

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**БОЙКО ЯРОСЛАВ ОЛЕГОВИЧ**

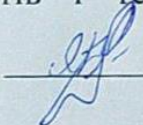
УДК 581.1:[631.151.6:631.811.98:633.35]

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ФІЗІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ**  
**БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ПОСІВАХ**  
**ГОРОХУ ОЗИМОГО**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник – Карпенко Віктор Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор

## АНОТАЦІЯ

Бойко Я. О. Фізіологічне обґрунтування інтегрованої дії біологічно активних речовин у посівах гороху озимого. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет садівництва, Умань, 2021 р.

У вступній частині дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету і завдання, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі наведено аналіз літературних джерел стосовно результатів досліджень роздільної та інтегрованої дії гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів у посівах зернобобових культур, який дає підставу стверджувати, що експериментальні дані з впливу препаратів на фізіолого-біохімічний стан рослин (функціонування антиоксидантної системи, проходження фотосинтетичних та ростових процесів, накопичення пігментів і ін.) і формування врожаю та його якості, наведені в наукових публікаціях, для гороху озимого майже відсутні. Також маловивченими залишаються питання функціонування симбіотичної системи «*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisum sativum* L.» та взаємодії рослин гороху озимого з ґрунтовою мікробіотою на фоні використання гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів, що не повною мірою відображає істотність впливу досліджуваних препаратів на посіви даної культури і природне навколишнє середовище. Зважаючи на це, дослідження роздільної і інтегрованої дії гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах гороху озимого, симбіотичну систему «*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisum sativum* L.» і мікробіологічну активність ґрунту, є актуальними.

Досліди виконували у Правобережному Лісостепу України впродовж 2018–2020 рр. у польових умовах сівозміни дослідного поля кафедри біології Уманського національного університету садівництва.

Аналіз метеорологічних умов у роки проведення досліджень показав, що погодні умови були сприятливими для росту і розвитку гороху озимого, проте простежувались незначні відмінності, які наклали свій відбиток на проходження у рослинах гороху основних фізіолого-біохімічних процесів.

У дослідах використовували рослини гороху озимого сорту НС Мороз, гербіцид МаксіМокс, регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс.

У дослідах вивчалась роздільна та інтегрована дія різних норм гербіциду класу імідазолінонів МаксіМокс, який вносився по вегетуючих рослинах з регулятором росту рослин природного походження Агріфлекс Аміно і мікробним препаратом Оптімайз Пульс. Схема польового дослідження передбачала 22 дослідних варіанти, на яких проводилися польові і лабораторні дослідження. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах гороху озимого за дії досліджуваних препаратів виконували також у суворо контрольованих умовах за методикою вегетаційного дослідження.

У результаті проведених вегетаційних і польових досліджень встановлено залежність дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс на перебіг і проходження у рослинах гороху озимого реакцій ПОЛ і ферментативну активність.

Доведено, що застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т не вплинуло в значній мірі на проходження в рослинах реакцій ПОЛ. Водночас, комплексне застосування гербіциду МаксіМокс у вищевказаних нормах з РРР Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс забезпечило на третю добу визначення зниження вмісту в рослинах гороху

МДА порівняно з варіантами самостійного застосування гербіциду на 2,3–6,1 мкМоль/г сирової речовини, на десяту добу – 4,2–5,6 мкМоль/г сирової речовини.

Найбільшу активність ферменту GST було відмічено у варіантах досліду із застосуванням бакових сумішей гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т (зростання щодо контролю складало в середньому 0,64–1,61 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. – третя доба і на 0,78–1,71 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв – десята доба відповідно), що опосередковано дає підставу до констатації активізації у рослинах гороху детоксикаційних процесів.

Найбільше зростання показників активності ферментів класу оксидоредуктаз простежувалось за інтегрованого застосування МаксіМоксу 0,8–1,1 л/га з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні бактеризованого перед сівбою насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс 3,28 л/т, де активність відносно контролю I зростала для каталази на 32,2–49,3%; пероксидази – 51,2–75,5% і поліфенолоксидази – 55,3–82,2%.

Встановлено, що застосування різних норм гербіциду МаксіМокс, а також поєднання їх у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс та без нього значно впливало на формування пігментного комплексу прилистків гороху озимого: за комплексного застосування МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) у поєднанні з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) у прилистках гороху озимого формувався найвищий вміст суми хлорофілів  $a+b$ , який в середньому за роками та фазами розвитку культури перевищував контрольний показник на 2–8%, що свідчить про прямий та опосередкований вплив досліджуваних препаратів на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах гороху озимого, направлених на формування оптимального фотосинтезуючого апарату, зокрема – пігментного комплексу.

За результатами проведених досліджень встановлено, що формування анатомічної структури прилистків гороху озимого залежало як від погодних умов, так і від застосування різних норм гербіциду МаксiМокс, регулятора росту рослин Агрiфлекс Аміно і мікробного препарату Оптiмайз Пульс. За інтегрованого застосування досліджуваних препаратів (МаксiМокс 0,8–1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га + Оптiмайз Пульс 3,28 л/т) кількість клітин на 1 мм<sup>2</sup> епідермісу прилистка зменшувалась відносно контролю I на 50–84 шт., на 25–35 шт. – до варіантів з самостійним застосуванням гербіциду МаксiМокс і на 15–21 шт. – до варіантів з МаксiМокс + Агрiфлекс Аміно, при цьому в даних варіантах простежувалось зростання площі клітин відносно контролю I у середньому на 29–55%.

Для з'ясування особливостей формування прилисткового апарату гороху було визначено коефіцієнт морфоструктури (К<sub>м</sub>): найнижчі показники К<sub>м</sub> було відмічено у варіантах з комплексним використанням препаратів (МаксiМокс 0,8–1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га + Оптiмайз Пульс 3,28 л/т), де К<sub>м</sub> коливався в межах 0,64–0,78, тоді як найвищий К<sub>м</sub> було відмічено у варіантах з самостійним застосуванням гербіциду МаксiМокс (близький до 1,0). Одержані дані дають підставу стверджувати, що інтегроване застосування досліджуваних препаратів забезпечувало формування у рослин ознак мезоморфності, що характерно для високоврожайних посівів.

Виявлено, що найпомітніше показники площі прилистків гороху озимого зростали у варіантах з комплексним застосуванням різних норм гербіциду МаксiМокс у сумішах із РРР Агрiфлекс Аміно на фоні оброки насіння перед сівбою МБП Оптiмайз Пульс, де відносно контролю I вони в середньому зростали на 40–56%, а в порівнянні до варіантів самостійного застосування гербіциду на 26–29%.

Найбільший приріст висоти рослин гороху озимого простежувався у варіантах з комплексним застосуванням МаксiМоксу у нормах 0,8–1,1 л/га у баковій суміші із РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні

передпосівної обробки насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де досліджуваний показник зростав відносно контролю I у середньому на 25–28% – у фазу бутонізації, 12–14% – у фазу цвітіння і 7–9% – у фазу утворення бобів.

Наростання надземної біомаси рослин гороху озимого залежало від дії різних норм гербіциду МаксіМокс та поєднання їх застосування у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс, а також – погодних умов. Найістотніше наростання надземної маси рослин гороху озимого було відмічено у варіантах комплексного застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8–1,1 л/га у баковій суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризованого посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де перевищення вищезазначеного показника у фазі бутонізації, цвітіння та утворення бобів відносно контролю I складало 37–44; 13–17 і 6–8% відповідно.

Встановлено, що застосування різних норм гербіциду МаксіМокс як окремо, так і сумісно з РРР Агріфлекс Аміно на фоні (без фону) бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс, по-різному впливало на формування показників чистої продуктивності фотосинтезу у посівах гороху озимого. Аналізуючи одержані експериментальні дані у середньому за три роки досліджень стосовно показників ЧПФ у посівах гороху озимого, слід відмітити, що найістотніше показники ЧПФ зростали у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га) у сумішах із Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т), де досліджуваний показник перевищував контроль I на 26; 30; 25 та 22% відповідно.

З'ясовано, що досліджувані препарати виявляли значний вплив на формування симбіотичної системи гороху озимого *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* у всі основні фази розвитку культури. Поєднання гербіциду МаксіМокс у нормі 0,9 л/га у баковій суміші з РРР

Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га та внесення цієї суміші на фоні бактеризації посівного матеріалу перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т зумовлювало найбільш істотне формування азотфіксувальної системи гороху озимого *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, що супроводжувалося збільшенням кількості і маси бульбочок на кореневій системі гороху озимого у 2,0 і 1,9 рази відповідно.

Найвищий вміст легемоглобіну у фазу цвітіння культури було відмічено за сумісного застосування гербіциду МаксіМокс у нормі 0,9 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, що у 3,7 рази перевищувало контрольний варіант (І).

Виявлено, що гербіцид МаксіМокс, регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс впливали на формування ґрунтової мікробіоти гороху озимого, забезпечуючи позитивні зміни в кількісному складі: за комплексного внесення вищевказаних препаратів загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів, мікроміцетів і *Azotobacter* зростала до 74%, що обумовлювалось формуванням більш розвиненої кореневої системи (за дії регулятора росту рослин), необхідної для колонізації мікроорганізмами, та виділенням у ризосферу більшої кількості ексудатів, у результаті підвищення фізіолого-біохімічної діяльності рослин.

Результати обліку забур'яненості посівів гороху озимого показали, що кількість і маса бур'янів змінювалися як за роками, так і залежно від застосування різних норм гербіциду МаксіМокс, внесених окремо і в бакових сумішах з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно на фоні обробленого посівного матеріалу мікробним препаратом Оптімайз Пульс та без фону. Проте, можна констатувати, що гербіцид МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) забезпечував високу ефективність у знищенні дводольних видів бур'янів у посівах гороху озимого, водночас найвища його дія простежувалася у варіантах із сумісним внесенням з регулятором росту рослин Агріфлекс

Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що досягалося зростанням конкурентних можливостей культури (нагромадженням біомаси, зростанням площі прилисткового апарату тощо).

Найвищу врожайність досліджуваної культури було відмічено у 2018 р., де у контрольному варіанті (І) даний показник становив 1,77 т/га, меншу у 2019 р. і 2020 р. – 1,11 і 1,65 т/га. У середньому за роки досліджень найістотніше урожайність гороху озимого зростала у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га) у сумішах із Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/га), де перевищення до контролю І складало 17,8; 22,5; 20,5 та 13,9% відповідно.

Встановлено, що досліджувані препарати виявляли вагомий вплив на формування основних показників якості зерна гороху озимого: за використання гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га маса тисячі зерен зростала в середньому за три роки досліджень на 2,2; 4,3; 3,4 та 1,9%, натура зерна – на 1,3; 2,3; 1,8 і 1,2% у порівнянні з контролем І. Найістотніший вплив на фізичні показники якості зерна гороху озимого простежувався за внесення МаксіМоксу у нормі 0,9 л/га із Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні застосування бактеризації насіння перед сівбою Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, де маса тисячі зерен становила 207,6 г (перевищення відносно контролю І складало 13,3 г), натура зерна – 760,6 г/л за перевищення контролю І на 27,5 г/л.

Застосування досліджуваних препаратів позитивно відобразилися на формуванні одного з найважливіших показників якості зерна бобових культур – вмісту білка. Найвищий вміст білка у зерні гороху озимого формувався за дії МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) з Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою Оптімайз Пульсом (3,28 л/т), що становило 22,5; 23,1; 22,6 та 22,0% за вмісту білка у контрольному варіанті (І) 21,3%.



З'ясовано, що найвищі показники економічної ефективності вирощування гороху озимого формувалися у варіанті з комплексним використанням МаксiМоксу у нормі 0,9 л/га з Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптiмайз Пульсом 3,28 л/т, що забезпечило одержання чистого додаткового прибутку на рівні 2124 грн. за рентабельності 37% і коефіцієнта енергетичної ефективності 1,5.

Для ефективного знищення бур'янів, активізації проходження біологічних процесів у рослинах і ґрунті та підвищення зернової продуктивності гороху озимого виробництву рекомендується в його посівах застосовувати гербіцид класу імідазолінонів на основі діючої речовини імазамокс (40 г/л) МаксiМокс (або його аналоги) у нормі 0,9 л/га в суміші з регулятором росту рослин природного походження Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом Оптiмайз Пульс (*Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* – штами 128C56g, 175G10b) у нормі 3,28 л/т.

**Ключові слова:** фізіологічне огрунтування, інтегрована дія, горох озимий, гербіцид, регулятор росту рослин, мікробний препарат, симбіотичний апарат, мікробіота.

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксiМокс, регулятора росту рослин Агрiфлекс Аміно та мікробного препарату Оптiмайз Пульс. Таврійський науковий вісник. 2019. № 106. С. 79–87. (Планування та проведення досліджень, узагальнення результатів, підготовка статті до друку).

2. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Ліпопероксидаційні й ферментативні процеси у рослинах гороху озимого за дії біологічно активних речовин. Наукові горизонти. 2020. № 4 (89). С. 94–100. (Виконання лабораторних

досліджень, узагальнення результатів, аналіз літературних джерел, написання статті)

3. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Шутко С. С., Притуляк Р. М. Активність ризосферної мікробіоти гороху озимого за комбінованої дії гербіциду і біологічних препаратів. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 52–55. (Виконання польових та лабораторних досліджень, написання статті).

4. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Притуляк Р. М. Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. Вип. 97 Ч. 1. С. 171–180. (Виконання польових досліджень, узагальнення результатів, аналіз літературних джерел, написання статті).

5. Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R. [et. al.]. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. Agronomy Research. 2021. № 19 (2). P. 472–483. (Виконання лабораторних досліджень, аналіз літературних джерел, написання статті).

*Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

6. Бойко Я. О. Перспективи сумісного застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин у посівах гороху озимого сорту НС Мороз. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. 15–16 травня 2018 р. Умань. 2018. С. 13–14.

7. Бойко Я. О. Функціонування бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері гороху озимого за дії гербіцидів, регулятора росту рослин та інокулянта. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XIII наукової конференції молодих вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2018 р.). Національна академія аграрних наук України,

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів. 2018. С. 32–34.

8. Бойко Я. О. Забур'яненість посівів гороху озимого за внесення біологічно активних речовин. VI Міжнародна конференція «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань, 15 листопада 2018 р.). Київ: Видавництво «Основа». 2018. С. 38–40.

9. Бойко Я. О. Вплив гербіциду МаксіМокс за сумісного використання з біологічними препаратами на вміст хлорофілу в рослинах гороху озимого. Новини науки та прикладні наукові розробки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 28 жовтня 2018 р.). Львів. 2018. Т.5. С. 76–78.

10. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Урожайність гороху озимого сорту НС Мороз за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. Перспективні шляхи розвитку наукових знань (частина I): матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26–27 січня 2019 р.). Київ. 2019. С. 50–51.

11. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Формування і функціонування симбіотичної системи горох озимий – *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* за дії біологічно активних речовин. “Молодь і поступ біології”: XV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, присвячена 135 річниці від дня народження Я. О. Парнаса (м. Львів, 9–11 квітня 2019 р.). Львів, 2019. С. 117–118.

## ABSTRACT

*Boiko Ya. O.* Physiological reasoning of an integrated action of biologically active substances in winter pea fields. – A qualification scientific work entitled as a manuscript.

A dissertation for getting a scientific degree of a doctor of philosophy in the field of study 201 Agronomy (20 Agrarian sciences and foodstuffs). Uman national university of horticulture, Uman, 2021.

An introductory part of a dissertation work contains a reasoning of the relevance of the research topic, the purpose and the task, a scientific novelty and a practical significance.

In the first chapter there is the analysis of literary sources as to the research results of a separate and integrated action of herbicides, plant growth regulators and microbial preparations in the fields of grain-leguminous crops that gives all grounds to state that experimental data concerning the effect of the preparations on a physiological-biochemical condition of plants (the functioning of an anti-oxidant system, the passing of photo-synthetic and growth processes, the accumulation of pigments, etc.) and the formation of the yield and its quality, presented in the scientific publications, is hardly available. Also the following issues are not studied enough: the functioning of a symbiotic system “*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisumsativum* L.” and the interaction of winter pea plants with soil microbiota on the background of the application of herbicides, plant growth regulators and microbial preparations; this does not show clearly the importance of the effect of the studied preparations on the fields of this crop and the environment. Taking the above-mentioned into account, it becomes urgent to study a separate and integrated action of herbicides, plant growth regulators and microbial preparations on physiological-biochemical processes in winter pea plants, a symbiotic system “*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisumsativum* L.” and a soil microbiological activity.

The trials were carried out in the Right-bank Forest steppe zone of Ukraine in 2018-2020 in field conditions of crop rotation in the experimental field of the department of biology of Uman national university of horticulture.

The analysis of meteorological conditions in the years under study showed that the weather conditions were favorable for growth and development of winter

pea; however there were some differences which had their effect on the main physiological-biochemical processes of pea plants.

Winter pea plants of cultivar HC Moroz, herbicide MaxiMox, plant growth regulator AgriflexAmino and microbial preparation Optimize Pulse were used in the experiments.

The experiments envisaged the studies of a separate and integrated action of various forms of herbicide - class of imidazolinones MaxiMox, which was applied under vegetative plants together with a plant growth regulator of a natural origin AgriflexAmino and microbial preparation Optimize Pulse. A field trial scheme consisted of 22 experiment treatments where field and laboratory studies were carried out. Physiological-biochemical processes in winter pea plants under the effect of the studied preparations took place in strictly controlled conditions in compliance with the method of a vegetative experiment.

As a result of the conducted vegetative and field experiments it was found out that there was a dependence of the effect of herbicide MaxiMox, PGR AgriflexAmino, microbial preparation Optimize Pulse on LPO reactions and enzyme activity in winter pea plants.

It was proved that the application of herbicide MaxiMox at rates 0.8; 0.9; 1.0 and 1.1 l/ha on the background of a pre-sowing treatment of seeds with preparation Optimize Pulse at rate 3.28 l/t had no serious effect on LPO reactions in the plants. At the same time, a complex application of herbicide MaxiMox at above-mentioned rates with PGR AgriflexAmino on the background of a pre-sowing treatment of seeds with microbial preparation Optimize Pulse ensured the decrease of the MDA content in pea plants on the third record day, as compared with the treatments with separate application of herbicide – by 2.3-6.1 mkMol/g of raw substance, on the tenth day – by 4.2-5.6 mkMol/g of raw substance.

The highest activity of GST enzyme was recorded in the experiment treatments when tank mixtures of herbicide MaxiMox were applied at rates 0.8; 0.9; 1.0 and 1.1 l/ha with PGR AgriflexAmino 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed bacterization with microbial preparation Optimize Pulse at rate 3.28

l/t (as compared with the control, the increase, on the average, was 0.64–1.61 mkMol/g of raw substance per 1 minute – the third day and by 0.78–1.71 mkMol/g of raw substance per 1 minute – the tenth day, respectively), which indirectly gives grounds to state the activation of detoxication processes in pea plants.

The highest increase of the activity indicators of enzymes, class oxidoreductase, was monitored at the integrated application of MaxiMox 0.8-1.1 l/ha with plant growth regulator AgriflexAmino 1.0 kg/ha on the background of bacterized seeds which were treated with microbial preparation Optimize Pulse 3.28 l/t before sowing, where, as compared with control 1, the activity increased by 32.2-49.3% for catalase; 51.2-75.5% for peroxidase; 55.3-82.2% for polyphenol oxidase.

It was established that the application of different rates of herbicide MaxiMox, as well as their combination in mixtures with PGR AgriflexAmino on the background of pre-sowing seed treatment with MP Optimize Pulse and without it, had a serious effect on the formation of a pigment complex of winter pea stipules: under complex application of MaxiMox (0.8; 0.9; 1.0 and 1.1 l/ha) in combination with PGR AgriflexAmino (1.0 kg/ha) on the background of pre-sowing seed treatment with MP Optimize Pulse (3.28 l/t), the highest content of the sum of chlorophylls *a+b* was formed in winter pea stipules, which, on the average by the years and the phases of the crop development, exceeded the control indicator by 2-8%; this confirms a direct and indirect effect of the studied preparations on physiological-biochemical processes in winter pea plants aimed at the formation of the optimal photo-synthesizing apparatus, namely, a pigment complex.

The results of the conducted research proved that the formation of an anatomical structure of winter pea stipules depended on both weather conditions and the application of various rates of herbicide MaxiMox, plant growth regulator AgriflexAmino and microbial preparation Optimize Pulse. When the integrated application of the studied preparations was used (MaxiMox 0.8-1.1 l/ha + AgriflexAmino 1.0 kg/ha + Optimize Pulse 3.28 l/t), the number of cells of stipule

epidermis per 1 mm<sup>2</sup> decreased by 50-84 pcs., as compared with control 1, by 25-35 pcs. – in treatments with a separate application of herbicide MaxiMox, and by 15-21 pcs. – in treatments with MaxiMox+AgriflexAmino; also the increase of a cell area on the average by 29-55 % was monitored in these treatments, as compared with control 1.

To define the peculiarities of the formation of a pea stipule apparatus, a coefficient of morphostructure ( $C_m$ ) was applied: the lowest  $C_m$  indicators were monitored in treatments with a complex application of preparations (MaxiMox 0.8-1.1 l/ha + AgriflexAmino 1.0 kg/ha + Optimize Pulse 3.28 l/t), where  $C_m$  ranged within 0.64-0.78; whereas the highest  $C_m$  was recorded in treatments with a separate application of herbicide MaxiMox (closer to 1.0). The received data gave all grounds to state that the integrated application of the studied preparations ensured the formation of mesomorphism signs in the plants, which is quite typical for high yielding fields.

It was found out that the indicators of the stipule area of winter pea increased most noticeably in treatments with a complex application of various rates of herbicide MaxiMox in mixtures with PGR AgriflexAmino on the background of pre-sowing seed treatment with MBP Optimize Pulse, where they increased by 40-56% as compared with control 1, and by 26-29 % as compared with the treatments of a separate herbicide application.

The highest increase in the height of winter pea plants was monitored in treatments with a complex application of MaxiMox at rates 0.8–1.1 l/ha in a tank mixture with PGR AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed treatment with MBP Optimize Pulse at rate 3.28 l/t, where, as compared with Control 1 on the average, the studied indicator increased by 25-28 % in a bud formation phase, by 12-14 % in a flowering phase and by 7-9 % in a bean formation phase.

