор із серії композиційних препаратів, має біозахисні властивості, збалансований композицією біологічно активних сполук амінокислот, хітозану, аналогів фітогормонів, олігосахаридів, жирних кислот, хелатних і біогенних мікроелементів Cu, Zn, S, Mo, Mg, B, Mn, K<sub>2</sub>O, Ca, Fe, N.

В основу дії препарату покладено синергетичний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і авермектинів. Препарат рекомендований для використання для передпосівної обробки насіння всіх сільськогосподарських культур, обробки рослин у період вегетації.

**Фаст старт (Fast start)** – стартове добриво для активізації росту рослин на ранніх етапах розвитку, до складу якого входять вільні амінокислоти, органічні кислоти; фульвові кислоти; Zn; S. Фульвові кислоти забезпечать максимальне поглинання з ґрунту мінеральних речовин, які за звичайних умов малодоступні. FastStart зумовлює розвиток кореневої системи та зменшує тиск з боку стресових чинників навколишнього середовища. Цей продукт застосовують для широкого спектра культур, зокрема і гірчиці.

**Біофордж (Bioforge)** – це антистресовий препарат для посилення росту, розвитку рослин та досягнення їх стійкості до несприятливих чинників. Застосовують препарат для контролю гормонального балансу та постійного росту корневих кінчиків. Bioforge є продуктом реакції двох природних речовин: сечовини та мурашиної кислоти, які при поєднанні дають речовину – диформіл сечовину, що є антиоксидантом. Bioforge зупиняє сигнал для синтезу «стресового етилену», підтримуючи оптимальну

концентрацію цього гормону в рослині, нейтралізує вільні радикали, які руйнують клітину, та збільшує рівень внутрішньоклітинної рідини в рослині. Крім регуляції стресу, препарат забезпечує краще проростання насіння та підсилює розвиток рослини. Заявник – ТОВ Столлер.

**Стимуляте (Stimulate)** – регулятор росту рослин на основі поєднання цитокініну, ауксину та гіберелової кислоти, який активізує ріст і розвиток рослин упродовж вегетаційного періоду. Він сприяє поділу, диференціації та росту клітин на всіх етапах розвитку рослин. Препарат забезпечує підтримку гормонального балансу рослин, забезпечує формування потужної кореневої системи та досягнення швидких та вирівняних сходів. Stimulate посилює ріст коріння, чим збільшує поглинання рослиною внесених у ґрунт поживних речовин. Stimulate сумісний з більшістю гербіцидів. При застосуванні в баковій суміші продукт сприяє підтриманню гормонального балансу і активного розвитку, знижуючи ризик гербіцидного стресу. Заявник – ТОВ Столлер.

**Вермистим Д (Vermistym D)** – це високогумусна речовина, яка має у своєму складі комплекс біологічно поживних речовин. Він сприяє більш ефективному використанню корисних речовин рослинами і захищає рослину від хвороб. До складу «Вермистиму» входять: гумати, фульвокислоти, амінокислоти, вітаміни, природні фітогормони, що активують ріст засоби, мікро- і макроелементи і спори ґрунтових організмів. Препарат сприяє підвищенню схожості насіння, стимулює ріст і розвиток рослин, підвищує імунітет рослин до різних захворювань, заморозків і посухи, а також зменшує кількість нітратів і нітритів, важких металів і радіонуклідів, покращує якість продукції. Заявник – Біоконверсія.



За темою дисертаційної роботи проведено трифакторний польовий дослід.

Схема дослід. Фактор А – сорти гірчиці білої: Ослава; Біла принцеса; фактор В – способи застосування регуляторів росту рослин: обробка насіння (ВВСН<sub>00</sub>), застосування по листку (ВВСН<sub>14-18</sub>), комплексне застосування (ВВСН<sub>00</sub>+ВВСН<sub>14-18</sub>); фактор С – регулятори росту рослин: контроль, Альбіт, Антистрес, Агрінос, Біофордс, Фаст старт, Регоплант, Стимуляте, Вермистим Д.

Параметри дослід:  $l_a = 2$ ,  $l_e = 3$ ;  $l_c = 8$ ;  $n=4$ , площа облікової ділянки 25 м<sup>2</sup>. Ділянки розміщені методом організованих повторень.

Технологія вирощування була загальноприйнятою для північно-східного Лісостепу України. Спосіб сівби – рядковий з міжряддям 15 см [15].

Контроль забур'яненості від злакових бур'янів здійснювали за допомогою гербіциду Галера Супер, РК (0,2 л/га) та страхового гербіциду Бутізан 400 (2,0 л/га). Від шкідників проводили обприскування посіву інсектицидом Нурел Д (0,5 л/га) [17].

Використовували для планування експерименту методику польового дослід (Доспехова Б. А.). Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин гірчиці білої виконували згідно з «Методикою держсортівипробування...» [13]. Основні обліки здійснювали за настання фаз: сходи, розетка, бутонізація, початок цвітіння, плодоутворення на маркованих рослинах.

Визначення площі листків гірчиці проводили методом «висічок» за методикою Ничипоровича А. О., що базується на визначенні площі і маси 50 висічок та ваги листової поверхні зразка. Розрахунки проводили за формулою [16]:

$$S = \frac{P}{n},$$

де S – загальна площа листків, см<sup>2</sup>;

$S_1$  – площа однієї висічки (відповідно до інструменту),  $\text{cm}^2$ ;

$P$  – загальна маса листків, г;

$P_1$  – маса висічок з листків, г;

$n$  – число висічок, шт.

Для визначення вмісту хлорофілу готували розчин у спиртовій витяжці та визначали на спектрофотометрі УЛАБ 102 (Китай) [2, 14].

Показники посівних якостей насіння, зокрема лабораторну схожість та масу 1 000 шт., визначали за ДСТУ 4138-2002 [8].

Облік урожаю проводили суцільно з кожної облікової ділянки з визначенням структури врожаю [1]. Олійність визначали на інфрачервоному аналізаторі Сапнір 270 (Китай) [2], відбираючи модельні снопи.

Аналіз структури врожаю проводили за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [8]. Збирання проводили поділяночно комбайном Массей Фергюсон, урожай очищали до 100% чистоти та 10% вологості.

Математичні розрахунки результатів досліджень проводили за допомогою дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу, застосовуючи програми Exell та Statistica-8-10 [9, 11].

Економічну та енергетичну оцінку застосування досліджуваних регуляторів росту проводили за загальноприйнятими методиками Медведовського А. К. і Іваненка П. І. та ін. [12].

## **Висновки до розділу 2**

1. Доведено відповідність ґрунтово-кліматичних умов місця проведення досліджень для вирощування гірчиці білої.
2. Виявлена тенденція щодо зменшення кількості опадів та підвищення температурного режиму.
3. Доведено, що очевидне підвищення середньодобової температури у весняно-літній період зумовлювало більш інтенсивне проходження росту та розвитку рослин гірчиці білої.
4. Доведено, що схемою проведення досліджень передбачена достатня кількість обліків, спостережень і аналізів, які дозволили виявити основні складники формування продуктивності гірчиці білої за застосування регуляторів росту рослин з антистресовою дією в умовах Сумщини (північно-східного Лісостепу України).

## Список використаних джерел до розділу 2

1. Вишнівський П. С. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами /В. Ф. Сайко та ін.; за ред. П. С. Вишнівського. Київ, 2011. 76 с.
2. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин та ґрунтів. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.
3. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Наказ № 135 від 15.02.2022 року).
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Міністерство аграрної політики України, Державна служба з охорони прав на сорти рослин (Витяг станом на 07.09.2019 року). Видання офіційне. Київ, 2019. 468 с.
5. Дмитренко В. П. Погода, клімат і урожай польових культур. К. : Ніка – Центр, 2010. 620 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 350 с.
7. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Дата введення в дію 1.08.2017. 7 с.
8. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 01.01.2004]. Київ : Держстандарт України, 2003. 173 с. (Національний стандарт України).
9. Ермантраут Е. Р. Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6 : методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.
10. Ковальчук М. І. Економічний аналіз у сільському господарстві : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. Київ : КНЕУ, 2002. 282 с.

11. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології : навч. посіб. /О. М. Царенко, Ю. А. Злобін, В. Г. Скляр, С. М. Панченко. Суми : Ун. книга, 2000. 203 с.
12. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
13. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур /ред. В. В. Волкодав; Держ. комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ : Алефа, 2000, Вип. 1. 100 с.
14. Методы биохимического исследования растений /под ред. А. И. Ермакова. Л. : Колос, 1972. 456 с.
15. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України /В. М. Зубець та ін.; за ред. В. М. Зубця. К. : Логос, 2004. 776 с.
16. Ничипорович А. А. Основы фотосинтетической продуктивности растений. *Современные проблемы фотосинтеза*. М. : МГУ, 1973. С. 5–28.
17. Оптимізація інтегрованого захисту польових культур (довідник) /за ред. В. В. Кириченка, Ю. Г. Красиловця. Х. : Магда LTD, 2006. 252 с.
18. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник /В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз; за ред. В. О. Єщенка. К. : Дія, 2005. 288 с.

### РОЗДІЛ 3

## ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ СОРТІВ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ (*Sinapis alba* L.)

Незважаючи на суттєві зміни посівних площ у світі під гірчицею (від 800 тис. га до 1100 тис. га), попит на цю культуру залишається високим. Головним виробником насіння гірчиці є Канада, яка отримує близько 70 % насіння. Україна входить до трійки найбільших виробників гірчиці у світі. Згідно з повідомленням Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (Food and Agriculture Organization, FAO), ТОП-5 країн-виробників має такий розподіл: Канада, Україна, Росія, Німеччина та Індія. Основними покупцями гірничої продукції на світовому ринку є Німеччина, США, Франція, Непал і Польща [6, 19].

Розвиток олійно-жирової промисловості в Україні має значні перспективи з погляду забезпечення внутрішніх потреб і задоволення попиту зовнішнього ринку. Це зумовлено переорієнтацією у структурі харчування населення економічно розвинених країн із тваринних жирів на рослинні та олію і зростанням загальної кількості населення планети. Також важливим фактором розширення виробництва олії стало подорожчання енергоносіїв та збільшення використання олії для технічних потреб (біопалива, миючих засобів, фарб тощо) [4, 6].

Поряд із соняшником важливе значення мають рослини родини *Brassicaceae*, зокрема гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) [11, 13]. Біологічні особливості хрестоцвітих культури відрізняються високою пластичністю до агроекологічних умов вирощування, а сучасний рівень селекції робить їх економічно привабливими [9]. Гірчиця біла має значний потенціал продуктивності високоякісного олієнасіння різнопланового використання [20].

Як уже зазначалось в попередньому розділі, у Лівобережному Лісостепу України наявна тенденція до коливання температур як у межах

однієї доби (+20–30 °С вдень та 10–15 °С вночі), так і протягом вегетаційного періоду (спекотний період понад +30 °С тривалістю 20–30 діб) [3]. Водночас слід відзначити відсутність опадів, що реально формують стресові умови для вегетації с.-г. культур. Також слід зазначити, що більшість хімічних пестицидів є достатньо токсичною речовиною, тому, окрім своєї основної функції (захисту рослин від хвороб та шкідників, бур'янів), дають стресове навантаження на культурну рослину [7, 25]. Стресовий ефект проявляється у вигляді уповільнення зростання, зниження схожості, скручування листя, підвищеної схильності до ураження хворобами та інше [10]. Відновити нормальний метаболізм клітин рослин за стресових погодних умов та після обробки пестицидами є актуальним питанням при вирощуванні культурних рослин, зокрема олійних [12].

Одним із сучасних напрямів зменшення впливу стресових чинників та підвищення врожайності гірчиці є впровадження у сільськогосподарське виробництво високих енергозберігаючих технологій із застосуванням регуляторів росту рослин [17, 21].

Відомо, що регулятори росту підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів природного або антропогенного походження: критичних перепадів температур, дефіциту вологи, токсичної дії пестицидів, ураження хворобами і пошкодження шкідниками [1]. За сучасних технологій вирощування регулятори росту можуть застосовуються для обробки насіння та для позакореневого підживлення (по листку) [5]. Деякі препарати можуть використовуватись подвійно, як для насіння, так і у період вегетації.

Отже, вивчення впливу регуляторів росту на підвищення стійкості рослин до стресів і, як результат, реалізації біологічного потенціалу *Sinapis alba* L. є важливим і перспективним напрямом сучасної аграрної науки.

Відповідно до біологічних особливостей гірчиці білої сівбу проводили за температури ґрунту 6–8 °С. Календарні дати змінювалися залежно від погодних умов кожного року, але всі були в межах одного місяця. Так, у 2019 році – 17 квітня, у 2020 році – 6 квітня, у 2021 році – 30 квітня. Слід відзначити, що інтенсивність появи сходів була різною залежно від рівня забезпечення опадами та динаміки температурного режиму. Надмірне зволоження та низькі температури обумовили повільне проростання насіння обох сортів у 2020 році, і цей період був у межах 12–14 діб, а у 2019 та 2021 роках тривалість від посіву до повних сходів варіювали за варіантами досліджу 7–9 діб. Тривалість наступної фази «сходи-розетка» у розрізі досліджуваних років майже не відрізнялась і варіювала за варіантами від 22–23 для сорту Біла принцеса та 21–22 діб для сорту Ослава.

Однією з важливих фаз розвитку гірчиці є «розетка-бутонізація». Її тривалість та забезпеченість біотичними факторами визначають майбутню продуктивність рослин. Слід зазначити, що надмірна кількість опадів у 2021 році обумовила її збільшення до 12–14 діб порівняно з 6–9 діб у 2019 і 2020 роках. Також відмічено збільшення цієї фази (на 1–2 доби) для всіх сортів за використання регуляторів росту.

Тривалість наступної фази «бутонізація-цвітіння» майже не відрізнялась і становила 7–9 діб як для сорту Біла принцеса, так і для сорту Ослава. Аналогічно до першого етапу проростання насіння остання фаза «цвітіння-достигання» більшою мірою залежала від умов року. Так, високий температурний режим та дефіцит опадів обумовили скорочення цього етапу розвитку рослин гірчиці білої у спекотному 2019 році до 45–47 діб. Водночас у нормальній за зволоженням 2021 рік цей показник у середньому становив 52 доби з варіюванням за варіантами від 49 до 53 діб за варіантами.

Отже, загалом за вегетацію наявна тенденція до збільшення тривалості окремих періодів за використання регуляторів росту, що обумовило зростання загального вегетаційного періоду.



За результатами аналізу морфологічних параметрів було встановлено, що в середньому за 2019–2021 роки найвищі рослини у сорту Біла принцеса були на варіанті за обробки насіння і по вегетації рослин регулятором росту Біофордж – 108,4 та Регоплант – 109,5 см.

Таблиця 3.1

**Висота рослин гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (см)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Висота, см	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	103,4	105,5	102,2	102,2
		Обробка насіння	Альбіт			103,5
	Антистрес		103,9		104,9	
	Агрінос		104,3		105,7	
	Біофордж		104,9		106,9	
	Фаст старт		103,9		105,8	
	Регоплант		104,6		107,1	
	Стимуляте		104,8		105,2	
	Вермистим Д		103,4		104,2	
	Середнє		104,2			
	Позакореневе внесення-		Альбіт		104,6	105,7
		Антистрес	105,1			
		Агрінос	106,2			
		Біофордж	105,7			
		Фаст старт	107,3			
		Регоплант	104,9			
		Стимуляте	107,3			
		Вермистим Д	104,5			
		Середнє	105,7			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	105,5		106,5	106,5
		Антистрес	105,2			
		Агрінос	106,9			
		Біофордж	108,4			
		Фаст старт	107,5			
		Регоплант	109,5			
		Стимуляте	105,8			
		Вермистим Д	106,3			
		Середнє	106,9			
		Середнє А	105,5			

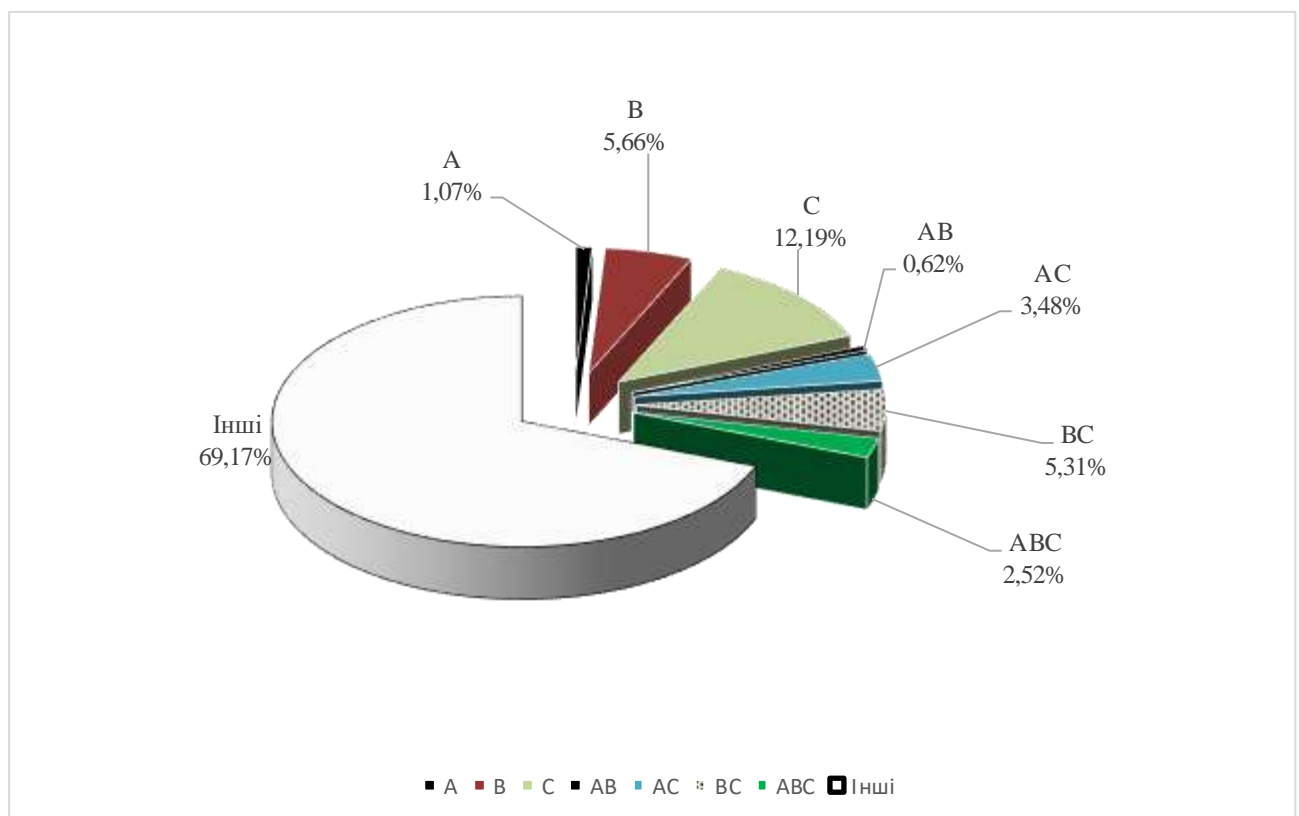
Продовження таблиці 3.1

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Висота, см	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)	
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	101,0	105,1			
		Альбіт	102,0				
	Обробка насіння	Антистрес	103,9				
		Агрінос	104,6				
		Біофордж	107,5				
		Фаст старт	103,3				
		Регоплант	106,8				
		Стимуляте	103,7				
		Вермистим Д	102,4				
		Середнє	104,3				
		Позакореневе внесення	Альбіт				102,7
			Антистрес				106,9
	Агрінос		105,0				
	Біофордж		106,0				
	Фаст старт		109,2				
	Регоплант		107,5				
	Стимуляте		104,4				
	Вермистим Д		103,1				
	Середнє		105,6				
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	103,3				
		Антистрес	104,6				
		Агрінос	107,3				
		Біофордж	109,1				
		Фаст старт	103,7				
		Регоплант	109,4				
		Стимуляте	105,3				
		Вермистим Д	105,5				
		Середнє	106,0				
		Середнє А	105,1				
	НІР <sub>0.05</sub>	ABC = 2,7	A = 0,53	B = 0,65	C = 1,12		

Максимальна висота рослин у сорту Ослава була також на вищенаведених варіантах і становила 109,1 та 109,4 см відповідно (табл. 3.1). Децю нижчі показники висоти рослин у сортів *Sinapis alba* L. були за обробки їх у період вегетації.

Так, у середньому за варіантами: Біла принцеса – 105,7 см, Ослава – 105,6 см. На варіантах обробки лише одного насіння показники висоти рослин були дещо нижчими. Слід відзначити, що варіювання висоти залежно від застосування регуляторів росту було більшим у сорту Ослава 101,0–107,7 см, тоді як у сорту Біла принцеса лише в межах 103,4–104,9 см. Мінімальні значення було отримано на контролі: у Білої принцеси 103,4 см, у Ослави 101,0 см.

За результатами дисперсійного аналізу виявлено, що найбільший вплив на формування висоти рослин мали погодні умови (у нашому випадку на діаграмі «інші» – 69,1%) (рис. 3.1).



**Рис. 3.1. Частка впливу факторів на висоту рослин гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту, (см) (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Серед досліджуваних нами факторів (елементів технології) максимальний вплив обумовлено фактором С «регулятори росту» – 12,2%; менший фактором В «способи застосування» – 5,7% і майже відсутній – за фактора А «сорти» – 1,1 %.

За сприятливих умов (достатня кількість тепла і вологи, сортові особливості) гірчиця схильна до дуже сильного розгалуження, утворюючи до 60 гілок (першого–п’ятого порядку) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Кількість гілок 1-го порядку гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (шт)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Кількість гілок, шт	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	4,8	5,1	4,8	4,8
	Обробка насіння	Альбіт	4,8		5,0	4,9
		Антистрес	4,9			5,0
		Агрінос	5,1			5,2
		Біофордж	5,4			5,4
		Фаст старт	5,1			5,2
		Регоплант	4,9			5,1
		Стимуляте	5,1			5,1
		Вермистим Д	4,9			5,0
		Середнє	5,0			
		Позакореневе внесення-	Альбіт			4,9
	Антистрес		5,1			
	Агрінос		5,3			
	Біофордж		5,3			
	Фаст старт		5,5			
	Регоплант		4,9			
	Стимуляте		5,4			
	Вермистим Д		5,1			
	Середнє		5,2			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	4,9		5,2	5,2
		Антистрес	5,1			
		Агрінос	5,4			
		Біофордж	5,7			
		Фаст старт	5,4			
		Регоплант	5,3			
		Стимуляте	5,2			
		Вермистим Д	5,2			
		Середнє	5,3			
		Середнє А	5,1			

Продовження таблиці 3.2

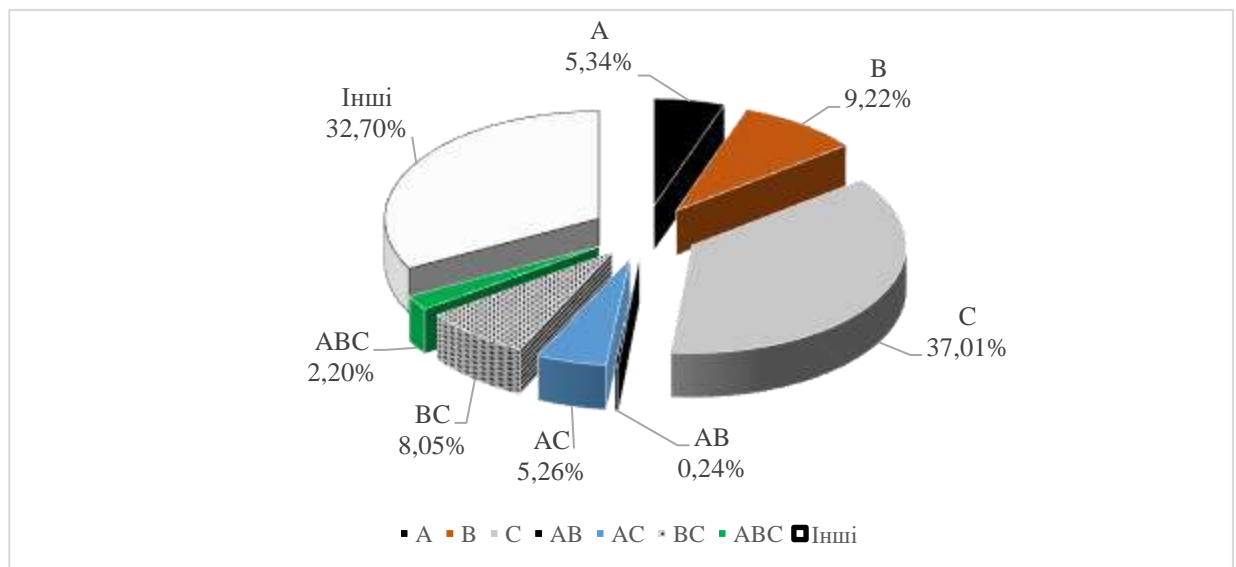
Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Кількість гілок, шт	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	4,7	5,0		
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		4,8			
	Агрінос		5,0			
	Біофордж		5,1			
	Фаст старт		4,9			
	Регоплант		5,0			
	Стимуляте		4,9			
	Вермистим Д		4,8			
	Середнє		4,9			
	Позакореневе внесення-		Альбіт			
		Антистрес	5,2			
		Агрінос	5,0			
		Біофордж	5,2			
		Фаст старт	5,3			
		Регоплант	5,1			
		Стимуляте	5,1			
		Вермистим Д	4,9			
		Середнє	5,1			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	4,9			
		Антистрес	5,1			
		Агрінос	5,2			
		Біофордж	5,4			
		Фаст старт	4,9			
		Регоплант	5,3			
		Стимуляте	5,1			
		Вермистим Д	5,0			
		Середнє	5,1			
		Середнє А	5,0			
		НІР <sub>0.05</sub>	ABC = 0,1			

За несприятливих умов і за суцільного способу посіву вона наближається до типу одностеблових рослин, утворюючи тільки 1–2 гілки першого порядку [14, 16].

У наших досліджах максимальна кількість гілок 1-го порядку у середньому за роки досліджень мала місце за комбінованого внесення регулятора росту Біофордж (насіння + позакоренево) – у Ослави – 5,4 шт., у Білої принцеси до 5,7 шт. (табл. 3.2).

Роздільне застосування на насінні або позакоренево знижувало ефект від застосування препаратів. У розрізі цього фактора дещо більший вплив виявлено за застосування по вегетації (по листку). Так, зокрема найбільшими показниками для сорту Біла принцеса характеризувались варіанти за застосування Агрінос, Біофордж – 5,3 шт; Стимуляте – 5,4 шт; Фаст старт – 5,5 шт. На контролі було сформовано 4,8 шт. гілок першого порядку. Подібна тенденція була виявлена для сорту Ослава, де максимальні значення розгалуження було отримано за позакореневого обприскування посіву Агрінос і Біофордж – 5,2 шт.; Фаст старт – 5,3 шт. На контролі також було отримано мінімальне значення цього параметра – 4,7 шт. [24].

Проведений нами дисперсійний аналіз виявив, що найбільший вплив (37,0 %) мав фактор С «регулятори росту» (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Частка впливу факторів на кількість гілок 1-го порядку гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту, (шт.) (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Значно менший вплив на формування гілок першого порядку мали фактор А «сорти» – 5,3 % та фактор В «способи застосування» – 9,2 %. Вплив взаємодії факторів був також незначним і варіював у межах 2,2–8,1 %. Водночас слід відзначити значний вплив погодних умов року (32,7 %), що відображено як «інші».

Основними складовими проходження процесу фотосинтезу є асиміляційна поверхня та вміст хлорофілу [18, 23]. У нашому дослідженні за методикою А. О. Ничипоровича було визначено площу листкової поверхні на варіантах досліджень [15]. Так, виявлено, що сорт Біла принцеса формував більшу площу листкової поверхні 42,3 тис. кв. м. /га порівняно з середнім значенням за варіантами сорту Ослава, де було сформовано 40,7 тис. кв. м./га. (табл. 3.3).

У розрізі фактора В «способи застосування» максимальний показник асиміляційної поверхні було розраховано за комплексного застосування РРР – 42,6 тис. кв. м./га., дещо менше середнє значення було отримано за одноразового позакореневого використання – 42,0 тис. кв. м./га. Обробка насіння забезпечила найменше підвищення ПЛП порівняно з контролем на 4,4 тис. кв. м. /га. Асиміляційна поверхня рослин гірчиці білої на контролі становила 36,3 тис. кв. м. /га.

У середньому за фактором С «регулятори росту» максимальні значення було отримано за застосування Агрінос – 43,8 та Біофордж – 44,7 тис. кв. м. /га. У розрізі сортів та способів застосування найвищу ефективність впливу на площу листкової поверхні для Білої принцеси виявлено за комплексного застосування Агріносу – 47,1 та Біофорджу – 49,37 тис. кв. м. /га; для сорту Ослава: Регопланту – 43,9 та 44,8 тис. кв. м. /га. Для останнього сорту слід відзначити високу ефективність також за позакореневого внесення Фаст старту, де на цьому варіанті в посіві було сформовано 44,88 тис. кв. м. /га листкової поверхні.

Істотність різниці за факторами та варіантами досліджень підтверджено проведеним дисперсійним аналізом та розрахованими  $HP_{0.05}$ ,

зокрема для фактора А = 0,34; фактора В = 0,41; фактора С = 0,55. Загальний  $HP_{0,05}$  для факторів АВС отримали на рівні – 1,9 тис. кв. м. /га.

Таблиця 3.3

**Площа листкової поверхні гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (тис. м. кв/га)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Площа листвоваї поверхні, тис. м. кв	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)	
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	36,9	42,3	36,3	36,3	
	Обробка насіння	Альбіт	38,9			40,7	38,2
		Антистрес	40,0				40,6
		Агрінос	43,7				43,8
		Біофордж	46,4				44,7
		Фаст старт	41,8				43,1
		Регоплант	40,9				42,0
		Стимуляте	45,2				41,6
		Вермистим Д	39,6				40,1
		Середнє	42,1				
	Позакореневе внесення-	Альбіт	37,5		42,0		
		Антистрес	41,4				
		Агрінос	44,1				
		Біофордж	42,5				
		Фаст старт	47,1				
		Регоплант	39,5				
		Стимуляте	45,8				
		Вермистим Д	40,3				
		Середнє	42,3				
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	38,3		42,6		
		Антистрес	39,3				
		Агрінос	46,2				
		Біофордж	49,3				
		Фаст старт	47,4				
		Регоплант	41,1				
		Стимуляте	41,8				
		Вермистим Д	43,5				
		Середнє	43,4				
		Середнє А	42,3				



Продовження таблиці 3.3

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Площа листкової поверхні, тис. м. кв	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	35,6	40,7		
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		37,9			
	Агрінос		42,0			
	Біофордж		43,0			
	Фаст старт		37,4			
	Регоплант		42,5			
	Стимуляте		37,3			
	Вермистим Д		36,7			
	Середнє		39,3			
	Позакореневе внесення-	Альбіт	38,1			
		Антистрес	43,4			
		Агрінос	43,3			
		Біофордж	42,2			
		Фаст старт	44,8			
		Регоплант	43,8			
		Стимуляте	39,4			
		Вермистим Д	38,0			
	Середнє	41,6				
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	39,0			
		Антистрес	41,5			
		Агрінос	43,3			
		Біофордж	44,8			
		Фаст старт	40,1			
		Регоплант	43,9			
		Стимуляте	40,3			
		Вермистим Д	42,4			
		Середнє	41,9			
		Середнє А	40,7			
	HP <sub>0.05</sub>	ABC = 1,9		A = 0,34	B = 0,41	C = 0,55

Поряд з площею листкової поверхні важливе значення для формування органічної речовини має вміст пігментів, зокрема хлорофілу [18, 25]. За результатами біохімічних досліджень нами виявлено, що у сорту Ослава

середній вміст хлорофілу А та В був вищим 1,64 мг/г, порівняно з 1,51 мг/г свіжої маси листків у сорту Біла принцеса (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Вміст хлорофілу в рослинах гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту, (мг/г) (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Вміст хлорофілу, мг/г	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	1,39	1,51	1,46	1,46
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		1,42		1,56	
	Агрінос		1,42		1,58	
	Біофордж		1,51		1,64	
	Фаст старт		1,54		1,64	
	Регоплант		1,51		1,65	
	Стимуляте		1,61		1,59	
	Вермистим Д		1,43		1,46	
	Середнє		1,48			
	Позакореневе внесення-		Альбіт		1,49	1,59
		Антистрес	1,58			
		Агрінос	1,51			
		Біофордж	1,54			
		Фаст старт	1,51			
		Регоплант	1,62			
		Стимуляте	1,50			
		Вермистим Д	1,48			
		Середнє	1,53			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	1,45		1,60	1,60
		Антистрес	1,49			
		Агрінос	1,55			
		Біофордж	1,60			
		Фаст старт	1,66			
		Регоплант	1,65			
		Стимуляте	1,59			
		Вермистим Д	1,41			
		Середнє	1,55			
		Середнє А	1,51			

## Продовження таблиці 3.4

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Вміст хлорофілу, мг/г	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	1,52	1,64		
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		1,62			
	Агрінос		1,62			
	Біофордж		1,65			
	Фаст старт		1,72			
	Регоплант		1,69			
	Стимуляте		1,54			
	Вермистим Д		1,51			
	Середнє		1,62			
	Позакореневе внесення-		Альбіт			
		Антистрес	1,65			
		Агрінос	1,66			
		Біофордж	1,79			
		Фаст старт	1,67			
		Регоплант	1,77			
		Стимуляте	1,61			
		Вермистим Д	1,42			
	Середнє	1,65				
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	1,57			
		Антистрес	1,62			
		Агрінос	1,73			
		Біофордж	1,76			
		Фаст старт	1,73			
		Регоплант	1,66			
		Стимуляте	1,67			
		Вермистим Д	1,49			
		Середнє	1,65			
	Середнє А	1,64				
	НІР <sub>0.05</sub>	ABC = 0,09	A = 0,01	B = 0,02	C = 0,02	

За фактором В «способи застосування» слід відзначити підвищення цього показника за позакореневого внесення (1,59 мг/г) та комплексної обробки насіння та позакореневого внесення (1,60 мг/г). Серед регуляторів росту найвищий вміст хлорофілів було виявлено за застосування Біофордж (1,64 мг/г), Фаст старт (1,64 мг/г) та Регоплант (1,65 мг/г). У розрізі досліджуваних варіантів максимальний вміст хлорофілів *a* та *b* було

виявлено в рослин сорту Ослава за позакореневого внесення Біофордж – 1,79 мг/г і комплексного його застосування – 1,76 мг/г. Кількість стручків на рослині поряд із кількістю насіння у стручку та їх значущістю є одним із елементів, що визначають урожай (табл. 3.5; рис. 3.3).

Таблиця 3.5

**Кількість плодів у рослин гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту, (шт) (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Кількість плодів, шт	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	87,4	90,8	85,6	85,6
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		88,1		89,8	
	Агрінос		90,7		90,9	
	Біофордж		90,6		93,3	
	Фаст старт		89,7		90,7	
	Регоплант		88,7		90,5	
	Стимуляте		91,0		91,8	
	Вермистим Д		88,5		88,8	
	Середнє		89,4			
	Позакоренеve внесення-	Альбіт	89,5		90,9	90,9
		Антистрес	91,5			
		Агрінос	92,3			
		Біофордж	92,6			
		Фаст старт	94,1			
		Регоплант	89,1			
		Стимуляте	92,0			
		Вермистим Д	89,3			
		Середнє	91,3			
	Обробка насіння та позакоренеve внесення	Альбіт	90,4		91,6	91,6
		Антистрес	88,6			
		Агрінос	93,4			
		Біофордж	96,1			
		Фаст старт	94,5			
		Регоплант	89,9			
		Стимуляте	93,4			
		Вермистим Д	92,5			
Середнє		92,4				
Середнє А		90,8				

Продовження таблиці 3.5

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Кількість плодів, шт	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	83,8	89,5		
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		88,2			
	Агрінос		88,7			
	Біофордж		91,9			
	Фаст старт		86,4			
	Регоплант		90,4			
	Стимуляте		87,9			
	Вермистим Д		86,0			
	Середнє		88,1			
	Позакореневе внесення-	Альбіт	85,3			
		Антистрес	90,5			
		Агрінос	89,0			
		Біофордж	93,4			
		Фаст старт	93,9			
		Регоплант	91,2			
		Стимуляте	93,2			
		Вермистим Д	86,7			
		Середнє	90,4			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	86,0			
		Антистрес	92,0			
		Агрінос	91,3			
		Біофордж	95,1			
		Фаст старт	85,8			
		Регоплант	93,9			
		Стимуляте	93,4			
		Вермистим Д	89,9			
Середнє		90,9				
		Середнє А	89,5			
	НІР <sub>0.05</sub>	АВС = 0,8	А = 0,16	В = 0,19	С = 0,33	

Варіювання в межах зони становить 60–100 стручків на рослині, а за різних погодно-кліматичних умов може варіювати від 30 до 150 штук [21, 26]. За результатами наших досліджень встановлено, що за фактором А «сорт» більшу кількість плодів мав сорт Біла принцеса – 90,8 шт. (табл. 3.5; рис. 3.3).



**а**



**б**

Рис. 3.3. Габітус досліджуваних сортів гірчиці білої:

а – Біла принцеса; б – Ослава

У середньому за варіантами дещо меншу кількість стручків було сформовано у сорту Ослава – 89,5 шт. За результатами дисперсійного аналізу достовірність різниці не підтверджена  $HP_{0,05} = 0,16$  шт. За фактором В «способи застосування» виявлено істотне підвищення ( $HP_{0,05} = 0,19$  шт.) цього показника за позакореневого внесення (на 2,1 шт.) та комплексного внесення (на 2,8 шт.)

За фактором С «регулятори росту» у середньому найвище значення показника кількості плодів було виявлено на варіантах за застосування Біофордж – 93,3 шт. Серед досліджуваних варіантів у розрізі факторів максимальний показник було виявлено у сорту Біла принцеса за комплексного застосування (насіння та позакореневого внесення) Біофордж – 96,1 шт. [24].

Однією з важливих складових продуктивності посіву є індивідуальна продуктивність рослин, а саме маса насіння з однієї рослини. За результатами польових досліджень 2019–2021 рр., проведених в умовах північно-східного Лісостепу України (ННВК Сумського НАУ), виявлено, що в середньому серед досліджуваних сортів вищий показник було сформовано у Білої принцеси – 1,46 г (табл. 3.6).

Рослини сорту Ослава сформували в середньому 1,4 г насіння, що суттєво менше ( $HP_{0,05} = 0,1$  г). За фактором В «способи застосування» застосування регуляторів росту обумовило суттєве підвищення цього показника.

Середній показник за обробки насіння – 1,4 г; позакореневого внесення – 1,44 г; обробки насіння та позакореневого внесення 1,47 г, що суттєво більше, ніж на контролі – 1,25 г ( $HP_{0,05} = 0,01$  г).

Серед досліджуваних регуляторів росту (фактор С) було виявлено максимальні значення за застосування Агрінос – 1,51 г та Біофордж – 1,54 г. Слід відзначити, що лідером серед досліджуваних варіантів є комплексне застосування (обробка насіння та позакореневого підживлення) Біофордж для сорту Біла принцеса – 1,7 г.

Таблиця 3.6

**Маса насіння з однієї рослини гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (г)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

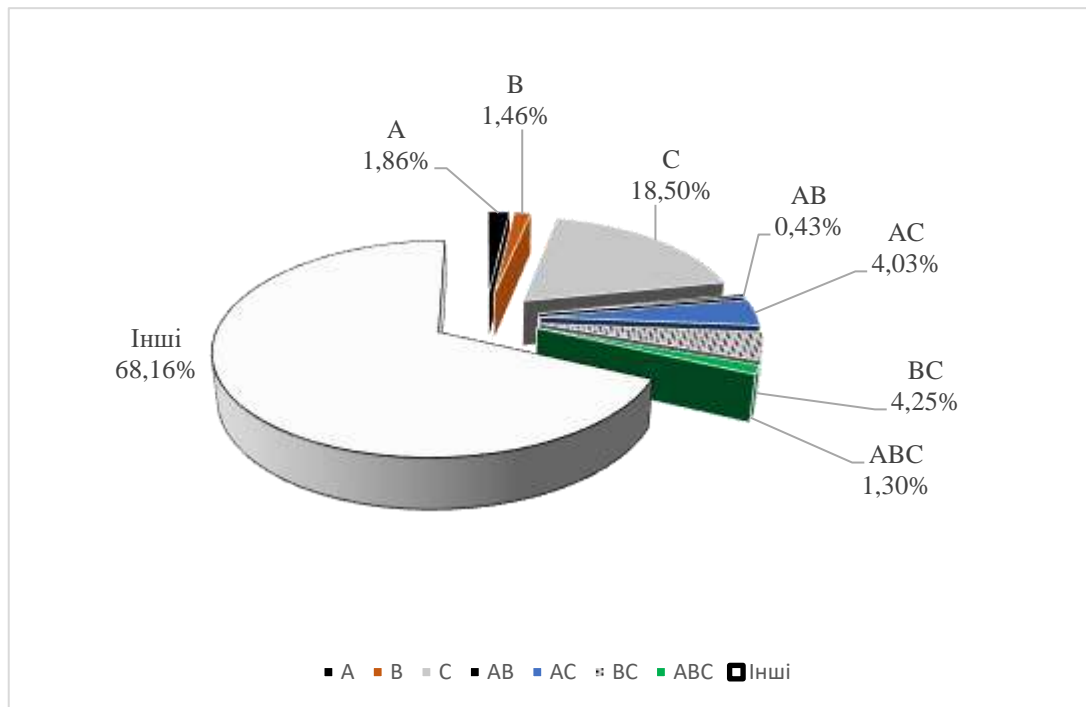
Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Маса насіння, г	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)																
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	1,27	1,46	1,25	1,25																
	Обробка насіння	Альбіт	1,34		1,40	1,31																
		Антистрес	1,38			1,40	1,40															
		Агрінос	1,51			1,40	1,51															
		Біофордж	1,60			1,40	1,54															
		Фаст старт	1,44			1,40	1,48															
		Регоплант	1,41			1,40	1,44															
		Стимуляте	1,56			1,40	1,44															
		Вермистим Д	1,36			1,40	1,38															
		Середнє	1,45			1,40	1,40															
		Позакореневе внесення-	Альбіт			1,29	1,44	1,44														
	Антистрес		1,42		1,44	1,44																
	Агрінос		1,52						1,44	1,44												
	Біофордж		1,46								1,44	1,44										
	Фаст старт		1,62										1,44	1,44								
	Регоплант		1,36												1,44	1,44						
	Стимуляте		1,58														1,44	1,44				
	Вермистим Д		1,39																1,44	1,44		
	Середнє		1,46																		1,44	1,44
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	1,32				1,47	1,47														
		Антистрес	1,36		1,47	1,47																
		Агрінос	1,59						1,47	1,47												
		Біофордж	1,70								1,47	1,47										
		Фаст старт	1,63										1,47	1,47								
		Регоплант	1,41												1,47	1,47						
		Стимуляте	1,44														1,47	1,47				
		Вермистим Д	1,50																1,47	1,47		
		Середнє	1,49																		1,47	1,47
		Середнє А	1,46																			



## Продовження таблиці 3.6

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Маса насіння, г	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	1,23	1,40		
	Обробка насіння	Альбіт	1,28			
		Антистрес	1,31			
		Агрінос	1,45			
		Біофордж	1,48			
		Фаст старт	1,29			
		Регоплант	1,46			
		Стимуляте	1,29			
		Вермистим Д	1,26			
		Середнє	1,35			
	Позакореневе внесення-	Альбіт	1,31			
		Антистрес	1,50			
		Агрінос	1,49			
		Біофордж	1,45			
		Фаст старт	1,54			
		Регоплант	1,51			
		Стимуляте	1,36			
		Вермистим Д	1,31			
		Середнє	1,43			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	1,34			
		Антистрес	1,43			
		Агрінос	1,49			
		Біофордж	1,54			
		Фаст старт	1,38			
		Регоплант	1,51			
		Стимуляте	1,39			
		Вермистим Д	1,46			
Середнє		1,44				
		Середнє А	1,40			
	НІР <sub>0.05</sub>	АВС = 0,1	А = 0,01	В = 0,01	С = 0,02	

За результатами дисперсійного аналізу розраховано частку впливу факторів (рис. 3.4). Виявлено, що найбільший вплив мали погодні умови – 68,2 % та фактор С «регулятори росту» – 18,5 %.



**Рис. 3.4. Частка впливу факторів на масу насіння з однієї рослини гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту, (г) (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Слід зазначити, що вплив сортових особливостей та способів застосування був мінімальним і становив 1,9 % та 1,5 % відповідно.

### Висновки до розділу 3

1. За результатами наших досліджень встановлено, що найвищі рослини були за обробки насіння і по вегетації регуляторами росту Біофордж та Регоплант. У середньому у сорту Біла принцеса – 108,4 та 109,5 см, у сорту Ослава 109,1 та 109,4 см відповідно.

2. Максимальна кількість гілок 1-го порядку виявлена за комбінованого внесення регулятора росту Біофордж (насіння + позакоренево) – у Ослави – 5,4 шт., у Білої принцеси до 5,7 шт.

3. Застосування регуляторів росту підвищувало основні фотосинтетичні показники. За фактором С «регулятори росту» максимальні значення площі листкової поверхні було отримано за застосування Агрінос – 43,8 та Біофордж – 44,7 тис. кв. м. У середньому на варіантах сорту Біла принцеса було сформовано 42,3 тис. кв. м, а сорту Ослава 40,7 тис. кв. м фотосинтетичної поверхні. Максимальну площу листкової поверхні для Білої принцеси виявлено за комплексного застосування Агріносу – 47,1 та Біофорджу – 49,37 тис. кв. м; для сорту Ослава: Регопланту – 43,9 та 44,8 тис. кв. м. Також для сорту Ослава слід відзначити високу ефективність за позакореневого внесення Фаст старту – 44,88 тис. кв. м.

4. Біохімічні аналізи виявили, що вміст хлорофілів а та b у сорту Ослава був вищим і становив – 1,64 мг/г порівняно з 1,51 мг/г у сорту Біла принцеса. Установлено підвищення цього показника за позакореневого внесення (1,59 мг/г) та комплексної обробки насіння та позакореневого внесення (1,60 мг/г). Серед регуляторів росту найвищий вміст хлорофілів було виявлено за застосування Біофордж (1,64 мг/г), Фаст старт (1,64 мг/г) та Регоплант (1,65 мг/г).

5. Найбільшу кількість плодів було сформовано у сорту Біла принцеса – 90,8 шт., а у Ослави – 89,5 шт. Виявлено істотне підвищення цього показника за позакореневого внесення (на 2,1 шт.) та комплексного внесення (на 2,8 шт.). Максимальну кількість стручків було виявлено у сорту

Біла принцеса за комплексного застосування (насіння та позакореневе внесення) Біофордж – 96,1 шт.

6. Індивідуальна продуктивність рослин сорту Біла принцеса в середньому становила – 1,46 г; тоді як Ослава – 1,4 г. Застосування регуляторів росту обумовило суттєве підвищення цього показника. Так, середній показник за обробки насіння – 1,4 г; позакореневого внесення – 1,44 г; обробки насіння та позакореневого внесення 1,47 г, що суттєво більше, ніж на контролі (1,25 г).