The increase in above-ground bio-mass of winter pea plants depended on the effect of various rates of herbicide MaxiMox and their combination in mixtures with PGR AgriflexAmino on the background of pre-sowing seed bacterization with

MBP Optimize Pulse as well as on weather conditions. The most significant increase of above-ground mass of winter pea plants was recorded in treatments of a complex application of herbicide MaxiMox at rates 0.8–1.1 l/ha in a tank mixture with PGR AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed bacterization with MBP Optimize Pulse at rate 3.28 l/t, where this indicator exceeded control 1 in a budding phase, a flowering phase and a bean formation phase by 37-44, 13-17 and 6-8%, respectively.

It was established that the application of different rates of herbicide MaxiMox both separately and together with PGR AgriflexAmino on the background (without it) of seed bacterization with MBP Optimize Pulse had various effects on the formation of the indicators of net productivity of photosynthesis (NPP) in winter pea fields. Analyzing the received experimental data on the average in three years of the research which concerned the indicators of NPP in winter pea fields, one should state that NPP indicators increased most significantly in treatments of a complex application of MaxiMox (0.8; 0.9; 1.0; 1.1 l/ha) in mixtures with AgriflexAmino (1.0 kg/ha) on the background of seed bacterization with MBP Optimize Pulse (3.28 l/t), where the studied indicator exceeded control 1 by 26; 30; 25 and 22%, respectively.

It was found out that the studied preparations had a serious effect on the formation of a symbiotic system of winter pea *Pisumsativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* in all major phases of a crop development. The combination of herbicide MaxiMox at rate 0.9 l/ha in a tank mixture with PGR AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha and the application of this mixture on the background of seed bacterization with MBP Optimize Pulse before sowing at rate 3.28 l/t resulted in the most significant formation of a nitrogen-fixing system of winter pea *Pisumsativum* L. – *Rhizobiumleguminosarum* bv. *viciae*, along with the increase of the number and mass of tubercles on a root system of winter pea by 2.0 and 1.9 times and that of the content – by 3.7 times, respectively.

The highest content of leghemoglobin in a flowering phase was recorded at a combined application of herbicide MaxiMox at rate 0.9 l/ha with PGR



AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed treatment with MBP Optimize Pulse at rate 3.28 l/t which exceeded the control (1) by 3.7 times.

It was found out that herbicide MaxiMox, plant growth regulator AgriflexAmino and microbial preparation Optimize Pulse had an effect on the formation of soil microbiota of winter pea resulting in positive changes in a quantitative composition: at a complex application of the above-mentioned preparations, the total number of rhizosphere microorganisms, micromycetes and *Azotobacter* increased up to 74% which was due to the formation of a more developed root system (under the effect of a plant growth regulator) required for the colonization of microorganisms and the release of more exudates into a rhizosphere, that resulted from the enhanced physiological-biochemical activity of the plants.

The estimation results of the infestation of winter pea fields showed that the number and mass of weeds changed depending on both the years and the application of different rates of herbicide MaxiMox applied separately and in tank mixtures with plant growth regulator AgriflexAmino on the background of seed treatment with microbial preparation Optimize Pulse and without it. However, one can state that herbicide MaxiMox (0.8-1.1 l/ha) led to a high efficiency in controlling dicotyledonous weeds in winter pea fields, its best effect was monitored in treatments with a combined application with plant growth regulator AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed treatment with microbial preparation Optimize Pulse at rate 3.28 l/t which enhanced a competitive potential of the crop (the accumulation of biomass, the area enlargement of a stipule apparatus, etc.)

The best yield capacity of the studied crop was recorded in 2018, where this indicator was equal to 1.77 t/ha in the control (1); in 2019 and 2020 the indicators were 1.11 and 1.65 t/ha. On the average in the years under study the yield capacity of winter pea increased significantly in treatments of a complex application of MaxiMox (0.8; 0.9; 1.0; 1.1 l/ha) in mixtures with AgriflexAmino (1.0 kg/ha) on

the background of seed bacterization with MBP Optimize Pulse (3.28 l/ha), where the indicators, which exceeded control 1, were 17.8; 22.5; 20.5 and 13.9%, respectively.

It was found out that the studied preparations had a serious effect on the formation of the main quality indicators of winter pea grain: when herbicide MaxiMox was applied at rates 0.8; 0.9; 1.0 and 1.1 l/ha, on the average for three years under study the mass of 1000 grains increased by 2.2; 4.3; 3.4 and 1.9%; grain-unit – by 1.3; 2.3; 1.8 and 1.2%, as compared with control 1. The highest effect on the physical indicators of winter pea grain was monitored when MaxiMox was applied at rate 0.9 l/ha with AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed bacterization with Optimize Pulse at rate 3.28 l/t, where the mass of 1000 grains was 207.6 g (it exceeded control1 by 13.3g), grain-unit – 760.6 g/l (it exceeded control1 by 27.5 g/l).

The use of the studied preparations had a positive effect on the formation of one of the most important quality indicators of leguminous crop grain, namely, protein content. The largest content of protein in winter pea grain was formed under the effect of MaxiMox (0.8; 0.9; 1.0 and 1.1 l/ha) with AgriflexAmino (1.0 kg/ha) on the background of pre-sowing seed bacterization with Optimize Pulse (3.28 l/t) which amounted to 22.5; 23.1; 22.6 and 22.0%, protein content in control 1 being 21.3%.

It was established that the highest indicators of the economic efficiency of growing winter pea were recorded in the treatment with a complex application of MaxiMox at rate 0.9 l/ha with AgriflexAmino 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed bacterization with Optimize Pulse 3.28 l/t, which made it possible to receive an additional net profit equal to UAH 2124, profitability – 37% and a coefficient of energy efficiency – 1.5.

To destroy weeds properly, to activate plant and soil biological processes and to increase grain productivity of winter pea, it is recommended to apply herbicide - class of imidazolinones on the basis of an acting substance imazomax (40 g/l) MaxiMox (or its analogues) at rate 0.9 l/ha in a mixture with a plant

growth regulator of a natural origin AgriflexAmino at rate 1.0 kg/ha on the background of pre-sowing seed bacterization with microbial preparation Optimize Pulse (*Rhizobiumlegumonosarumbv. viciae* – strain 128C56g, 175G10b) at rate 3.28 l/t.

**Key words:** physiological reasoning, integrated action, winter peas, herbicide, plant growth regulator, microbial preparation, symbiotic preparation, microbiota.

## REFERENCES

*The works in which the major scientific dissertation results were published:*

1. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. The condition of a pigment system of winter pea when herbicide MaxiMox, plant growth regulator AgriflexAmino and microbial preparation Optimize Pulse are used. Tavriia scientific bulletin. 2019. № 106. P. 79–87. (The planning and conducting of the research, the generalization of the results, the preparation of the paper to be published).

2. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. Lipoperoxidaze and enzyme processes in winter pea plants under the effect of biological active substances. Scientific horizons. 2020. № 4 (89). P. 94–100. (The performance of laboratory researches, the generalization of the results, the analysis of literary sources, the writing of a paper).

3. Karpenko V. P., Boiko Ya. O., Shutko S. S., Prytuliak R. M. The activity of a rhizosphere microbiota of winter pea under a combined effect of herbicide and biological preparations. Bulletin of Uman national university of horticulture. 2020. № 2. P. 52–55. (The performance of field and laboratory researches, the writing of a paper).

4. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. Prytuliak R. M. Weed infestation of winter pea fields under the effect of a herbicide, a plant growth regulator and a microbial preparation. Proceedings of Uman national university of horticulture. 2020. Iss. 97 Part 1. P. 171–180. (The performance of field researches, the generalization of the results, the analysis of literary sources, the writing of a paper).

5. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. Prytuliak R. [et. al.]. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and there are under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. *Agronomy Research*. 2021. № 19 (2). P. 472–483. (The performance of laboratory researches, the analysis of literary sources, the writing of a paper).

*The works which certify the approbation of the dissertation materials:*

6. Boiko Ya. O. The potential of a combined application of herbicides and plant growth regulators in winter pea fields, variety HC Moroz. Proceedings of the All-Ukrainian scientific conference of young scientists. May 15–16, 2018. Uman. 2018. P. 13–14.

7. Boiko Ya. O. The functioning of bacteria *Azotobacter* in a rhizosphere of winter pea under the effect of herbicides, plant growth regulators and inoculants. Microbiology in current agricultural production: proceedings of the XIII scientific conference of young scientists devoted to the 100<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Ukraine's National academy of agrarian sciences, Institute of agricultural microbiology and agro-industrial production. Chernihiv. 2018. P. 32–34.

8. Boiko Ya. O. Weed infestation of winter pea fields under the application of biologically active substances. VI International conference “Urgent issues of present-day agrarian science” (Uman city, November 15, 2018). Kyiv: Publishing house “Osnova”. 2018. P. 38–40.

9. Boiko Ya. O. The effect of herbicide MaxiMox applied together with biological preparations on the chlorophyll content in winter pea plants. Science news and applied scientific developments: proceedings of the International scientific-practical conference (Lviv city, October 28, 2018). Lviv. 2018. V.5. P. 76–78.

10. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. The yield capacity of winter pea, variety HC Moroz, under the effect of herbicide MaxiMox, plant growth regulator AgriflexAmino and microbial preparation Optimize Pulse. Promising ways of the development of scientific knowledge (part 1): proceedings of the 11 International

scientific-practical conference (Kyiv city, January 26–27, 2019). Kyiv. 2019. P. 50–51.

11. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. The formation of a symbiotic system of winter pea – *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* under the effect of biologically active substances. “Youth and biology progress”: the XV International scientific conference of students and post-graduate students devoted to the 135<sup>th</sup> birth anniversary of Ya. O. Parnas (Lviv city, April 9–11, 2019). Lviv, 2019. P. 117–118.

## ЗМІСТ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>ВСТУП.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ І ҐРУНТІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБІЦИДІВ, РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН І МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ (огляд літератури).....</b>   | <b>32</b> |
| 1.1. Фізіолого-біохімічні процеси і анатомо-морфологічні зміни в рослинах за використання гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів .....   | 32        |
| 1.2. Мікробіологічна активність ґрунту та функціонування симбіотичної системи бобових рослин, зокрема гороху, за роздільної та інтегрованої дії хімічних і біологічних препаратів .....   | 38        |
| 1.3. Продуктивність посівів гороху та інших зернобобових культур за дії гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів.....  | 48        |
| <b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>   | <b>60</b> |
| 2.1. Місце проведення досліджень.....   | 60        |
| 2.2. Погодні та ґрунтові умови проведення досліджень .....  | 60        |
| 2.3. Схема досліду та методика проведення досліджень.....   | 67        |
| <b>РОЗДІЛ 3. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ТА АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ ГОРОХУ ОЗИМОГО ЗА РОЗДІЛЬНОГО ТА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДУ МАКСІМОКС, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН АГРІФЛЕКС АМІНО ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ОПТІМАЙЗ ПУЛЬС.....</b> | <b>77</b> |
| 3.1. Ферментативна активність.....  | 77        |
| 3.2. Вміст та співвідношення фотосинтезуючих пігментів .....  | 91        |

|   |            |
|---|------------|
|   | 23         |
| 3.3. Анатомо-морфологічні зміни прилисткового апарату й площа прилистків .....  | 102        |
| 3.4. Динаміка ростових процесів та формування надземної біомаси .....   | 113        |
| 3.5. Фотосинтетична продуктивність.....   | 121        |
| <b>РОЗДІЛ 4. ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ <i>PISUM SATIVUM L. – RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM BV. VICIAE</i> ТА МІКРОБІОТА ҐРУНТУ ЗА ДІЇ ГЕРБЩИДУ МАКСІМОКС, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН АГРІФЛЕКС АМІНО ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ОПТИМАЙЗ ПУЛЬС.....</b> | <b>127</b> |
| 4.1. Симбіотична система <i>Pisum sativum L. – Rhizobium leguminosarum bv. viciae</i> та розвиток бактерій <i>Rh. leguminosarum</i> у бульбочках гороху озимого .....   | 127        |
| 4.2. Вміст у бульбочках леггемоглобіну .....  | 136        |
| 4.3. Чисельність окремих груп ризосферної мікробіоти.....   | 141        |
| <b>РОЗДІЛ 5. АГРОБІОЛОГІЧНЕ, ЕКОНОМІЧНЕ ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБЩИДУ МАКСІМОКС, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН АГРІФЛЕКС АМІНО ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ОПТИМАЙЗ ПУЛЬС.....</b>             | <b>153</b> |
| 5.1. Забур'яненість посівів.....  | 153        |
| 5.2. Урожайність та якість зерна .....  | 161        |
| 5.3. Економічна і біоенергетична ефективність.....  | 167        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>  | <b>173</b> |
| <b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>  | <b>175</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>  | <b>177</b> |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>   | <b>222</b> |

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ**

АФК – активна форма кисню

БАР – біологічно активна речовина

BBCH – Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und der Chemischen Industrie (шкала фенологічних фаз розвитку рослин)

ГСТ (GST) – глутатіон-S-трансфераза

2,4-Д – 2,4-дихлорфеноксоцтова кислота

д. р. – діюча речовина

Кар – каротиноїди

к. е. – концентрат емульсії

Км – коефіцієнт морфоструктури

КУО – колонієутворююча одиниця

МБП – мікробний препарат

МДА – малановий диальдегід

МПА – м'ясо-пептонний агар

МТЗ – маса тисячі зерен

НІР<sub>01 (05)</sub> – найменша істотна різниця

п. – порошок

ПОЛ – пероксидне окиснення ліпідів

РРР – регулятор росту рослин

ФПП – фотосинтетична продуктивність посівів

Хл – хлорофіл

Хл *a* – хлорофіл *a*

Хл *b* – хлорофіл *b*

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

*r* – коефіцієнт кореляції



## ВСТУП

Глобалізація світової економіки та загроза продовольчої кризи вимагають продуктивного ведення сільського господарства з метою задоволення постійно зростаючого попиту на продукти харчування. У зв'язку з цим, сучасна аграрна наука України спрямована на необхідність оздоровлення сільського господарства та суттєвого нарощування обсягів валового виробництва його продукції через збереження продуктивності сільськогосподарських угідь та екології навколишнього середовища [1]. Стрімка хімізація аграрного виробництва має не лише позитивні, а й негативні наслідки, оскільки окрім підвищення продуктивності виробництва зерна гостро постала проблема екологічної кризи [2].

Інтенсивна хімізація рослинництва не може забезпечити екологічний (біологічний) баланс у природі, а навпаки, порушує його. Деградація земель, надмірне використання пестицидів, гербіцидів, добрив під сільськогосподарські культури – все це призводить до негативних наслідків і порушення балансу в навколишньому природному середовищі. Досить гостро ця проблема постала в останні десятиліття, коли виробництво хімічних добрив збільшилось у 43 рази, а пестицидів – у 10 разів. Разом із тим страждає не тільки природа, а й людина, споживаючи недоброякісні, насичені шкідливими хімічними речовинами продукти харчування рослинного походження [2].

Важливим елементом сучасних екологічно безпечних, ресурсоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур є застосування нових видів добрив і біопрепаратів – регуляторів росту рослин (РРР) та мікробних препаратів (МБП), які підвищують ефективність використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин, покращуючи умови живлення і урожайність [3, 4]. Використання даних препаратів дозволяє значно скоротити обсяги внесення традиційних мінеральних добрив та засобів захисту рослин, що, у свою чергу, зменшує втрати елементів живлення рослинами та унеможлиблює забруднення навколишнього природного

середовища [5, 6]. У зв'язку з цим, за високої вартості мінеральних добрив і засобів захисту рослин особливого значення набуває розробка маловитратних, екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур [7], у тому числі – з використанням передпосівної обробки насіння мікробними препаратами і рослин – регуляторами росту.

**Актуальність теми.** У зв'язку із кліматичними змінами, важливого значення для аграрного виробництва набуває горох озимий [8], завдяки якому оптимізується структура посівних площ, а ґрунт збагачується азотом [9, 10]. Проте урожайність гороху озимого значно корелює із засміченістю полів бур'яновим компонентом [11], за зростання якого продуктивність культури знижується на 30–50% і більше [12]. Тому, без застосування селективних гербіцидів вирішити проблему забур'яненості посівів не можливо. Водночас їх систематичне застосування призводить до виникнення резистентності, забруднення хімічними залишками ґрунтів, порушення у формуванні симбіотичного апарату [13–15]. У зв'язку з цим, важливого значення набуває питання зниження негативної дії гербіцидів на агрофітоценози за рахунок впровадження у технології вирощування сільськогосподарських культур біологічних препаратів рістстимулювального і мікробного походження, що було об'єктом досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених: О. І. Терек, 2004; В. В. Швартау, 2010; В. П. Карпенко, 2012; З. М. Грицаєнко, 2015; С. М. Каленська, 2016; С. В. Пиди, 2018; G. Delchev, 2018 та ін. Разом з тим, літературні експериментальні дані стосовно роздільного й інтегрованого застосування регуляторів росту рослин і мікробних препаратів із гербіцидами у технології вирощування гороху озимого та їх вплив на перебіг основних фізіологічних та інших процесів у рослинах і ґрунті практично відсутні, що й обумовило актуальність даного дистераційного дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація є результатом виконання автором наукової роботи упродовж

2018–2020 років, що була складовою тематики досліджень кафедри біології Уманського національного університету садівництва «Розробка новітніх технологій виробництва зернових культур у сівозміні при застосуванні гербіцидів, рістрегулюючих речовин і мікробіологічних препаратів» (номер державної реєстрації 0105U00560), що входить у Програму наукових досліджень університету «Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроecosystem Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0116U003207).

**Мета і завдання дослідження.** З'ясувати вплив різних норм гербіциду МаксіМокс, внесених окремо і в сумішах з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно по фону (і без фону) обробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс, на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах гороху озимого і мікробіологічних – у ґрунті та на цій основі розробити і запропонувати виробництву науково обґрунтовані заходи з комплексного використання гербіциду й біологічних препаратів, які б забезпечували формування високопродуктивних посівів.

Відповідно до поставленої мети передбачалося вирішити наступні завдання:

– дослідити активність основних ферментів антиоксидантної системи рослин гороху озимого за роздільної та інтегрованої дії гербіциду й біологічних препаратів;

– встановити вплив гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату на накопичення в прилистках гороху озимого хлорофілів *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів;

– виявити структурні зміни в анатомо-морфологічній будові прилисткового апарату гороху озимого за дії препаратів та з'ясувати їх вплив на формування фотосинтетичної площі посівів;

– дослідити особливості проходження ростових процесів гороху озимого за дії досліджуваних препаратів;

– з'ясувати формування фотосинтетичної продуктивності посівів гороху озимого на фоні застосування регулятора росту рослин, мікробного препарату і гербіциду;

– вивчити особливості формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* – *Pisum sativum* L. залежно від застосування гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату та основних угруповань ризосферної мікробіоти;

– встановити видовий склад та рівень забур'яненості посівів гороху озимого за роздільного й інтегрованого застосування у посівах гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату;

– виконати аналіз урожайності гороху озимого і його якості за роздільної й інтегрованої дії застосовуваних препаратів;

– дати економічне й біоенергетичне обґрунтування ефективності роздільного й комплексного застосування досліджуваних препаратів у посівах гороху озимого.

*Об'єкт дослідження* – фізіолого-біохімічні процеси та анатомо-морфологічні зміни в рослинах гороху озимого, мікробіологічні – в ґрунті за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно і мікробного препарату Оптімайз Пульс.

*Предмет дослідження* – горох озимий сорту НС Мороз, гербіцид МаксіМокс, регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс.

*Методи дослідження:* польовий – закладання дослідів у польових умовах для вивчення ефективності дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату, внесених окремо і в поєднанні, на фоні (і без фону); вегетаційний – закладання дослідів в жорстко контрольованих умовах для більш точного з'ясування особливостей дії препаратів на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах гороху озимого; лабораторний – проведення фізіологічних, біохімічних, анатомо-морфологічних аналізів у рослинах гороху озимого, мікробіологічних – у ґрунті та бульбочках; математично-

статистичний метод – встановлення за результатами дисперсійного та кореляційного аналізів достовірності отриманих результатів досліджень і залежностей між досліджуваними показниками; економіко-математичний – для розрахунків економічної ефективності використання препаратів.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у всебічному обґрунтуванні особливостей проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і мікробіологічних – у ґрунті за роздільної та інтегрованої дії різних норм гербіциду і біологічних препаратів.

Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України з'ясовано, що за інтегрованого застосування гербіциду МаксiМокс з регулятором росту рослин Агрiфлекс Аміно на фоні передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом Оптiмайз Пульс відбувається зниження вмісту в рослинах малонового диальдегіду (до 27%) за одночасного зростання активності глутатіон-S-трансферази (до 66%) та ферментів класу оксидоредуктаз – каталази, пероксидази і поліфенолоксидази (до 87%).

Досліджено зміни в накопиченні у рослинах гороху озимого суми хлорофілів *a* і *b* і їх суми, виявлено особливості анатомо-морфологічного формування прилисткового апарату, біомаси рослин та досліджено фотосинтетичну продуктивність посівів за роздільного й інтегрованого використання досліджуваних препаратів.

Доведено, що гербіцид МаксiМокс (0,9 л/га) у поєднанні з регулятором росту рослин Агрiфлекс Аміно і мікробним препаратом Оптiмайз Пульс сприяв активному формуванню симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, на фоні діяльності якої до 74% зростала чисельність ризосферної мікробіоти.

Подальшого розвитку дістала низка питань стосовно формування рівня забур'яненості посівів, економічної і енергетичної ефективності вирощування гороху озимого в залежності від впливу на фізіолого-біохімічний і мікробіологічний стан посівів гербіциду і біологічних препаратів.

Вперше, ґрунтуючись на фізіолого-біохімічних змінах у горосі озимому, мікробіологічних – у ґрунті, доведена можливість зниження негативної дії гербіциду на агроценози.