7. Максимальну масу насіння з однієї рослини було отримано за застосування Агрінос – 1,51 г та Біофордж – 1,54 г. Слід відзначити, що лідером серед досліджуваних варіантів є комплексне застосування (обробка насіння та позакореневе підживлення) Біофордж для сорту Біла принцеса – 1,7 г.

8. За роки досліджень найбільший вплив на формування індивідуальної продуктивності гірчиці білої у середньому за 2019–2021 рр. мали фактор «погодні умови» (68,2 %) та фактор «регулятори росту» (18,5 %).

### Список використаних джерел до Розділу 3

1. Анішин Л. А. Регулятори росту рослин: сумніви і факти. *Пропозиція*. 2002. № 5. С. 64–65.
2. Бутенко С. О., Цзя Пей Пей, Колосок В. Г. Особливості використання фотосинтетично активної радіації рослинами гірчиці ярої в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»*. Суми, 2021. С. 78–79.
3. Вовченко Ю. В. Особливості росту й розвитку видів гірчиці залежно від погодних умов періоду вегетації. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2009. № 4. С. 65–73.
4. Губенко Л. Гірчичні реалії та перспективи. *Пропозиція*. №1, 2019 р. URL: <https://propozitsiya.com/ua/girchichni-realiyi-ta-perspektyvu>.
5. Жернова Н. П. Удосконалення прийомів технології вирощування гірчиці білої в умовах південного Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон, 2011. 16 с.
6. Жуйков О. Г. Агробіологічне обґрунтування комплексу технологічних прийомів вирощування видів гірчиці в умовах південного степу України : автореф. дис. ... докт. с.-г. наук : 06.01.09. Херсон, 2015. 40 с.
7. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин: підручник. Суми: Університетська книга, 2004. 464 с.
8. Кернасюк Ю. Експортний тренд – нішеві культури. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 4. С. 23–25.
9. Козіна Т. В. Удосконалення окремих елементів сортової технології вирощування гірчиці білої в умовах Лісостепу західного : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам'янець-Подільський, 2013. 20 с.
10. Колупаєв Ю. Є. Основи фізіології стійкості рослин: Курс лекцій. Харків, 2010. 121 с.
11. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І. А. Шевченко та ін. *Інститут олійних*

культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.

12. Мельник А. В., Бутенко С. О., Цзя Пей Пей. Перспективи використання регуляторів росту з антистресовою дією для олійних культур родини *Brassicaceae* за умов зміни клімату в лівобережному лісостепу України. *Науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство»* (Миколаїв, 10–12 квітня 2019 р.). Миколаїв, 2019. С. 212.

13. Мельник А. В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярого в умовах північно-східного Лісостепу України : монографія. Суми : ВТД Університетська книга. 2007. 229 с.

14. Мельник А. В. Жердецька С. В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Науковий вісник нац. університету біоресурсів і природокористування України*. Київ. 2017. № 269. С. 177–185.

15. Ничипорович А. А. Основы фотосинтетической продуктивности растений. *Современные проблемы фотосинтеза*. М.: МГУ, 1973. С. 5–28.

16. Поливаний С. В., Голунова Л. А. Анатомічні особливості будови листового апарату рослин гірчиці білої за дії стимуляторів росту. ISSN 2414-9810 (Print). ISSN 2616-6720 (Online). *Біологія та екологія*. 2020. Том 6. № 1-2. С. 48–50.

17. Рекомендації з вирощування ріпаку ярого та гірчиці білої : науково -методичне видання / В. Ф. Сайко та ін. Київ : Колобіг, 2005. 36 с.

18. Ситник К. М., Ейнон Л. О. Життя зеленого листа. К.: Наукова думка, 1973. 189 с.

19. Статистичні дані. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> Food and agriculture data.

20. Технічні культури. Практикум: навч. пос. / О. Г. Жатов, С. М. Каленська, В. І. Троценко, А. В. Мельник та ін. Суми: ВТД «Університетська книга», 2013. 284 с.

21. Шахід Алі. Вплив норм мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. № 101. С. 132–136.
22. Jia P., Melnyk A., Zhang Z., Butenko S., Kolosok V. Effects of seed pre-treatment with plant growth compound regulators on seedling growth under drought stress. *Agraarteadus*. 2021. 32(2). P. 251-256.
23. Mir MR, Khan NA, Ashraf Bhat M, Lone NA, Rather GH, Razivi SM, Bhat KA, Singh S, Payne WA. Effect of ethrel spray on growth and photosynthetic characteristics of mustard (*Brassica juncea* L. Czern and Coss) cultivars. *International Journal of Current Research*. 2010; 6: 22–26.
24. Butenko Sergey , Melnyk Andrii, Melnyk Tetiana, Jia Peipei, Kolosok Volodymyr. Influence of Growth Regulators with Anti–Stress Activity on Productivity Parameters of *Sinapis alba* L. *Journal of Ecological Engineering*. 2022, 23(9), 128–135.
25. Stoytcheva M., Zlatev R. *Agricultural Chemistry*. InTech. 2013. 222 p.
26. Zangani, E., A. Kashani, G.H. Fathi and M. Mesgarbashi. 2006. Effect and efficiency of nitrogen levels on quantitative and qualitative yield and yield components of two cultivars of rapeseed in Ahvaz region. *Iranian J. Agric. Sci.* 37: 39–45 (In Persian).

## РОЗДІЛ 4

### ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА УРОЖАЙ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ (*Sinapis alba* L.)

Урожайність насіння є основним показником визначення ефективності досліджуваних елементів технології будь-якої культури, зокрема й гірчиці. За даними ФАО, останніми роками у світі виявлено тенденцію до підвищення середнього рівня урожайності гірчиці до 2,2 т/га [16, 20]. На нашу думку, це пояснюється кількома причинами, зокрема удосконаленням технології вирощування культури та підвищенням теплового режиму на фоні достатнього водного забезпечення основних регіонів виробництва [2, 25].

За результатами трирічних досліджень виявлено, що в середньому вищий рівень врожаю було сформовано у сорту Біла принцеса (1,97 т/га). Врожайність сорту Ослава була дорівнювала 1,89 т/га (табл. 4.1). За фактором В «способи застосування» істотне підвищення було отримано за застосування регуляторів росту ( $НІР_{0,05} = 0,02$  т/га) порівняно з контролем [4]. Так, прибавка врожаю на варіантах використання РРР становила: за обробки насіння – 0,2 т/га; позакореневого внесення – 0,26 т/га; обробки насіння та по вегетації – 0,29 т/га. Слід зазначити, що середні значення для сорту Біла принцеса за застосування регуляторів росту між собою істотно не відрізнялись і варіювали лише в межах 1,96–1,97 т/га. Зокрема, для сорту Ослава позакоренево внесення та комплексне застосування сприяли істотному підвищенню врожайності (до 1,94–1,95 т/га) порівняно з обробкою лише насіння (1,83 т/га).

У розрізі регуляторів росту «фактор С», для сорту Біла принцеса істотно більший врожай було зібрано за використання Агрінос (2,15 т/га), Фаст старт (2,20 т/га) та Біофордж (2,29 т/га).



Таблиця 4.1

**Урожайність насіння гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (т/га)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Урожайність насіння, т/га	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	1,72	1,97	1,69	1,69
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		1,86		1,89	
	Агрінос		2,03		2,03	
	Біофордж		2,16		2,08	
	Фаст старт		1,95		2,00	
	Регоплант		1,90		1,95	
	Стимуляте		2,10		1,94	
	Вермистим Д		1,84		1,86	
	Середнє		1,96			
	Позакореневе внесення-		Альбіт		1,75	1,95
		Антистрес	1,92			
		Агрінос	2,05			
		Біофордж	1,98			
		Фаст старт	2,19			
		Регоплант	1,84			
		Стимуляте	2,13			
		Вермистим Д	1,87			
		Середнє	1,97			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	1,78		1,98	1,98
		Антистрес	1,83			
		Агрінос	2,15			
		Біофордж	2,29			
		Фаст старт	2,20			
		Регоплант	1,91			
		Стимуляте	1,94			
		Вермистим Д	2,02			
		Середнє	2,02			
		Середнє А	1,97			

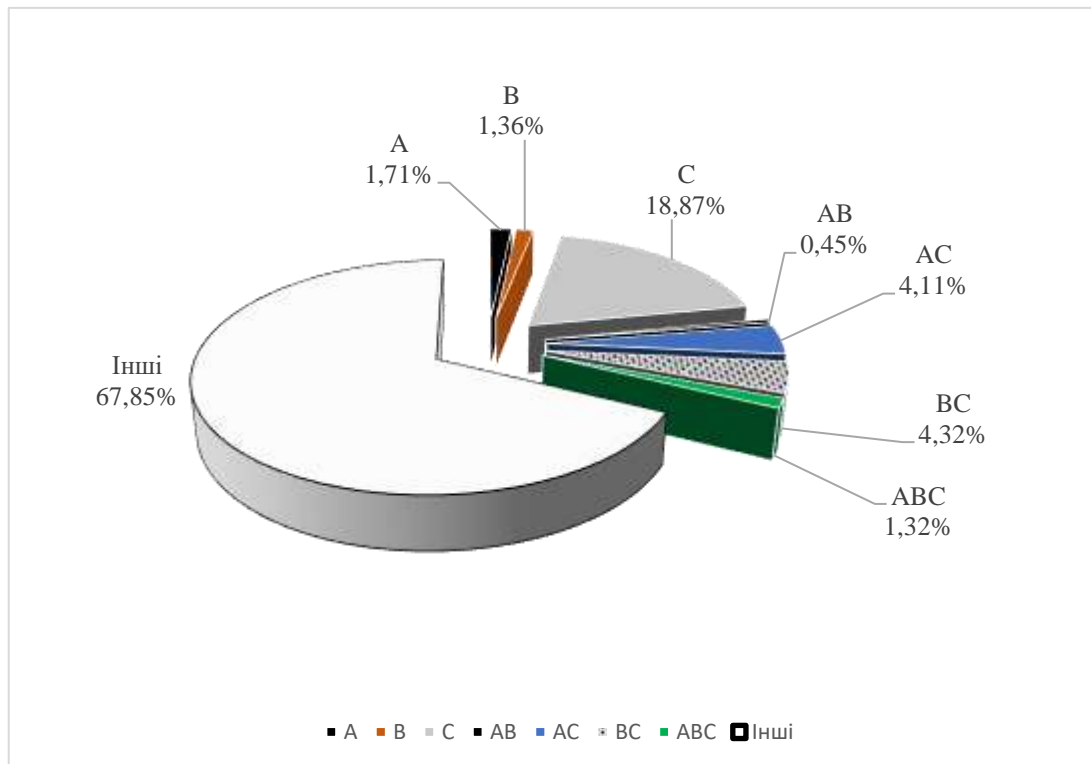
Продовження таблиці 4.1

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Урожайність насіння, т/га	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	1,66	1,89		
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		1,77			
	Агрінос		1,95			
	Біофордж		2,00			
	Фаст старт		1,74			
	Регоплант		1,98			
	Стимуляте		1,74			
	Вермистим Д		1,71			
	Середнє		1,83			
	Позакореневе внесення-	Альбіт	1,77			
		Антистрес	2,02			
		Агрінос	2,01			
		Біофордж	1,96			
		Фаст старт	2,08			
		Регоплант	2,04			
		Стимуляте	1,83			
		Вермистим Д	1,77			
		Середнє	1,94			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	1,81			
		Антистрес	1,93			
		Агрінос	2,01			
		Біофордж	2,08			
		Фаст старт	1,86			
		Регоплант	2,04			
		Стимуляте	1,87			
		Вермистим Д	1,97			
Середнє		1,95				
		Середнє А	1,89			
	НІР <sub>0.05</sub>	ABC = 0,1		A = 0,01	B = 0,02	C = 0,03

Для сорту Ослава більш ефективним було позакореневе внесення Агрінос (2,01 т/га), Антистрес (2,02 т/га), Регоплант (2,04 т/га) та Фаст старт (2,08 т/га). Слід відзначити, що в середньому по досліді для двох сортів

максимальну врожайність понад 2,0 т/га отримали на варіантах за використання Фаст старт (2,0 т/га) Агрінос (2,03 т/га) та Біофордж (2,08 т/га).

За результатами проведеного дисперсійного аналізу розраховано частку впливу факторів на формування врожайності залежно від досліджуваних елементів технології (рис. 4.1). Так, найбільш ваговим був фактор «погодні умови» – 67,8 %.



**Рис. 4.1. Частка впливу факторів на врожайність насіння гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Слід відзначити, що погодні умови обумовили ступінь реалізації біологічного потенціалу сортів гірчиці та різну ефективність від застосування регуляторів росту [5, 11]. Так, максимальну середню врожайність було сформовано в 2021 році – 2,22 т/га. Несприятливі умови 2019 р. обумовили формування найменшого врожаю – 1,7 т/га. Умови 2020 року дозволи реалізувати свій потенціал посівам гірчиці білої на рівні – 1,82 т/га. У розрізі

сортів: Біла принцеса в 2019 р. – 1,73 т/га; у 2020 р. – 1,85 т/га; у 2021 р. – 2,26 т/га. Сорт Ослава сформував 1,67; 1,78 та 2,18 т/га насіння відповідно.

Серед контрольованих факторів найвищий показник (близько 19,0 %) мав вплив склад регуляторів росту, зокрема які препарати використовувались і їх хімічна складова [3, 23–26]. Сортіві особливості та способи застосування РРР мали незначний вплив (1,7 та 1,4 %).

Сучасне виробництво обумовлює відповідні вимоги до показників якості насіння гірчиці. Це цілком очевидно, оскільки від них залежать харчова цінність та придатність до використання в їжу [6, 13, 26]. Основним показником якості насіння є маса тисячі насінин та вміст олії. За розмірами насіння гірчиці білої дещо більше, ніж гірчиці сизої [12, 17]. Так, маса 1 000 насінин може сягати до 7–8 г, тоді як сизої лише 5–6 г. Вітчизняні виробники отримують насіння з масою 1 000 шт. 3–4 г для гірчиці сизої та 4–5 г гірчиці білої, що здебільшого залежить від сортових особливостей, технології вирощування та погодно-кліматичних умов [1, 8–10].

За фактором А (Сорт) виявлено, що в середньому за варіантами досліджень сорти сформували насіння з однаковими показниками маси 1000 шт. насінин: Біла принцеса – 4,72 г; Ослава – 4,73 г (табл. 4.2). За фактором В «спосіб застосування» виявлено істотне підвищення крупності насіння за застосування регуляторів росту (4,64–4,83 г) порівняно з контролем (4,5 г). Для обох сортів максимальні значення було отримано за комплексного застосування регуляторів росту рослин. Слід відзначити, що мали місце сортові особливості ефективності застосовуваних РРР («фактор С»). Так, у сорту Біла принцеса кращими були варіанти за застосування Біофордж (5,12 г). У сорту Ослава – Регоплант (5,01 г) та Біофордж (5,1 г). Водночас застосування одноразового підживлення по вегетації Фаст старт забезпечило формування насіння з масою 1000 шт – 5,07 г. У середньому по досліді найбільш виповнене насіння (4,9 г) отримано за використання Біофордж [3–4].

Таблиця 4.2

**Маса 1 000 насінин гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (г)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

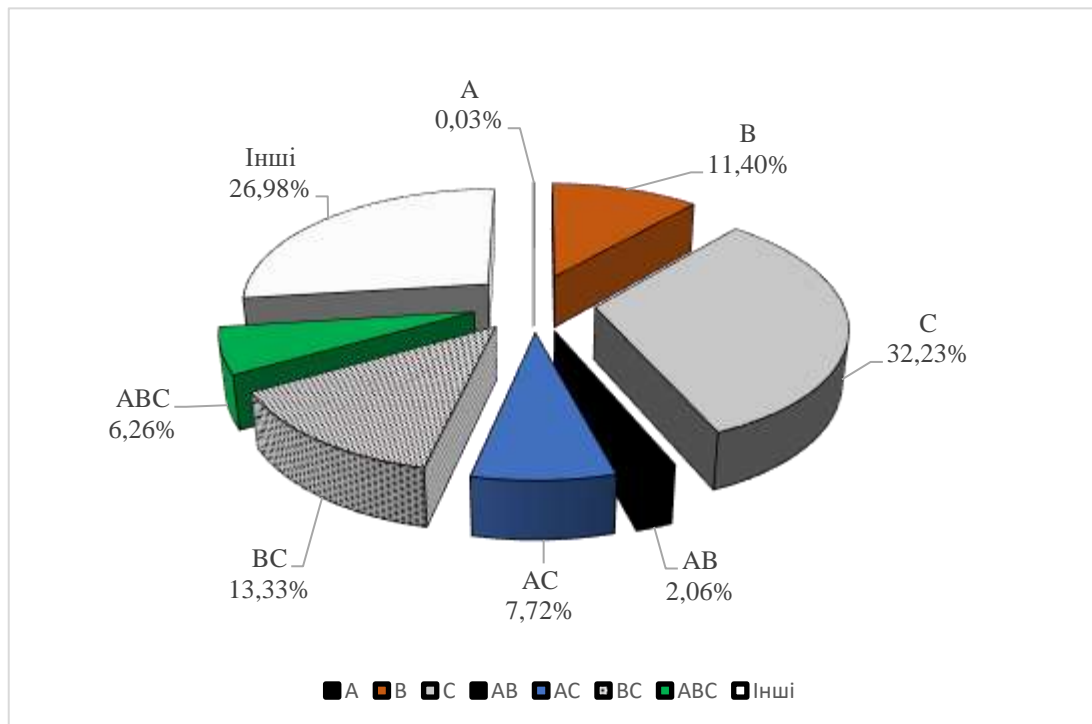
Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Маса 1 000 шт., г	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	4,57	4,72	4,50	4,50
	Обробка насіння	Альбіт	4,53		4,64	4,58
		Антистрес	4,55			4,71
		Агрінос	4,64			4,80
		Біофордж	4,69			4,90
		Фаст старт	4,58			4,79
		Регоплант	4,54			4,79
		Стимуляте	4,66			4,71
		Вермистим Д	4,52			4,63
		Середнє	4,59			
		Позакореневе внесення	Альбіт			4,54
	Антистрес		4,81			
	Агрінос		4,81			
	Біофордж		4,84			
	Фаст старт		4,91			
	Регоплант		4,59			
	Стимуляте		4,81			
	Вермистим Д		4,75			
	Середнє		4,76			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	4,73		4,83	
		Антистрес	4,66			
		Агрінос	4,97			
		Біофордж	5,12			
		Фаст старт	4,94			
		Регоплант	4,85			
		Стимуляте	4,88			
		Вермистим Д	4,71			
		Середнє	4,86			
		Середнє А	4,72			

Продовження таблиці 4.2

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Маса 1000 шт, г	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	4,43	4,73		
		Обробка насіння	Альбіт			
	Антистрес		4,70			
	Агрінос		4,77			
	Біофордж		4,96			
	Фаст старт		4,59			
	Регоплант		4,79			
	Стимуляте		4,59			
	Вермистим Д		4,52			
	Середнє		4,69			
	Позакореневе внесення	Альбіт	4,53			
		Антистрес	4,74			
		Агрінос	4,64			
		Біофордж	4,68			
		Фаст старт	5,07			
		Регоплант	4,96			
		Стимуляте	4,70			
		Вермистим Д	4,59			
		Середнє	4,74			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	4,56			
		Антистрес	4,81			
		Агрінос	4,99			
		Біофордж	5,10			
		Фаст старт	4,65			
		Регоплант	5,01			
		Стимуляте	4,59			
		Вермистим Д	4,71			
		Середнє	4,80			
		Середнє А	4,73			
	НІР <sub>0,05</sub>	АВС = 0,1	А = 0,01	В = 0,02	С = 0,03	

Проведений нами дисперсійний аналіз з розрахунком часток впливу досліджуваних факторів наочно демонструє більшу ефективність регуляторів росту (фактор С) – 32,2 %. Погодні умови мали вплив на рівні 27,0 %;

способи застосування PPP – 11,4 % (рис. 4.2). Нами була розрахована незначна частка впливу сортових особливостей – 0,03 %, що майже збігається з відсутністю різниці за абсолютними показниками маси 1 000 шт. досліджуваних сортів (рис. 4.2).



**Рис. 4.2. Частка впливу факторів на масу 1 000 насінин гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та видів регуляторів росту, (у середньому за 2019–2021 рр.)**

Гірчиця – олійна культура, і вміст жиру є основним показником, що визначає ефективність досліджуваних елементів технології вирощування та погодно-кліматичних умов [7–11, 14–15, 27–28]. У нашому випадку – сортових особливостей та реакції на способи і види регуляторів росту з антистресовою дією [3–4].

За результатами біохімічного аналізу, проведеного на інфрачервоному аналізаторі SupNir-2700, виявлено, що в середньому найвищий вміст олії в насінні формував сорт Біла принцеса – 30,4 % і варіював у межах 29,4–31,6 % (табл. 4.3). У сорту Ослава олійність дорівнювала 29,6 % і змінювалась в межах 28,4–31,1 % [3–4]. У середньому за дослідом відмічена незначна

тенденція до підвищення олійності насіння за застосування регуляторів росту (29,8–30,4 %) порівняно з контролем (28,9 %).

Таблиця 4.3

**Вміст олії в насінні гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (%)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Вміст олії, %	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)								
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	29,4	30,5	28,9	28,9								
	Обробка насіння	Альбіт	29,6				29,8	29,3						
		Антистрес	29,8						30,0					
		Агрінос	30,3							29,9				
		Біофордж	31,0								30,6			
		Фаст старт	30,4									30,3		
		Регоплант	31,1										30,2	
		Стимуляте	30,8											31,0
		Вермистим Д	29,2											
		Середнє	30,3		30,1									
	Позакореневе внесення	Альбіт	29,3			30,5	30,1							
		Антистрес	29,9					30,1						
		Агрінос	29,6						30,1					
		Біофордж	30,7							30,1				
		Фаст старт	30,9								30,1			
		Регоплант	30,5									30,1		
		Стимуляте	32,3										30,1	
		Вермистим Д	30,4											30,1
		Середнє	30,5		30,1									
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	30,6			30,5	30,4							
		Антистрес	31,6					30,4						
		Агрінос	30,4						30,4					
		Біофордж	31,2							30,4				
		Фаст старт	31,2								30,4			
		Регоплант	30,4									30,4		
		Стимуляте	31,4										30,4	
		Вермистим Д	29,8											30,4
		Середнє	30,8		30,4									
	Середнє А	30,5	30,4											



## Продовження таблиці 4.3

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Вміст олії, %	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	28,4	29,6		
	Обробка насіння	Альбіт	28,5			
		Антистрес	28,8			
		Агрінос	29,4			
		Біофордж	30,4			
		Фаст старт	29,4			
		Регоплант	30,2			
		Стимуляте	29,9			
		Вермистим Д	28,6			
		Середнє	29,4			
	Позакореневе внесення	Альбіт	28,4			
		Антистрес	29,1			
		Агрінос	29,7			
		Біофордж	30,0			
		Фаст старт	29,9			
		Регоплант	29,5			
		Стимуляте	31,1			
		Вермистим Д	29,5			
		Середнє	29,7			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	29,6			
		Антистрес	30,7			
		Агрінос	29,8			
		Біофордж	30,4			
		Фаст старт	30,1			
		Регоплант	29,6			
		Стимуляте	30,5			
		Вермистим Д	28,9			
		Середнє	30,0			
		Середнє А	29,6			
	НІР <sub>0.05</sub>	АВС = 1,2	А = 0,21	В = 0,35	С = 0,31	

За фактором С залежно від регулятора росту встановлено, що максимальний вміст олії (понад 30,0 %) формувався на варіантах за використання Регопланту (30,2 %); Фаст старт (30,4 %); Біофордж (30,6 %) та Стимуляте (31,0 %). Останній препарат мав найбільший ефект для обох

сортів. Так, для сорту Біла принцеса (32,3 %) та для сорту Ослава (31,1 %) за застосування по вегетації (по листку).