Інтегрована модель застосування гербіциду з біологічними препаратами може слугувати елементом біологізації технології вирощування гороху озимого та інших зернобобових культур.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробці та впровадженні у технологію вирощування гороху озимого елементів біологізації, які стимулюють функціонування симбіотичного апарату, активізують розвиток ризосферної мікробіоти й проходження основних фізіологічних і біохімічних процесів у рослинах. Науково обґрунтовані результати досліджень пройшли виробничу перевірку в технологіях вирощування гороху озимого в господарствах: ФГ «Шутко» Благовіщенського району Кіровоградської області (акт впровадження від 07.10.2020 року, Додаток М) і ФГ «Гора 2006» Уманського району Черкаської області (акт впровадження від 26.10.2020 року, Додаток Н) на загальній площі 58 га, де забезпечили одержання високого економічного прибутку.

Матеріали дисертаційної роботи апробовані при викладанні дисциплін «Фізіологія рослин», «Мікробіологія» в Уманському національному університеті садівництва.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є авторською працею. Здобувачем розроблено схему проведення досліджень, опановано методики досліджень, виконано опрацювання наукової літератури згідно тематики досліджень, проведені польові, вегетаційні та лабораторні дослідження, узагальнено результати досліджень та здійснено статистичну їх обробку, підготовлено до друку наукові статті та здійснено впровадження у виробництво основних результатів роботи.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення, що викладені в дисертації, доповідались і обговорювались на щорічних засіданнях кафедри

біології Уманського національного університету садівництва, а також наукових конференціях: Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених (Умань, 2018); XIII науковій конференції молодих вчених, присвяченій 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (Чернігів, 2018); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання аграрної науки» (Умань, 2018); Міжнародній науково-практичній конференції «Новини науки та прикладні наукові розробки» (Львів, 2018); II Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань» (Київ, 2019); XV Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів, присвяченій 135-й річниці від дня народження Я. О. Парнаса (Львів, 2019).

**Публікації.** Матеріали дисертації висвітлено в 11 наукових працях, серед яких: 4 статті у фахових виданнях України, 1 стаття в іноземному виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 6 тез доповідей на конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 254 сторінках машинописного тексту, в т. ч. 136 – основного тексту, включаючи 23 таблиць і 7 рисунків. Вона складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 381 найменування, з них 71 – латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ І ҐРУНТІ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБІЦИДІВ, РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН І МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ (огляд літератури)

#### **1.1. Фізіолого-біохімічні процеси і анатомо-морфологічні зміни в рослинах за використання гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів**

Забур'яненість ріллі в Україні за останні 10 років із-за низки багатьох причин значно зростає. Аналіз численних наукових праць дає підставу констатувати, що серед причин зростання засміченості бур'янами орних земель є істотне зниження рівня землеробства в країні, викликане порушенням науково обґрунтованих сівозмін, перехід на дрібнотоварне виробництво, зміна форм власності, вилучення з системи основного обробітку ґрунту різноглибинного лушення стерні, особливо після ранніх попередників, внесення непідготовлених органічних добрив та нехтування регламентами застосування гербіцидів. Також, нині широко практикується спрощений технологічний процес вирощування більшості сільськогосподарських культур. Ці чинники стали джерелами поширення сегетальної фітобіоти [16].

Важливе значення у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур відіграє впровадження ефективних заходів боротьби з бур'янами [17, 18], головними серед яких є розробка і застосування систем захисту, що включають застосування різних типів гербіцидів [19, 20]. Відомо, що ефективність хімічних засобів боротьби з бур'янами базується, насамперед, на їх високій селективності, яка, з одного боку, досягається шляхом ураження певних клітинних мішеней, притаманних всім рослинним організмам (ацетил-КоА-карбоксилаза, ацетолактсинтаза, білки фотосистем I і II та ін.), а з другого – різною чутливістю видів у межах окремих



таксономічних груп [18]. Гербіциди дають змогу своєчасно знищити бур'яни, чим створюють сприятливі умови для росту і розвитку культурних рослин [21, 22]. Однак, гербіциди є речовинами з високою фізіологічною активністю, вони не лише знищують бур'яни, але й в значній мірі впливають на проходження біологічних процесів у культурних рослинах та мікробіологічних – у ґрунті. Тому, застосування гербіцидів повинно мати науковий підхід і ґрунтуватися на всебічному дослідженні їх впливу на основні фізіолого-біохімічні процеси сільськогосподарських культур, що лежать в основі формування їх продуктивності [23]. Культурні рослини не належать до цільових об'єктів дії гербіцидів, проте в умовах агроценозів зазнають фітотоксичного впливу цих речовин, який супроводжується перебудовами лінійного росту і розвитку рослин, проявом хлорозу, різноспрямованими порушеннями фізіологічних і біохімічних функцій, змінами структури врожаю та якості зерна [24]. Тому, не виключений негативний вплив гербіцидів на онтогенез культурних рослин, незважаючи на те, що компанії, які виробляють гербіциди, незмінно підтверджують відсутність їхніх токсичних ефектів на різні види рослин. Зокрема, в останні роки значна кількість досліджень виявила негативні наслідки дії окремих гербіцидів: 2,4-D (50% в. р., д. р. 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти амінна сіль), Атразин (50% с. п., д. р. похідне сим-триазину), Аценіт (85% к.е., д. р. ацетохлор, похідне хлорацетаналіду) та ін., які широко використовували в попередній період [25]. За цих умов відбувалося зниження висоти, зменшення площі поверхні листків і продуктивності зерна кукурудзи, збільшення стерильності пилку сорго [26], накопичення залишкової кількості гербіцидів і їхніх метаболітів в культивованих рослинах [27].

Відомо, що гербіцидні препарати індукують окиснювальний стрес, який супроводжується утворенням надлишкових активних форм кисню (АФК) – супероксид-радикалів, гідроксилрадикалів та гідрогенпероксидів. АФК реагують з ліпідами, білками, пігментами та нуклеїновими кислотами і викликають пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ), пошкодження мембран,

інактивацію ферментів, впливаючи тим самим на життєздатність клітин. Щоб виключити шкідливий вплив цих реакційноздатних молекул, у рослин виробились ефективні захисні системи: неферментативні (антиоксиданти – глутатіон, аскорбат і каротиноїди) та ферментативні (ферменти антиоксидантного захисту – глутатіон-S-трансферази (GST) і супероксиддисмутаза (СОД), пероксидаза, каталаза тощо) [28–30]. Відомо, що ефективним шляхом детоксикації гербіцидів у культурних рослинах є процес їх кон'югації з глутатіоном [31, 32], який каталізують глутатіон-S-трансферази. Фермент глутатіон-S-трансфераза каталізує детоксикацію пероксидів ліпідів, зв'язуючи глутатіон з гідрофобними електрофілами, або ж він може діяти як пероксидаза проти гідропероксидів вільних жирних кислот, захищаючи клітинні мембрани від ушкоджень, пов'язаних з пероксидацією ліпідів [33, 34].

Дослідження О. І. Заболотного, А. В. Заболотної [35] показали, що внесення гербіциду Бату (15–30 г/га) у посівах кукурудзи зумовлювало зростання інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у рослинах кукурудзи, причому збільшення норми внесення гербіциду та часового проміжку демонструвало зростання інтенсивності ПОЛ.

Для знешкодження негативної дії ксенобіотиків у рослинах також активуються й інші ферменти антиоксидантного захисту, зокрема супероксиддисмутази, каталаза, перероксидази та ін. Так, Г. С. Россихіна [36] у своїх дослідженнях констатує, що на початкових етапах розвитку кукурудзи (фаза 1-го та 3-го листків) гербіцидні препарати Харнес (2,9 ммоль/л) та Мерлін (1,2 ммоль/л) збільшують активність супероксиддисмутази, а на пізніших (викидання волоті – цвітіння) – цей показник знижується. Установлено, що каталаза листків відповідає на дію ґрунтових гербіцидів зниженням активності, а рівень пероксидазної активності на всіх фазах вищий за контроль, також він збільшується в онтогенезі рослин. Зміни активності антиоксидантних ферментів за дії ксенобіотиків дають підставу стверджувати, що вони спрямовані на зняття

окисного стресу. Характер антиоксидантної реакції листя кукурудзи на рівні ферментів СОД, каталази та пероксидази залежить від напруженості й тривалості дії гербіцидів та віку рослин.

Продуктивність фотосинтезу залежить від дії низки чинників, у тому числі й від дії гербіцидів, які можуть суттєво впливати на вміст хлорофілів і їх функціональну активність [37]. Дослідженнями З. М. Грицаєнко зі співавторами [38, 39] та D. Kim et al. [40] доведено, що гербіциди виявляють вплив на накопичення хлорофілів у рослинах, але ступінь такого впливу залежить від виду препарату, норм, строків і способів їх внесення. О. В. Дикун і ін. [41] встановили позитивний вплив від застосування бакових сумішей селективних ґрунтових та післясходових гербіцидів Зенкор (0,4 л/га) + Комманд (0,2 л/га) та Базагран (2,5 л/га) + Хармоні (0,008 кг/га) на одночасне зростання вмісту сумарного хлорофілу в листках сої, каротиноїдів, продуктивності фотосинтетичного потенціалу, що відбулось за рахунок стресових чинників (окислювального стресу), які забезпечили суттєву активізацію фотосинтетичних процесів.

Дослідженнями С. М. Каленської та ін. [42] встановлено позитивний вплив на формування фотосинтетичної площі рослин сої за внесення нанометалів у концентрації 240 мг/л на початку фази бутонізації на фоні інокуляції насіння мікробними препаратами «ХайКот Супер» + «ХайКот Супер Extender» (*Bradyrhizobium japonicum*, штам 532 С) із нормою витрати препарату 1,42 л + 1,42 л на 1 т насіння та внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. У середньому даний варіант дослідження забезпечив приріст площі листової поверхні сортів сої на 0,8–8,7%.

Л. І. Веселовська та С. Я. Коць [43] встановили позитивну дію на формування вмісту хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів від застосування передпосівної бактеризації насіння сої бактеріями роду *Bradyrhizobium japonicum* 634б (активний виробничий штам) та 604к (неактивний високовірулентний штам).

С. В. Пида та ін. [44] відмічали позитивний вплив від застосування композицій Ризобофіту на основі бульбочкових бактерій стандартного штаму 367а з регулятором росту рослин Регоплант, що сприяло інтенсивнішому наростанню листової поверхні у рослин люпину білого, ніж їх окрема дія. Обробка насіння окремо Регоплантом і Стімпо та сумісно з Ризобофітом підвищувала вміст фотосинтетичних пігментів у листках люпину білого.

В. П. Карпенко [45] констатує, що гербіцид класу сульфонілсечовин Гранстар 75 має опосередкований вплив на транспорт електронів у хлоропластах ячменю ярого, який можна виразити послідовністю: гербіцид → генерування АФК → нейтралізація АФК (зокрема супероксидрадикалу) → фотоокислення води → зміна активності транспорту електронів. Поєднання застосування Гранстара 75 у бакових сумішах із РРР підвищує активність транспорту електронів у хлоропластах ячменю ярого, що може свідчити про зниження негативного впливу на рослини АФК за рахунок прямої дії РРР на перебіг метаболічних процесів у хлоропластах в сторону їх активізації.

Стресові чинники зумовлюють в рослинах деградаційні зміни, що відображаються в порушенні процесів фотосинтезу і дихання, формуванні анатомо-морфологічної будови листків, від якої залежить перебіг транспірації та газообміну[46–48].

Досліджуючи анатомо-морфологічну будову листового апарату ячменю ярого, В. П. Карпенко і Р. М. Притуляк [49] встановили, що гербіцид Калібр 75 у нормах 40 і 50 г/га разом із Агат-25К 20 г/га і «Агростимуліном» 10 мл/га викликав зниження числа клітин епідермісу у порівнянні з контрольним варіантом на 70 і 76 шт/мм<sup>2</sup> за  $HP_{05}=9,0$ , при цьому зменшення числа клітин епідермісу на 1 мм<sup>2</sup> поверхні листка супроводжувалось зростанням їх площі. Особливо відчутним збільшення площі клітин було у варіантах досліду із сумісним внесенням Калібру 75 у нормах 40 і 50 г/га з Агат-25К і Агростимуліном, що на 730,7 і 740,3 мкм<sup>2</sup> відповідно перевищувало площу однієї клітини проти варіантів досліду, де рістрегулятори в сумішах із гербіцидами не вносились. Результати

досліджень О. І. Заболотного та ін. [50] у посівах кукурудзи демонструють, що застосування гербіциду Бату, в. г. (15–30 г/га) позитивно вплинуло на зростання розмірів листової поверхні рослин кукурудзи, особливо за норми внесення 25 г/га. У цьому ж варіанті досліду простежувалося формування структури епідермісу листка за мезоморфним типом, який характеризувався зменшенням кількості клітин за одночасного зростання їхньої площі.

Гербіциди можуть пригнічувати ростові процеси у рослинах, що у своєму дослідженні відмічали Т. М. Левченко та ін. [51], зокрема найбільш негативний вплив на ростові процеси у рослин люпину було відмічено за використання гербіцидів Юпітер (0,75 л/га) і бакової суміші Трефлан (1,2 л/га) + Юпітер (0,5 л/га) по сходах. На ділянках цих варіантів спостерігалася значна затримка росту й розвитку рослин, яка особливо простежувалась у першій половині вегетації. Так, висота рослин у фазу цвітіння була найменшою серед всіх варіантів досліду і дорівнювала відповідно 42,3 і 43,8 см у сорту Серпневий і 45,5 і 45,7 см у сорту Чабанський. На ділянках із використанням інших гербіцидів спостерігалася зниження висоти рослин відповідно за сортами на 0,9–2,8 см і на 1,7–4,4 см.

Підвищити стійкість рослин до абіотичних стресорів і стабілізувати їх продуктивність можливо за використання в агротехнологіях регуляторів росту рослин. Вони сприяють кращому використанню рослинами наявних чинників життя, стимулюють неспецифічні реакції рослинного організму на стрес, що супроводжується збільшенням вегетативної і зернової продуктивності. Так, дослідженнями, які проводилися на дослідному полі ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» встановлено, що регулятори росту рослин Хелафіт комбі, Мир та Міфосат за одноразового обприскування рослин соняшнику під час вегетації у фазу 6–8 листків культури сприяли покращенню росту і розвитку рослин та зростанню врожайності насіння в середньому на 3,7 ц/га за рахунок активізації ростових процесів у рослинах (зростанню кількості листя, висоти рослин, площі листового апарату, діаметру суцвіття та ін.) [52].

За даними О. А. Єременко та Л. А. Покопцевої [53], внесення гербіциду Євролайтінг та регуляторів росту рослин АКМ та Емістим С зумовлювало зростання біометричних показників соняшнику, при цьому діаметр кошика соняшнику зростає порівняно з контролем в середньому на 8%.

Інтегральним показником ефективного функціонування симбіотичних систем за участю бульбочкових бактерій є формування надземної маси та урожаю зерна. Н. А. Воробей та С. Я. Коць [54] відмічають, що бактеризація насіння сої штамом бактерій Tn5-мутантів чинила стимулювальний вплив на ріст надземної маси рослин, про що свідчить її приріст на 19,7–31,3%.

Л. С. Гайдай [55] у своїй праці констатує, що максимальну висоту рослини кvasолі формували на ділянках, де проводили передпосівну інокуляцію насіння кvasолі штамом *Rhizobium phaseoli* Ф-16 і регулятором росту рослин Регоплант спільно з прилипачем ЕПАА.

Отже, питання інтегрованого застосування гербіцидів і біологічних препаратів у посівах зернобобових культур в переважній більшості наукових джерел вивчено в контексті підвищення врожаю та його якості, що безумовно має великий інтерес, проте залишається відкритим питання їх впливу на фізіолого-біохімічні, ростові процеси в рослинах й симбіотичний апарат, що є вивченим недостатньо. Адже, відомо, що гербіциди, здатні суттєво порушувати обмін речовин не тільки у бур'янів, що є причиною їх загибелі, а й в культурних рослинах [56]. Тому, актуальність даних питань з огляду на таку нову та перспективну культуру як горох озимий (та інших бобових) є незаперечною.

## **1.2. Мікробіологічна активність ґрунту та функціонування симбіотичної системи бобових рослин, зокрема гороху, за роздільної та інтегрованої дії хімічних і біологічних препаратів**

Ґрунт слугує середовищем для більшості мікробних спільнот, таких як ґрунтові бактерії, гриби та актиноміцети, діяльність яких впливає на

родючість ґрунту [57] через розкладання органічних залишків та кругообіг поживних речовин [58, 59]. Тим не менш, надмірне застосування гербіцидів інгібує деякі з цих природних процесів і знижує продуктивність нецільових організмів [60]. Проте, деякі ґрунтові організми використовують гербіциди в процесі деградації як джерело вуглецевої енергії для своєї метаболічної діяльності. Так, наприклад, результатами досліджень встановлено, що присутність у ґрунті Атразину, 2,4-D аміну, Гліфосату та Параквату суттєво змінює ріст і розвиток ґрунтових мікроорганізмів. Токсичний ефект гербіцидів спостерігається відразу після їх застосування, тоді як обробка Паракватом мала тривалий вплив на більшість ґрунтових мікроорганізмів: популяція ґрунтових бактерій зростала до 87,2%, водночас упродовж 10–15 днів знижувалась до 6,4%. Характер змін залежав від періоду впливу, концентрації діючої речовини в складі препарату та інших чинників навколишнього природного середовища. Це дає підставу стверджувати, що мікробна реакція на гербіциди проявляється різними способами залежно від чинників, включаючи сам гербіцид та особливості популяції ґрунтових мікроорганізмів і ін. [61]. Ґрунтові мікроорганізми є невід’ємною частиною всіх ґрунтів. Часто їх біомаса дещо нижча порівняно з мінеральною або гумусовою часткою, але активність ґрунтових мікроорганізмів є надзвичайно важливою складовою для функціонування ґрунту. Біота ґрунту може розглядатися як “біологічний двигун землі”, що бере участь у більшості ключових процесів, що відбуваються в ґрунті, допомагаючи екосистемі керувати основними процесами кругообігу поживних речовин, динамікою структури ґрунту, деградацією забруднюючих речовин та регулюванням рослинних угруповань. Впровадження систем, що підвищують в ґрунті вміст С і N за рахунок включення бобових культур у сівозміни, може позитивно впливати на мікробну популяцію та її активність порівняно із застосуванням традиційних мінеральних добрив. Рослини також здатні впливати на ґрунтові мікробні спільноти. Існують чіткі відмінності в структурі бактеріального угруповання між основним (неризосферним) та ризосферним ґрунтом.

Кількість бактерій у ризосфері перевищує кількість бактерій у неризосферному ґрунті. У цій області стимулюється діяльність бактерій завдяки поживним речовинам, що утворюються корінням. Варіативність хімічного складу ексудатів коренів може також впливати на склад ґрунтових мікробних спільнот [62].

Мікробіота ґрунту є основним продуцентом ґрунтових ферментів, що беруть участь у розкладанні органічних решток. Крім того, відомо, що ґрунтові мікроорганізми здатні мобілізувати поживні речовини мінеральних сполук і перетворювати їх в доступні форми для рослин. Загальна ферментативна активність ґрунту прямо залежить від стану і функціонування його мікробного комплексу, тому зниження активності ґрунтової мікробіоти відображається на ферментативній активності ґрунту. Одним з основних елементів формування рівня родючості ґрунтів та підтримання його природного гомеостазу є ґрунтові мікроорганізми та їхні метаболіти (ферменти), тому пригнічення їх діяльності призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур [63–65]. Використання гербіцидів безперечно впливає на порушення рівноваги між різними еколого-трофічними групами ґрунтових мікроорганізмів. Діючі речовини гербіцидів, як хімічні сполуки з високою фізіологічною активністю, мають прямий та опосередкований вплив на мікробні процеси, що відбуваються у ґрунті незалежно від норми, строків та способів застосування. Безперечно послаблення пестицидного навантаження на ґрунтову мікробіоту та агробіоценоз в цілому можна досягти тільки за допомогою впровадження у технології вирощування біологізованих елементів, зокрема, використання біопрепаратів тощо [66–68].

Ґрунтові мікроорганізми беруть участь у процесі біодеградації гербіцидів і можуть слугувати біоіндикаторами змін, які відбуваються в ґрунті після їх застосування. N. Milošević та M. Govedarica [69] у своєму дослідженні відмічають, що чутливість азотобактера до застосування гербіцидів та його чисельність значно знижуються упродовж 7–14 днів після



внесення гербіцидів. Водночас кількість актиноміцетів і мікроскопічних грибів збільшується, що свідчить про використання даними мікроорганізмами гербіцидів як джерел біогенних елементів. Швидкість розкладання діючої речовини залежить від хімічного складу та властивостей застосовуваного препарату, норми гербіциду, а також від фізико-хімічних властивостей ґрунту, вологості та температури ґрунтового покриву, застосування агротехніки та від мікробних популяцій, що населяють ґрунт.

Забезпечення рослин біологічним азотом відноситься до важливих і достатньо гострих проблем сучасного землеробства. Негативний вплив на азотфіксувальну здатність мікробіоти ґрунтів внаслідок дії різноманітних факторів (хімізація, нестача вологи, органічних сполук тощо) ускладнює процес утворення продуктивних азотфіксувальних симбіозів мікроорганізмів у зоні кореневої системи, навіть у ризосфері бобових культур. Ефективна взаємодія азотфіксувальних бактерій та рослин забезпечує фіксацію атмосферного азоту, продукування біологічно активних сполук, за дії яких покращується живлення рослин, підвищується їх продуктивність, поліпшується якість сільськогосподарської продукції [70, 71]. В залежності від штаму та виду азотфіксувальних бактерій вченими відмічався різний вплив гербіцидів на азотфіксувальні системи. Так, І. С. Бровко та ін. [72] відмічають у своїй праці, що варіант з інокуляцією насіння сої на фоні застосування Раундапу зумовлював пригнічення бульбочкоутворення та азотфіксувальної активності відповідно в 1,6 та 1,4 рази порівняно з інокульованими рослинами на природному фоні. За однакової вірулентності ендемних ризобій у контролі та у варіанті з Раундапом спостерігали підвищення азотфіксувальної активності бульбочок у 1,5 рази за умов застосування гербіциду. Аборигенні ризобії чорноземного ґрунту виявилися адаптованими до дії гліфосату і виявляли більшу вірулентність та азотфіксувальну активність, водночас фізіологічна активність ендемних ризобій повністю пригнічувалася Раундапом. Виробничий штам *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 на чорноземному ґрунті, що піддавався

багаторічному впливу гліфосату, формував ефективний симбіоз із гліфосат-толерантною соєю, що сприяло зростанню врожайності зерна на 46%.

Використання біологічних методів є основним шляхом відтворення родючості ґрунтів та отримання екологічно безпечної і якісної продукції рослинництва, стратегічним напрямом розвитку біологічного землеробства. Важливе значення у реалізації такого підходу належить використанню мікробних препаратів, які забезпечують ефективність азотфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції у ризосфері рослин і біопротекторної дії для формування природнього захисного бар'єру сільськогосподарських культур від негативної дії патогенів, фітофагів та інших негативних чинників. У системі ґрунт↔мікробіота↔рослина, ґрунтові бактерії і мікроскопічні гриби є незамінною і невід'ємною складовою. Тому, рослинний організм, що співіснує поруч з комплексом корисної ґрунтової мікробіоти, здатний вчасно одержати необхідні елементи живлення і реалізувати свій генетичний потенціал урожайності. Особливої уваги заслуговують дослідження щодо вивчення інтродукції поліфункціональних мікроорганізмів, умов їх ефективного функціонування в ризосфері рослин, розробки елементів технологій ефективного застосування мікробних біопрепаратів. Аналіз сучасних досліджень вітчизняних та іноземних вчених з питань застосування корисних мікроорганізмів в агробіотехнології вказує на перспективність створення продуктивних рослинно-мікробних асоціативних та симбіотичних систем і підтверджує необхідність їх вивчення для забезпечення ефективного функціонування ґрунту. Необхідною умовою для розвитку біологічного землеробства є вміння управляти біологічними процесами в агроценозах, що можливо лише за рахунок інтродукції агрономічно цінних штамів мікроорганізмів у ризосферу рослин, при цьому спостерігається посилення корисного або послаблення/ліквідація негативного впливу небажаних чинників. Залежно від змін умов навколишнього природного середовища можна спостерігати зміни у динаміці структури ґрунтових популяцій, у тому числі й зміни у формуванні різних еколого-

трофічних угруповань. Проте, теоретична суть таких механізмів вивчена недостатньо, особливо в умовах сучасних агроценозів з порушеним балансом у зв'язку із застосуванням інтенсивного землеробства, забрудненням навколишнього середовища, у тому числі, пестицидами та зміною клімату, що має додатковий науково-практичний інтерес [73–76].

Дослідженнями встановлено [77], що за поєднаного застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин природного походження має місце послаблення негативної дії хімічних препаратів на розвиток основних ризосферних мікроорганізмів. Регулятори росту рослин позитивно впливають на природні мікробні асоціації: під їх впливом збільшується здатність мікроорганізмів синтезувати антибіотичні речовини до окремих хвороботворних бактерій. При цьому зростає кількість мікроорганізмів, стійких до деяких груп фунгіцидів [78].

Одним із шляхів підвищення стійкості рослин до стресових чинників, зокрема, для зниження негативної дії ксенобіотиків на ґрунт і рослини, у сільськогосподарській практиці все ширшого застосовування набувають мікробні препарати [79], у тому числі й на основі симбіотичних азотфіксувальних бактерій. Такі препарати здатні не лише покращувати азотне живлення бобових, але й слугують регуляторами росту рослин, оскільки мікроорганізми симбіотичного характеру взаємовідносин здатні синтезувати широкий спектр біологічно активних речовин – біостимуляторів [80]. Ряд науковців стверджують [81–83], що на фоні використання гербіцидів біологічні препарати можуть виконувати роль антистресових сполук, які прискорюють детоксикацію хімічних речовин. Так, В. П. Карпенко та ін. [84] встановили, що інокуляція насінневого матеріалу сої препаратом Ризоактив та застосування гербіцидів Гезагард 500 FW Примекстра TZ Голд 500 SK і Кратос впливає як на формування симбіотичного апарату сої, так і на чисельність мікроорганізмів у її ризосфері. Зокрема, бактеризація насінневого матеріалу сої мікробним препаратом Ризоактив забезпечила на фоні внесення гербіциду Гезагард 500

FW, збільшення чисельності целюлозолітичних бактерій у ризосферному ґрунті до контролю у 1,4–1,7 рази; на фоні внесення гербіциду Примекстра TZ Голд 500 SK – у 1,6–1,8 рази; на фоні Кратоса – у 1,1–1,5 рази.

О. В. Голодрига та ін. [85] повідомляють, що застосування гербіциду Гезагард 500 FW у нормі 4,0 л/га та обробка насіння мікробним препаратом Ризобофіт і регулятором росту рослин Біолан забезпечувала формування найбільшої кількості бактерій, мікроміцетів та інших груп мікроорганізмів. Досліджувані препарати позитивно впливали на реалізацію симбіотичного потенціалу. Суттєве збільшення кількості і маси бульбочкових утворень спостерігалось за комплексного використання хімічних і біологічних препаратів.

В. П. Карпенко та ін. [86] у своїй праці констатують, що передпосівна обробка насіння сої композицією мікробного препарату Ризобофіт (100 мл/т) з регулятором росту рослин Регоплант 250 мл/т та подальшим посходовим внесенням сумішей гербіциду Фабіан (90–110 г/га) з Регоплантом (50 мл/га) забезпечувала зростання чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої на 10 й 20-ту доби визначення в середньому на 87–82 й 60–53% відповідно.

Дослідження щодо впливу гербіцидів Фабіан і Примекстра Голд на біологічні процеси в ґрунті в посівах сої сорту Либідь демонструють зниження біологічної активності ґрунту, кількості мікроорганізмів основних екотрофічних груп, ферментативної активності ґрунту, інтенсивності викидів CO<sub>2</sub>, загальної мікробної біомаси, за перебудови домінуючих форм мікроорганізмів та зменшення мікробного біорізноманіття, а також – зменшення корисних ґрунтових мікробних груп, що призвело до збільшення частки патогенних і умовно патогенних мікроміцетів в ґрунті [87]. Зокрема, О. В. Голодрига та ін. [88] у своєму дослідженні відмічали позитивний вплив на симбіотичну активність посівів сої препаратів Десілет, к. е., Ризобофіт та Біолан, проте самостійне застосування Десілету пригнічувало розвиток

окремих фізіологічних груп мікроорганізмів порівняно з варіантами, де використовували Ризобофіт і Біолан.

Для формування та функціонування симбіотичних систем важливими є фітогормональні речовини, які синтезуються бульбочковими бактеріями. Штами бульбочкових бактерій *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11 можуть продукувати біологічно активні речовини ауксинової та цитокінінової природи. Д. В. Крутило та ін. [89] встановили відмінності між штамми за рівнем синтезу позаклітинних фітогормонів: повільнорослий штам *B. japonicum* 46 продукує більшу кількість ауксинів (48,4 порівняно з 34,2 мкг/г АСБ), тоді як інтенсивнорослий штам *B. japonicum* KB11 – цитокінінів (835,3 до 328,5 мкг/г АСБ). Встановлено, що не лише штамми бульбочкових бактерій *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11, але і продукти їх метаболізму, можуть позитивно впливати на формування і функціонування симбіотичних систем сої. Досліджувані штамми-інокулянти та фільтровані культуральні рідини цих бактерій зумовлювали кількісні зміни у складі бульбочкових популяцій ризобій сої і забезпечували зростання їх різноманіття. Бінарна інокуляція сої штамми *B. japonicum* 46 і *B. japonicum* KB11 виявилась ефективнішою, ніж моноінокуляція. На фоні ґрунтової популяції ризобій обробка насіння метаболітами двох штамів у вигляді фільтрованих культуральних рідин забезпечила збільшення надземної фітомаси сої аналогічно дії живих клітин цих мікроорганізмів (на 16,9% порівняно з контролем).

О. Б. Коночук та ін. [90] встановили, що передпосівна обробка насіння сої рістрегуляторами Регоплант і Стимпо підвищувала інтенсивність утворення та функціонування спонтанного бобово-ризобіального симбіозу, що дозволило повніше реалізувати потенціал азотфіксації в системі «*Glycine max* – *Bradyrhizobium japonicum*».

Експериментальні дані отримані в Уманському національному університеті садівництва у 2014, 2018 роках демонструють, що обробка насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (100 мл/га н. н.) і регулятора росту рослин Регоплант (250

мл/т) з наступним посходовим внесенням РРР Регопланту в нормі 50 мл/га забезпечувала зростання кількості бульбочок залежно від фази розвитку на 95–283% , їх маси – 194–412% і вмісту в них леггемоглобіну – до 230% [91].

За даними досліджень О. О. Алексєєва [92], кількість бульбочок на кореневій системі сої зростала за дії передпосівної інокуляції насіння Ризобофітом (*Bradyrhizobium japonicum* штам М-8) у сорту Горлиця у фазу бутонізації на 14,4 шт., сорту КиВін – 12,7 шт., а у фазу кінець цвітіння – 37,3 шт. і 36,5 шт. відповідно. В. Ф. Петриченко та ін. [93] відмічають, що за передпосівної обробки насіння сої мікробним препаратом Оптімайз 200 у фазу завершення цвітіння культури спостерігалось збільшення на кореневій системі рослин кількості бульбочок порівняно з варіантом без обробки насіння, зокрема у сорту Монада – на 22,1%, КиВін – 32,3% та Княжа – 32,4%, їх маса збільшувалась на 36,0, 38,8 та 50,2% відповідно. О. М. Агафонов [94] повідомляє, що обробка насіння сої бактеріальними препаратами підвищувала симбіотичну активність у рослин сої. Так, встановлено, що застосування інокуляції насіння мікробним препаратом Нітрофікс як в порошкоподібній, так і рідкій формі, особливо у суміші з плівкоутворювачем, справляло вплив не тільки на формування маси та кількості бульбочок, а й на активність симбіотичного апарату, де показники в порівнянні з контролем суттєво зростали. О. О. Осін [95] у своїй праці констатує, що інокуляція рослин сої і квасолі азотфіксувальними та фосфатмобілізувальними бактеріями мікробного препарату Бісолбі-Мікс виявила високу ефективність. В середньому за 4 роки польових дослідів кількість активних бульбочок у фазу повної стиглості насіння складала 3,09 млн. шт./га, а у посівах квасолі – 2,22 млн. шт./га, що в 2,0–1,7 рази перевищувало контроль. Їх нодуляція складала 82%. Маса активних бульбочок у посівах сої зроста у 2,7, а у посівах квасолі – у 3,4 рази відповідно.

У ході дослідження В. П. Миколаєвський та ін. [96] встановили, що обробка насіння препаратами на основі специфічних бульбочкових бактерій *B. japonicum* сприяла активному утворенню бульбочок на коренях сої. У роки

досліджень їх кількість у фазі цвітіння у варіантах із застосуванням інокулянтів достовірно переважала контрольні показники і була в 1,9–4,3 рази ( $p < 0,05$ ) вищою порівняно з контролем та в 1,7–2,6 рази – порівняно з хімічним протруйником. Найбільша кількість бульбочок формувалась у фазу утворення бобів, де порівняно з фазою цвітіння, цей показник зростав у 1,4–2,4 рази. Найбільш потужний нодуляційний апарат формувався за інокуляції насіння *V. japonicum* УКМ В-6023 – маса бульбочок у 4,2 рази перевищувала контрольний показник. За використання комплексного інокулянту маса бульбочок була у 1,6 рази більшою, ніж у контролі.

В. В. Волкогон і М. С. Комок [97] відмічають у своїй праці, що мікробний препарат Ризогумін сприяв збільшенню кількості бульбочок, утворених інтродукованим штамом (до 54,63%), забезпечував зростання нітрогеназної активності, а також активності глутамінсинтетази порівняно з іншими бактеріальними препаратами.

Доведено також, що застосування бактеріального препарату Біокомплекс-БТУ-р сприяло збільшенню кількості та маси бульбочкоутворень на кореневій системі сої сорту Зіронька. Найбільшою вона була у варіанті з застосуванням біопрепарату Біокомплекс-БТУ-р – 0,62 г/рослину, що на 0,39 г/рослину більше, ніж у варіанті без передпосівної обробки [98].

Вагомим критерієм ефективності взаємодії рослини і бактерій є маса активних бульбочок на коренях бобових, а також штам бактерій. У посівах сої у фазі 2-х справжніх листків використання інокуляції транспозонними мутантами, за винятком В-75, призводила до зростання маси бульбочок на коренях сої порівняно з виробничим штамом 634б. Так, якщо у фазі галушення на коренях сої накопичувалося в середньому від 45,5 до 85,7 мг біомаси бульбочок, то у фазі бутонізації – початку цвітіння цей показник збільшувався у 2,9–5,4 рази. Найбільшу масу ризобіальних наростів протягом усього вегетаційного періоду формували рослини, інокульовані Tn5-мутантом Д1. Разом із тим, відзначено слабке наростання маси бульбочок з

інокуляцією транспозанним мутантом В-75 порівняно з виробничим штамом (на 16,3, 13, 3 і 2,7% менше у фазі двох справжніх листків, бутонізації – початку цвітіння та плодоношення відповідно) [99].

За даними О. І. Присяжнюк і С. В. Слободянюк [100], інокуляція насіння сочевиці Ризогуміном сприяла збільшенню кількості активних бульбочок у фазу бутонізації в 5,3 рази, в фазу цвітіння – 4,5 рази, а в фазу наливання бобів – 3,8 рази порівняно з контролем. Найвищі показники активного симбіотичного потенціалу відмічалися за інокуляції насіння сочевиці мікробним препаратом Ризогумін та застосування фосфатмобілізувальних препаратів Поліміксобактерин та Азогран Б в поєднанні з позакореневим підживленням Альга 600. Так, у фазу цвітіння, максимальний вміст леггемоглобіну в бульбочках сочевиці становив 5,58 та 5,50 мг/г сирої маси бульбочок.

Отже, наведені дані стосовно розвитку ґрунтової мікробіоти та функціонування симбіотичного апарату в посівах бобових культур за дії гербіцидів, рістрегуляторів та мікробних препаратів є різносторонніми, що вказує на необхідність більш глибокого вивчення питання та систематизації отриманих даних, оскільки вплив на мікроорганізми залежить від багатьох чинників: норм внесення препаратів, походження хімічних речовин, погодних умов, періоду їх дії і ін. Тому, дослідження питання впливу гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів на ґрунтову мікробіоту та функціонування симбіотичного апарату у посівах гороху озимого є вкрай важливими.

### **1.3. Продуктивність посівів гороху та інших зернобобових культур за дії гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів**

Першочерговим завданням аграріїв є підвищення урожайності зернобобових культур за зменшення негативного впливу на агроценози погодних умов та інших чинників [101]. Незважаючи на те, що ґрунтово-



кліматичні умови України є загалом сприятливими для вирощування гороху (насамперед, зона Лісостепу, де й зосереджено переважну більшість посівних площ культури), реальна його врожайність залишається досить низькою. Так, у 2017 р. в Україні під горохом було зайнято близько 410 тис. га із середньою врожайністю зерна 2,76 т/га, що більш як удвічі менше від показників його потенційної продуктивності – 6,5–7,0 т/га [102, 103]. Основною причиною цього є використання не оптимізованих та застарілих технологій вирощування культури та зміна погодно-кліматичних умов (підвищення температурного режиму, зменшення запасів продуктивної вологи у ґрунті) [104, 105]. Такі фактори, як оптимальний термін та спосіб сівби, густина стояння рослин, конкуренція бур'янів, водний та поживний режим, також впливають на урожайність гороху. Серед них конкуренція з боку бур'янів є основною причиною зниження урожайності, оскільки, як повідомляється іншими вченими, відсутність системного підходу до контролювання бур'янів у посівах гороху зумовлює зниження його врожайності на 77,2% [106]. Тому, в ценотично ослаблених посівах гороху в разі перевищення межі шкодочинності бур'янів постає гостра потреба у застосуванні гербіцидів [107].

Для забезпечення формування високих та сталих урожаїв необхідна оптимізація технологій вирощування гороху, що можливе через впровадження у технологію сучасних та науково-обґрунтованих елементів (зокрема сортів, біологічних препаратів, мінеральних добрив, регуляторів росту рослин, мікродобрив, гербіцидів), які сприятимуть реалізації його генетичного потенціалу [108, 109].

Сучасним напрямом підвищення продуктивності бобових культур є застосування енергоощадних технологій із впровадженням новітніх регуляторів росту рослин і біопрепаратів. Регулятори росту рослин підвищують стійкість рослин до несприятливих чинників природного або антропогенного походження: критичних перепадів температур, дефіциту вологи, токсичної дії пестицидів, ураження хворобами і пошкодження

шкідниками. За останні роки на основі найновітніших наукових розробок у галузі хімії та біології було створено принципово нові, вискоєфективні і водночас безпечні регулятори росту рослин, застосування яких є одним із найбільш доступних і високорентабельних агрозаходів, що впливає на строки дозрівання культур, сприяє підвищенню продуктивності та покращенню якості зерна [110]. Аналіз літературних даних засвідчує [111–113], що найбільш ефективним є поєднання для обробки насіння регуляторів росту рослин і мікробних препаратів, де окрім зростання врожайності на 8–17% встановлено позитивний вплив регуляторів росту на симбіотичну діяльність та азотфіксацію у системі «бульбочкові бактерії – бобові культури». Ефективність дії мікробних препаратів і рістрегуляторів залежить від багатьох чинників, серед них – погодно-кліматичні умови під час вирощування, сорт, способи і строки внесення препаратів.

За даними, отриманими в ході дослідження С. Є. Окрушка [114], найбільшу врожайність горох формував у варіантах з послідовним внесенням гербіцидів Дуал Голд (0,8 л/га) та МаксіМокс (0,5 л/га), де зменшення негативного впливу бур'янів на рослини забезпечило формування врожаю зерна на рівні 3,3; 3,5 і 3,2 т/га за роками досліджень.

І. Д. Ткаліч та О. В. Бочевар [115] констатують, що застосування в посівах нуту лише ґрунтового гербіциду Харнес (2,5 л/га) та Харнес (2,5 л/га) + Бетанал експерт (1,0 л/га) забезпечувало формування найвищої урожайності в досліді, яка становила 1,38 та 1,45 т/га відповідно. Водночас внесення гербіцидів Бетанал експерт (1,0 л/га), Лентагран комбі (2,0 л/га) та Зенкор ліквід (0,34 л/га) по вегетуючих рослинах сприяло формуванню врожайності нуту на рівні 1,15–1,20 т/га, що на 0,16–0,21 т/га більше, ніж у контролі.

У свою чергу Р. А. Гутянський та ін. [116] стверджують, що застосування гербіциду Пульсар 40 (0,8 л/га) на фоні інокуляції насіння мікробним препаратом Ризобофіт (300 г/га) сприяло зростанню показників

урожайності і вмісту білка в зерні гороху відносно контрольного варіанту в середньому на 15,7% і 4,2% відповідно.

В. Г. Міхеєв [117] встановив, що обробка насіння сої сорту Романтика мікробним препаратом Ризогумін і регуляторами росту рослин (Агростимулін, Гумісол, Емістим С) сприяла підвищенню польової схожості насіння на 1,5–3,7% та збереженню густоти стояння рослин перед збиранням на 1,4–3,3%. Регулятори росту рослин позитивно впливали на формування площі листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чисту продуктивність фотосинтезу і динаміку накопичення рослинами сухої речовини. Також застосування досліджуваних регуляторів росту рослин достовірно збільшувало вміст у листках суми і співвідношення хлорофілів *a* і *b*. Кількість і маса бульбочок на кореневій системі сої зростали на 12,6 до 23,9 шт./рослину і від 741 до 1189 мг/рослину. Ризогумін і регулятори росту рослин сприяли вищому прикріпленню нижніх бобів (на 0,8–2,7 см), збільшенню числа бобів та насінин на одну рослину (відповідно на 0,9–3,4 і 2,2–8,6 шт.); маса насіння з однієї рослини і маса 1000 насінин зростали відповідно на 0,32–1,49 і 3–7 г. Як результат, урожайність насіння сої у варіантах передпосівного оброблення збільшувалася в середньому на 0,16–0,46 т/га (при НР<sub>05</sub> 0,15), а вміст білка – на 1,0–2,7%, збір олії у варіантах сумісного використання Ризогуміну й Гумісолу становив 0,35 т/га, а Ризогуміну й Емістиму С – 0,36 т/га, або на 0,08 та на 0,09 т/га більше ніж в контролі.

В. І. Нетіс [118] констатує, що інокуляція насіння сої препаратом азотфіксувальних бактерій на основі штаму *Bradyrhizobium japonicum* 634 б збільшувала кількість бобів і насінин та масу насінин з однієї рослини, також на формування репродуктивних органів сої суттєво впливали регулятори росту рослин Нановіт, Наномікс, Мегафол і Гуміфілд. Так, без обробки препаратами посівів сорту Софія на рослинах нараховувався у середньому 31 біб, тоді як за обробки вказаними препаратами їх було 35 шт., або на 4 боби

більше. В оброблених рослин формувалось на 8 насінин більше, ніж в контролі, а маса 1000 насінин збільшувалась на 1,9 г.

Н. В. Ковальчук [119] стверджує, що передпосівна бактеризація насіння сої сорту Хвиля істотно впливала на якісні показники зерна. Так, передпосівна інокуляція бактеріями штаму 1К і 2К зумовлювала формування найвищого вмісту сирого протеїну в зерні (34,2–34,9%). В контрольному варіанті (без обробок і без сидерації) вміст білка в насінні сої становив 33,3%, однак застосування передпосівної інокуляції насіння штамом 1К збільшувало вміст білка в зерні на 1,6%, найвищий вміст олії (21,4%) був у варіантах, де застосовували передпосівну бактеризацію насіння штамми бактерій 1К і 2К.

Науковці також стверджують [120–126], що інокуляція насіння перед посівом та застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин є основними елементами сучасних технологій вирощування зернобобових культур. Дані препарати не тільки підвищують урожайність бобових, а й покращують якісні показники зерна, зменшують норми внесення мінеральних добрив та втрати при збиранні, сприяють зростанню кількості та маси бульбочок, підвищують нітрогеназну активність азотфіксувальних бактерій, збільшують урожайність в середньому на 8–26%.