Підсумовуючим показником за вирощування олійних культур є вихід олії або збір олії (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Біологічний збір олії в насінні гірчиці білої залежно від сорту,  
способів застосування та видів регуляторів росту, (т/га)  
(у середньому за 2019–2021 рр.)**

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Висота, см	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)	
Біла принцеса	Контроль	Контроль (вода)	0,51	0,60	0,49	0,49	
	Обробка насіння	Альбіт	0,54		0,57	0,52	
		Антистрес	0,55				0,57
		Агрінос	0,62				0,61
		Біофордж	0,67				0,64
		Фаст старт	0,59				0,61
		Регоплант	0,59				0,59
		Стимуляте	0,65				0,60
		Вермистим Д	0,54				0,55
		Середнє	0,59				
	Позакореневе внесення	Альбіт	0,51		0,59		
		Антистрес	0,57				
		Агрінос	0,61				
		Біофордж	0,61				
		Фаст старт	0,68				
		Регоплант	0,56				
		Стимуляте	0,69				
		Вермистим Д	0,57				
	Середнє	0,60					
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	0,54		0,60	0,60	
		Антистрес	0,58				
		Агрінос	0,65				
		Біофордж	0,71				
		Фаст старт	0,69				
		Регоплант	0,58				
		Стимуляте	0,61				
		Вермистим Д	0,60				
		Середнє	0,62				
	Середнє А	0,60					

## Продовження таблиці 4.4

Сорт (фактор А)	Способи застосування (фактор В)	Регулятори росту (фактор С)	Вміст олії, %	Середнє (фактор А)	Середнє (фактор В)	Середнє (фактор С)
Ослава	Контроль	Контроль (вода)	0,47	0,56		
	Обробка насіння	Альбіт	0,49			
		Антистрес	0,51			
		Агрінос	0,57			
		Біофордж	0,61			
		Фаст старт	0,51			
		Регоплант	0,60			
		Стимуляте	0,52			
		Вермистим Д	0,49			
		Середнє	0,54			
	Позакореневе внесення	Альбіт	0,50			
		Антистрес	0,59			
		Агрінос	0,60			
		Біофордж	0,59			
		Фаст старт	0,62			
		Регоплант	0,60			
		Стимуляте	0,57			
		Вермистим Д	0,52			
		Середнє	0,57			
	Обробка насіння та позакореневе внесення	Альбіт	0,54			
		Антистрес	0,59			
		Агрінос	0,60			
		Біофордж	0,63			
		Фаст старт	0,56			
		Регоплант	0,60			
		Стимуляте	0,57			
		Вермистим Д	0,57			
		Середнє	0,58			
		Середнє А	0,56			
		НІР <sub>0.05</sub>	АВС = 0,08		А = 0,01	В = 0,02

Деякі науковці вживають термін «біологічний збір олії», але кожного разу він розраховується як множення врожайності насіння та вмісту олії в ньому [7, 18, 19]. Зазначимо, що за вищого рівня врожайності в сорту Біла принцеса вихід олії з одного гектара був більшим (0,6 т/га) (табл. 4.4).

У сорту Ослава біологічний збір олії було розраховано на рівні 0,56 т/га. Подібно до врожайності за фактором В «способи застосування» виявлена істотна різниця (+0,08-0,11 т/га) на всіх варіантах застосування РРР порівняно з контролем, де було сформовано 0,49 т/га олії.

У середньому в розрізі досліджуваних регуляторів росту для сорту Біла принцеса більш ефективним за виходом олії було застосування Фаст старт (0,69 т/га) та Біофорддж (0,71 т/га) [3–4]. У сорту Ослава істотно вищий вихід олії було отримано за використання Біфорддж (0,63 т/га). Вищезазначені збори олії були отримані за комплексного застосування регуляторів росту (обробка насіння та позакореневе внесення). У середньому по досліді для двох сортів максимальну кількість олії (понад 0,6 т/га) з одного гектара було розраховано за застосування Стимуляте (0,6 т/га); Агрінос (0,61 т/га); Фаст старт (0,61т/га) та Біофорддж (0,64 т/га).

## Висновки до Розділу 4

1. За результатами трирічних досліджень вищу врожайність отримано у сорту Біла принцеса (1,97 т/га). Врожайність сорту Ослава дорівнювала 1,89 т/га. Прибавку врожаю встановлено на варіантах за використання регуляторів росту, зокрема: за обробки насіння – 0,2 т/га; позакореневого внесення – 0,26 т/га; обробки насіння та по вегетації – 0,29 т/га.

2. У розрізі регуляторів росту «фактор С» для сорту Біла принцеса істотно більший врожай було зібрано за використання Агрінос (2,15 т/га), Фаст старт (2,20 т/га) та Біофорддж (2,29 т/га). Для сорту Ослава більш ефективним було позакореневе внесення Агрінос (2,01 т/га), Антистрес (2,02 т/га), Регоплант (2,04 т/га) та Фаст старт (2,08 т/га). У середньому по досліді для двох сортів максимальну врожайність понад 2,0 т/га отримали на варіантах за використання Фаст старт (2,0 т/га); Агрінос (2,03 т/га) та Біофорддж (2,08 т/га).

3. За результатами проведеного дисперсійного аналізу найбільш вагомий вплив мали погодні умови (67,8 %). Максимальну врожайність було сформовано в 2021 році – 2,22 т/га. Несприятливі умови 2019 р. обумовили формування найменшого врожаю – 1,7 т/га. Умови 2020 року дозволили реалізувати свій потенціал посівам гірчиці білої на рівні 1,82 т/га. У розрізі сортів: Біла принцеса в 2019 р. – 1,73 т/га; у 2020 р. – 1,85 т/га; у 2021 р. – 2,26 т/га. Сорт Ослава сформував 1,67; 1,78 та 2,18 т/га насіння відповідно.

4. Установлено, що за показником маси 1 000 шт. насінин сорти істотно не відрізнялись (Біла принцеса – 4,72 г; Ослава – 4,73 г). Виявлено істотне підвищення крупності насіння за застосування регуляторів росту (4,64–4,83 г) порівняно з контролем (4,5 г). Виявлено сортові особливості ефективності регуляторів росту, зокрема: у сорту Біла принцеса кращими були варіанти за застосування Біофорддж (5,12 г), а у сорту Ослава – Регоплант (5,01 г) та Біофорддж (5,1 г). Водночас застосування одноразового

підживлення Фаст старт по вегетації рослин сорту Ослава забезпечило формування насіння з масою 1 000 шт. – 5,07 г. На формування показника маси 1 000 шт. розраховано найбільший вплив регуляторів росту – 32,2 %. Погодні умови мали вплив на рівні 27,0 %; способи застосування РРР – 11,4 %.

5. За результатами біохімічного аналізу, проведеного на інфрачервоному аналізаторі SupNir-2700, виявлено, що в середньому найвищий вміст олії в насінні формував сорт Біла принцеса – 30,4 % з варіюванням у межах 29,4–31,6 %. У сорту Ослава олійність дорівнювала 29,6 % і змінювалась в межах 28,4–31,1 %.

6. У середньому за дослідом відмічена незначна тенденція до підвищення олійності насіння за застосування регуляторів росту (29,8–30,4 %) порівняно з контролем (28,9 %). Залежно від регулятора росту максимальний вміст олії (понад 30,0 %) формувався на варіантах за використання Регопланту (30,2 %); Фаст старт (30,4 %); Біофордж (30,6 %) та Стимуляте (31,0 %).

7. Розраховано вищий збір олії у сорту Біла принцеса (0,6 т/га) порівняно з сортом Ослава (0,56 т/га). Отримано істотну прибавку на рівні 0,08–0,11 т/га за застосування регуляторів росту порівняно з контролем, де було сформовано 0,49 т/га олії.

7. У середньому в розрізі досліджуваних регуляторів росту для сорту Біла принцеса більш ефективним за виходом олії було застосування Фаст старт (0,69 т/га) та Біофордж (0,71 т/га). У сорту Ослава істотно вищий вихід олії було отримано за використання Агрінос (0,6 т/га), Регоплант (0,6 т/га) та Біофордж (0,63 т/га). Зазначений вище біологічний вихід олії отримано за комплексного застосування регуляторів росту.

### Список використаних джерел до Розділу 4

1. Блащук М. І., Тетерещенко Н. М. Вплив технології на продуктивність гірчиці білої сорту Запоріжанка за умов нестійкого зволоження. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. № 24. 2017. С.146–155.
2. Бомба М. Універсальна культура «біла гірчиця». *Тваринництво України*. 1993. № 3. 21 с.
3. Бутенко С. О. Якість насіння гірчиці білої при застосуванні регуляторів росту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»*. 2022. С. 62.
4. Бутенко С. О., Цзя Пей Пей. Вплив регуляторів росту рослин на якість зерен гірчиці в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 10–18.
5. Вишневський В. С. Вплив удобрення та біостимулятора Флорене на формування продуктивності гірчиці: збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Випуск 1–2, 2014. С. 92–97.
6. Волошин П. Українська олійна продукція відповідає міжнародним стандартам. Національний промисловий портал. URL : <http://uprom.info/news/agro/ukrayinska-oliyna-produktsiya-vidpovidaye-mizhnarodnim-standartam/> (дата звернення: 27. 03. 2022).
7. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Коваленко О. А., Гирля Л. М. Урожайність гірчиці залежно від погодних умов та норми висіву на чорноземах південних. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Айлант, 2014. Вип. 88. С. 50–56.
8. Жернова Н. П. Водоспоживання гірчиці білої в залежності від способів основного обробітку ґрунту та внесення доз мінеральних добрив в умовах півдня Степу України. *Наук.-тех.-бюл. ІОК УААН*. Вип. 13. Запоріжжя. 2008. С. 127–130.

9. Жуйков О. Г. Агроекологічне обґрунтування залучення гірчиці білої до незрошуваних сівозмін Сухого Степу. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур*: зб. наукових праць ІБКіЦБ. Київ, 2013. Вип. 17 (Том І). С.116–121.
10. Жуйков О. Г. Продуктивність та якість насіння гірчиці сарептської в залежності від рівнів зволоження та норм мінеральних добрив. *Таврійський науковий вісник*: зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 2000. Вип. 16. С. 114–116.
11. Козіна Т. В. Вплив регулятора росту «Вермибіомаг», строків сівби і норм висіву на насіннєву продуктивність гірчиці білої в умовах Лісостепу західного : збірник наукових праць ПДАТУ. Вип. 22. Кам'янець-Подільський. 2014. С. 77–81.
12. Корнійчук П. В. Технологія виробництва олії та її якість. Запоріжжя : Інститут олійних культур. 2005. 243 с.
13. Мазур В. О., Проців П. Б, Гамалій С. М, Попович Ю. В. Гірчиця. Івано-Франківськ : Симфонія-форте, 2009. 88 с.
14. Мельник А. В., Жердецька С. В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ. 2017. № 269. С. 177–185.
15. Оксимець О. Л. Продуктивність гірчиці білої залежно від технологічних прийомів вирощування в Лісостепу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09. К. : ННЦ «Інститут землеробства УААН, 2007. 12 с.
16. Основные характеристики производства масличных культур в мире. URL : <http://www.eurasiancommission.org/ru/> (дата звернення: 04.05.2022).
17. Офіційний сайт асоціації «Укроліяпром» URL : <http://www.ukroilprom.org.ua> (дата звернення:15.11.2022).
18. Поляков О. І., Вахненко С. В., Вендель В. В. Вплив застосування мінеральних добрив на формування врожайності та виходу жиру гірчиці ярої



за різних норм висіву : збірник тез міжнародної наукової інтернет-конференції, 1 листопада 2016 р. Запоріжжя : ШЦЛ НААН, 2016. С. 112–114.

19. Рекомендації з вирощування гірчиці в умовах Прикарпаття : посібник українського хлібороба / І. М. Кифорук. та ін. 2011.

20. Статистичні дані. URL : <https://www.fao.org/faostat/en/#home> Food and agriculture data.

21. Україна входить у ТОП-3 країн виробників гірчиці світу. URL : <https://propozitsiya.com/ua/ukrayina-vhodyt-u-top-3-krayin-vyrobnykiv-girchyci-svitu> (дата звернення: 11.05.2022).

22. Характеристика олійно-жирового комплексу України. URL: <http://www.geograf.com.ua/> (дата звернення: 9.09.2022).

23. Чехов А. В., Жернова Н. П. Технологічні аспекти вирощування гірчиці білої в умовах південного степу України. Науково-техн. бюл. ІОК УААН. Запоріжжя, 2009. Вип. 14. С. 156–200.

24. Dhaliwal S. S., Sharma V., Shukla A. K., Verma V., Sandhu P. S., Behera S. K., Hossain, A. (2021). Interactive Effects of Foliar Application of Zinc, Iron and Nitrogen on Productivity and Nutritional Quality of Indian Mustard (*Brassica juncea* L.). *Agronomy*, 11(11), 2333. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.6>.

25. Irin I. J., Biswas, P. K., Ullah, M. J., Roy, T. S. (2020). Effect of in situ green manuring crops and chemical fertilizer on yield of T. Aman rice and mustard. *Asian Journal of Crop*, 2(02). 68–79.

26. Keivanrad S., Delkhosh B., Hossein A., Rad S., Zandi P. The Effect of Different Rates of Nitrogen and Plant Density on Qualitative and Quantitative traits of Indian mustard. *Advances in Environmental Biology*, № 6, 2012. P. 145–152.

27. Rana K., Parihar M., Singh J. P., Singh R. K. Effect of sulfur fertilization, varieties and irrigation scheduling on growth, yield, and heat utilization efficiency of indian mustard (*Brassica Juncea* L.). *Communications in*

soil science and plant analysis, 2020. 51(2). 265–275.

28. Sudirman Almi, Noor Jannah. (2019) Effect of Types and Doses of Compost Fertilizer on Growth and Yield of Sawi Plants (*Brassica juncea* L.). Journal AGRIFOR volume 18 issue 1 on page 145. URL: <https://doi.org/10.31293/af.v18i1.4121> (дата звернення: 8.06.2022).

## РОЗДІЛ 5

### ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, СПОСОБУ ОБРОБКИ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

#### 5.1. Оцінка енергетичної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту

Сучасний етап розвитку сільського господарства дозволяє збільшити врожайність у 2–3 рази, що спричиняє збільшення в декілька разів витрат непоновлюваної енергії на одиницю виробленої продукції. Зважаючи на це, виробництво продукції рослинництва можна розглядати як енергетичну проблему. Кожна технологія вирощування сільськогосподарських культур чи окремі агрозаходи потребують різних енергетичних затрат. Тож для оцінки доцільності використання на практиці технологічного процесу чи окремих його прийомів з енергетичної точки зору потрібно зробити кількісну (кількість використаної енергії на одиницю площі) та якісну (висока, низька) оцінку їх енергетичної ефективності [1].

Коефіцієнт енергетичної ефективності ( $K_{ee}$ ) є головним критерієм енергетичної оцінки і являє собою співвідношення отриманої енергії з врожаєм до суми загальної витрати антропогенної енергії на вирощування. Він формує максимально повне уявлення про енергетичну ефективність сільськогосподарського виробництва чи окремих його агроприймів. Якщо показник коефіцієнта енергетичної ефективності становить більше одиниці, то таку технологію прийнято вважати енергоефективною [2].

Для оцінки енергетичної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту були проведені комплексні розрахунки: затрати енергії для вирощування, вихід енергії з урожаєм та визначено коефіцієнт енергетичної ефективності (додатки).

На базі проведеного детального аналізу вирощування гірчиці білої виявлено, що досліджувані чинники (сорт, спосіб обробки та регулятори росту) мали безпосередній вплив на показники енергоефективності. На рис. 5.1 показані коефіцієнти енергоефективності вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за різних способів обробки регуляторами росту.

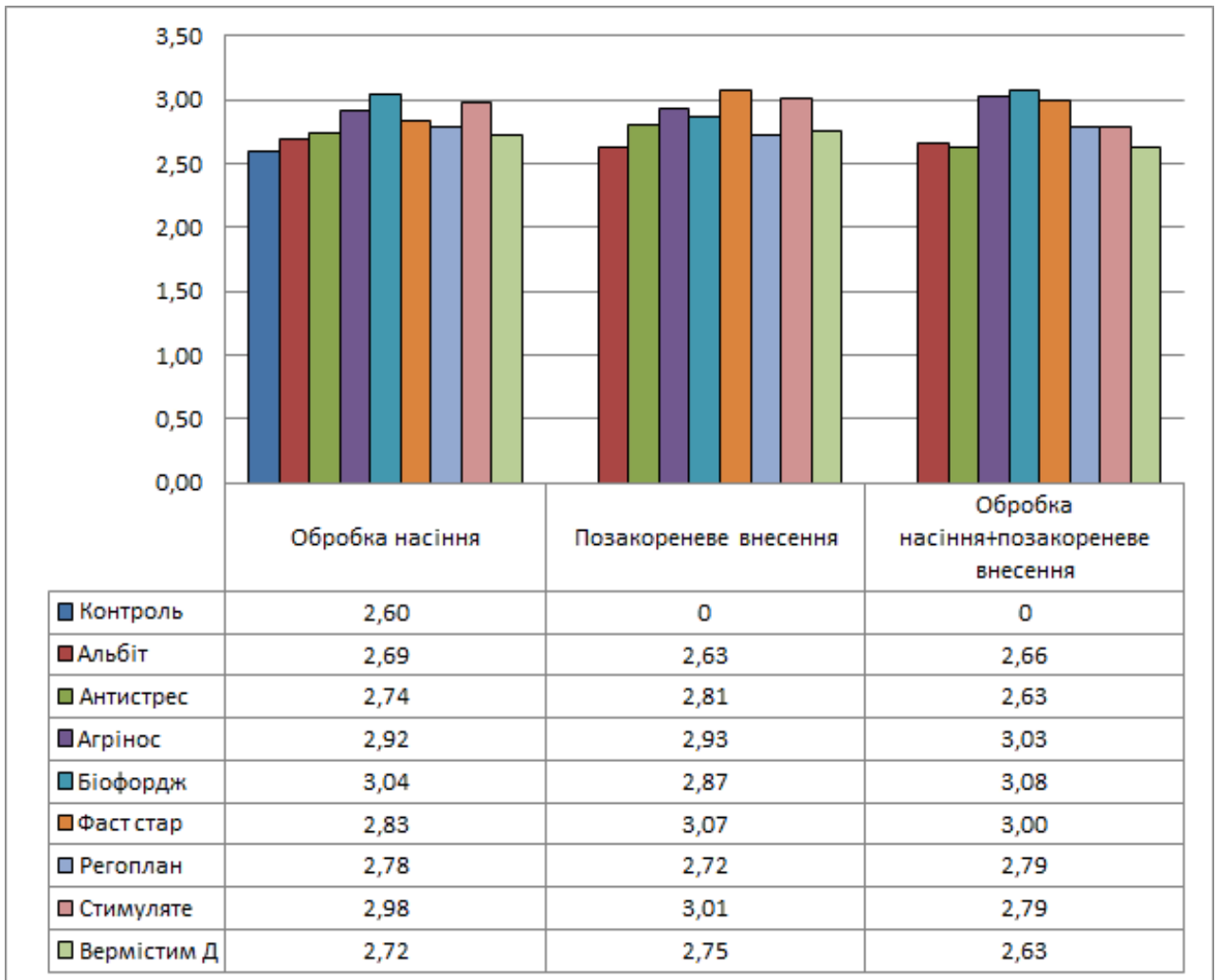


Рис. 5.1. Енергетична оцінка ефективності вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за різних способів обробки регуляторами росту (середнє за 2019–2021 рр.)

Проаналізувавши дані рис. 5.1, можна говорити про те, що всі варіанти вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса є енергоефективними, оскільки коефіцієнти енергетичної ефективності більше 1.

Максимальні значення енергоефективності вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння було зафіксовано для регулятора росту Біофордж. Вихід енергії з урожаєм становив 35 532 мДж, а  $K_{ce}$  – 3,04. Варто відмітити, що цей варіант досліду має найнижче значення затрат на одиницю продукції – 541 мДж/ц.

При вирощуванні гірчиці білої сорту Біла принцеса за позакореневого внесення регуляторів росту найвищі значення енергоефективності було досягнуто за використання препарату Фастстар. Так,  $K_{ce}$  для цього варіанта становив 3,07, а вихід енергії з урожаєм – 36 026 мДж. Також за використання регулятора росту Фаст стар затрати на одиницю продукції були мінімальні по досліді і становили 536 мДж/ц.

Найвигідніше з енергетичної точки зору вирощувати гірчицю білу сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакоренево внесення регулятора росту Біофордж. Про це свідчать показники енергетичної ефективності: коефіцієнт енергоефективності дорівнював 3,08, вихід енергії з урожаєм 37 671 мДж, а затрати на одиницю продукції – 534 мДж.

Аналіз енергетичної ефективності вирощування гірчиці білої сорту Ослава за різних способів обробки регуляторами росту показано на рис. 5.2.

Як бачимо з рисунка 5.2, абсолютно всі варіанти досліду виявилися енергоефективним, оскільки кожен спосіб обробки та вид регулятора росту забезпечили коефіцієнти енергетичної ефективності більші 1.

Максимальне значення енергетичної ефективності вирощування за обробки насіння регуляторами росту було забезпечено застосуванням препарату Біофордж. Коефіцієнт енергоефективності становив 2,89, вихід енергії з урожаєм 32 900 мДж, а затрати на одиницю продукції – 570 мДж.

Найвищі показники енергетичної ефективності вирощування гірчиці білої сорту Ослава були за позакореневого внесення регулятора росту Фаст старт. Так,  $K_{ce}$  дорівнював 2,96, вихід енергії з урожаєм – 34 261 мДж, а затрати на 1 ц становили 555 мДж.

За обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту найвищий рівень виходу енергії з урожаєм було одержано для препарату Фастстарт, він становив 34 216 мДж, що за загальних витрат 11 843 мДж зумовило зниження показника коефіцієнта енергетичної ефективності до 2,89. Максимальне значення коефіцієнта енергоефективності (2,92) було розраховано для препарату Регоплант, але вихід енергії з урожаєм становив лише 33 558 мДж, а затрати на одиницю продукції 563 мДж/ц.

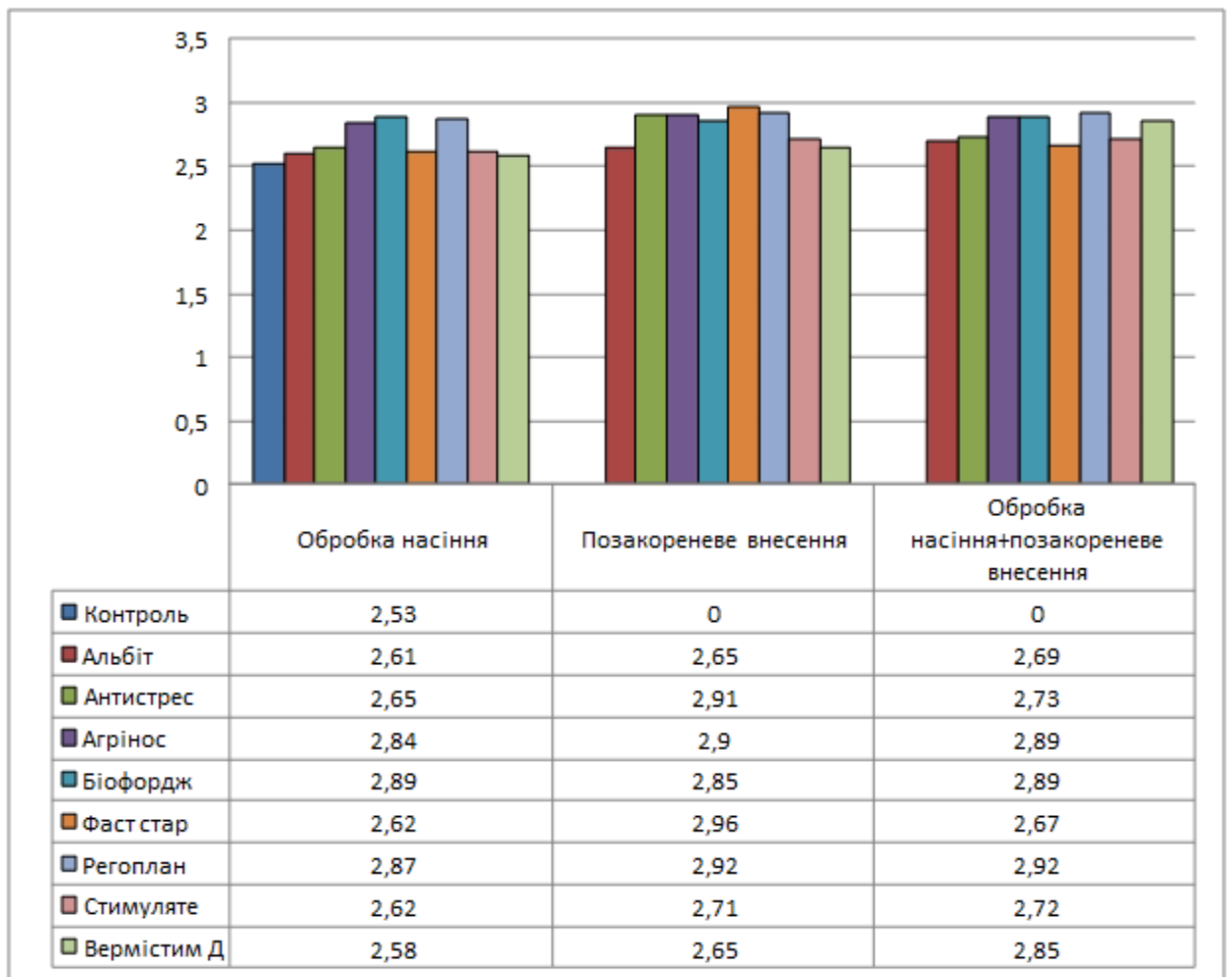


Рис. 5.2. Енергетична оцінка ефективності вирощування гірчиці білої сорту Ослава за різних способів обробки регуляторами росту (середнє за 2019–2021 рр.)

Отже, проаналізувавши енергетичну ефективність вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способів обробки та регуляторів росту, можна

зробити такі висновки: контроль та всі варіанти досліду енергоефективні, тому що коефіцієнти енергетичної ефективності мають значення більше 1. Максимальний рівень енергоефективності вирощування гірчиці білої було отримано для сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регулятора росту Біофордж.

## **5.2. Оцінка економічної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту**

Зважаючи на світову фінансово-економічну кризу, низький рівень матеріально-технічної бази, виснаження земель у сільських господарствах, зниження капіталовкладень, важливим питанням є отримання максимального економічного ефекту вирощування гірчиці білої шляхом зниження витрат на виробництво. Цього можна досягти удосконаливши технологію вирощування та її елементів. Адже отримання економічної вигоди (прибутку) є основною метою товарного виробництва в умовах сучасного ринку. Отже, ріст економічної ефективності сільськогосподарського виробництва напряму залежить від рівня сформованих двох її складових, таких, як зниження собівартості та забезпечення окупності витрат [3, 5, 6].

За результатами проведених досліджень визначали показники економічної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Проаналізувати ефективність впровадження нових агрозаходів допоможуть такі показники: собівартість 1 т зерна, чистий прибуток з 1 га та рівень рентабельності.

Основні затрати на вирощування гірчиці білої було розраховано відповідно до типових технологічних карт [4] за цінами на 2021 р. Урожайність було взято як середнє за три роки досліджень (2019–2021 рр.). Розрахунок економічної ефективності вирощування гірчиці білої залежно від

сортових особливостей, способів обробки регуляторами росту наведені в додатках.

Показники економічної ефективності вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за різних способів обробки регуляторами росту наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

**Економічна ефективність вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за залежно від способів обробки регуляторами росту (середнє за 2019–2021 рр.)**

Способи обробки	Регулятори росту	Економічні показники			
		Урожайність, т/га	Собівартість, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Обробка насіння	Контроль	1,72	9 096,1	17 035	109
	Альбіт	1,81	8 712,0	18 621	118
	Антистрес	1,86	8 517,7	19 497	123
	Агрінос	2,03	7 916,7	22 499	140
	Біофордз	2,16	7 528,0	24 780	152
	Фаст старт	1,95	8 189,7	21 080	132
	Регоплант	1,90	8 365,2	20 206	127
	Стимуляте	2,10	7 701,5	23 727	147
	Вермістим Д	1,84	8 597,8	19 140	121
Позакоренеve внесення	Альбіт	1,75	9 041,9	17 427	110
	Антистрес	1,92	9 851,5	17 565	93
	Агрінос	2,05	7 883,8	22 788	141
	Біофордз	1,98	9 075,4	19 651	109
	Фаст старт	2,19	8 028,0	24 029	137
	Регоплант	1,84	8 647,3	19 049	120
	Стимуляте	2,13	8 184,8	23 036	132
	Вермістим Д	1,87	9 398,5	17 955	102
Обробка насіння+позакоренеve внесення	Альбіт	1,78	8 912,8	17 955	113
	Антистрес	1,83	10 272,2	15 972	85
	Агрінос	2,15	7 581,7	24 549	151
	Біофордз	2,29	8 037,9	25 103	136
	Фаст старт	2,20	8 002,4	24 195	137
	Регоплант	1,91	8 381,9	20 281	127
	Стимуляте	1,94	8 857,1	19 677	115
	Вермістим Д	2,02	8 807,4	20 589	116



З таблиці бачимо, що вирощувати гірчицю білу сорту Біла принцеса з застосуванням регуляторів росту економічно вигідно. Про це свідчать рівні рентабельності, які коливаються в межах 85–152 %.

За обробки насіння регуляторами росту максимальне значення рентабельності (152 %) та умовно чистого прибутку (24 780 грн/га) було зафіксовано за застосування препарату Біофордж. Це зумовлено тим, що цей регулятор росту забезпечив зростання урожайності, що в результаті знизило собівартість.

За позакореневого внесення регуляторів росту найвищий рівень рентабельності 142 % забезпечив Агрінос. Однак рентабельність – це не єдиний показник, на який потрібно звертати увагу, оскільки будь-якого виробника цікавить не лише окупність витрат, а й рівень прибутку. Тож максимальне значення умовно чистого прибутку (24 029 грн/га) було отримано за позакореневого внесення Фастстарт. Рентабельність для цього препарату становила 137 %.

За обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту максимальний економічний результат (прибуток) забезпечив Біофордж. Умовно чистий прибуток становив 25 103 грн/га, а рентабельність – 136 %. Щодо найвищого значення рентабельності (137 %), то його було зафіксовано для препарату Фаст старт, умовно чистий прибуток становив 24 195 грн/га.

Отже, найбільш економічно вигідно з погляду одержання максимального прибутку з одиниці площі вирощувати гірчицю білу сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регулятора росту Біофордж.

Аналіз економічної ефективності вирощування гірчиці білої сорту Ослава залежно від способів обробки регуляторами росту забезпечать показники урожайності, собівартості, прибутку та рентабельності (табл. 5.2).

Дані демонструють, що всі варіанти вирощування гірчиці білої сорту Ослава є економічно вигідними, тому що розраховані рівні рентабельності

становили 93–139 %, а умовно чистий прибуток з одиниці площі – 15 977–22 576 грн/га.

Таблиця 5.2

**Економічна ефективність вирощування гірчиці білої сорту Ослава  
залежно від способів обробки регуляторами росту  
(середнє за 2019–2021 рр.)**

Способи обробки	Регулятори росту	Економічні показники			
		Урожайність, т/га	Собівартість, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Обробка насіння	Контроль	1,66	9 375,5	15 977	103
	Альбіт	1,73	9 051,7	17 211	110
	Антистрес	1,77	8 881,3	17 910	114
	Агрінос	1,95	8 185,5	21 088	132
	Біофордж	2,00	8 020,9	21 958	137
	Фаст старт	1,74	9 013,1	17 377	111
	Регоплант	1,98	8 082,5	21 617	135
	Стимуляте	1,74	9 012,2	17 379	111
	Вермістим Д	1,71	9 055,4	20 425	132
Позакореневе внесення	Альбіт	1,77	8 955,1	17 779	112
	Антистрес	2,02	9 431,4	19 329	101
	Агрінос	2,01	8 013,5	22 083	137
	Біофордж	1,96	9 154,1	19 298	108
	Фаст старт	2,08	8 380,3	22 089	127
	Регоплант	2,04	7 933,5	22 576	139
	Стимуляте	1,83	9 302,6	17 746	104
	Вермістим Д	1,77	9 852,3	16 191	93
Обробка насіння+позакореневе внесення	Альбіт	1,81	8 787,7	18 484	116
	Антистрес	1,93	9 810,8	17 735	94
	Агрінос	2,01	8 014,6	22 081	137
	Біофордж	2,08	8 711,5	21 400	118
	Фаст старт	1,86	9 215,4	18 199	106
	Регоплант	2,04	7 934,9	22 573	139
	Стимуляте	1,87	9 137,5	18 443	108
	Вермістим Д	1,97	8 996,2	19 707	111

За обробки насіння регуляторами росту при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава найвищий економічний ефект було зафіксовано для препарату Біофордж. Його рентабельність дорівнювала 137 %, а прибуток –

21 958 грн/га.

За позакореневого внесення регуляторів росту при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава максимальне значення показників економічної ефективності було отримано за застосування препарату Регоплан. Показник рентабельності для нього становив 139,5, а прибуток становив 22 576 грн/га.

За обробки насіння+позакореневого внесення регуляторів росту при вирощуванні гірчиці білої сорту Ослава найвищий рівень рентабельності 139% було розраховано для препарату Регоплант. Показник прибутку для нього становив 22 573 грн/га.

Отже, вирощування гірчиці білої сорту Ослава є економічно вигідним.

Найбільш економічно вигідним виявилось позакоренево внесення регулятора росту Регоплант, оскільки цей варіант забезпечив максимальні рівні рентабельності та умовно чистого прибутку.

Загалом, проаналізувавши економічну ефективність вирощування гірчиці білої залежно від сорту, способу обробки та регуляторів росту, було встановлено, що всі варіанти дослідів, враховуючи контролю, є вигідними економічно, оскільки рентабельність знаходилась в межах 85–152%. Максимальне значення прибутку забезпечило вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакоренево внесення регулятора росту Біофордж. Це зумовлено тим, що такий спосіб обробки та регулятор росту спричинили підвищення врожайності та зниження собівартості та, як наслідок, збільшення умовно чистого прибутку з одиниці площі.

## Висновки до розділу 5

Проаналізувавши енергетичну та економічну ефективність вирощування гірчиці білої залежно від сортових особливостей, способу обробки та регуляторів росту, можна зробити такі висновки:

1. Вирощування гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України енергетично та економічно є вигідним, оскільки це підтверджують розраховані показники коефіцієнтів енергетичної ефективності, рівні рентабельності та маси прибутків.

2. Найбільш енергетично ефективним є вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту Агрінос ( $K_{ee} - 3,03$ ) та Біофордж ( $K_{ee} - 3,08$ ). Слід відзначити високий коефіцієнт енергетичної ефективності за позакореневого застосування Фаст старт ( $3,07$ ). У сорту Ослава вищі рівні енергетичної ефективності отримано за позакореневого застосування Агрінос ( $K_{ee} - 2,9$ ), Антистрес ( $K_{ee} - 2,9$ ), Регоплант ( $K_{ee} - 2,92$ ) та Фаст старт ( $K_{ee} - 2,96$ ).

3. Аналіз показників економічної ефективності виявив, що максимальна маса прибутку (понад 24 тис. грн/га) була отримана за вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту Біофордж, Фаст старт та Агрінос за рентабельності понад 140 %. Сортіві особливості Ослави обумовили вищу ефективність позакореневого застосування Агрінос та Регоплант. За застосування цих препаратів прибуток з одного гектара становив понад 22 тис. грн/га, а рівні рентабельності 137 та 139 % відповідно.

4. Структуровані витрати при вирощуванні гірчиці білої: витрати на пальне  $\approx 23-30\%$ ; засоби захисту  $\approx 16-28\%$ ; оплату праці в середньому становлять  $\approx 5-7\%$ ; насіння до 2% (вітчизняне); інші витрати  $\approx 20\%$ .

### Список використаних джерел до розділу 5

1. Медведовський О. К. Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 208 с.
2. Кондрашов А. Т., Шурденко І. В. Енергетичний баланс агроєкосистеми: проблеми теорії і практики. *Вісник ДААУ (Житомир)*. 1998. № 2. С. 39–43.
3. Козіна Т. В. Економічна ефективність вирощування гірчиці білої в умовах Лісостепу Західного. *Агробіологія*. 2014. № 2. С. 46–50.
4. Саблук П. Т. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика. У двох томах. Т.1. Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур / П. Т. Саблук, Ю. Ф. Мельника, М. В. Зубця та ін. Київ: ННЦ ІАС, 2008. 697 с.
5. Яценко О. І., Романюк О. П. Економічні та соціальні аспекти оцінки ефективності. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18.6. С. 237–238.
6. Економіка сільського господарства: навч. посібник / Збарський В. К., Мацибора В. І. та ін.; за ред. В. К. Збарського і В. І. Мацибори. К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. 316 с.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування і вирішення наукового завдання щодо оптимізації технології вирощування гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України, яке полягає у визначенні сортових особливостей формування продуктивності за різних способів застосування та видів регуляторів росту рослин. Одержані результати дозволяють сформулювати такі висновки:

1. Застосування регуляторів росту сприяло збільшенню морфологічних параметрів рослин гірчиці білої. Зокрема, найвищі рослини були за обробки насіння і по вегетації регуляторами росту Біофордз та Регоплан. У середньому у сорту Біла принцеса – 108,4 та 109,5 см, у сорту Ослава 109,1 та 109,4 см відповідно. Максимальна кількість гілок 1-го порядку виявлена за комбінованого внесення регулятора росту Біофордз (насіння + позакоренево) – у Ослави – 5,4 шт., у Білої принцеси до 5,7 шт.

2. Виявлено позитивний вплив регуляторів росту на фотосинтетичні показники. Максимальні значення площі листової поверхні було отримано за застосування Агрінос – 43,8 та Біофордз – 44,7 тис. кв. м. У середньому в посівах сорту Біла принцеса було сформовано 42,3 тис. кв. м, а сорту Ослава 40,7 тис. кв. м фотосинтетичної поверхні. Найвищу площу листової поверхні для Білої принцеси виявлено за комплексного застосування Агріносу – 47,1 та Біофордзу – 49,37 тис. кв. м; для сорту Ослава: Регоплану – 43,9 та 44,8 тис. кв. м. Слід відзначити підвищення вмісту хлорофілу за позакореневого внесення (1,59 мг/г) та комплексної обробки насіння та позакореневого внесення (1,60 мг/г). Серед регуляторів росту найвищий вміст хлорофілів було виявлено за застосування Біофордз (1,64 мг/г), Фаст старт (1,64 мг/г) та Регоплан (1,65 мг/г).

3. За показниками індивідуальної продуктивності наявна чітка тенденція до підвищення кількості плодів та маси насіння за застосування регуляторів росту. Позакоренево внесення сприяло збільшенню на 2,1 шт., а комплексне застосування на 2,8 шт. стручків порівняно з контролем. Маса

насіння за обробки посівного матеріалу – 1,4 г; позакореневого внесення – 1,44 г; комплексного застосування – 1,47 г, що суттєво більше, ніж на контролі (1,25 г). Серед сортів кількість плодів та маса насіння дещо різнилися: сорт Біла принцеса – 90,8 шт. та 1,46 г, тоді як Ослава – 89,5 шт. та 1,4 г відповідно. Максимальний показник (1,7 г) отримали у сорту Біла принцеса за комплексного застосування Біофордж.

4. Вищу врожайність отримали у сорту Біла принцеса (1,97 т/га). Врожайність сорту Ослава дорівнювала 1,89 т/га. Прибавка врожаю на варіантах використання регуляторів росту була такою: за обробки насіння – 0,2 т/га; позакореневого внесення – 0,26 т/га; обробки насіння та по вегетації – 0,29 т/га. Істотно більша врожайність за використання Фаст старт (2,20 т/га) та Біофордж (2,29 т/га) у сорту Біла принцеса і Регоплан (2,04 т/га) та Фаст старт (2,08 т/га) у сорту Ослава.

5. За результатами проведеного дисперсійного аналізу найбільш вагомий вплив на формування врожайності мали погодні умови (67,8 %). Максимальну врожайність було сформовано в 2021 році – 2,22 т/га. Несприятливі умови 2019 р. обумовили формування найменшого врожаю – 1,7 т/га. Умови 2020 року дозволи реалізувати свій потенціал посівам гірчиці білої на рівні – 1,82 т/га. У розрізі сортів: Біла принцеса в 2019 р. – 1,73 т/га; у 2020 р. – 1,85 т/га; у 2021 р. – 2,26 т/га. Сорт Ослава сформував 1,67; 1,78 та 2,18 т/га насіння відповідно.

6. За показником маси 1 000 шт. насінин встановлено істотне підвищення крупності насіння за застосування регуляторів росту (4,64–4,83 г) порівняно з контролем (4,5 г). Виявлено сортові особливості ефективності регуляторів росту, зокрема: у сорту Біла принцеса кращими були варіанти за застосування Біофордж (5,12 г), а у сорту Ослава – Регоплан (5,01 г) та Біофордж (5,1 г). Розраховано найбільший вплив регуляторів росту на формування маси 1 000 шт. насінин – 32,2 %. Погодні умови мали вплив на рівні 27,0 %; способи застосування PPP – 11,4 %.

7. Найвищий вміст олії в насінні формував сорт Біла принцеса – 30,4 % і варіював у межах 29,4–31,6 %. У сорту Ослава олійність дорівнювала 29,6 % і змінювалась в межах 28,4–31,1 %. У середньому за дослідом відмічена незначна тенденція до підвищення олійності насіння за застосування регуляторів росту (29,8–30,4 %) порівняно з контролем (28,9 %). Залежно від регулятора росту максимальний вміст олії (понад 30,0 %) формувався на варіантах за використання Регоплану (30,2 %); Фаст старт (30,4 %); Біофордж (30,6 %) та Стимуляте (31,0 %).

8. Розраховано вищий збір олії у сорту Біла принцеса (0,6 т/га) порівняно з сортом Ослава (0,56 т/га). Отримано істотну прибавку на рівні 0,08–0,11 т/га за застосування регуляторів росту порівняно з контролем, де було сформовано 0,49 т/га олії. Для сорту Біла принцеса більш ефективним було застосування Фаст старт (0,69 т/га) та Біофордж (0,71 т/га). У сорту Ослава істотно вищий вихід олії за комплексного застосування регуляторів росту Біофордж (0,63 т/га).

9. Аналіз показників економічної ефективності виявив, що максимальна маса прибутку (понад 24 тис. грн/га) була отримана за вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту Біофордж, Фаст старт та Агрінос за рентабельності понад 140 %. Сортіві особливості Ослави обумовили вищу ефективність позакореневого застосування Агрінос та Регоплан. За застосування цих препаратів прибуток з одного гектара становив понад 22 тис. грн/га, а рівні рентабельності 137 та 139 % відповідно.

10. Найбільш енергетично ефективним є вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневе внесення регуляторів росту Агрінос ( $K_{ee} = 3,03$ ) та Біофордж ( $K_{ee} = 3,08$ ). Слід відзначити високий коефіцієнт енергетичної ефективності за позакореневого застосування Фаст старт (3,07). У сорту Ослава вищі рівні енергетичної ефективності отримано за позакореневого застосування Агрінос ( $K_{ee} = 2,9$ ), Антистрес ( $K_{ee} = 2,9$ ), Регоплан ( $K_{ee} = 2,92$ ) та Фаст старт ( $K_{ee} = 2,96$ ).



## РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

З метою підвищення продуктивності, економічних та біоенергетичних показників вирощування гірчиці білої в умовах північно-східного Лісостепу України технологія повинна передбачати застосування регуляторів росту:

- для сорту Біла принцеса – обробку насіння (ВВСН<sub>00</sub>) та в період вегетації (ВВСН<sub>14-18</sub>) регуляторами росту Біофодж, Фаст старт або Агрінос;
- для сорту Ослава – позакореневе внесення (ВВСН<sub>14-18</sub>) Агрінос, Агрінос або Регоплан.