Дослідженнями проведеними В. І. Нагорним [127] доведено, що комплексна обробка посівного матеріалу сої препаратами Вимпел-К (500 г/т) і Оракул (1,0 л/т) з наступною обробкою посівів у фазу трьох трійчатих листків регулятором росту Вимпел (500 г/га) одночасно з гербіцидом і повторна обробка в фазу бутонізації Вимпел (500 г/га) з мікродобривом Оракул мультикомплекс (1,0 л/га) збільшила врожайність сої на 0,45 т/га або 21,5%.

За даними Л. І. Прус [128], під впливом інокуляції насіння сої штамом бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium jar.* 614A, *Bradyrhizobium jar.* M-8 формувалася прибавка врожайності порівняно з контролем у межах 0,12–0,16 т/га, при цьому білковість зерна порівняно з контролем збільшувалась на 1,6%.

О. Б. Конончук і С. В. Пида [129] стверджують, що зростання насінневої продуктивності сої сорту Аннушка на 2,1 ц/га (8,0%) під впливом біопрепарату Регоплант проходила переважно за рахунок підвищення біологічного урожаю надземної маси на 8,8%, кількість бобів – 5,0%, кількості та маси насінин на рослині – 6,1 і 7,6% відповідно, густоти рослин перед збиранням урожаю – на 3,2% порівняно з контролем, зростання довжини бобів – на 1,7%.

Г. М. Господаренко і І. В. Прокопчук [130] стверджують, що істотний вплив на формування симбіотичного апарату нуту має проведення бактеризації насіння мікробним препаратом Ризобофіт (штам Н-12 із розрахунку  $10^6$  бактерій на насініну). Також встановлено, що між масою бульбочок на рослині і показником урожайності зерна нуту була помірна кореляційна залежність ( $R^2 = 0,34$ ). Очевидно, спрямованість процесів біосинтезу та їх інтенсивність і перерозподіл органічних сполук між органами рослин визначали величину врожаю нуту. Так, найвищий показник урожайності був відмічений у варіанті дослід з проведенням інокуляції на фоні внесення дефекату, фосфорних і калійних добрив та стартової дози азотних добрив (30 кг/га д.р.), що відповідно на 1,17 т/га більше контролю. Без інокуляції насіння на цьому фоні мінерального живлення врожайність нуту знижувалася відповідно на 0,50 т/га.

І. М. Кудлай та ін. [131] встановили залежність у формуванні урожайності та якості зерна сої від дії різних рівнів мінерального удобрення та бактеріального препарату Ризобофіт: найвищу врожайність скоростиглого сорту сої Білосніжка одержано у варіанті із внесенням доз добрив  $N_{30}P_{90}K_{90}$  за передпосівної інокуляції насіння – 31,9 ц/га, тоді як у варіанті без добрив і без інокуляції – 18,2 ц/га.

З. М. Грицаєнко та ін. [132] вказують, що при вирощуванні сої важливе значення має підбір гербіцидів і регуляторів росту рослин, строків і способів внесення препаратів з урахуванням видового складу бур'янів, що забезпечує їх максимальне знищення, створює сприятливі умови для росту і розвитку

рослин, а в результаті – формування оптимальної структури посівів і одержання врожаю високої якості. Так, за внесення Гезагарду 500 FW у нормах 4,0 та 5,0 л/га урожайність сої в середньому за три роки збільшувалася порівняно з контролем на 5,6 та 5,8 ц/га, тоді, як за сумісного застосування цих же норм гербіциду з регулятором росту Біолан – 7,7 та 7,4 ц/га. Подібну тенденцію було отримано і при застосуванні Десілету, внесеного у нормах 0,6 та 0,8 л/га, де урожайність сої становила 19,4 та 19,6 ц/га, що перевищувало контроль на 6,8 та 7,0 ц/га. Сумісне застосування гербіциду Десілет у тих же нормах і регулятора росту рослин Біолан сприяло приросту урожайності на рівні 8,9 та 8,7 ц/га, що було найвищим серед усіх варіантів дослідів. Також встановлено, що кількість бобів та зерен на одній рослині збільшувалася залежно від норм гербіцидів і їх сумісного застосування з Біоланом. Зокрема, за внесення Гезагарду 500 FW 4,0 л/га кількість бобів знаходилася у межах 22,7 шт., кількість зерен – 52,8 шт. Сумісне застосування Гезагарду 500 FW 4,0 л/га з Біоланом сприяло збільшенню кількості бобів до 25,1 шт. з кількістю зерен 60,5 шт. За використання Десілету 0,6 л/га кількість бобів знаходилася у межах 23,5 шт., кількість зерен – 62,0 шт. За сумісного застосування Десілету 0,6 л/га з Біоланом кількість бобів та зерен збільшувалася до 27,2 шт. з кількістю зерен – 64,6 шт. Маса 1000 зерен у контрольному варіанті становила 136,4 г, тоді як у варіантах із внесенням гербіцидів знаходилася у межах 145,0–148,0 г. При застосуванні гербіцидів сумісно з Біоланом даний показник збільшувався до 151,3–153,0 г.

За результатами досліджень С. В. Пиди і О. В. Тригуби [133], обробка насіння та рослин люпину білого регулятором росту рослин Стимпо і Регоплант та композиціями останнього з мікробним препаратом Ризобофіт сприяла накопиченню відновлювальних, моно- та кетоцукрів у листках люпину білого сортів Діста та Серпневий з перевищенням до контролю на 14,10 і 24,64%, що, очевидно, може бути пов'язано з поліпшенням азотного

живлення рослин завдяки симбіозу з активним штамом бульбочкових бактерій та інтенсифікацією проходження в рослинах фізіологічних процесів.

Результати досліджень В. М. Сміха [134] вказують на те, що наявність у посівах нуту бур'янів значно знижувала його продуктивність. Так, де бур'яни знищували через 15 діб після появи сходів культури, урожайність зерна нуту зменшувалася на 0,52 т/га або на 25,2% порівняно з показником контролю. Період вегетування бур'янів у посівах нуту до 30 діб зумовлював ще суттєвіше зниження врожайності – на 0,89 т/га або на 41,9%. Вегетування бур'янового компоненту у посівах нуту впродовж 45 і 60 діб після появи сходів культури зумовлювало втрату врожаю на 1,23 (59,0%) і 1,32 т/га (62,3%) відповідно. Тому, бур'яни є одним із головних негативних чинників впливу на формування високих та сталих врожаїв зерна нуту, оскільки навіть присутність бур'янів у посівах незначний час призводила до істотного зниження продуктивності посівів. Водночас, застосування гербіциду Фабіан (0,1 кг/га) у посівах нуту забезпечувало найвищий рівень біологічної врожайності, що перевищував в середньому забур'янений контроль на 2,3 т/га.

Н. О. Колояніді [135] стверджує, що між показником маси 1000 зерен нуту і біологічною урожайністю існує тісний кореляційний зв'язок (0,96). Також відмічено, що застосування у фазу 2–5 справжніх листків нуту бакової суміші з гербіцидів Пульсар 40 (1,0 л/га) і Базагран (2,0 л/га) сприяло збільшенню маси 1000 зерен на 4,0–39,3 г (4–22%) у порівнянні з іншими варіантами досліджу.

За повідомленням Ю. М. Шкатули і О. В. Булавко [136], поєднання гербіциду Пульсар 40 (0,7 л/га) з регулятором росту рослин Емістим С (10 мл/га) в посівах квасолі сприяло кращому формуванню симбіотичного апарату, росту і розвитку рослин квасолі та зменшувало негативну дію гербіцидів на них, при цьому рівень забур'яненості посівів суттєво зменшувався. Облік зміни кількості активних бульбочок та їх маси під впливом РРР Емістим та гербіциду Пульсар засвідчив залежність

формування симбіотичного апарату квасолі від застосування досліджуваних препаратів, де кількість бульбочок у фазу бутонізації становила 12 шт./рослину, а їх маса – 0,19 г/рослину. Рівень забур'яненості посівів квасолі зменшився в порівнянні з контрольними ділянками на період збирання на 82%, а маса бур'янової рослинності – на 87%. Урожайність насіння квасолі в середньому за роки досліджень становила 1,87 т/га, що більше ніж в контролі на 1,53 т/га.

С. В. Пида та ін. [137], досліджуючи економічну ефективність застосування біопрепаратів встановили, що найефективнішим елементом технології вирощування люпину білого сорту Діета виявилось сумісне застосування бактеріального препарату Ризобофіт (штам 367а) + регулятора росту рослин Регоплант (25 мл/т), де за урожайності 27,5 ц/га (контроль – 20,7 ц/га) чистий прибуток з 1 га становив 21732 грн. за рівня рентабельності 111%.

У дослідженнях, проведених у Вінницькому національному аграрному університеті, показано доцільність застосування препаратів Гумат універсальний, Азогран, Біокомплекс БТУ та Емочка у посівах люцерни посівної та конюшини лучної. Так, у ризосфері люцерни відмічався позитивний вплив препаратів на збільшення кількості і маси бульбочок. Застосування бактеріальних препаратів сприяло збільшенню урожайності зеленої маси рослин. Аналіз результатів використання мікробних препаратів показав, що у посівах люцерни посівної приріст зеленої маси у порівнянні із контрольним варіантом, складав при застосуванні Азограну – 1,9 т/га, при застосуванні Емочки – 3,1 т/га. Використання препарату Азогран у посівах конюшини лучної забезпечило на неудобреному фоні прибавку урожаю зеленої маси 1,9 т/га. На ділянках, де вносили препарат Емочка, прибавка урожаю зеленої маси до неудобреного фону склала 2,8 т/га [138].

О. М. Данильченко і Г. О. Жатова [139] стверджують, що використання інокуляції насіння кормових бобів і сочевиці у комплексі з внесенням мінерального добрива сприяло збільшенню кількості і маси бульбочок на



кореневій системі рослин. Максимальний показник урожайності зерна було одержано за використання бактеріального препарату Ризогумін на фоні внесення мінерального добрива ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 3,26 т/га (кормові боби) та 1,51 т/га (сочевиця).

Ряд науковців [140–142] повідомляють, що застосування біоінокулянтів Ризогумін (600 г/га), Біофосфорин (1,5 л/т), Ризобофіт (2,0 л/т) та регуляторів росту рослин Емістим С (10 мл/т), Гаупсин (4,0 л/га) у посівах бобових культур сприяє інтенсифікації генеративного розвитку рослин (збільшенню кількості квіток та збереженню бобів до фази повної стиглості), зростанню озерненості рослин, маси 1000 зерен, покращенню мінерального живлення азотом і фосфором, що забезпечує формування зростаючого рівня врожаю бобових на 13,0–16,8%.

Т. П. Новікова [143] стверджує, що передпосівна обробка насіння сочевиці регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) зумовила зростання урожайності до контролю на 6%, мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т) – 16%, їх сумішшю – 23%. У середньому за роки досліджень найвища урожайність сочевиці формувалась із внесенням Регопланту (50 мл/га) у період вегетації по фоні обробки сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т) + Регоплант (250 мл/т), де перевищення до контролю складало 0,44 т/га. Також, дана композиція препаратів забезпечила зростання якісних показників зерна сочевиці: збільшення на 6% маси 1000 зерен, 4% – натурі і 1,4% – вмісту в зерні білка.

О. М. Данильченко [144] встановив, що поєднання передпосівної інокуляції насіння гороху бактеріальним препаратом Ризогумін і внесення мінерального добрива у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  сприяло формуванню максимальних показників площі листової поверхні 57,2 тис.  $m^2$ /га та фотосинтетичного потенціалу – 1,42 млн.  $m^2 \times$ діб/га. Підвищення фотосинтетичних показників гороху обумовило підвищення врожайності зерна до 2,82 т/га, що на 0,8 т/га було більше у порівнянні з контролем.

Зважаючи на вище наведене, економічно розвинені країни, які мають можливість виготовляти і застосовувати будь-які добрива, особливо азотні (беручи до уваги вичерпність сировини для їх виробництва), нині проявляють зацікавленість у мікробних засобах інтенсифікації виробництва. Це обумовлено як суто економічними міркуваннями, так і вимогами щодо збереження довкілля. В останні роки в США, Ізраїлі, Індії, Бразилії та інших країнах досить інтенсивно застосовують біологічні препарати на основі відселекціонованих мікроорганізмів, інтродукція яких у кореневу зону рослин, забезпечує оптимальні умови для розвитку сільськогосподарських культур, і як результат – отримання високих та екологічно чистих врожаїв. В Україні також ведеться активна робота з розробки та впровадження у технології вирощування сільськогосподарських культур бактеріальних препаратів, що простежується в реєстрації низки вітчизняних мікробних препаратів: Ризобофіт (на основі *Rhizobium* spp., для бобових культур), Клепс (на основі *Klebsiella* spp.) для кукурудзи і гречки, Поліміксобактерин (на основі *Paenobacillus polymyxa*) та Альбобактерин (на основі *Achromobacter album*) для цукрового буряка [145]. Між тим, накопичено достатньо експериментальних даних, які свідчать, що регулятори росту рослин займають особливе місце у регуляції взаємовідносин між рослинами та бактеріями: вони можуть брати безпосередню участь в інокуляційному процесі, в генезі бульбочок на корінні бобових рослин, в регуляції рівня азотофіксування [146–149]. Тому, оптимізація застосування біопрепаратів зможе суттєво підсилити їх ефективність за наявності сприятливих для інокуляційного процесу екологічних умов, або ж компенсувати відсутність впливу бактеріального компонента позитивною дією регуляторів росту рослин за несприятливих погодних умов чи інших чинників. Без використання біопрепаратів для обробки насіння бобових культур виробництво недобирає як мінімум 10–30% урожаю [150]. Тому розширення асортименту біопрепаратів на основі бактерій та амінокислот на ринку України є індикатором інтересу у агровиробників та зміни умов сучасного

світового ринку, який диктує нові тенденції щодо впровадження елементів біологізації у технології вирощування бобових культур.

Таким чином, вищенаведений огляд літературних джерел, стосовно результатів досліджень роздільної та інтегрованої дії гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробних препаратів у посівах зернобобових культур, дає підставу стверджувати, що експериментальні дані з впливу препаратів на фізіолого-біохімічний стан рослин (функціонування антиоксидантної системи, проходження фотосинтетичних та ростових процесів, накопичення пігментів та ін.) і формування врожаю та його якості, наведені в наукових публікаціях на прикладі гороху озимого, майже відсутні. Також маловивченими залишаються питання функціонування симбіотичної системи «*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisum sativum* L.» та взаємодії рослин гороху озимого з ґрунтовою мікробіотою на фоні використання гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів, що не повною мірою відображає істотність впливу досліджуваних препаратів на посіви даної культури і природне навколишнє середовище. Зважаючи на вищевикладене, можна підсумувати, що дослідження роздільної і інтегрованої дії гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах гороху озимого, симбіотичну систему «*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisum sativum* L.» і мікробіологічну активність ґрунту, дадуть можливість розкрити у більш повній мірі потенціал продуктивності даної культури, що нині є вкрай важливим.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Місце проведення досліджень

Дослідження виконували у Правобережному Лісостепу України впродовж 2018–2020 рр. у польових умовах сівозміни дослідного поля кафедри біології Уманського національного університету садівництва, яке розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузькому окрузі Лісостепової Правобережної провінції України з географічними координатами за Гринвічем 48°46' північної широти, 30°14' східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м.

Дослідна ділянка поля представлена плато зі схилами південно-східної та північно-західної експозицій. Ґрунтові води розміщені на значній глибині, тому водозабезпечення польових культур в основному відбувається за рахунок атмосферних опадів. Однак, за рахунок переваг гороху озимого над його якими формами (зимостійкість, використання зимових запасів вологи, посухостійкість), формування врожаю культури відбувалось за більш-менш стабільних погодно-кліматичних умов.

#### 2.2. Погодні та ґрунтові умови проведення досліджень

Зона Лісостепу України характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою зимою, помірно вологим та теплим літом, родючими ґрунтами, що створює найсприятливіші в Україні умови для одержання високих і сталих урожаїв майже всіх тепло- і вологолюбних культур [151].

За даними метеостанції Умань, дослідне поле Уманського НУС знаходиться в підзоні нестійкого зволоження (середньобагаторічний гідротермічний коефіцієнт зволоження території – 1,2) і характеризується теплим, помірно-вологим кліматом, але в окремі роки бувають посухи, рідше

суховії. Літо тепле, помірно-вологе, а зима м'яка, хмарна, з частими відлигами і лише в окремі роки з сильними морозами [152].

Річна сума опадів у середньому складає 633 мм, а іноді коливається за роками від 300 до 750 мм. За теплий період (квітень-жовтень) випадає близько 370 мм опадів або 66% річної кількості. Найбільші місячні суми опадів припадають на літні місяці – червень і липень (66–68 мм).

Середня температура самого теплого місяця (липня) складає  $+19,0^{\circ}\text{C}$ , а найхолоднішого (січня) –  $-5,7^{\circ}\text{C}$ . Абсолютний мінімум досягає  $-39^{\circ}\text{C}$ , максимум  $+39^{\circ}\text{C}$ . Період з середньодобовою температурою більше  $+10^{\circ}\text{C}$  триває 160–165 діб. Середня річна температура становить  $+7,4^{\circ}\text{C}$ . Сума активних температур коливається в межах 2600 і  $2660^{\circ}\text{C}$ .

Сумарна сонячна радіація складає 90–94 кКал/см<sup>2</sup> (3838,5–4051,8 МДж/м<sup>2</sup>) за рік, а на частину сумарної фотосинтетично активної радіації приходить 39 ккал/см<sup>2</sup> (1663,4 МДж/м<sup>2</sup>) за період вегетації з температурою повітря вище  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Тривалість теплового періоду року з позитивною добовою температурою повітря ( $t > 0^{\circ}\text{C}$ ) складає 245 діб, у тому числі тривалість вегетаційного періоду більшості сільськогосподарських культур ( $t > 5^{\circ}\text{C}$ ) – 201 доба, періоду активної вегетації сільськогосподарських культур ( $t > 10^{\circ}\text{C}$ ) – 159 діб і найбільш забезпеченого теплом періоду ( $t > 15^{\circ}\text{C}$ ) – 109 діб. Зимовою середня добова температура повітря може досягати позитивних значень від 0 до  $+2^{\circ}\text{C}$ , а іноді  $+5^{\circ}\text{C}$  тепла. За період з температурою більше  $+10^{\circ}\text{C}$  випадає лише 300–310 мм. Відносна вологість повітря становить 76%.

Погодні умови змінюються зі зміною пори року. Так, зимовий режим погоди встановлюється при переході середньодобової температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$ . Початок зими характеризується нестійкою погодою з частою зміною морозів на відлиги. Зима в більшості років не сувора. Хоча бувають роки, коли в середньому морози досягають  $-25^{\circ}\text{C}$ . Характерною особливістю зимового сезону є наявність частих відлиг, коли температура повітря підвищується до  $+8$ – $10^{\circ}\text{C}$  тепла. Тому, в окремі зими стійкого снігового

покриву не спостерігається. В зимовий період переважає хмарна погода з незначними опадами, на долю яких приходиться 20–25% річної суми.

Весняний сезон починається з переходом середньодобової температури повітря через  $+15^{\circ}\text{C}$ . Літо характеризується високими температурами – середня температура становить  $+18^{\circ}\text{C}$  з коливаннями в окремі роки від  $+17^{\circ}\text{C}$  до  $+22^{\circ}\text{C}$ .

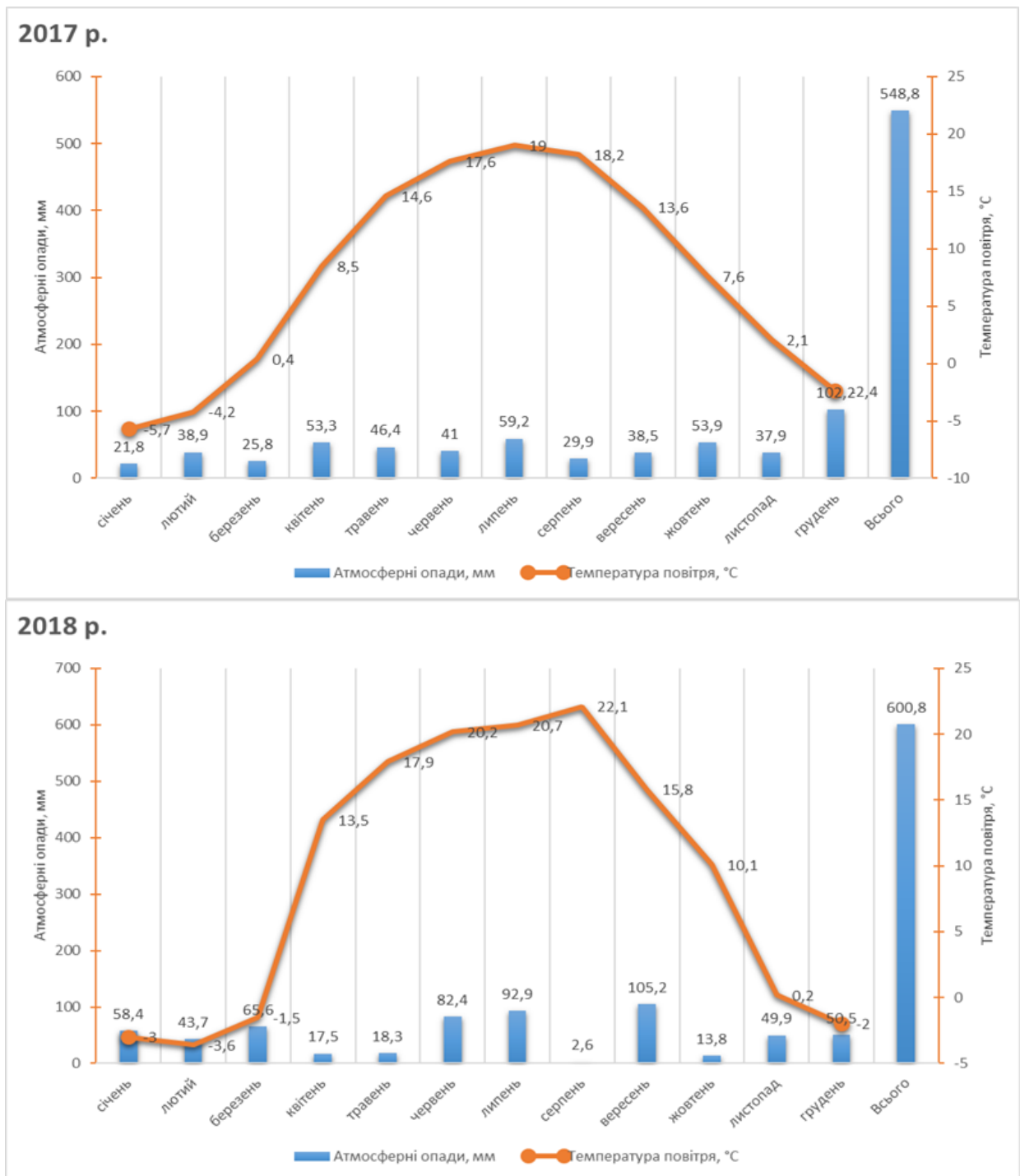
Осінь найчастіше тепла, сонячна, іноді тривала. Перехід середньодобової температури нижче  $+10^{\circ}\text{C}$  спостерігається лише в середині, а рідше – в кінці жовтня. Між кожним літом і початком осіннього сезону спостерігається передосінній період, який триває до 5–10 жовтня. Передосінній період і перша половина осені сухі, теплі. Хмарна і дощова погода настає в кінці жовтня. Впродовж передосіннього та осіннього періодів спостерігається загальне зниження температури повітря, і в кінці жовтня середньодобова температура повітря не перевищує  $+5^{\circ}\text{C}$ , що є ознакою завершення вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкосуглинковий має такі агрохімічні показники: вміст гумусу за ДСТУ 4289 – середній (3,2–3,3%) [153], рухомого фосфору і калію (за Чиріковим) – 110–120 і 80–90 мг/кг відповідно, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 100–110 мг/кг, РН сольової суспензії – 5,6–5,8, гідролітична кислотність – 28–32 мгекв. на 1 кг ґрунту [154, 155]. Характерною ознакою ґрунту дослідного поля є глибоке промивання карбонатів (на 50–70 см нижче гумусового горизонту). Верхній шар (0–30 см) – темно-сірого кольору, грудкувато-бриластий, слабо ілювійований. Шар 30–40 см – горіхувато-зернистої структури, слабо ущільнений, вологий із великою кількістю корневих залишків трав'янистої рослинності. Товщина ґрунтового профілю, включаючи горизонт Р(h)К, становить 140–160 см [156].

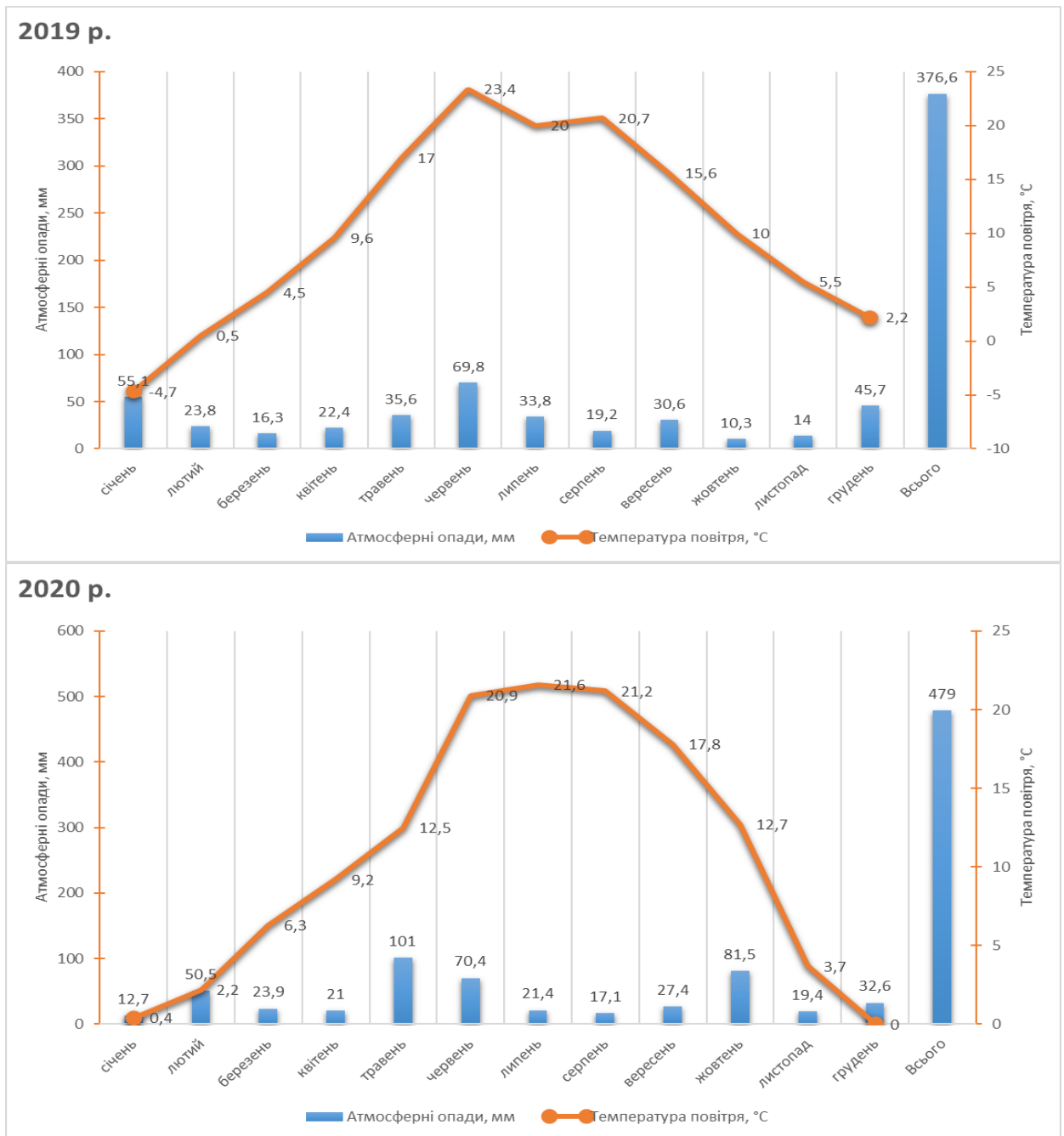
Горох озимий за своїми біологічними характеристиками вирізняється зпоміж інших зернобобових культур, а саме – стійкістю до низьких температур, можливістю використовувати зимові запаси вологи, а, отже,

раніше розпочинати вегетацію та нівелювати негативні погодні чинники у критичні періоди свого онтогенезу [157, 158].

У роки досліджень метеорологічні показники (рис. 2.1, 2.2) були типовими для зони, проте дещо різнилися за роками та в загальному були сприятливими для вирощування більшості сільськогосподарських культур, у тому числі й для гороху озимого.



**Рис. 2.1. Кількість опадів і температури в 2017 і 2018 рр. досліджень (за даними метеостанції м. Умань)**



**Рис. 2.2. Кількість опадів і температури в 2019 і 2020 рр. досліджень (за даними метеостанції м. Умань)**

У 2017 році завдяки випаданню опадів у серпні та на початку календарної осені був накопичений достатній запас вологи у ґрунті, що позитивно вплинуло на одержання дружніх сходів досліджуваної культури, а позитивні температури до грудня дозволили рослинам сформувати розвинену кореневу систему та пройти процес адаптації і загартування до настання сталих холодів (Додаток А, табл. А.1). Січень-березень 2018 року видався



сприятливим для перезимівлі рослин за температурним режимом. У квітні спостерігалось різке підвищення температур з незначними перепадами в межах декад. У весняно-літні (IV–VI) місяці формувалась оптимальна відносна вологість повітря, що не опускалась нижче 58%. У 2018 році сума опадів склала 600,8 мм при середньобогаторічній нормі 633 мм. За період вегетації (2017–2018 рр.) вересень–травень кількість опадів становила 344 мм при 334 мм за той же час багаторічними даними. Вересень 2018 року був досить сухим, випало лише 2,6 мм опадів. Жовтень 2018 року виявився теплим. Середня температура другої та третьої декад місяця складала 10,1°C і була на 2,5°C вище за середньобогаторічну. Кількість атмосферних опадів у всі три декади була на 19,2 мм меншою середньобогаторічної величини. У другій і третій декадах листопада температура повітря характеризувалась від'ємними показниками – на рівні 1,4 та 4,2°C, що на 3,4 та 5,1°C було меншим норми, тому, в цілому місяць виявився холоднішим на 1,9°C. Кількість атмосферних опадів у листопаді склала 49,9 мм, що позитивно вплинуло на вміст вологи у ґрунті. У цілому за два осінні місяці у вигляді мряки, дощу та снігу випало 63,7 мм опадів, або на 12,3 мм менше середньобогаторічної кількості. Стійкий перехід середньодобової температури повітря в бік зниження: через межу +10°C відбувся 25 жовтня, тобто на 11 діб пізніше звичайного (04. X); через +5°C – 8 листопада, тобто на 6 діб пізніше звичайного (02. XI), разом з ним завершився вегетаційний період і припинилася активна вегетація озимих; через 0°C – 12 листопада, тобто на сім діб раніше звичайного (19. XI). Зимовий період у цілому видався м'яким і відносно теплим, з тривалим сніговим покривом значної висоти. Середньомісячна температура грудня та січня була відповідно мінус 2,0 та мінус 4,7°C, що на 0,4 та 1,0°C перевищувало норму. У лютому вона мала значення плюс 0,5°C, або на 4,7°C перевищила межі середньобогаторічних показників. Атмосферних опадів, переважно у вигляді снігу, в грудні 2018 року та січні 2019 року випало майже однаково – 50,5 та 55,1 мм, що на 2,5 та 8,1 мм було більшим норми. У лютому дефіцит опадів склав 20,2 мм, тому до

середніх багаторічних даних типових показників за зимовий період їх сумарна нестача була 9,6 мм.

Екстремальних морозів упродовж зимового сезону не відмічалось, а на поверхні снігу мінімальна температура опускалась до  $-14,5^{\circ}\text{C}$  в третій декаді грудня 2018 року, а в другій декаді січня 2019 року – до  $-17,6^{\circ}\text{C}$ . Стійкий сніговий покрив, висотою 12 см, утворився у другій декаді листопада. Найбільша висота снігу за постійною рейкою відмічалась у другій декаді січня – до 29 см, а в третій декаді грудня 2018 року – другій декаді січня 2019 року, становила 7–18 см. Сніговий покрив зійшов до 5 лютого.

Весна 2019 року розпочалася в першій декаді березня з встановленням температури в межах від  $4,7$  до  $4,3^{\circ}\text{C}$ , яка тривала до третьої декади. Тому перевищення типових значень місяця склало  $4,1^{\circ}\text{C}$ . Сума атмосферних опадів березня склала 42% від норми.

Значна кількість сонячних днів квітня спричинила наростання тепла в другій декаді до  $7,3^{\circ}\text{C}$ , а в третій – до  $12,4^{\circ}\text{C}$ . Впродовж місяця атмосферних опадів випало 53% норми.

Недобором характеризувався і травень, впродовж якого випало 35,6 мм опадів проти 55 мм середньобагаторічного показника.

Температура травня подекадно підвищувалася з  $12,8$  до  $19,2^{\circ}\text{C}$ . Швидке наростання температури почалося з другої декади, коли ці значення на  $3,6^{\circ}\text{C}$  перевищили середні. Третя декада травня була на  $3,7^{\circ}\text{C}$  теплішою, тому сумарне місячне перевищення температури проти середньобагаторічних показників знаходилося на рівні  $3,7^{\circ}\text{C}$ .

Переходи середньодобової температури повітря у бік підвищення відбулися: через  $0^{\circ}\text{C}$  (безморозний період) – 25.II – на три доби раніше (28.II); через  $+5^{\circ}\text{C}$  (відновлення вегетації озимих культур) – 30.III – на добу пізніше (29.III); через  $+10^{\circ}\text{C}$  (початок вегетації теплолюбних культур) – 23.IV – на 5 діб пізніше (18. IV); через  $+15^{\circ}\text{C}$  (літній режим погоди) – 13.V – на шість діб раніше звичайного (19.V).

У цілому весняний період 2019 року за кількістю атмосферних опадів був на 67,7 мм посушливішим кліматичної норми з перевищенням середньобогаторічних значень температури на 2,5°C.

Вересень 2019 року видався посушливим. Загальна кількість опадів у цьому місяці склала лише 30,6 мм, що на 12,4 мм менше кліматичної норми. У результаті цього створилися не сприятливі умови для сівби озимих культур. Температура атмосферного повітря впродовж місяця на 2,0°C перевищувала середньобогаторічну величину і знаходилася на рівні 15,6°C. Стійкий перехід середньодобової температури повітря через +15°C у бік зниження відбувся 18 вересня, тобто на вісім діб пізніше звичайного (10.IX) [159]. У жовтні-листопаді спостерігався дефіцит вологи, який зумовив затримку появи сходів озимих, так за вказані місяці випало лише 24,3 мм опадів. Проте, формувалася режим з позитивними температурами, який зберігав свою тенденцію впродовж зимових місяців аж до настання календарної весни, що безумовно позитивно впливало на стан та перезимівлю озимих.

Весна 2020 року виявилася дещо прохолодною та з нерівномірним розподілом опадів впродовж місяців, так у березні випало – 23,9 мм, квітні – 21,0 мм та у травні – 101 мм опадів, що негативно відобразилося на розвитку та урожайності сільськогосподарських культур.

Аналіз метеорологічних умов у роки проведення досліджень дає підставу стверджувати, що погодні умови були сприятливими для росту і розвитку гороху озимого, проте простежувались незначні відмінності, які наклали свій відбиток на проходження у рослинах гороху основних фізіолого-біохімічних процесів та формування врожаю.

### **2.3. Схема досліду та методика проведення досліджень**

Дослідження з вивчення впливу гербіциду, регулятора росту рослин та мікробного препарату на рослини гороху озимого виконували в польових

(дослідне поле Уманського НУС) та лабораторних (науково-дослідна лабораторія «Екологічного моніторингу в агросфері» кафедри біології Уманського НУС) умовах.

У дослідях використовували рослини гороху озимого сорту НС Мороз, гербіцид МаксіМокс, регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс.

Горох (рід *Pisum* Z.) відноситься до родини бобових (*Fabaceae*). Об'єднує 6 видів, серед яких 2 культурні: широко розповсюджений горох посівний (*P. sativum* Z.) і горох абіссінський (*P. Abussinicum* Br.) [160].

Горох озимий сорту НС Мороз, оригінатор Сербія, (м. Нові Сад) – озимий сорт білкового гороху, призначений для виробництва зерна. Сорт створений методом «педігрі» відбором з гібридної популяції. Ультраранній сорт з рівномірним дозріванням та високою стійкістю до низьких температур на рівні з озимою пшеницею. Норма висіву – 100–110 насінин на м<sup>2</sup> – близько 200 кг/га. Рослини низькорослі, висота 60–80 см з частими вузлами в нижній частині стебла, тип листка афіла (вусатий), що збільшує стійкість до вилягання та полегшує процес збирання. Квітка – біла. Стручки розміщуються у верхній частині стебла, кількість стручків коливається в межах 10–14. Зерно кругле, від світло-кремового до світло-зеленого кольору. Маса 1000 зерен складає 180–230 г. Середній вміст сирого білку у зерні до 23%. Рекомендована зона вирощування Степ, Лісостеп, Полісся. Сорт з 2016 року внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні [161, 162].

МаксіМокс, р. к. – гербіцид контактно-системної дії для захисту сої, гороху та соняшнику від однорічних дводольних та злакових бур'янів. До складу гербіциду входить діюча речовина імазамокс, 40 г/л. Імазамокс має чітко виражену контактну та системну дію, селективний, абсорбується листками та кореневою системою, може рухатись по рослині. Діюча речовина, потрапляючи до меристематичної тканини або ділянок росту по ксилемі і флоемі, інгібує синтез ацетолактатсинтази (ALS), ферменту, що

бере участь у синтезі трьох незамінних амінокислот (валін, лейцин, ізолейцин), необхідних для синтезу білків та ДНК. Гербіцид використовується в нормі 0,75–1,0 л/га, у фазу 2–5 справжніх листків гороху, коли бур'яни знаходяться на ранніх фазах свого розвитку [163].

Агріфлекс Аміно, в. п. – регулятор росту рослин, що містить 40–50% вільних амінокислот в L-формі (доступні для рослини), 7–9% карбогідратів. Застосування препарату стимулює ростові процеси, допомагає рослині подолати сольовий стрес, низькі температури та ін. Амінокислоти, що входять до складу препарату підвищують фертильність пилку покращують засвоєння елементів живлення при внесенні добрив по листу, захищають основну культуру від стресу після обробки гербіцидами. Норма внесення 0,5–1,0 кг/га [163, 164].

Оптімайз Пульс, р. к. – сучасний біопрепарат для передпосівної обробки насіння гороху, до складу якого входить чиста культура азотфіксувальних бактерій *Rhizobium Leguminosarum*  $2,0 \times 10^9$  + ліпохітоолігосахарид  $1 \times 10^{-7}\%$ . Інокулянт, який стимулює природні ростові процеси, пов'язані з азотфіксацією та дає можливість рослинам отримати краще живлення і розвиток. Препарат Оптімайз® Пульс з «ЛХО-промоутер» технологією дозволяє підвищити рівень споживання поживних речовин, які необхідні для природних процесів росту та продуктивності культури, а також – повністю розкрити генетичний потенціал, шляхом підвищення рівня споживання поживних речовин, які впливають на імунітет та продуктивність культури. Інокуляція препаратом дозволяє значно швидше утворити симбіотичні зв'язки бактерій із кореневою системою. Обробку насіння гороху інокулянтом рекомендується проводити перед сівбою з нормою витрати 3,28 л/т [163, 165, 166].

Польовий дослід з вивчення дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс закладали за схемою:

1. Без препаратів і ручних прополювань (контроль I);

2. Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II);
3. МаксіМокс 0,8 л/га;
4. МаксіМокс 0,9 л/га;
5. МаксіМокс 1,0 л/га;
6. МаксіМокс 1,1 л/га;
7. Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
8. МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
9. МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
10. МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
11. МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
12. Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон);
13. Фон + ручні прополювання упродовж вегетації;
14. Фон + МаксіМокс 0,8 л/га;
15. Фон + МаксіМокс 0,9 л/га;
16. Фон + МаксіМокс 1,0 л/га;
17. Фон + МаксіМокс 1,1 л/га;
18. Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
19. Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
20. Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
21. Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га;
22. Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га.

Схема досліду включала самостійне застосування гербіциду та його комбінування за різних способів використання регулятора росту рослин: у варіантах 3–6 в різних нормах застосовували обробку посівів гороху озимого у фазі 3–4 розвинених вус (ВВСН 13–14) гербіцидом МаксіМокс; у варіанті 7 посіви гороху озимого обприскували регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно; у варіантах 8–11 рослини гороху озимого обприскували в тій же фазі різними нормами гербіциду МаксіМокс у баковій суміші з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га; в 12 варіанті насіннєвий матеріал

гороху озимого у день сівби обробляли мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що слугувало фоном; 14–17 варіанти – у фазі 3–4 розвинених вус (ВВСН 13–14) гороху озимого проводили обробку різними нормами гербіциду МаксіМокс на фоні обробки перед сівбою насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс; у 18 варіанті – на фоні обробки посівного матеріалу гороху озимого перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс рослини обприскували регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га; у 19–22 варіантах – проводили обробку посівів гороху озимого баковою сумішшю різних норм гербіциду МаксіМокс з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно по фоні обробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс.

Польовий дослід закладали у триразовому повторенні з послідовним розміщенням варіантів з площею ділянок 100 м<sup>2</sup>, обліковою – 40 м<sup>2</sup>. Сівбу здійснювали з нормою висіву насіння 1,1 млн. насінин на гектар. Обробку насіння гороху озимого мікробним препаратом Оптімайз Пульс проводили безпосередньо у день сівби (ВВСН 00). Обприскування вегетуючих рослин здійснювали у фазі 3–4 розвинених вус (ВВСН 13–14) за допомогою акумуляторного обприскувача Forte CL-18A з нормою витрати робочого розчину 300 л/га. Застосовували загальноприйнятту технологію вирощування гороху для даної зони, яка передбачала виконання необхідних операцій відповідно до програми досліджень [167–169]. Попередником слугувала пшениця озима.

Дослідження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс виконували також у суворо контрольованих умовах за методикою вегетаційного дослідження [170] згідно схеми:

1. Без препаратів (контроль);
2. МаксіМокс 0,8 л/га;
3. МаксіМокс 0,9 л/га;
4. МаксіМокс 1,0 л/га;

5. МаксiМокс 1,1 л/га;
6. Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
7. МаксiМокс 0,8 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
8. МаксiМокс 0,9 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
9. МаксiМокс 1,0 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
10. МаксiМокс 1,1 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
11. Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон);
12. Фон + МаксiМокс 0,8 л/га;
13. Фон + МаксiМокс 0,9 л/га;
14. Фон + МаксiМокс 1,0 л/га;
15. Фон + МаксiМокс 1,1 л/га;
16. Фон + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
17. Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
18. Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
19. Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га;
20. Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га.

У лабораторних умовах вирощування рослин гороху озимого проводили у пластиковому посуді місткістю 12 кг, використовуючи ґрунт, типовий для польового дослід. На дні кожної посудини розміщували дренаж. Вологість ґрунту контролювали ваговим методом та підтримували на рівні 60% від його повної вологості. Контроль умов росту і розвитку рослин здійснювали за допомогою штучного підсвічування люмінесцентними лампами з рівнем освітленості 800 лк упродовж 14–16 годин на добу. Температурний режим контрольованих умов підтримували на рівні 25°C. Відносну вологість повітря на рівні 60%. Бактеризацію насіння мікробним препаратом проводили у відповідній нормі, розрахованій на масу насіння, а обробку пророщених рослин гербіцидом і РРР – на площу згідно концентрації відповідної до норм застосування у польовому досліді. Перед посівом насіння пророщували протягом однієї доби у термостаті при температурі 26°C у чашках Петрі на зволоженому фільтрувальному папері.