## ДОДАТКИ

## Додаток А.1

<b>Економічна ефективність вирощування гірчиці білої (Біла принцеса)</b>												
№ пп.	урожайність, ц/га	оплата праці, грн	насіння	добрив	засобів захисту	пального	інші витрати	всього витрат	вартість валової продукції, грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток , грн/га	рентабельність, %
<b>Обробка насіння</b>												
Контроль	17,2	997,2	312	4318	2470	4419	3129	15645	32680	909,61	17035	109
Альбіт	18,1	1021,0	312	4318	2470	4494	3154	15769	34390	871,20	18621	118
Антистрес	18,6	1034,2	312	4318	2475	4535	3169	15843	35340	851,77	19497	123
Агрінос	20,3	1079,0	312	4318	2472	4676	3214	16071	38570	791,67	22499	140
Біофордж	21,6	1113,3	312	4318	2481	4784	3252	16260	41040	752,80	24780	152
Фаст старт	19,5	1057,9	312	4318	2478	4610	3194	15970	37050	818,97	21080	132
Регоплан	19,0	1044,7	312	4318	2472	4568	3179	15894	36100	836,52	20206	127
Стимуляте	21,0	1097,5	312	4318	2477	4734	3235	16173	39900	770,15	23727	147
Вермістим Д	18,4	1028,9	312	4318	2479	4519	3164	15820	34960	859,78	19140	121
<b>Позакореневе внесення</b>												
Альбіт	17,5	1005,1	312	4318	2580	4444	3165	15823	33250	904,19	17427	110
Антистрес	19,2	1050,0	312	4318	4867	4585	3783	18915	36480	985,15	17565	93
Агрінос	20,5	1084,3	312	4318	2523	4693	3232	16162	38950	788,38	22788	141
Біофордж	19,8	1065,8	312	4318	4045	4635	3594	17969	37620	907,54	19651	109
Фаст старт	21,9	1121,2	312	4318	3505	4809	3516	17581	41610	802,80	24029	137
Регоплан	18,4	1028,9	312	4318	2552	4519	3182	15911	34960	864,73	19049	120
Стимуляте	21,3	1105,4	312	4318	3453	4759	3487	17434	40470	818,48	23036	132
Вермістим Д	18,7	1036,8	312	4318	3850	4543	3515	17575	35530	939,85	17955	102
<b>Обробка насіння + позакореневе внесення</b>												
Альбіт	17,8	1013,1	312	4318	2580	4469	3173	15865	33820	891,28	17955	113
Антистрес	18,3	1026,3	312	4318	4872	4510	3760	18798	34770	1027,22	15972	85
Агрінос	21,5	1110,7	312	4318	2524	4776	3260	16301	40850	758,17	24549	151
Біофордж	22,9	1147,6	312	4318	4056	4892	3681	18407	43510	803,79	25103	136
Фаст старт	22,0	1123,9	312	4318	3513	4817	3521	17605	41800	800,24	24195	137
Регоплан	19,1	1047,4	312	4318	2554	4577	3202	16009	36290	838,19	20281	127
Стимуляте	19,4	1055,3	312	4318	3459	4601	3437	17183	36860	885,71	19677	115
Вермістим Д	20,2	1076,4	312	4318	3859	4668	3558	17791	38380	880,74	20589	116

## Додаток А.2

Економічна ефективність вирощування гірчиці білої (Ослава)												
№ пп.	урожайність, ц/га	оплата праці, грн	насіння	добрив	засобів захисту	пального	інші витрати	всього витрат	вартість валової продукції, грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток, грн/га	Рентабель- ність, %
<b>Обробка насіння</b>												
Контроль	16,6	981,4	312	4318	2470	4369	3113	15563	31540	937,55	15977	103
Альбіт	17,3	999,9	312	4318	2470	4427	3132	15659	32870	905,17	17211	110
Антистрес	17,7	1010,4	312	4318	2475	4460	3144	15720	33630	888,13	17910	114
Агрінос	19,5	1057,9	312	4318	2472	4610	3192	15962	37050	818,55	21088	132
Біофордж	20,0	1071,1	312	4318	2481	4651	3208	16042	38000	802,09	21958	137
Фаст старт	17,4	1002,5	312	4318	2478	4436	3137	15683	33060	901,31	17377	111
Регоплан	19,8	1065,8	312	4318	2472	4635	3201	16003	37620	808,25	21617	135
Стимуляте	17,4	1002,5	312	4318	2477	4436	3136	15681	33060	901,22	17379	111
Вермістим Д	17,1	994,6	186	4318	2479	4411	3097	15485	35910	905,54	20425	132
<b>Позакореневе внесення</b>												
Альбіт	17,7	1010,4	312	4318	2580	4460	3170	15851	33630	895,51	17779	112
Антистрес	20,2	1076,4	312	4318	4867	4668	3810	19051	38380	943,14	19329	101
Агрінос	20,1	1073,7	312	4318	2523	4659	3221	16107	38190	801,35	22083	137
Біофордж	19,6	1060,6	312	4318	4045	4618	3588	17942	37240	915,41	19298	108
Фаст старт	20,8	1092,2	312	4318	3505	4718	3486	17431	39520	838,03	22089	127
Регоплан	20,4	1081,7	312	4318	2552	4684	3237	16184	38760	793,35	22576	139
Стимуляте	18,3	1026,3	312	4318	3453	4510	3405	17024	34770	930,26	17746	104
Вермістим Д	17,7	1010,4	312	4318	3850	4460	3488	17439	33630	985,23	16191	93
<b>Обробка насіння + позакореневе внесення</b>												
Альбіт	18,1	1021,0	312	4318	2580	4494	3181	15906	34390	878,77	18484	116
Антистрес	19,3	1052,6	312	4318	4872	4593	3787	18935	36670	981,08	17735	94
Агрінос	20,1	1073,7	312	4318	2524	4659	3222	16109	38190	801,46	22081	137
Біофордж	20,8	1092,2	312	4318	4056	4718	3624	18120	39520	871,15	21400	118
Фаст старт	18,6	1034,2	312	4318	3513	4535	3428	17141	35340	921,54	18199	106
Регоплан	20,4	1081,7	312	4318	2554	4684	3237	16187	38760	793,49	22573	139
Стимуляте	18,7	1036,8	312	4318	3459	4543	3417	17087	35530	913,75	18443	108
Вермістим Д	19,7	1063,2	312	4318	3859	4626	3545	17723	37430	899,62	19707	111

## Додаток Б.1

	Структура витрат, %, гірчиця сиза (Біла принцеса)							Енергетика, гірчиця біла (Біла принцеса)									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	всього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестициди	пальне	насіння	затрати праці	всього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	Затрати на 1 ц	Кое
	<b>Обробка насіння</b>							<b>Обробка насіння</b>									
Контроль	6,37	1,99	27,60	15,79	28,24	20,00	100,00	1369	5147	1090	2092	87	1118	10902	28294	634	2,60
Альбіт	6,47	1,98	27,38	15,67	28,50	20,00	100,00	1441	5147	1090	2122	87	1177	11063	29775	611	2,69
Антистрес	6,53	1,97	27,26	15,62	28,63	20,00	100,00	1481	5147	1091	2139	87	1209	11153	30597	600	2,74
Агрінос	6,71	1,94	26,87	15,38	29,10	20,00	100,00	1616	5147	1090	2196	87	1320	11455	33394	564	2,92
Біофордж	6,85	1,92	26,56	15,26	29,42	20,00	100,00	1719	5147	1092	2240	87	1404	11689	35532	541	3,04
Фаст старт	6,62	1,95	27,04	15,52	28,87	20,00	100,00	1552	5147	1092	2169	87	1268	11315	32078	580	2,83
Регоплан	6,57	1,96	27,17	15,55	28,74	20,00	100,00	1512	5147	1090	2152	87	1235	11224	31255	591	2,78
Стимуляте	6,79	1,93	26,70	15,32	29,27	20,00	100,00	1672	5147	1091	2220	87	1365	11581	34545	551	2,98
Вермістим Д	6,50	1,97	27,29	15,67	28,56	20,00	100,00	1465	5147	1097	2132	87	1196	11124	30268	605	2,72
	<b>Позакореневе внесення</b>							<b>Позакореневе внесення</b>									
Альбіт	6,35	1,97	27,29	16,30	28,08	20,00	100,00	1393	5147	1090	2102	87	1138	10956	28788	626	2,63
Антистрес	5,55	1,65	22,83	25,73	24,24	20,00	100,00	1528	5147	1091	2159	87	1248	11260	31584	586	2,81
Агрінос	6,71	1,93	26,72	15,61	29,04	20,00	100,00	1632	5147	1090	2203	87	1333	11491	33723	561	2,93
Біофордж	5,93	1,74	24,03	22,51	25,79	20,00	100,00	1576	5147	1092	2179	87	1287	11368	32571	574	2,87
Фаст старт	6,38	1,77	24,56	19,94	27,35	20,00	100,00	1743	5147	1092	2250	87	1424	11743	36026	536	3,07
Регоплан	6,47	1,96	27,14	16,04	28,40	20,00	100,00	1465	5147	1090	2132	87	1196	11117	30268	604	2,72
Стимуляте	6,34	1,79	24,77	19,80	27,30	20,00	100,00	1695	5147	1091	2230	87	1385	11635	35039	546	3,01
Вермістим Д	5,90	1,78	24,57	21,91	25,85	20,00	100,00	1489	5147	1097	2142	87	1216	11177	30762	598	2,75
	<b>Обробка насіння + позакореневе внесення</b>							<b>Обробка насіння + позакореневе внесення</b>									
Альбіт	6,39	1,97	27,22	16,26	28,17	20,00	100,00	1417	5147	1098	2112	87	1157	11017	29281	619	2,66
Антистрес	5,46	1,66	22,97	25,92	23,99	20,00	100,00	1457	5147	1427	2129	87	1190	11436	30104	625	2,63
Агрінос	6,81	1,91	26,49	15,49	29,30	20,00	100,00	1711	5147	1095	2237	87	1398	11674	35368	543	3,03
Біофордж	6,23	1,70	23,46	22,04	26,58	20,00	100,00	1823	5147	1389	2284	87	1489	12218	37671	534	3,08
Фаст старт	6,38	1,77	24,53	19,96	27,36	20,00	100,00	1751	5147	1389	2253	87	1430	12057	36190	548	3,00
Регоплан	6,54	1,95	26,97	15,95	28,59	20,00	100,00	1520	5147	1100	2156	87	1242	11251	31420	589	2,79
Стимуляте	6,14	1,82	25,13	20,13	26,78	20,00	100,00	1544	5147	1240	2166	87	1261	11444	31913	590	2,79
Вермістим Д	6,05	1,75	24,27	21,69	26,24	20,00	100,00	1608	5147	2285	2193	87	1313	12633	33229	625	2,63

## Додаток Б.2

	Структура витрат, %, гірчиця сиза (Ослава)							Енергетика, гірчиця біла (Ослава)									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	всього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестициди	пальне	насіння	затрати праці	всього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	Затрати на 1 ц	Ксе
	<b>Обробка насіння</b>							<b>Обробка насіння</b>									
Контроль	6,31	2,00	27,74	15,87	28,07	20,00	100,00	1321	5147	1090	2071	87	1079	10795	27307	650	2,53
Альбіт	6,39	1,99	27,57	15,78	28,27	20,00	100,00	1377	5147	1090	2095	87	1125	10920	28459	631	2,61
Антистрес	6,43	1,98	27,47	15,74	28,37	20,00	100,00	1409	5147	1091	2108	87	1151	10992	29117	621	2,65
Агрінос	6,63	1,95	27,05	15,49	28,88	20,00	100,00	1552	5147	1090	2169	87	1268	11313	32078	580	2,84
Біофордж	6,68	1,94	26,92	15,47	28,99	20,00	100,00	1592	5147	1092	2186	87	1300	11404	32900	570	2,89
Фаст старт	6,39	1,99	27,53	15,80	28,28	20,00	100,00	1385	5147	1092	2098	87	1131	10940	28623	629	2,62
Регоплан	6,66	1,95	26,98	15,45	28,96	20,00	100,00	1576	5147	1090	2179	87	1287	11366	32571	574	2,87
Стимуляте	6,39	1,99	27,54	15,80	28,29	20,00	100,00	1385	5147	1091	2098	87	1131	10939	28623	629	2,62
Вермістим Д	6,42	1,20	27,89	16,01	28,48	20,00	100,00	1361	5147	1097	2088	87	1112	10892	28130	637	2,58
	<b>Позакореневе внесення</b>							<b>Позакореневе внесення</b>									
Альбіт	6,37	1,97	27,24	16,27	28,14	20,00	100,00	1409	5147	1090	2108	87	1151	10992	29117	621	2,65
Антистрес	5,65	1,64	22,66	25,55	24,50	20,00	100,00	1608	5147	1091	2193	87	1313	11438	33229	566	2,91
Агрінос	6,67	1,94	26,81	15,66	28,93	20,00	100,00	1600	5147	1090	2189	87	1307	11420	33065	568	2,90
Біофордж	5,91	1,74	24,07	22,54	25,74	20,00	100,00	1560	5147	1092	2173	87	1274	11332	32242	578	2,85
Фаст старт	6,27	1,79	24,77	20,11	27,06	20,00	100,00	1656	5147	1092	2213	87	1352	11546	34216	555	2,96
Регоплан	6,68	1,93	26,68	15,77	28,94	20,00	100,00	1624	5147	1090	2199	87	1326	11473	33558	562	2,92
Стимуляте	6,03	1,83	25,36	20,28	26,49	20,00	100,00	1457	5147	1091	2129	87	1190	11100	30104	607	2,71
Вермістим Д	5,79	1,79	24,76	22,08	25,58	20,00	100,00	1409	5147	1097	2108	87	1151	10999	29117	621	2,65
	<b>О бробка насіння + позакореневе внесення</b>							<b>О бробка насіння + позакореневе внесення</b>									
Альбіт	6,42	1,96	27,15	16,22	28,25	20,00	100,00	1441	5147	1098	2122	87	1177	11071	29775	612	2,69
Антистрес	5,56	1,65	22,80	25,73	24,26	20,00	100,00	1536	5147	1427	2162	87	1255	11614	31749	602	2,73
Агрінос	6,67	1,94	26,80	15,67	28,92	20,00	100,00	1600	5147	1095	2189	87	1307	11425	33065	568	2,89
Біофордж	6,03	1,72	23,83	22,38	26,04	20,00	100,00	1656	5147	1389	2213	87	1352	11843	34216	569	2,89
Фаст старт	6,03	1,82	25,19	20,50	26,46	20,00	100,00	1481	5147	1389	2139	87	1209	11451	30597	616	2,67
Регоплан	6,68	1,93	26,68	15,78	28,94	20,00	100,00	1624	5147	1100	2199	87	1326	11483	33558	563	2,92
Стимуляте	6,07	1,83	25,27	20,25	26,59	20,00	100,00	1489	5147	1240	2142	87	1216	11319	30762	605	2,72
Вермістим Д	6,00	1,76	24,36	21,77	26,10	20,00	100,00	1568	5147	1103	2176	87	1281	11361	32407	577	2,85

## Додаток В.1

Дисперсійний аналіз (трифакторний). Висота рослин (см) гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та виду регуляторів росту

La	Lb	Lc	Рo	No	Kst		
2	3	9	3	162	1793895.8		
Варіанти			Повторення, Роки			Сума	Середнє
La	Lb	Lc	2019	2020	2021		
A1	b1	c1	99.77	100.37	109.9	310.0	103.3
		c2	101.5	103.1	105.9	310.5	103.5
		c3	101.8	103.9	106.1	311.8	103.9
		c4	102.1	103.5	107.2	312.8	104.3
		c5	102.8	103.4	108.5	314.7	104.9
		c6	102.1	102.3	107.2	311.6	103.9
		c7	101.9	102.9	108.9	313.7	104.6
		c8	102.2	103.9	108.3	314.4	104.8
		c9	101.6	102.9	105.8	310.3	103.4
	b2	c1	99.77	100.37	118	318.1	106.0
		c2	101.5	104.1	108.1	313.7	104.6
		c3	102.8	103.9	108.6	315.3	105.1
		c4	103.8	105.1	109.7	318.6	106.2
		c5	103.1	105	109.1	317.2	105.7
		c6	104.8	106.9	110.1	321.8	107.3
		c7	102.1	103.5	109	314.6	104.9
		c8	104.8	106.1	111	321.9	107.3
		c9	102.9	103.8	106.8	313.5	104.5
	b3	c1	99.77	100.37	118	318.1	106.0
		c2	102.5	104.8	109.1	316.4	105.5
		c3	102.8	103.9	108.9	315.6	105.2
		c4	104.5	106.2	109.9	320.6	106.9
		c5	106.4	108.9	109.9	325.2	108.4
		c6	105.1	106.4	111	322.5	107.5
		c7	103.1	104.9	130	338.0	112.7
		c8	103.5	104.2	109.7	317.4	105.8
		c9	104.1	105.9	108.8	318.8	106.3
A2	b1	c1	97.83	99.7	105.57	303.1	101.0
		c2	99.5	102.1	104.3	305.9	102.0
		c3	102.1	104	105.6	311.7	103.9
		c4	103.1	104.8	105.8	313.7	104.6
		c5	105.4	107.1	109.9	322.4	107.5
		c6	100.2	103.9	105.8	309.9	103.3
		c7	104.5	106.1	109.7	320.3	106.8
		c8	101.2	104.1	105.7	311.0	103.7
		c9	99.9	103.1	104.1	307.1	102.4
	b2	c1	97.83	99.7	105.57	303.1	101.0
		c2	100.2	102.9	105.1	308.2	102.7
		c3	104.1	106.5	110.2	320.8	106.9
		c4	102.9	104.9	107.2	315.0	105.0
		c5	102.9	106.8	108.2	317.9	106.0
		c6	105.9	107.8	113.8	327.5	109.2
		c7	105.1	107.2	110.3	322.6	107.5
		c8	100.5	104.8	107.9	313.2	104.4
		c9	100.2	103.1	106.1	309.4	103.1
	b3	c1	97.83	99.7	105.57	303.1	101.0
		c2	100.1	103.2	106.5	309.8	103.3
		c3	103.4	104.1	106.2	313.7	104.6
		c4	105.1	107.1	109.7	321.9	107.3
		c5	106.1	109.9	111.3	327.3	109.1
		c6	102.1	102.4	106.7	311.2	103.7
		c7	106.9	108.7	112.5	328.1	109.4
		c8	101.1	104.9	109.8	315.8	105.3
		c9	103.1	104.9	108.4	316.4	105.5
			5532.20	5634.11	5881.01	17047.32	105.23

## Продовження Додатку В.1

Джерела		Сума	Ступінь	Середній	Відношення	
варіації		квадратів	волі	квадрат	$F_\phi$	$F_{05}$
Загальна	Sy	2604.7	161			
Погоди	Sp	1191.4	2			
Варіантів	Sv	803.1	53	15.2	2.6	1.46
	Ca	27.8	1	27.8	4.8	3.93
	Cb	147.5	2	73.7	12.8	3.08
	Cc	317.4	8	39.7	6.9	2.03
	Cab	16	2	8.0	1.4	3.08
	Cac	90.6	8	11.3	2.0	2.03
	Cbc	138.2	16	8.6	1.5	1.74
	Cabc	65.6	16	4.1	0.7	1.74
Помилки	Cz	610.2	106	5.8		

$t_{05}$  1.98

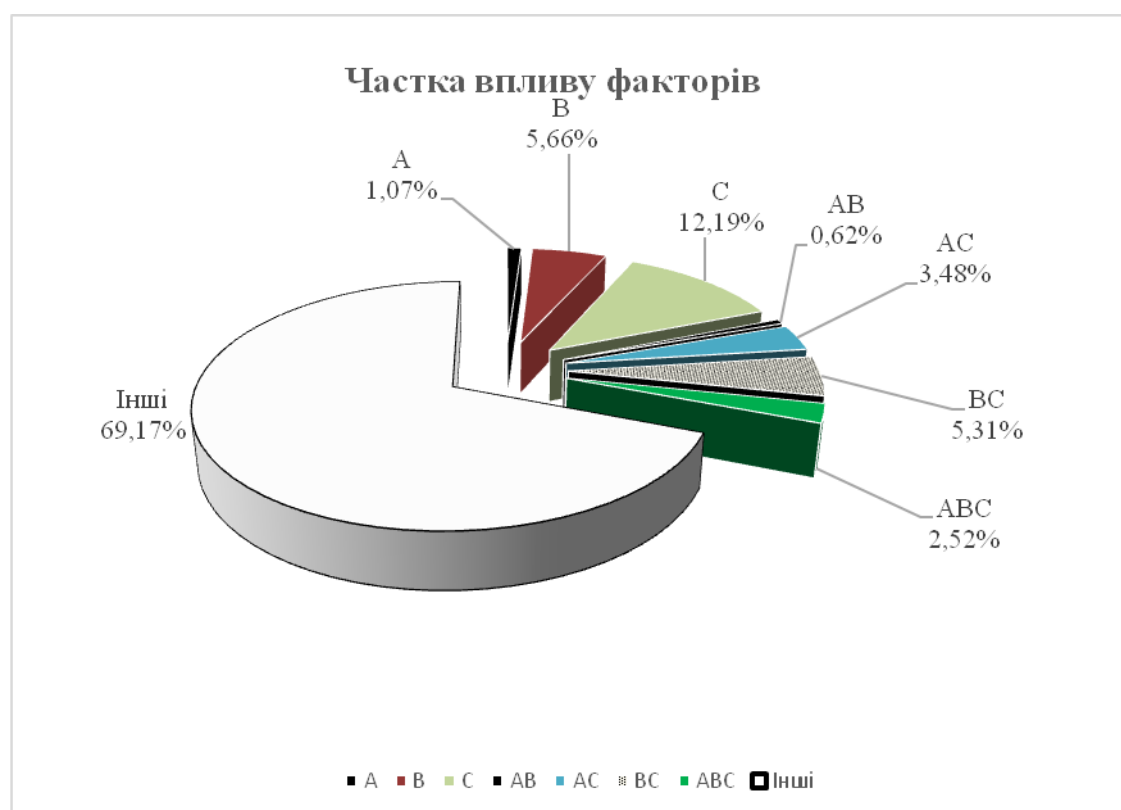
Точність дослідю: 1.3%

$HIP_{05}ABC$	2.7	$HIP_{05}A$	0.53	$HIP_{05}B$	0.65	$HIP_{05}C$	1.12
---------------	-----	-------------	------	-------------	------	-------------	------

Частка дії фактору:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
1.1%	5.7%	12.2%	0.6%	3.5%	5.3%	2.5%	69.2%

100.0%



Примітка: A1 - Біла принцеса, A2 - Ослава;  
b1 - обробка насіння, b2 - позакореневе внесення;  
c1 - Контроль (вода), c2 - Альбіт, c3 - Антистрес, c4 - Агрінос, c5 - Біофордж  
c6 - Фаст старт, c7 - Регоплан, c8 - Стимулате, c9 - Вермістим Д.