Після посіву та досягнення рослинами фази 3–4 розвинених вус (ВВСН 13–14) проводили обробку рослин гербіцидом і РРР ручним лабораторним обприскувачем. З метою запобігання витягнення та вилягання рослин посудини з рослинами періодично (через 2 доби) переставляли місцями. В одній посудині розміщували 20 рослин, повторність досліду трьохразова.

Основні дослідження та спостереження в дослідах проводили згідно наведених нижче методик:

- фенологічні фази розвитку рослин гороху озимого визначали за шкалою ВВСН [171];

- інтенсивність проходження реакцій пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у прилистках гороху озимого оцінювали за нагромадженням кінцевого продукту процесу пероксидного окиснення ліпідів – малонового діальдегіду (МДА) за реакцією із тіобарбітуровою кислотою (ТБК) при 532 нм на спектрофотометрі LEKI SS1104 згідно методики, викладеної Ю. А. Владимировим та А. І. Арчаковим [172] у модифікації В. В. Рогожина [173]. Для цього 1 г тканини прилистків гмогенізували з 3 мл 50% етанолу та центрифугували 10 хв при 7000 об/хв. До 0,5 мл одержаного супернатанту послідовно додавали 0,5 мл 1%-ного розчину Тритону X-100, 0,2 мл 0,6 М розчину HCL і 0,8 мл 0,06 М розчину ТБК та нагрівали на водяній бані упродовж 10 хв, далі – реакцію зупиняли, охолоджуючи суміш до температури 15°C упродовж 30 хв та, стабілізуючи забарвлення, додаванням 0,2 мл 5 мМ розчину Трилона Б і 10 мл 96%-ного етанолу. За контроль брали пробірку, в яку додавали всі перераховані реактиви, крім ТБК. Оптичну щільність вимірювали за довжини хвилі 532 нм, виражаючи вміст МДА в мкМоль/г сиріої маси;

- активність GST (КФ 2.5.1.18) у прилистках гороху озимого визначали за методом описаним W. H. Nabig та ін. [174] у модифікації В. Н. Гришка і Д. В. Сищикова [175], оцінюючи швидкість утворення глутатіон-S-кон'югантів між GST і 1-хлор-2,4-динітробензолом, фіксуючи зростання

концентрації кон'югантів під час проходження реакції спектрофотометрично за довжини хвилі 340 нм;

– активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази (КФ 1.11.1.6), пероксидази (гваяколпероксидази, КФ 1.11.1.7), поліфенолоксидази (КФ 1.10.3.1) у прилистках гороху озимого визначали у відібраних польових зразках у відповідні фази розвитку рослин за методиками, описаними Х. М. Починком [176];

– вміст у прилистках хлорфілів  $a$  і  $b$ , суми хлорофілів  $(a+b)$ , каротиноїдів визначали спектрофотометрично на LEKI SS1104 з використанням формул D. Wettstein [177] для 100-го ацетону:

$$C_{\text{хл.а}} = 9,784D_{662} - 0,990D_{644}$$

$$C_{\text{хл.б}} = 21,426D_{644} - 4,650D_{622}$$

$$C_{\text{хл.а} + \text{хл.б}} = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}$$

$$C_{\text{кар.}} = 4,695D_{440,5} - 0,268C_{\text{хл.а} + \text{хл.б}}$$

де:  $C_{\text{хл.а}}$ ;  $C_{\text{хл.б}}$ ;  $C_{\text{хл.а} + \text{хл.б}}$  і  $C_{\text{кар.}}$  – відповідно концентрації хлорофілів  $a$ ,  $b$ , їх суми та каротиноїдів, мг/л;

$D$  – експериментально одержані величини оптичної щільності за відповідних довжин хвиль.

Розрахувавши концентрацію пігментів за рівняннями, визначили їх масову частку в досліджуваному матеріалі за формулою (мг/г маси сирової речовини):

$$A = \frac{C \cdot V}{H \cdot 1000},$$

де:  $C$  – концентрація пігментів, мг/л;  $V$  – об'єм екстракту, мл;  $H$  – наважка рослинного матеріалу, г;

– анатомо-морфологічні дослідження листкового апарату гороху виконували на системному мікроскопі LEICA – 295, користуючись окуляр-мікрометром МОВ-1-15 та шкалою об'єкт-мікрометра ШО-2. Відбір зразків для анатомічних досліджень здійснювали з середнього ярусу стебла, з 20 типових рослин у кожному варіанті досліду у фазу бутонізації-цвітіння

(ВВСН 51–60), згідно методики запропонованої З. М. Грицаєнко [177]: після цього корковим свердлом № 3 з прилистків одержували висічки. Знебарвлення і просвітлення відібраних висічок проводили у жавелевій воді (KOC1 + KCl) протягом 3 діб, далі їх промивали (з чотирьох разовою зміною) у дистильованій воді, знімали епідерміс та забарвлювали розчином барвника кристал-віолет (суміш 1 ml-1 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і 1 ml-1 1% водного розчину барвника) протягом 10 хв. з наступним промиванням у дистильованій воді, підготовлені таким чином препарати фіксували під накривними скельцями у гліцерині (використовували 30 препаратів). Кількість клітин підраховували в полі зору мікроскопа з наступним перерахунком на 1 мм<sup>2</sup> прилистка, розміри клітин (довжину і ширину) вимірювали окуляр-мікрометром. Площу прилистків розраховували з використанням висічок [177]. Коефіцієнт морфоструктури (Км) визначали за методикою, як відношення кількості клітин епідермісу на одиниці поверхні прилистка за дії препаратів до кількості клітин епідермісу у варіанті, де дія препаратів була виключена (контроль) [178].

– надземну масу рослин гороху озимого визначали ваговим методом [177];

– фотосинтетичну продуктивність посівів розраховували за методикою, запропованою А. О. Ничипоровичем [179];

– стан та активність функціонування симбіотичної системи «*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Pisum sativum* L.» оцінювали шляхом підрахунку кількості активних бульбочок та їх маси за методикою, викладеною В. В. Волкогоном та ін. [180], вміст у бульбочках леггемоглобіну – за Г. С. Посипановим [181];

– чисельність окремих груп мікроорганізмів ризосферного ґрунту визначали на 10 і 25 добу після внесення препаратів за загальноприйнятими у мікробіології методиками: шляхом висіву ґрунтової суспензії на відповідні агаризовані середовища – м'ясо–пептонний агар (МПА) – для загальної чисельності мікроорганізмів, середовище Чапека – для мікроміцетів,

*Azotobacter* – безазотисте живильне середовище Ешбі, підраховуючи оброслі колоніями грудочки ґрунту [182]. Чисельність мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту [177];

– облік забур'яненості посівів гороху озимого виконували кількісно-ваговим методом на 1 м<sup>2</sup> на 30 добу після внесення препаратів та перед збором урожаю за методикою С. О. Трибеля та ін. [183];

– облік врожаю гороху озимого виконували поділянково, прямим комбайнуванням з наступним зважуванням та перерахунком на стандартну вологість зерна;

– якість зерна оцінювали згідно ДСТУ 4523:2006 «Горох. Технічні умови» [184] у зразках зерна на експрес аналізаторі якості зерна FOSS Infratec 1241 у лабораторії ДПЗКУ, ПАТ філія «Уманський елеватор»; вологість – за ГОСТ 13586.5-93; масу 1000 зерен – за ГОСТ 10842-89; натуру – за ГОСТ 10840-64;

– оцінку економічної ефективності застосування гербіциду, РРР і мікробного препарату виконували розрахунковим методом з використанням технологічних карт [185];

– оцінку енергетичної ефективності виконували згідно В. О. Ушкаренка та ін. [186] та рекомендаціями, описаними О. К. Медведовським і П. І. Іваненком [187];

– статистичний аналіз експериментальних даних виконували за результатами дисперсійного і кореляційного аналізів за Б. О. Доспеховим з використанням пакету Microsoft Office Excel [188].

## РОЗДІЛ 3

# ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ТА АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ ГОРОХУ ОЗИМОГО ЗА РОЗДІЛЬНОГО ТА ІНТЕГРОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДУ МАКСІМОКС, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН АГРІФЛЕКС АМІНО ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ОПТИМАЙЗ ПУЛЬС

### 3.1. Ферментативна активність

Відомо, що негативний вплив гербіцидів інгібіторів АЛС на відносно стійкі до них культурні рослини пов'язаний з оксидним стресом, індукованим дією гербіцидів [189, 190]. Фітотоксична дія останніх опосередковується утворенням активних форм кисню [191]. Продукування АФК у культурних рослинах за дії гербіцидів може мати негативні наслідки, оскільки при цьому запускаються реакції пероксидного окиснення ліпідів [192, 193], що викликають порушення процесів метаболізму та призводять до ушкодження мембран, нуклеїнових кислот і білків. Окисні пошкодження клітинних структур рослин активними формами кисню прийнято вважати оксидним стресом [194, 195]. Індукування окисного стресу може бути пов'язане з пригніченням швидкості транспорту електронів не тільки в результаті пошкодження структури і біологічних мембран, насамперед, хлоропластів і мітохондрій, а й унаслідок недостатнього пулу відновних еквівалентів [196]. На думку Є. А. Бакуліної [197], при посиленні під час стресу одноелектронного відновлення кисню при фотосинтезі в хлоропластах і транспорту електронів при диханні в мітохондріях, спочатку утворюється синглетний кисень ( $O_2$ ), супероксид-радикал ( $O_2^-$ ), потім продукт його дисмутації –  $H_2O_2$  і, в кінці, самий токсичний гідроксильний радикал (ОН). Доведеним залишається той факт, що дія гербіцидів зумовлює зростання активності ферментів антиоксидантного захисту, зокрема GST, який бере участь в нейтралізації АФК [198, 199]. Отже, пероксидне окиснення ліпідів

нині є однією з основних причин пошкодження і загибелі клітин внаслідок дії АФК [200]. Фермент глутатіон-S-трансфераза каталізує детоксикацію пероксидів ліпідів, зв'язуючи глутатіон з гідрофобними електрофілами, або ж він може діяти як пероксидаза проти гідропероксидів вільних жирних кислот, захищаючи клітинні мембрани від ушкоджень, пов'язаних з пероксидацією ліпідів [201, 202].

Біологічним маркером, який характеризує ступінь руйнівної дії стресових чинників на рослинну клітину вважається малоновий диальдегід (МДА). На думку багатьох вчених [203–207], процес окисної деструкції клітинних мембран супроводжується значним накопиченням МДА.

За рівнем накопичення МДА можна судити про стійкість рослин до зовнішніх стресорів. Стабільно-низький рівень МДА є свідчення відсутності розвитку окисного стресу та злагодженого функціонування антиоксидантної системи рослинного організму [208].

Відповіддю рослинного організму на посилення генерації АФК є збільшення активності антиоксидантних ферментів. Це пов'язано з тим, що на початкових етапах окисного стресу баланс окиснених і відновлених сполук рухається у бік окиснення. Накопичення високої кількості окиснених сполук і сприяє активації ферментативної складової захисної системи [209].

У ході проведених досліджень встановлено залежність дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс на перебіг та проходження реакцій ПОЛ і ферментативну активність GST у рослинах гороху озимого. Так, за використання МаксіМоксу, Агріфлекс Аміно та Оптімайзу Пульс вміст малонового диальдегіду в прилистках гороху озимого збільшувався, проте у варіантах з використанням гербіциду без РРР та мікробного препарату відбувалось найістотніше зростання вмісту ТБК-активних продуктів (табл. 3.1).

За обробки рослин гороху гербіцидом МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га перевищення вмісту МДА в прилистках гороху на третю добу після внесення препарату відносно контролю становило 3,8; 7,9; 14,4 і 18,2

мкМоль/г сирової речовини та 6,9; 12,1; 20,3 і 26,4 мкМоль/г сирової речовини – на десяту добу, що, очевидно, може бути наслідком утворення активних форм кисню у відповідь на дію ксенобіотика.

Таблиця 3.1

**Вплив гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс на проходження в рослинах гороху озимого ліпопероксидаційних процесів (вегетаційний дослід, 2018 р.)**

| Варіант досліджу                                     | МДА, мкМоль/г сирової речовини |                |
|--|--------------------------------|----------------|
|  | на третю добу                  | на десяту добу |
| Без застосування препаратів (контроль)               | 12,3                           | 15,2           |
| МаксіМокс 0,8 л/га                                   | 16,1                           | 22,1           |
| МаксіМокс 0,9 л/га                                   | 20,2                           | 27,3           |
| МаксіМокс 1,0 л/га                                   | 26,7                           | 35,5           |
| МаксіМокс 1,1 л/га                                   | 30,5                           | 41,6           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                            | 9,5                            | 13,3           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 15,2                           | 20,8           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 18,5                           | 24,8           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 23,4                           | 32,7           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 27,7                           | 37,5           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)                        | 11,6                           | 13,9           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га                             | 16,2                           | 21,9           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га                             | 19,7                           | 26,4           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га                             | 25,2                           | 33,4           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га                             | 29,1                           | 38,8           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                      | 8,9                            | 12,0           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 13,8                           | 17,9           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 15,9                           | 22,1           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 19,6                           | 29,3           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 24,4                           | 36,0           |
| <i>НІР<sub>01</sub></i>                              | <i>0,19</i>                    | <i>0,26</i>    |

Сумісне використання гербіциду МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га зумовлювало зниження рівня ліпопероксидаційних процесів у рослинах гороху відносно варіантів з самостійним внесенням гербіциду на 6–12% (третя доба) і 6–8% (десята

доба), що може свідчити про позитивну дію РРР у напрямку активізації систем антиоксидантного захисту, чим забезпечувалось більш активне знешкодження як токсиканту, так і АФК [210].

Аналіз ліпопероксидаційних процесів на десятю добу після внесення препаратів показав збереження тенденції до їх зростання. Так, якщо на третю добу вміст МДА в контролі становив 12,3 мкМоль/г сирової речовини, то на десятю – 15,2 мкМоль/г сирової речовини, що може бути наслідком активізації ростових процесів, побічним продуктом обміну речовин яких також є АФК.

Застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т не вплинуло у значній мірі на проходження в рослинах реакцій ПОЛ, що підтверджувалося відповідною концентрацією МДА у варіантах досліду, де гербіцид використовували на фоні необробленого Оптімайзом Пульс насіння.

Комплексне застосування гербіциду МаксіМокс у вищевказаних нормах з РРР Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс забезпечило на третю добу визначення зниження вмісту в рослинах гороху МДА порівняно з варіантами самостійного застосування гербіциду на 2,3–6,1 мкМоль/г сирової речовини, на десятю добу – 4,2–5,6 мкМоль/г сирової речовини.

Аналізуючи активність глутатіон-S-трансфери в рослинах гороху озимого, можна відмітити, як і в випадку з ПОЛ, залежність її показників від дії біологічно активних речовин (табл. 3.2). Так, у варіантах із застосуванням МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га активність GST перевищувала контроль на 0,48; 0,75; 0,83 та 0,11 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. відповідно на третю добу і на 0,88; 1,32; 1,46 та 0,18 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. – десятю добу визначення. За внесення сумішей препаратів гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га перевищення показників активності GST на третю добу до контролю складало в середньому 0,45–1,0 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв.



та на 0,59–1,50 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. – на десяту добу відповідно. Підвищення показників активності GST у варіантах з сумісним застосуванням гербіциду і PPP, очевидно, може бути результатом безпосереднього стимулювального впливу екзогенного рістрегулятора на стан GST [211].

Таблиця 3.2

**Вплив гербіциду МаксiМокс, PPP Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс на активність в рослинах гороху озимого ферменту GST (вегетаційний дослід, 2018 р.)**

| Варіант досліджу                                     | GST, мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. |                |
|--|---|----------------|
|  | на третю добу                           | на десяту добу |
| Без застосування препаратів (контроль)               | 2,44                                    | 2,76           |
| МаксіМокс 0,8 л/га                                   | 2,92                                    | 3,64           |
| МаксіМокс 0,9 л/га                                   | 3,19                                    | 4,08           |
| МаксіМокс 1,0 л/га                                   | 3,27                                    | 4,22           |
| МаксіМокс 1,1 л/га                                   | 2,55                                    | 2,94           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                            | 2,83                                    | 3,10           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 2,98                                    | 3,83           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 3,31                                    | 3,99           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 3,44                                    | 4,26           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 2,89                                    | 3,35           |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)                        | 2,77                                    | 3,06           |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га                             | 2,85                                    | 3,57           |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га                             | 3,18                                    | 3,85           |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га                             | 3,38                                    | 4,11           |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га                             | 2,72                                    | 3,13           |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                      | 2,94                                    | 3,17           |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га | 3,22                                    | 3,97           |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га | 3,97                                    | 4,16           |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га | 4,05                                    | 4,47           |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га | 3,08                                    | 3,54           |
| <i>НІР<sub>01</sub></i>                              | <i>0,03</i>                             | <i>0,04</i>    |

Обробка рослин гороху озимого гербіцидом МаксiМокс у вищезгаданих нормах на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптiмайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечила зростання

показників активності GST відносно контролю в середньому на 0,28–0,37 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. (третя доба) та на 0,37–1,35 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. (десята доба) відповідно.

Найбільшу активність ферменту GST було відмічено у варіантах досліду із застосуванням бакових сумішей гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з PPP Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т (зростання щодо контролю складало в середньому 0,64–1,61 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. – третя доба і на 0,78–1,71 мкМоль/г сирової речовини за 1 хв. – десята доба відповідно), що опосередковано дає підставу до констатації активізації у рослинах гороху детоксикаційних процесів [210].

Схожу тенденцію у дії біологічно активних речовин на активність GST й реакцію ПОЛ у поширених сільськогосподарських культурах відмічали й інші науковці [212–214].

Крім ферменту глутатіон-S-трансферази під час стресу, викликаного дією гербіцидів, активну участь у знешкодженні АФК та деактивації ПОЛ беруть ферменти класу оксидоредуктаз (каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза), адже їм належить суттєва роль у реакціях захисту рослин від стресових чинників [215].

Ферменти каталаза і пероксидаза нейтралізують негативну дію АФК, у тому числі й  $H_2O_2$ , шляхом розкладання його до води й кисню. Поліфенолоксидаза каталізує зниження концентрації фенольних сполук, вміст яких може зростати за дії гербіцидів [81].

Антиоксидантна система зв'язує вільні радикали, які викликають деструктивні окисні процеси у клітинах, водночас нагромадження компонентів антиоксидантної системи та їх активізація сприяє інгібуванню деструктивних реакцій вільнорадикального окиснення [216].

У результатах досліджень щодо сумісного застосування гербіцидів, PPP та мікробних препаратів у посівах сільськогосподарських культур відмічається, що самостійне внесення гербіцидів викликає підвищення

інтенсивності проходження реакцій ПОЛ, тоді як поєднання гербіциду з РРР і мікробним препаратом сприяє зворотній дії [217–220].

В. Ладонін та ін. [221] відмічають, що дія гербіциду 2,4-Д різко змінює активність пероксидази у рослинах гороху. Так, дослідженнями [35, 222], що проводилися на рослинах кукурудзи та ячменю озимого встановлено, що комплексне застосування гербіциду і РРР сприяє зростанню активності ферментів класу оксидоредуктаз, які відіграють провідну роль у розкладанні активних форм кисню.

На думку З. М. Грицаєнко і В. П. Карпенко [223], внесення гербіциду Калібр 75 у нормах 30; 40; 50; 60 і 70 г/га у бакових сумішах з біологічно активними речовинами викликало підвищену активність ферменту поліфенолоксидази, яка бере активну участь у процесі розпаду фенольних сполук, що можуть утворюватися в рослинах під час детоксикації сульфенілсечовинних препаратів.

Зважаючи на вищенаведене, дослідження ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази поліфенолоксидази) мають вагомe значення у розкритті механізму захисту рослин від стресу та впливу на фізіолого-біохімічний стан рослинного організму в цілому за дії хімічних і біологічних препаратів.

Досліджуючи ферментативну активність у рослинах гороху озимого, було встановлено залежність її від застосування норм гербіциду МаксiМокс, внесених окремо і в бакових сумішах з РРР Агрiфлекс Аміно по фонi бактеризації насіння перед сівбою МБП Оптiмайз Пульс і без нього, а також – від погодних умов упродовж років досліджень (Додаток Б, табл. Б.1–Б.6). Так, у 2018 р. за самостійної обробки гербіцидом МаксiМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га простежувалось зростання активності каталази в прилистках гороху озимого у фазі бутонізації в порівнянні з контролем I на 13,4; 19,8; 22,2 та 27,5%, пероксидази – 19,0; 22,4; 29,7 та 32,2%. Проте, у фазі цвітіння в окремих варіантах дослідi активність вищевказаних ферментів дещо знижувалась відносно контролю I, зокрема за застосування МаксiМоку в

нормах 0,8 і 0,9 л/га простежувалось незначне зниження активності каталази на 6,8 і 3,7% порівняно з контролем I, а за внесення МаксіМоксу в нормах 1,0 і 1,1 л/га – зростання на 7,4 і 9,6%, пероксидази – на 4,0; 8,1; 12,2 та 23,3%.

Внесення РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га забезпечило зростання активності каталази у фазі бутонізації на 7,3%, пероксидази – на 5,5%, у фазі цвітіння каталаза зростала – на 3,4%, активність пероксидази знижувалась відносно контролю I – на 8,6%. Поєднання у бакових сумішах МаксіМокс у нормах 0,8–1,1 л/га із Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га викликало зростання активності каталази на 23,6–32,6%, пероксидази – на 27,7–53,1% у фазі бутонізації, та на 18,4–25,0 і 10,2–44,5% – у фазі цвітіння.

Бактеризація посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс з нормою внесення 3,28 л/т зумовлювала у фазі бутонізації рослин гороху зростання активності каталази на 6,3%, пероксидази – 4,8%, у фазі цвітіння каталази – на 5,7%, проте в активності пероксидази простежувалось зниження – на 7,2%.