## Додаток В.2

Дисперсійний аналіз (трифакторний). Кількість гілок 1 порядку гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та виду регуляторів росту

La	Lb	Lc	Рo	No	Kst		
	2	3	9	3	162	4156,6	
Варіанти			Повторення, Роки			Сума	Середнє
La	Lb	Lc	2019	2020	2021		
A1	b1	c1	4,7	4,67	5,13	14,5	4,8
		c2	4,8	4,8	4,9	14,5	4,8
		c3	4,8	4,9	5	14,7	4,9
		c4	5	5	5,2	15,2	5,1
		c5	5,3	5,3	5,5	16,1	5,4
		c6	5	5,1	5,3	15,4	5,1
		c7	4,9	4,9	5	14,8	4,9
		c8	5,1	5,2	5	15,3	5,1
		c9	4,8	4,9	4,9	14,6	4,9
	b2	c1	4,7	4,67	5,13	14,5	4,8
		c2	4,8	4,9	5	14,7	4,9
		c3	4,9	5,1	5,3	15,3	5,1
		c4	5,1	5,2	5,5	15,8	5,3
		c5	5,1	5,3	5,5	15,9	5,3
		c6	5,3	5,4	5,7	16,4	5,5
		c7	4,9	4,8	5,1	14,8	4,9
		c8	5,2	5,4	5,6	16,2	5,4
		c9	5	5,2	5,2	15,4	5,1
	b3	c1	4,7	4,67	5,13	14,5	4,8
		c2	4,8	4,9	5	14,7	4,9
		c3	4,9	5,1	5,2	15,2	5,1
		c4	5,3	5,3	5,6	16,2	5,4
		c5	5,5	5,6	6	17,1	5,7
		c6	5,2	5,3	5,8	16,3	5,4
		c7	5	5,3	5,6	15,9	5,3
		c8	5	5,2	5,4	15,6	5,2
		c9	5,2	5,2	5,3	15,7	5,2
A2	b1	c1	4,63	4,60	5,00	14,2	4,7
		c2	4,6	4,7	5	14,3	4,8
		c3	4,7	4,8	5	14,5	4,8
		c4	4,8	4,8	5,4	15,0	5,0
		c5	4,9	5,2	5,3	15,4	5,1
		c6	4,8	4,9	5,1	14,8	4,9
		c7	4,8	5	5,3	15,1	5,0
		c8	4,9	4,9	5	14,8	4,9
		c9	4,7	4,7	5	14,4	4,8
	b2	c1	4,63	4,60	5,00	14,2	4,7
		c2	4,7	4,7	5	14,4	4,8
		c3	4,9	5,2	5,4	15,5	5,2
		c4	4,8	4,9	5,2	14,9	5,0
		c5	5,1	5,3	5,2	15,6	5,2
		c6	5,1	5,2	5,5	15,8	5,3
		c7	4,9	5,1	5,4	15,4	5,1
		c8	4,9	5,2	5,3	15,4	5,1
		c9	4,8	4,8	5	14,6	4,9
	b3	c1	4,63	4,60	5,00	14,2	4,7
		c2	4,8	4,9	5	14,7	4,9
		c3	5,1	5	5,2	15,3	5,1
		c4	5,1	5,2	5,3	15,6	5,2
		c5	5,2	5,3	5,6	16,1	5,4
		c6	4,9	4,8	5	14,7	4,9
		c7	5,1	5,3	5,6	16,0	5,3
		c8	5	5	5,2	15,2	5,1
		c9	4,9	5	5,2	15,1	5,0
			266,39	271,01	283,19	820,59	5,07

## Продовження Додатку В.2

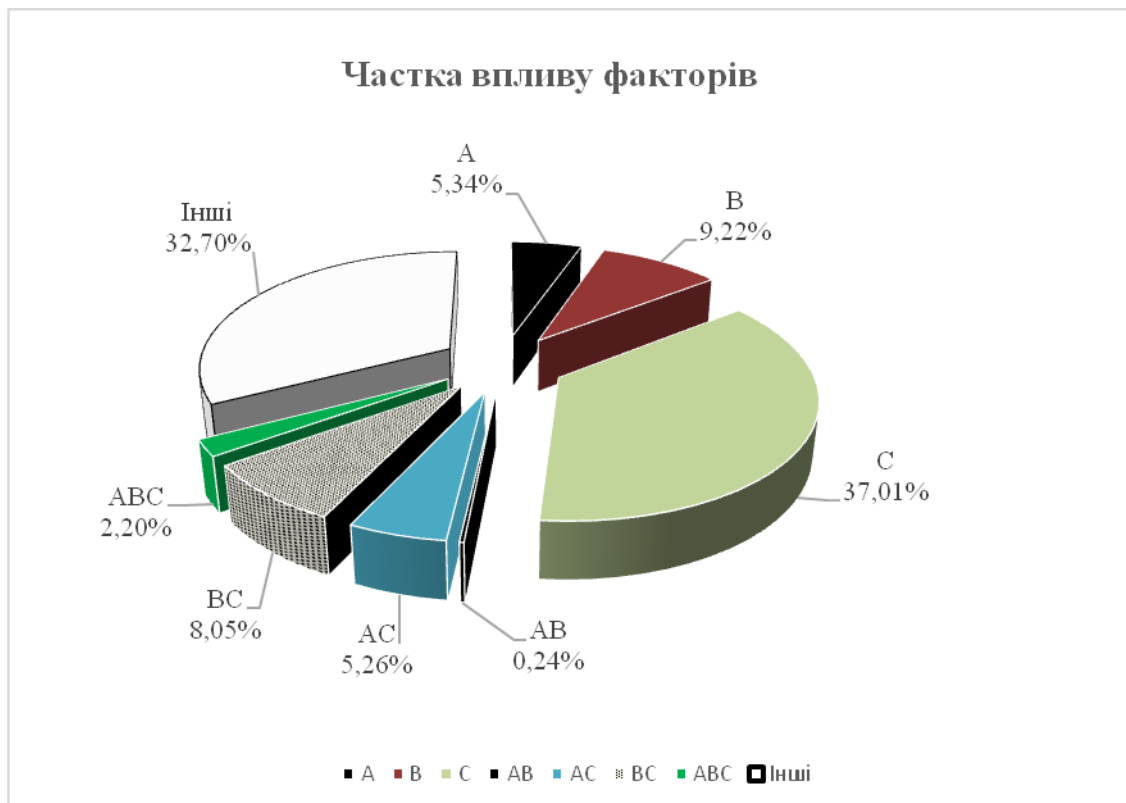
Джерела		Сума	Ступінь	Середній	Відношення	
варіації		квадратів	волі	квадрат	$F_{\phi}$	$F_{05}$
Загальна	Sy	11.6	161			
Погоди	Sp	2.8	2			
Варіантів	Sv	7.8	53	0.1	15.6	1.46
	Ca	0.6	1	0.6	65.6	3.93
	Cb	1.1	2	0.5	56.7	3.08
	Cc	4.3	8	0.5	56.9	2.03
	Cab	0	2	0.0	1.5	3.08
	Cac	0.6	8	0.1	8.1	2.03
	Cbc	0.9	16	0.1	6.2	1.74
	Cabc	0.3	16	0.0	1.7	1.74
Помилки	Cz	1.0	106	0.0		
	$t_{05}$	1.98		Точність дослідю:		1.1%

$HP_{05}ABC$	0.1	$HP_{05}A$	0.02	$HP_{05}B$	0.03	$HP_{05}C$	0.05
--------------	-----	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактору:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
5.3%	9.2%	37.0%	0.2%	5.3%	8.0%	2.2%	32.7%

100.0%



Примітка: A1 - Біла принцеса, A2 - Ослава;  
b1 - обробка насіння, b2 - позакореневе внесення;  
c1 - Контроль (вода), c2 - Альбіт, c3 - Антистрес, c4 - Агрінос, c5 - Біофордж  
c6 - Фаст старт, c7 - Регоплан, c8 - Стимулате, c9 - Вермістим Д.

## Додаток В.3

Дисперсійний аналіз (трифакторний). Кількість стручків гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та виду регуляторів росту

La	Lb	Lc	Po	No	Kst	Сума	Середнє
Варіанти			Повторення, Роки				
La	Lb	Lc	2019	2020	2021		
A1	b1	c1	85.20	86.93	90.10	262.2	87.4
		c2	86.8	87.5	89.5	263.8	87.9
		c3	86.9	87.6	89.7	264.2	88.1
		c4	89.5	90.5	92.2	272.2	90.7
		c5	88.5	90.6	92.7	271.8	90.6
		c6	88.1	89.5	91.6	269.2	89.7
		c7	87.8	88	90.2	266.0	88.7
		c8	89.4	90.7	92.9	273.0	91.0
		c9	86.9	88.5	90.1	265.5	88.5
	b2	c1	85.20	86.93	90.10	262.2	87.4
		c2	88.39	89.1	90.9	268.4	89.5
		c3	90.1	91.4	93	274.5	91.5
		c4	90.9	92.1	94	277.0	92.3
		c5	90.9	92.4	94.5	277.8	92.6
		c6	92.5	93.8	96	282.3	94.1
		c7	87.2	89	91.1	267.3	89.1
		c8	91.2	91.3	93.5	276.0	92.0
		c9	87.2	89.5	91.1	267.8	89.3
	b3	c1	85.20	86.93	90.10	262.2	87.4
		c2	88.9	90.2	92	271.1	90.4
		c3	88.2	87.9	89.8	265.9	88.6
		c4	91.1	93.4	95.6	280.1	93.4
		c5	92.4	96.8	99	288.2	96.1
		c6	92.4	94.5	96.7	283.6	94.5
		c7	88.1	89.7	91.8	269.6	89.9
		c8	91.4	93.2	95.5	280.1	93.4
		c9	91.1	92.4	94.1	277.6	92.5
A2	b1	c1	81.80	83.83	85.77	251.4	83.8
		c2	83.9	85.1	87.1	256.1	85.4
		c3	86.4	88.1	90	264.5	88.2
		c4	87.1	88.5	90.4	266.0	88.7
		c5	89.1	92.5	94.1	275.7	91.9
		c6	85.1	86.2	88	259.3	86.4
		c7	88.9	90.2	92.2	271.3	90.4
		c8	86.2	87.8	89.8	263.8	87.9
		c9	84.1	85.9	87.9	257.9	86.0
	b2	c1	81.80	83.83	85.77	251.4	83.8
		c2	84.2	85	86.8	256.0	85.3
		c3	87.8	90.5	93.1	271.4	90.5
		c4	87.4	88.7	90.9	267.0	89.0
		c5	90.5	93.8	95.9	280.2	93.4
		c6	90.2	94.8	96.8	281.8	93.9
		c7	89.2	91.1	93.4	273.7	91.2
		c8	89.8	93.9	96	279.7	93.2
		c9	84.9	86.5	88.7	260.1	86.7
	b3	c1	81.80	83.83	85.77	251.4	83.8
		c2	85.2	85.3	87.4	257.9	86.0
		c3	91.4	91.2	93.3	275.9	92.0
		c4	88.9	91.4	93.5	273.8	91.3
		c5	91.5	95.8	98	285.3	95.1
		c6	85.1	85	87.2	257.3	85.8
		c7	90.5	94.4	96.9	281.8	93.9
		c8	90.1	94.1	96	280.2	93.4
		c9	88.4	89.1	92.1	269.6	89.9

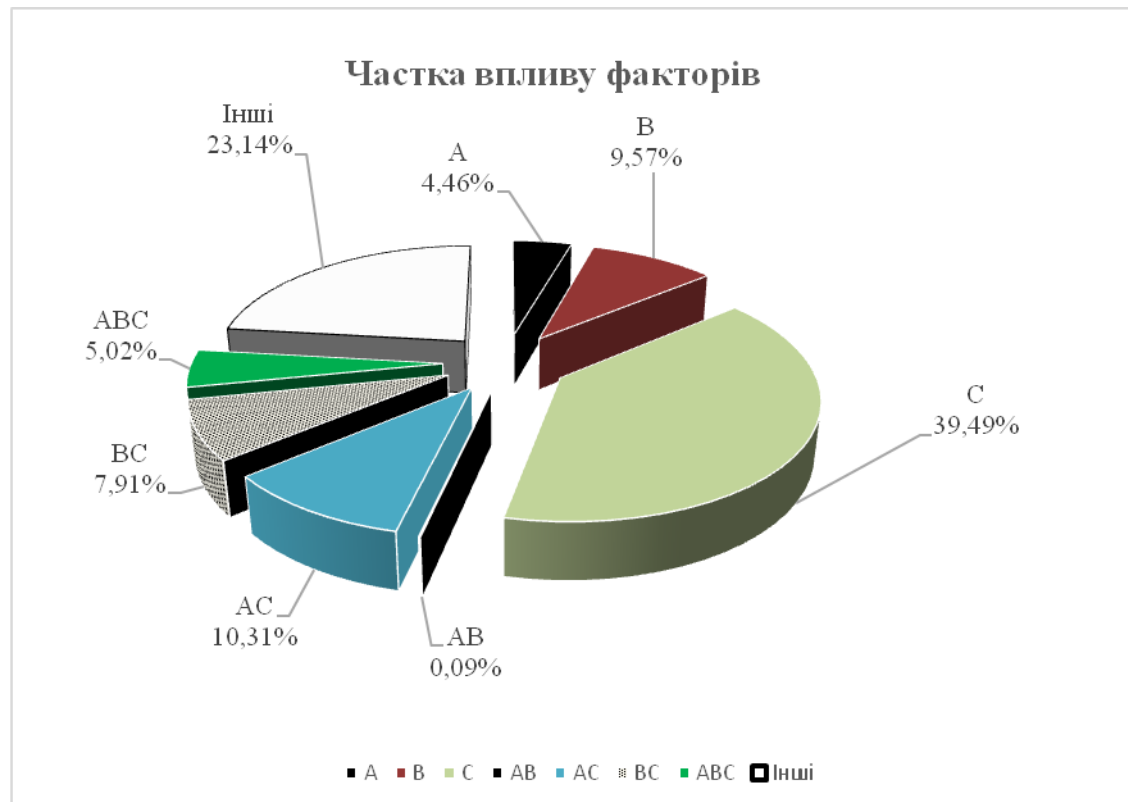
## Продовження Додатку В.3

Джерела варіації		Сума квадратів	Ступінь волі	Середній квадрат	Відношення		
					$F_{\phi}$	$F_{05}$	
Загальна	Sy	1964.5	161				
Погоди	Sp	401.1	2				
Варіантів	Sv	1509.8	53	28.5	56.4	1.46	
	Ca	87.7	1	87.7	173.7	3.93	
	Cb	188.1	2	94.0	186.3	3.08	
	Cc	775.8	8	97.0	192.1	2.03	
	Cab	2	2	0.9	1.7	3.08	
	Cac	202.5	8	25.3	50.1	2.03	
	Cbc	155.4	16	9.7	19.2	1.74	
	Cabc	98.6	16	6.2	12.2	1.74	
Помилки	Cz	53.5	106	0.5			
	$t_{05}$	1.98		Точність досліджу:		0.5%	
$HIP_{05}ABC$	0.8	$HIP_{05}A$	0.16	$HIP_{05}B$	0.19	$HIP_{05}C$	0.33

Частка дії фактору:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
4.5%	9.6%	39.5%	0.1%	10.3%	7.9%	5.0%	23.1%

100.0%



Примітка: A1 - Біла принцеса, A2 - Ослава;  
b1 - обробка насіння, b2 - позакореневе внесення;  
c1 - Контроль (вода), c2 - Альбіт, c3 - Антистрес, c4 - Агрінос, c5 - Біофордж  
c6 - Фаст старт, c7 - Регоплан, c8 - Стимулате, c9 - Вермістим Д.

### Додаток В.4

Дисперсійний аналіз (трифакторний). Маса насіння розрахункова (г) гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та виду регуляторів росту

La	Lb	Lc	Рo	No	Kst		
	2	3	9	3	162	325.2	
Варіанти			Повторення, Роки			Сума	Середнє
La	Lb	Lc	2019	2020	2021		
A1	b1	c1	1.07	1.15	1.59	3.8	1.3
		c2	1.2	1.29	1.53	4.0	1.3
		c3	1.25	1.3	1.59	4.1	1.4
		c4	1.36	1.47	1.7	4.5	1.5
		c5	1.34	1.47	1.99	4.8	1.6
		c6	1.27	1.34	1.71	4.3	1.4
		c7	1.29	1.38	1.56	4.2	1.4
		c8	1.41	1.53	1.73	4.7	1.6
		c9	1.19	1.3	1.59	4.1	1.4
	b2	c1	1.07	1.15	1.59	3.8	1.3
		c2	1.12	1.17	1.59	3.9	1.3
		c3	1.27	1.31	1.7	4.3	1.4
		c4	1.36	1.47	1.73	4.6	1.5
		c5	1.29	1.36	1.75	4.4	1.5
		c6	1.47	1.59	1.81	4.9	1.6
		c7	1.22	1.27	1.59	4.1	1.4
		c8	1.47	1.52	1.75	4.7	1.6
		c9	1.23	1.29	1.64	4.2	1.4
	b3	c1	1.07	1.15	1.59	3.8	1.3
		c2	1.19	1.27	1.49	4.0	1.3
		c3	1.22	1.3	1.55	4.1	1.4
		c4	1.44	1.55	1.79	4.8	1.6
		c5	1.55	1.67	1.88	5.1	1.7
		c6	1.49	1.59	1.81	4.9	1.6
		c7	1.24	1.32	1.68	4.2	1.4
		c8	1.29	1.37	1.66	4.3	1.4
		c9	1.36	1.47	1.67	4.5	1.5
A2	b1	c1	1.03	1.13	1.52	3.7	1.2
		c2	1.13	1.17	1.54	3.8	1.3
		c3	1.18	1.23	1.51	3.9	1.3
		c4	1.29	1.38	1.67	4.3	1.4
		c5	1.37	1.44	1.64	4.5	1.5
		c6	1.19	1.22	1.45	3.9	1.3
		c7	1.29	1.39	1.71	4.4	1.5
		c8	1.16	1.21	1.49	3.9	1.3
		c9	1.12	1.2	1.47	3.8	1.3
	b2	c1	1.03	1.13	1.52	3.7	1.2
		c2	1.19	1.27	1.47	3.9	1.3
		c3	1.36	1.43	1.69	4.5	1.5
		c4	1.34	1.42	1.71	4.5	1.5
		c5	1.27	1.42	1.67	4.4	1.5
		c6	1.36	1.48	1.79	4.6	1.5
		c7	1.32	1.44	1.76	4.5	1.5
		c8	1.2	1.23	1.64	4.1	1.4
		c9	1.16	1.2	1.57	3.9	1.3
	b3	c1	1.03	1.13	1.52	3.7	1.2
		c2	1.21	1.3	1.51	4.0	1.3
		c3	1.27	1.34	1.67	4.3	1.4
c4		1.34	1.43	1.7	4.5	1.5	
c5		1.36	1.48	1.79	4.6	1.5	
c6		1.26	1.34	1.54	4.1	1.4	
c7		1.3	1.44	1.79	4.5	1.5	

### Продовження Додатку В.4

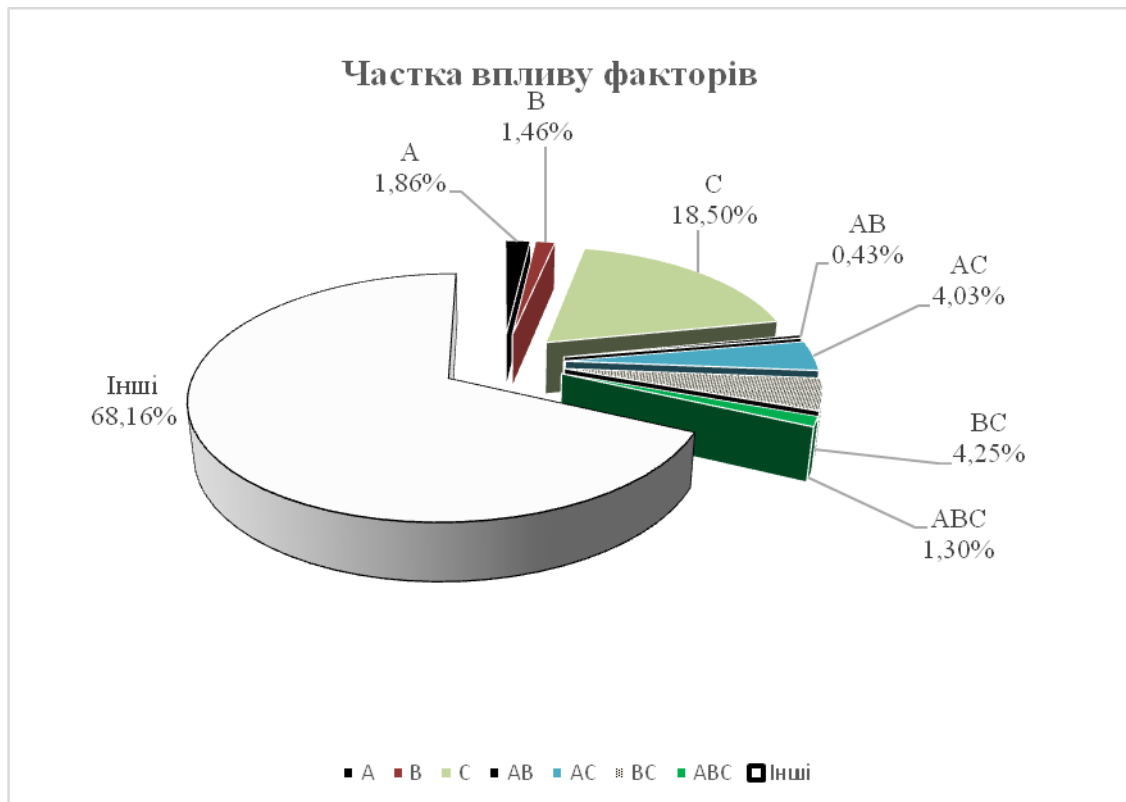
Джерела варіації		Сума квадратів	Ступінь волі	Середній квадрат	Відношення	
					$F_{\phi}$	$F_{05}$
Загальна	Sy	6.8	161			
Погоди	Sp	4.4	2			
Варіантів	Sv	2.2	53	0.0	18.0	1.46
	Ca	0.1	1	0.1	55.9	3.93
	Cb	0.1	2	0.0	21.9	3.08
	Cc	1.3	8	0.2	69.4	2.03
	Cab	0	2	0.0	6.4	3.08
	Cac	0.3	8	0.0	15.1	2.03
	Cbc	0.3	16	0.0	8.0	1.74
	Cabc	0.1	16	0.0	2.4	1.74
	Помилки	Cz	0.2	106	0.0	
	$t_{05}$	1.98		Точність дослідю:		1.9%

$HP_{05}ABC$	0.1	$HP_{05}A$	0.01	$HP_{05}B$	0.01	$HP_{05}C$	0.02
--------------	-----	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактору:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
1.9%	1.5%	18.5%	0.4%	4.0%	4.3%	1.3%	68.2%

100.0%



Примітка: A1 - Біла принцеса, A2 - Ослава;  
 b1 - обробка насіння, b2 - позакореневе внесення;  
 c1 - Контроль (вода), c2 - Альбіт, c3 - Антистрес, c4 - Агрінос, c5 - Біофордж  
 c6 - Фаст старт, c7 - Регоплан, c8 - Стимулате, c9 - Вермістим Д.

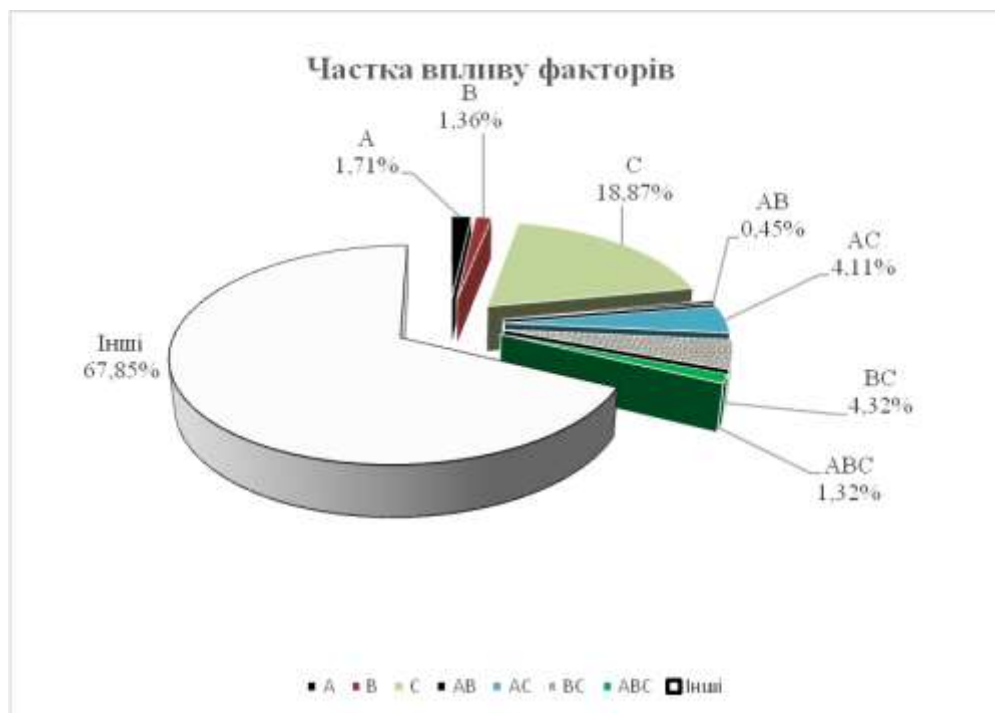
### Додаток В.5

Дисперсійний аналіз (трифакторний). Урожайність гірчиці білої залежно від сорту, способів застосування та виду регуляторів росту

La	Lb	Lc	Рo	No	Kst			
2	3	9	3	162	592.4			
Варіанти			Повторення, Роки			Сума	Середнє	
La	Lb	Lc	2019	2020	2021			
A1	b1	c1	1.45	1.56	2.15	5.2	1.7	
		c2	1.62	1.74	2.07	5.4	1.8	
		c3	1.69	1.75	2.14	5.6	1.9	
		c4	1.83	1.98	2.29	6.1	2.0	
		c5	1.81	1.98	2.68	6.5	2.2	
		c6	1.71	1.82	2.31	5.8	1.9	
		c7	1.74	1.86	2.11	5.7	1.9	
		c8	1.9	2.07	2.34	6.3	2.1	
		c9	1.61	1.76	2.15	5.5	1.8	
	b2	c1	1.45	1.56	2.15	5.2	1.7	
		c2	1.51	1.58	2.15	5.2	1.7	
		c3	1.71	1.77	2.29	5.8	1.9	
		c4	1.84	1.98	2.34	6.2	2.1	
		c5	1.74	1.83	2.36	5.9	2.0	
		c6	1.98	2.14	2.45	6.6	2.2	
		c7	1.65	1.71	2.15	5.5	1.8	
		c8	1.98	2.05	2.36	6.4	2.1	
		c9	1.66	1.74	2.22	5.6	1.9	
		b3	c1	1.39	1.52	2.06	5.0	1.7
			c2	1.61	1.72	2.01	5.3	1.8
			c3	1.65	1.75	2.09	5.5	1.8
			c4	1.95	2.09	2.41	6.5	2.2
			c5	2.09	2.25	2.54	6.9	2.3
			c6	2.01	2.15	2.45	6.6	2.2
			c7	1.68	1.78	2.27	5.7	1.9
			c8	1.74	1.85	2.24	5.8	1.9
			c9	1.83	1.98	2.26	6.1	2.0
A2	b1	c1	1.39	1.52	2.06	5.0	1.7	
		c2	1.53	1.58	2.08	5.2	1.7	
		c3	1.59	1.67	2.04	5.3	1.8	
		c4	1.74	1.86	2.26	5.9	2.0	
		c5	1.85	1.94	2.21	6.0	2.0	
		c6	1.61	1.65	1.96	5.2	1.7	
		c7	1.74	1.88	2.31	5.9	2.0	
		c8	1.56	1.64	2.01	5.2	1.7	
		c9	1.52	1.62	1.98	5.1	1.7	
	b2	c1	1.39	1.52	2.06	5.0	1.7	
		c2	1.61	1.72	1.98	5.3	1.8	
		c3	1.84	1.94	2.28	6.1	2.0	
		c4	1.81	1.92	2.31	6.0	2.0	
		c5	1.71	1.92	2.26	5.9	2.0	
		c6	1.84	2	2.41	6.3	2.1	
		c7	1.78	1.95	2.38	6.1	2.0	
		c8	1.62	1.67	2.21	5.5	1.8	
		c9	1.56	1.62	2.12	5.3	1.8	
	b3	c1	1.39	1.52	2.06	5.0	1.7	
		c2	1.64	1.76	2.04	5.4	1.8	
		c3	1.72	1.82	2.25	5.8	1.9	
		c4	1.81	1.94	2.29	6.0	2.0	
		c5	1.84	2	2.41	6.3	2.1	
		c6	1.7	1.81	2.08	5.6	1.9	
		c7	1.76	1.95	2.41	6.1	2.0	

Продовження<sup>о</sup> Додатку В.5

Джерела варіації		Сума квадратів	Ступінь волі	Середній квадрат	Відношення		
					$F_{\phi}$	$F_{05}$	
Загальна	Sy	12.4	161				
Погоди	Sp	8.0	2				
Варіантів	Cv	4.0	53	0.1	18.6	1.46	
	Ca	0.2	1	0.2	52.7	3.93	
	Cb	0.2	2	0.1	20.9	3.08	
	Cc	2.3	8	0.3	72.5	2.03	
	Cab	0	2	0.0	6.9	3.08	
	Cac	0.5	8	0.1	15.8	2.03	
	Cbc	0.5	16	0.0	8.3	1.74	
	Cabc	0.2	16	0.0	2.5	1.74	
	Помилки	Cz	0.4	106	0.0		
	$t_{05}$	1.98		Точність дослідю:		1.9%	
НІР <sub>05</sub> ABC	0.1	НІР <sub>05</sub> A	0.01	НІР <sub>05</sub> B	0.02	НІР <sub>05</sub> C	0.03
Частка дії фактору:							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
1.7%	1.4%	18.9%	0.5%	4.1%	4.3%	1.3%	67.8%

100.0  
%

b1 - обробка насіння, b2 - позакореневе внесення;  
 c1 - Контроль (вода), c2 - Альбіт, c3 - Антистрес, c4 - Агрінос, c5 - Біофордж  
 c6 - Фаст старт, c7 - Регоплан, c8 - Стимулате, c9 - Вермістим Д.



**Додаток В.6**  
**Дисперсійний аналіз (трифакторний). Маса 1000 насінин (г) гірчиці білої**  
**залежно**  
**від сорту, способів застосування та виду регуляторів росту**

La	Lb	Lc	По	No	Kst		
2	3	9	3	162	3597.0		
Варіанти			Повторення, Роки			Сума	Середнє
La	Lb	Lc	2019	2020	2021		
A1	b1	c1	4.40	4.52	4.78	13.7	4.6
		c2	4.42	4.55	4.62	13.6	4.5
		c3	4.48	4.5	4.68	13.7	4.6
		c4	4.55	4.61	4.75	13.9	4.6
		c5	4.48	4.6	4.98	14.1	4.7
		c6	4.51	4.58	4.65	13.7	4.6
		c7	4.49	4.49	4.65	13.6	4.5
		c8	4.56	4.61	4.81	14.0	4.7
		c9	4.45	4.48	4.62	13.6	4.5
	b2	c1	4.40	4.52	4.78	13.7	4.6
		c2	4.51	4.62	4.49	13.6	4.5
		c3	4.61	4.84	4.97	14.4	4.8
		c4	4.66	4.86	4.9	14.4	4.8
		c5	4.65	4.87	5.01	14.5	4.8
		c6	4.75	4.92	5.05	14.7	4.9
		c7	4.55	4.61	4.62	13.8	4.6
		c8	4.69	4.71	5.02	14.4	4.8
		c9	4.6	4.87	4.78	14.3	4.8
	b3	c1	4.40	4.52	4.78	13.7	4.6
		c2	4.62	4.75	4.81	14.2	4.7
		c3	4.51	4.71	4.76	14.0	4.7
		c4	4.78	5.01	5.12	14.9	5.0
		c5	5.01	5.14	5.21	15.4	5.1
		c6	4.85	4.96	5.01	14.8	4.9
		c7	4.65	4.94	4.97	14.6	4.9
		c8	4.71	4.95	4.98	14.6	4.9
		c9	4.65	4.64	4.85	14.1	4.7
A2	b1	c1	4.30	4.45	4.55	13.3	4.4
		c2	4.42	4.51	4.85	13.8	4.6
		c3	4.63	4.65	4.81	14.1	4.7
		c4	4.65	4.72	4.94	14.3	4.8
		c5	4.85	4.9	5.14	14.9	5.0
		c6	4.49	4.58	4.69	13.8	4.6
		c7	4.75	4.72	4.89	14.4	4.8
		c8	4.51	4.62	4.63	13.8	4.6
		c9	4.45	4.52	4.6	13.6	4.5
	b2	c1	4.30	4.45	4.55	13.3	4.4
		c2	4.48	4.5	4.6	13.6	4.5
		c3	4.72	4.68	4.83	14.2	4.7
		c4	4.65	4.58	4.68	13.9	4.6
		c5	4.65	4.6	4.78	14.0	4.7
		c6	4.98	5.09	5.15	15.2	5.1
		c7	4.84	4.95	5.09	14.9	5.0
		c8	4.55	4.68	4.88	14.1	4.7
		c9	4.51	4.62	4.65	13.8	4.6
	b3	c1	4.30	4.45	4.55	13.3	4.4
		c2	4.51	4.55	4.61	13.7	4.6
		c3	4.7	4.81	4.91	14.4	4.8
		c4	4.85	4.98	5.15	15.0	5.0
		c5	5	5.08	5.21	15.3	5.1
		c6	4.52	4.57	4.85	13.9	4.6
		c7	4.91	5.02	5.09	15.0	5.0
		c8	4.59	4.45	4.74	13.8	4.6
		c9	4.68	4.74	4.71	14.1	4.7
			248.73	253.85	260.78	763.36	4.71

### Продовження Додатку В.6

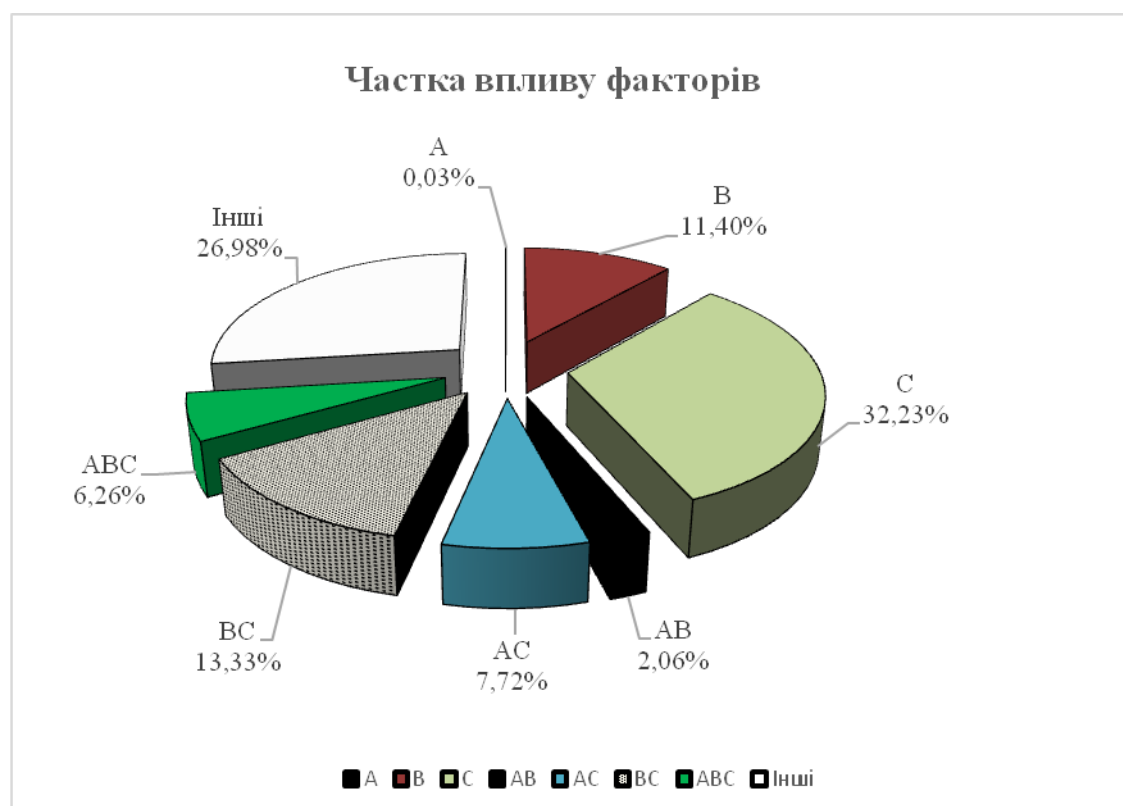
Джерела		Сума	Ступінь	Середній	Відношення	
варіації		квадратів	волі	квадрат	$F_{\phi}$	$F_{05}$
Загальна	Sy	6.9	161			
Погоди	Sp	1.4	2			
Варіантів	Sv	5.0	53	0.1	19.9	1.46
	Ca	0.0	1	0.0	0.4	3.93
	Cb	0.8	2	0.4	82.3	3.08
	Cc	2.2	8	0.3	58.2	2.03
	Cab	0	2	0.1	14.9	3.08
	Cac	0.5	8	0.1	13.9	2.03
	Cbc	0.9	16	0.1	12.0	1.74
	Cabc	0.4	16	0.0	5.6	1.74
Помилки	Cz	0.5	106	0.0		
	$t_{05}$	1.98		Точність дослідю:		0.8%

$HP_{05}ABC$	0.1	$HP_{05}A$	0.02	$HP_{05}B$	0.02	$HP_{05}C$	0.03
--------------	-----	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактору:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
0.0%	11.4%	32.2%	2.1%	7.7%	13.3%	6.3%	27.0%

100.0%



b1 - обробка насіння, b2 - позакореневе внесення;  
 c1 - Контроль (вода), c2 - Альбіт, c3 - Антистрес, c4 - Агрінос, c5 - Біофордж  
 c6 - Фаст старт, c7 - Регоплан, c8 - Стимулате, c9 - Вермістим Д.

## Додаток Д.1



а



б

Рис. Місце проведення досліджень (ННБК, Сумського НАУ,  $50^{\circ}52.742N$  широта,  $34^{\circ}46.159E$  довгота 137,7 м над рівнем моря): а – дослідне поле кафедри агротехнологій та ґрунтознавства; б – дослідна ділянка проведення досліджень за темою «Сортові особливості формування продуктивності гірчиці білої залежно від регуляторів росту з антистресовою дією в умовах північно-східного Лісостепу України»

## Додаток Д.2



а



б

Рис. Обробка насіння регуляторами росту: а - підготовка посівного матеріалу до обробки регуляторами росту; б - обробка насіння РРР



## Додаток Д.3



а



б

Рис. Агротехнічні заходи на дослідній ділянці: а - внесення основного добрива; б – сівба (сівалка Клен-1,5 с)

## Додаток Д.4



а



б

Рис. Позакореневе застосування («по листу») регуляторів росту:  
а - виявлення ділянок згідно схеми досліджень; б – позакореневе внесення  
РРР (штанговим оприскувачем)

## Додаток Д.5

**а****б**

Рис. Догляд за посівами гірчиці білою (ННВК, Сумського НАУ): а – внесення ґрунтового гербіциду; б - формування дослідних ділянок



## Додаток Д.6



а



б

Рис. Відбір зразків для визначення морфометричних параметрів:  
а – вібір пробної ділянки для визначення висоти рослин;  
в – визначення лінійних розмірів рослин гірчиці білої



## Додаток Д.7

**а****б**

Рис. Відбір зразків та фенологічні спостереження за розвитком рослин гірчиці згідно завдання досліджень: а – відбір зразків для визначення структури врожаю; б – фіксація фенологічних фаз за варіантами досліджень

## Додаток Д.8



а



б

Рис. Збирання врожаю: а – збирання дослідних ділянок; визначення фактичної врожайності за варіантами досліджень

## Додаток Д.9

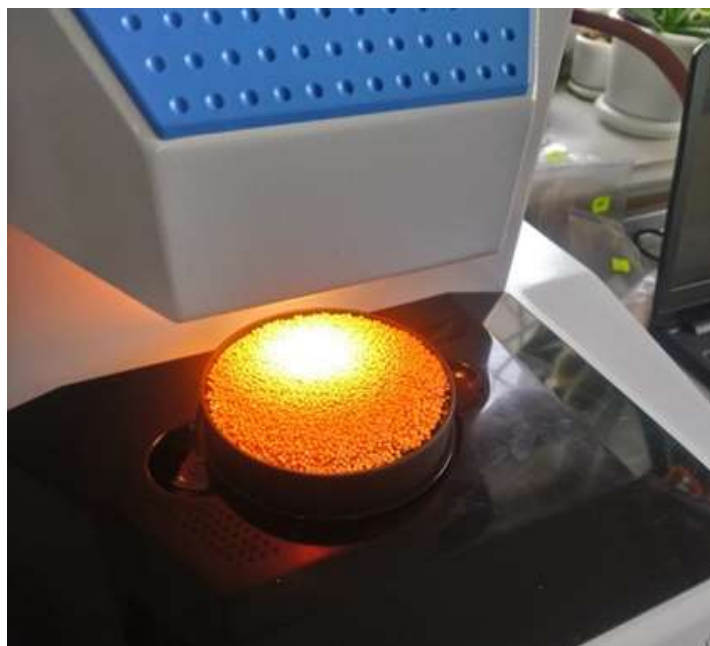
**а****б**

Рис. Визначення вмісту олії на інфрачервоному аналізаторі SupNir 2700:  
а – підготовка зразка для аналізу; б – проведення аналізу та збір даних



## Додаток Е.1

Узгоджено

Проректор з наукової роботи



н. професор Данько Ю. І.

" 2021 р.

Затверджую

Директор ФГ «Родина-2017»,



Білокінь В. О.

" 2021 р.

## Акт впровадження

## Результатів науково-дослідних і технологічних розробок

Замовник: Фермерське господарство «Родина-2017», Полтавська область, Кобеляцький р-н, село Канава, вулиця Центральна, будинок 1

Керівник організації (директор): Білокінь Віталій Олегович

Цим актом підтверджується, що результати роботи: Ефективність застосування регуляторів росту за вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса

яка виконана аспірантом Сумського національного аграрного університету Бутенком Сергієм Олександровичем

впровадженні на землях Фермерське господарство «Родина-2017», Полтавська область, Кобеляцький р-н, село Канава.

1. Вид впровадження результатів: Вивчали ефективність обробки насіння та позакореневого внесення регуляторів росту на посівах гірчиці білої сорту Біла принцеса (Альбіт, Біофордж, Антистрес, Агрінос, Регоплан, Фаст старт, Вермистим Д). Встановлено, що найбільш економічно вигідно, з точки зору одержання максимального прибутку з одиниці площі (понад 24 тис. грн.), вирощувати гірчицю білу сорту Біла принцеса за обробки насіння+позакореневого внесення регулятору росту Біофордж.

2. Характеристика масштабу впровадження 25 га.

3. Новизна науково-дослідних робіт: Вперше в умовах Лікостену України (Полтавська область) встановлений ефективний вплив застосування регулятору росту рослин Біофордж.

4. Впроваджені: у сільськогосподарське виробництво Фермерське господарство «Родина-2017», Полтавська область, село Канава.

## Продовження Додатку Е.1

5. Річний економічний ефект (додатковий прибуток в порівнянні з контролем - де отримали 16230 грн/га):

очікуваний - 150 тис. грн. з площі 25 га

фактичний - 200,5 тис. грн. з площі 25 га (за застосування отримали прибутку 24250 грн/га).

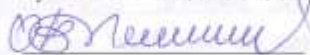
6. Питома економічна ефективність впровадження: чистий прибуток на 1 гектар посіву - 8020 грн.; розрахунковий рівень рентабельності - 136 %.

7. Соціально-науковий ефект: покращення фінансово економічного стану агропромислового комплексу, зростання об'єму сировини для оліє жирового комплексу та харчової промисловості

Цей акт завіряється гербовими печатками з боку Замовника і Виконавця

**Від ВНЗ:**

Завідувач науково-дослідною частиною  
Сумського НАУ, к. е. н., доцент

 Пасько О. В.

Виконавець, аспірант

 Бутенко С. О.

**Від підприємства:**

Головний бухгалтер

 Смирнова В. В.

Відповідальний за впровадження,  
агроном

 Білокін В. О.

Розроблено відповідно до „Положення про науково-дослідні, дослідно - конструкторські та технічні роботи у вищих навчальних закладах”

## Додаток Е.2

Узгоджено



Проректор з наукової роботи  
 С. В. професор Данько Ю. І.

"23" "серпня" 2022р.

Затверджую



Директор ТОВ «ЛСК -11»,  
 Нагорнєва Т. В.

"23" "серпня" 2022 р.

## Акт впровадження

## Результатів науково-дослідних і технологічних розробок

Замовник: ТОВ «ЛСК -11», Сумська область, м. Лебедин, вул. Сумська, 94

Керівник організації (директор): Нагорнєва Тетяна Володимирівна

Цим актом підтверджується, що результати роботи: Ефективність застосування регуляторів росту за вирощування гірчиці білої сорту Біла принцеса

яка виконана аспірантом Сумського національного аграрного університету Бутенком Сергієм Олександровичем

впровадженні на землях ТОВ «ЛСК -11», Сумський район, Сумська область.

1. Вид впровадження результатів: Вивчали ефективність обробки насіння та позакореневого внесення регуляторів росту на посівах гірчиці білої сорту Біла принцеса (Альбіт, Регоплан, Вермистим Д). Встановлено, що найбільш економічно вигідно, з точки зору одержання максимального прибутку з одиниці площі (понад 24 тис. грн.), вирощувати гірчицю білу сорту Ослава за обробки насіння+позакореневого внесення регулятору росту Регоплан.

2. Характеристика масштабу впровадження 15 га.

3. Новизна науково-дослідних робіт: Вперше в умовах північного Лісостепу України (Сумський район, Сумська область) встановлений ефективний вплив застосування регулятору росту Регоплан.

4. Впроваджені: у сільськогосподарське виробництво ТОВ «ЛСК -11», Сумська область, м. Лебедин, вул. Сумська, 94.

5. Річний економічний ефект (додатковий прибуток в порівнянні з контролем - де отримали 12130 грн/га):



## Продовження Додатку Е.2

очікуваний – 124,5 тис. грн.

фактичний – 181,95 тис. грн.


6. Питома економічна ефективність впровадження: чистий прибуток на 1 гектар посіву - 6050 грн.; розрахунковий рівень рентабельності – 115 %.

7. Соціально-науковий ефект: зростання об'єму сировини для оліє жирового комплексу та харчової промисловості, покращення фінансово економічного стану агропромислового комплексу.

Цей акт завіряється гербовими печатками з боку Замовника і Виконавця

**Від ВНЗ:**

Завідувач науково-дослідною частиною  
Сумського НАУ, к. е. н., доцент

 Пасько О. В.

Виконавець, аспірант

 Бутенко С. О.

**Від підприємства:**

Головний бухгалтер

 Захарченко О. О.

Відповідальний за впровадження,  
агроном

 Новак С. І.

Розроблено відповідно до „Положення про науково-дослідні, дослідно - конструкторські та технічні роботи у вищих навчальних закладах”

## Додаток Ж

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

## Статті у міжнародних наукових базах Скопус (Scopus):

1. Jia P., Melnyk A., Li L., Kong X., Dai H., Zhang Z., **Butenko S.** Effects of grought and rehydration on the growth and physiological features of mustard seedlings. *Journal of Central European Agriculture*. 2021. 22(4). P. 836- 847.

DOI:<https://doi.org/10.5513/JCEA01/22.4.3246>.

2. Jia P., Melnyk A., Zhang Z., **Butenko S.**, Kolosok V. Effects of seed pre-treatment with plant growth compound regulators on seedling growth under drought stress. *Agraarteadus*.2021. 32(2). P. 251–256.

DOI: <https://doi.org/10.15159/jas.21.35>.

3. **Sergey Butenko**, Andrii Melnyk, Tetiana Melnyk, Peipei Jia, Volodymyr Kolosok. Influence of Growth Regulators with Anti–Stress Activity on Productivity Parameters of *Sinapis alba* L. *Journal of Ecological Engineering* 2022, 23(9), 128–135.

DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/151780>.

## Статті в наукових фахових виданнях України:

4. **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей. Вплив регуляторів росту рослин на якість насіння гірчиці в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 10–18.

DOI: <https://doi.Org/10.32851/2226-0099.2022.124.2>.

## Тези наукових доповідей:

5. **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей. Перспективи вирощування гірчиці озимої в умовах північно-східного лісостепу України: *матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції* (с. Олександрівка Дніпропетровська обл., Україна 27 листопада 2018 р.). 2018. С. 93.



### Продовження Додатку Ж

6. Мельник А. В., Бутенко С. О., Цзя Пей Пей. Перспектививикористання регуляторів росту з антистресовою дією для олійних культур родини *Brassicaceae* за умов зміни клімату в лівобережному лісостепу України. *Науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство»* (Миколаїв, 10–12 квітня 2019 р.). Миколаїв, 2019. С. 212.
7. Melnyk A. V., Jia Peipei, **Butenko S. O.** Effect of seed treatment with plant growth regulators on germination of mustard seeds. *Міжнародна науково-практична конференція «Гончарівські читання»* (Суми, 24–25 травня 2019 р.). Суми, 2019. С. 81.
8. Melnyk A. V., Jia P., **Butenko S. O.** The role of melatonin in salt stress on mustard: *матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»* (Суми, 25–26 травня 2020 р.). Суми, 2020. С. 99.
9. **Бутенко С. О.**, Цзя Пей Пей, Колосок В. Г. Особливості використання фотосинтетично активної радіації рослинами гірчиці ярої в умовах Лівобережного Лісостепу України: *матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»*. Суми, 2021. С. 78–79.
10. Melnyk A., Jia P., **Butenko S.** Effect of Seed treatment with Plant Growth regulators under Stress conditions in Mustard: *матеріали Міжнародної науково-практичній конференції «Розвиток аграрної галузі на впровадження наукових розробок у виробництво»*. (Миколаїв, 18 листопада 2021 р.). Миколаїв: МНАУ, 2021. С. 80–81.
11. **Бутенко С. О.** Якість насіння гірчиц і білої при застосуванні регуляторів росту рослин в умовах лівобережного лісостепу України: *матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання»*, 2022. С. 62.