Внесення МаксіМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га на фоні застосування передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом сприяло зростанню активності каталази на 17,9; 24,2; 32,4 і 34,3%, пероксидази – 26,3; 28,8; 57,1 і 64,2% – для фази бутонізації, і на 10,6; 18,3; 28,7 і 31,8% та 10,4; 13,0; 27,1 і 47,4% – для фази цвітіння. Ферментативна активність зростала, також і за внесення Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП, де каталаза зростала – на 12,3%, пероксидаза – на 12,9% (фаза бутонізації). Проте, у фазі цвітіння спостерігалось зростання каталази на 12,0%, активність пероксидази продемонструвала зниження – на 4%. Комплексне застосування гербіциду МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) зумовило значне зростання активності ферментів порівняно з контролем I, де каталаза зростала на 39,5–49,6%, пероксидаза – на 64,7–77,9% (фаза бутонізації) і на 25,6–39,0% та 27,0–69,2% (фаза цвітіння).

Бактеризація насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечила зростання активності поліфенолоксидази порівняно з контролем І на 11,7% – у фазу бутонізації та 11,8% – у фазу цвітіння. Обробка рослин гербіцидом МаксіМокс у вищевказаних нормах на фоні бактеризації насіння МБП зумовлювала зростання активності поліфенолоксидази на 23,5–66,0% (фаза бутонізації) і на 20,6–69,9% (фаза цвітіння), водночас за додавання до робочого розчину гербіциду РРР Агріфлекс Аміно – 32,1–71,4% та 24,6–74,3% відповідно. За самостійного застосування РРР на вищевказаному фоні спостерігалось незначне зростання активності ферменту між відповідними фазами розвитку культури (на 21,7 і 21,6% відповідно).

Вивчаючи активність ферментів класу оксидоредуктаз за дії досліджуваних препаратів у 2019 і 2020 роках нами було відмічено схожу тенденцію, що й у 2018 р., однак найвища активність ферментів була у 2019 році, що вказує про залежність проходження метаболічних та обмінних процесів у рослинах гороху озимого від погодних умов, що складалися у роки досліджень. Зокрема, найбільш помітне зростання активності каталази, пероксидази і поліфенолоксидази у 2019 році відмічалось у варіантах інтегрованого застосування МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) з Агріфлексом Аміно (1,0 кг/га) на фоні бактеризації насіння перед сівбою Оптімайз Пульс (3,28 л/т), де зростання відносно контролю І активності каталази, пероксидази і поліфенолоксидази становило – 60,5–84,0; 80,2–96,4 та 81,0–97,4% (фаза бутонізації), 31,7–55,8; 61,3–75,8 та 84,0–102,2% – фаза цвітіння. Схожу тенденцію у вищезазначених варіантах в активності каталази, пероксидази, поліфенолоксидази відмічали і у 2020 році, де перевищення у фазу бутонізації становило 55,8–69,7; 56,6–82,5 та 31,9–51,3%; а у фазу цвітіння – 37,0–50,8; 54,5–82,4 та 43,2–62,4% відповідно.

У середньому за роки досліджень активність каталази в прилистках гороху озимого у фазу бутонізації за внесення гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га порівняно з контролем І зростала на 20,1; 25,7;

30,8 та 34,7%, пероксидази – 16,4; 24,0; 40,4 та 43,8% відповідно (табл. 3.3). Очевидно, підвищення активності ферментів класу оксидоредуктаз може свідчити про вплив на рослини гербіциду як стресатора, який обумовлює генерування АФК у відповідь на активізацію метаболічних та обмінних процесів у рослинних організмах, що узгоджується з даними інших вчених [224, 225].

Обробка рослин гороху озимого РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га зумовила підвищення активності каталази відносно контролю І на 15,4%, пероксидази – 16,2%, внесення цього ж РРР на фоні бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) викликало зростання активності каталази – на 19,6%, пероксидази – на 39,0%. Таке зростання активності ферментів може свідчити про позитивний вплив регулятора росту рослин та мікробного препарату на стан антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз, що є наслідком інтенсифікації проходження в рослинах обмінних процесів, в яких ключову роль відіграють ферменти, про що повідомляють й інші дослідники [226].

Поєднання у сумішах МаксіМоксу у вищевказаних нормах із Агріфлекс Аміно зумовило підвищення активності каталази на 31,0; 48,7; 43,1 та 46,7%, пероксидази – на 45,2; 55,3; 61,5 та 68,3%.

Застосування бактеризації насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечило підвищення активності каталази на 12,6%, пероксидази – 4,4%, а у варіанті з ручним прополюваннями на цьому ж фоні – 14,7 і 9,7% відповідно для каталази і пероксидази. Очевидно, інокуляція насіння біологічно активними речовинами посилює процеси окисно-відновного характеру дії, що сприяє активізації фізіологічних процесів за рахунок покращення умов мінерального живлення, а в кінцевому результаті – підвищенню життєдіяльності рослин [227].

Внесення МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) на фоні бактеризації посівного матеріалу МБП викликало зростання активності каталази на 25,5–40,1%, пероксидази – 41,3–79,2%.

Таблиця 3.3

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у прилистках гороху озимого за дії гербіциду МаксiМокс, РРР  
Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс, фаза бутонiзацiї (середнє за 2018–2020 рр.)**

| Варіант досліджу  | Каталаза, мкМоль<br>розкладеного<br>H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /г<br>сирої речовини за<br>1 хв. | Пероксидаза,<br>мкМоль окисненого<br>гваяколу/г сирої<br>речовини за 1 хв. | Поліфенолоксидаза,<br>мкМоль<br>окисненої<br>аскорбінової<br>кислоти/г сирої<br>речовини за 1 хв. |
|---|--|--|---|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                        | 73,3   | 149,1  | 28,7  |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж<br>вегетації (контроль II) | 77,6   | 159,1  | 30,3  |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 88,1   | 173,6  | 32,7  |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 92,2   | 185,0  | 34,9  |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 95,9   | 209,4  | 38,2  |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 98,8   | 214,4  | 41,4  |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 84,6   | 173,2  | 30,3  |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                          | 96,0   | 216,5  | 37,7  |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                          | 100,9  | 231,6  | 40,6  |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                          | 104,9  | 240,8  | 43,5  |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                          | 107,5  | 250,9  | 46,4  |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/г (фон)   | 82,5   | 155,6  | 30,9  |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                             | 84,1   | 163,5  | 32,6  |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га  | 92,0   | 210,7  | 37,1  |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га  | 96,2   | 238,2  | 39,8  |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га  | 101,0  | 245,3  | 42,4  |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га  | 102,7  | 267,2  | 45,2  |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 87,7   | 207,2  | 34,5  |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                    | 112,0  | 251,6  | 43,6  |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                    | 115,9  | 268,0  | 46,5  |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                    | 120,4  | 269,0  | 48,3  |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                    | 123,9  | 279,3  | 50,3  |
| <i>НІР<sub>05</sub></i> *   | 4,0–5,6  | 7,6–14,8   | 1,4–2,5   |

Примітка: \* – наведено мінімальні та максимальні значення за роки досліджень.

Використання Агрифлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на цьому ж фоні зумовило зростання активності каталази на 19,6%, пероксидази – 39,0%.

За інтегрованого застосування досліджуваних препаратів (МаксіМокс 0,8–1,1 л/га + Агрифлекс Аміно 1,0 кг/га + Оптімайз Пульс 3,28 л/т) було відмічено найвищі показники активності ферментів класу оксидоредуктаз: каталазна активність відносно контролю I зростала на 52,8; 58,1; 64,2 та 69,0%, пероксидазна – на 68,7; 79,7; 80,4 та 87,3% відповідно. Можна констатувати, що інтегрована дія досліджуваних препаратів порівняно з їх роздільним застосуванням істотно підсилює каталазну і пероксидазну активність у рослинах гороху озимого.

Подібну тенденцію за дії біологічно активних речовин простежували в активності ферменту поліфенолоксидази. Так, за обробки рослин гороху озимого МасіМоксом у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га її активність відносно контролю I підвищувалась на 13,9; 21,6; 33,1 та 44,3% відповідно. Додавання до робочих розчинів гербіциду, PPP Агрифлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га, зумовлювало підвищення активності поліфенолоксидази на 31,4; 41,5; 51,5 та 61,7%, а за самостійного використання PPP – 5,6%.

Передпосівна бактеризація посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечувала зростання активності поліфенолоксидази порівняно з контролем I на 7,7%. Внесення МаксіМоксу у вищевказаних нормах на фоні бактеризованого насіння МБП викликало зростання активності даного ферменту на 29,3; 38,6; 47,7 та 57,5%, а у разі додавання до сумішей гербіциду PPP Агрифлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на цьому ж фоні – 51,9; 62,0; 68,2 та 75,2%. Самостійне внесення PPP на фоні бактеризації насіння МБП обумовлювало зростання поліфенолоксидази на 20,2%. Можна констатувати, що зростання активності поліфенолоксидази є важливим аспектом у процесах деструкції фенольних сполук, генерування яких відбувається за впливу на рослинний організм гербіцидів, а також – інгібування руйнівних реакцій вільнорадикального окиснення, про що наголошують в своїх дослідженнях й інші вчені [228].



Дослідження активності ферментів класу оксидоредуктаз у прилистках рослин гороху озимого за дії гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс у фазу цвітіння показало подібну тенденцію у ферментативних реакціях рослинного організму, що й у попередню фазу визначення (табл. 3.4). Так, за внесення гербіциду МаксiМокс (0,8–1,1 л/га) активність каталази, пероксидази та поліфенолоксидази зростала відносно контролю I відповідно на 7,8–21,4%; 10,0–39,7% і 18,2–44,7%, за дії РРР Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) – 6,5; 8,2 і 9,8%. За поєднання у сумішах тих же норм гербіциду з РРР активність даних ферментів зростала на 20,5–34,9%; 37,5–61,1% і 34,5–63,6% відповідно.

Обробка посівів гороху озимого МаксiМоксом у нормах 0,8–1,1 л/га на фоні бактеризованого перед сівбою насіння викликала зростання активності ферментів класу оксидоредуктаз відносно контролю I на 15,3–30,7% (каталаза); 30,2–66,1% (пероксидаза) і 34,0–63,6% (поліфенолоксидаза).

Найбільше зростання показників активності вищевказаних ферментів простежувалось за комплексного застосування МаксiМоксу 0,8–1,1 л/га з РРР Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні бактеризованого перед сівбою насіння МБП Оптiмайз Пульс 3,28 л/т, де активність відносно контролю I зростала для каталази – на 32,2–49,3%; пероксидази – 51,2–75,5% і поліфенолоксидази – 55,3–82,2%. Також, слід відмітити, що показники активності ферментів у фазу цвітіння дещо знижували у порівнянні з фазою бутонізації, особливо у варіантах застосування препаратів у комплексі, що може свідчити про залежність їх активності від фаз розвитку культури.

Таким чином, одержані експериментальні дані дають підставу констатувати, що за внесення в посівах гороху озимого біологічно активних речовин з високою фізіологічною дією простежуються значні зміни в активності ферментів класу оксидоредуктаз, що є відповідною реакцією рослинного організму на окиснювальний стрес.

Таблиця 3.4

**Активність ферментів класу оксидоредуктаз у прилистках гороху озимого за дії гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс, фаза цвітіння (середнє за 2018–2020 рр.)**

| Варіант досліду  | Каталаза, мкМоль розкладеного H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /г сирової речовини за 1 хв. | Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової речовини за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової речовини за 1 хв. |
|--|--|---|--|
| Без препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 79,9   | 164,7   | 26,4   |
| Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 75,1   | 171,4   | 28,4   |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 86,1   | 181,1   | 31,2   |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 89,7   | 191,6   | 33,3   |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 94,8   | 216,6   | 35,3   |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 97,0   | 230,1   | 38,2   |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 85,1   | 178,3   | 29,0   |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 96,3   | 226,4   | 35,5   |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 103,1  | 235,6   | 38,0   |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 104,5  | 254,9   | 40,4   |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 107,8  | 265,4   | 43,2   |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 85,0   | 163,7   | 29,7   |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                          | 85,9   | 173,7   | 31,0   |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 92,2   | 214,5   | 35,4   |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 95,8   | 232,8   | 37,0   |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 100,2  | 256,0   | 40,6   |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 104,5  | 273,7   | 43,2   |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 91,9   | 212,6   | 32,5   |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 105,6  | 249,0   | 41,0   |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 111,4  | 267,4   | 43,9   |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 116,2  | 277,2   | 46,1   |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 119,3  | 289,1   | 48,1   |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | 3,9–5,6  | 6,8–16,3  | 1,3–2,4  |

Примітка: \* – наведено мінімальні та максимальні значення за роки досліджень.

Водночас, за комплексного використання досліджуваних препаратів (гербіциду МаксіМокс 0,8–1,1 л/га + РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га + МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т) створюються найбільш сприятливі умови для зниження в рослинах окиснювального стресу, що демонструють підвищені показники активності ферментів у фазі бутонізації–цвітіння – каталази (32,2–69,0%), пероксидази (51,2–87,3%) і поліфенолоксидази (51,9–82,2%).

### **3.2. Вміст та співвідношення фотосинтезуючих пігментів**

Ріст і розвиток рослин є динамічним процесом, що відображає стан рослинного організму та характеризуються комплексом фізіологічних і біохімічних процесів, серед яких одним з найважливіших є фотосинтез [229]. Під час цього процесу під дією сонячної радіації рослини засвоюють неорганічні елементи, синтезуючи з них до 90–95% органічних речовин, забезпечуючи подальше їх використання під час метаболізму, росту та формування врожаю [230, 231].

Важливими складовими для оцінки діяльності фотосинтезуючої системи слугують вміст і співвідношення пігментів. Хлорофіл діє як фотокатализатор і його дефіцит сповільнює інтенсивність фотосинтезу, тому зміни в кількісному складі пігментів фотосинтезу ведуть до зміни показників хлорофілу, які перебувають в залежності з господарським урожаєм [232].

Хлорофіл *a* є головним пігментом, задіяним у процесах фотосинтезу, тоді як хлорофіл *b* виконує допоміжну функцію, спрямовану на підвищення світлозбиральної здатності пігментного комплексу в короткохвильовій ділянці червоного світла [233]. Головними функціями каротиноїдів вважають світлозбиральну, антиоксидантну, фотопротекторну і структурну [234–236].

Пігментний комплекс рослинного організму є дуже чутливим до зміни умов навколишнього середовища [237–239], тому його слід віднести до тих критеріїв, що визначають ступінь адаптації рослин до природних й антропогенних чинників навколишнього середовища.

Ряд науковців [240–247] дійшли висновку, що застосування у посівах сільськогосподарських культур препаратів з високою фізіологічною дією (гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів) може впливати на фізіолого-біохімічний стан рослинного організму, а звідси – на процеси фотосинтезу, зміни в діяльності якого характеризуються вмістом пігментів та інтенсивністю їх утворення, також встановлено, що на процес формування фотосинтетичних пігментів справляють позитивний вплив РРР і МБП.

У ході проведених досліджень встановлено зниження вмісту пігментів у прилистках гороху озимого із зростанням норм використання гербіциду (табл. 3.5). Так, за норм 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га МаксіМоксу вміст хлорофілу  $a$  в прилистках гороху озимого на третю добу після внесення препарату був на 0,02; 0,10; 0,14 та 0,19 мг/г сирої речовини нижчим за його вміст у контролі, хлорофілу  $b$  – на 0,04; 0,08; 0,11; та 0,15 мг/г сирої речовини, суми хлорофілів  $a+b$  – на 0,06; 0,18; 0,25 та 0,34 мг/г сирої речовини, а вміст каротиноїдів знижувався в порівнянні до контролю на 0,07; 0,12; 0,20 та 0,23 мг/г сирої речовини відповідно. Як повідомляють вчені [248], зниження вмісту пігментів у листках за обробки гербіцидами може бути обумовлено розвитком в рослинах процесів вільнорадикального окиснення, які активізуються на початкових етапах дії гербіциду та порушують проходження основних біохімічних реакцій.

За обприскування рослин гороху МаксіМоксом у нормах 0,8–1,0 л/га в бакових сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га вміст хлорофілів  $a$  і  $b$ , їх суми та каротиноїдів перевищував відповідні показники в контролі на 0,12; 0,07; 0,04 мг/г сирої речовини по хлорофілу  $a$ , 0,09; 0,06; 0,03 мг/г сирої речовини по хлорофілу  $b$ , 0,21; 0,13; 0,07 мг/г сирої речовини для суми хлорофілів  $a+b$  і на 0,11; 0,08 та 0,04 мг/г сирої речовини по каротиноїдах.

За використання гербіциду МаксіМокс у тих же нормах на фоні передпосівної інокуляції насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс вміст пігментів у прилистках гороху збільшувався проти контролю на 0,09; 0,04; 0,02 мг/г сирої речовини (хлорофіл  $a$ ), на 0,05; 0,04; 0,01 мг/г сирої речовини

(хлорофіл *b*), на 0,14; 0,08; 0,03 мг/г сирової речовини (сума хлорофілів *a+b*), на 0,09; 0,07; 0,02 мг/г сирової речовини (каротиноїди), проте вміст даних пігментів відносно варіантів, де гербіцид застосовували сумісно з регулятором росту рослин, був дещо нижчим.

Таблиця 3.5

**Вміст пігментів у прилистках гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс, третя доба після обприскування, мг/г сирової речовини (вегетативний дослід, 2018 р.)**

| Варіант дослідження                                  | Хлорофіл <i>a</i> | Хлорофіл <i>b</i> | Сума хлорофілів <i>a+b</i> | Каротиноїди |
|--|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------|
| Без застосування препаратів (контроль)               | 1,21              | 0,29              | 1,50                       | 1,01        |
| МаксіМокс 0,8 л/га                                   | 1,19              | 0,25              | 1,44                       | 0,94        |
| МаксіМокс 0,9 л/га                                   | 1,11              | 0,21              | 1,32                       | 0,89        |
| МаксіМокс 1,0 л/га                                   | 1,07              | 0,18              | 1,25                       | 0,81        |
| МаксіМокс 1,1 л/га                                   | 1,02              | 0,14              | 1,16                       | 0,78        |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                            | 1,55              | 0,57              | 2,12                       | 1,23        |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,33              | 0,38              | 1,71                       | 1,12        |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,28              | 0,35              | 1,63                       | 1,09        |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,25              | 0,32              | 1,57                       | 1,05        |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,19              | 0,27              | 1,46                       | 0,97        |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)                        | 1,49              | 0,52              | 2,01                       | 1,19        |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га                             | 1,30              | 0,34              | 1,64                       | 1,10        |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га                             | 1,25              | 0,33              | 1,58                       | 1,08        |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га                             | 1,23              | 0,30              | 1,53                       | 1,03        |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га                             | 1,14              | 0,25              | 1,39                       | 0,94        |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                      | 1,57              | 0,63              | 2,20                       | 1,25        |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,48              | 0,51              | 1,99                       | 1,17        |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,43              | 0,48              | 1,91                       | 1,13        |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,39              | 0,43              | 1,82                       | 1,08        |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,35              | 0,38              | 1,73                       | 1,03        |
| <i>НІР<sub>01</sub></i>                              | <i>0,06</i>       | <i>0,01</i>       | <i>0,08</i>                | <i>0,05</i> |

Найвищі показники вмісту хлорофілів *a* і *b*, їх суми та каротиноїдів простежувались у дослідних варіантах із застосуванням РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної інокуляції насіння МБП Оптімайз

Пульс 3,28 л/т, де вміст хлорофілу *a* відносно контролю зріс на 0,36 мг/г, хлорофілу *b* – на 0,34 мг/г, сума хлорофілів *a+b* – на 0,70 мг/г, вміст каротиноїдів – на 0,24 мг/г сирової речовини відповідно. За дії МаксiМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га сумісно з РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної інокуляції насіння МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т, зростання вмісту хлорофілу *a* відносно контролю складало 0,27; 0,22; 0,18 та 0,14 мг/г, хлорофілу *b* – 0,22; 0,19; 0,14 та 0,09 мг/г, суми хлорофілів *a+b* – 0,49; 0,41; 0,32 та 0,23 мг/г, вмісту каротиноїдів – 0,16; 0,12; 0,07 та 0,02 мг/г сирової речовини відповідно. Найнижчі показники вмісту хлорофілів та каротиноїдів було виявлено у варіантах, де МаксiМокс застосовували у найбільшій нормі 1,1 л/га як самостійно, так і в баковій суміші з РРР Агрiфлекс Аміно, а також за використання цієї ж норми гербициду з цим же РРР на фоні передпосівної інокуляції насіння МБП Оптімайз Пульс. Це може свідчити про негативну дію підвищених норм гербициду як безпосередньо на пігментну систему рослин гороху, так і на проходження у них обмінних процесів, які за вищих норм ксенобіотика можуть пригнічуватися [249].

Вивчення пігментної системи рослин гороху озимого на шосту добу після внесення препаратів показало значне загальне зростання вмісту фотосинтезуючих пігментів у рослинах в порівнянні до третьої доби визначення, однак за самостійного використання гербициду МаксiМокс виявлено дещо негативну тенденцію стосовно вмісту в листках гороху хлорофілів і каротиноїдів, що й в попередньому етапі їх дослідження (табл. 3.6). Так, за норм МаксiМоксу 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га вміст хлорофілу *a* в прилистках гороху у відношенні до контролю знижувався на 0,02; 0,04; 0,08 та 0,11 мг/г, хлорофілу *b* – на 0,05; 0,07; 0,10 та 0,12 мг/г, суми хлорофілів *a+b* – на 0,07; 0,11; 0,18 та 0,23 мг/г, каротиноїдів – на 0,07; 0,09; 0,14 та 0,19 мг/г сирової речовини відповідно. Обробка рослин РРР Агрiфлекс Аміно в нормі 1,0 кг/га сприяла зростанню вмісту хлорофілу *a* відносно контролю на

0,32 мг/г, хлорофілу *b* – на 0,29 мг/г, суми хлорофілів *a+b* – на 0,61 мг/г, каротиноїдів – на 0,22 мг/г сирової речовини відповідно.

Таблиця 3.6

**Вміст пігментів у прилистках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс, шоста доба  
після обприскування, мг/г сирової речовини (вегетаційний дослід, 2018 р.)**

| Варіант досліджу  | Хлорофіл<br><i>a</i> | Хлорофіл<br><i>b</i> | Сума<br>хлорофілів<br><i>a+b</i> | Кароти-<br>ноїди |
|---|----------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|
| Без застосування препаратів<br>(контроль)               | 1,29                 | 0,35                 | 1,64                             | 1,08             |
| МаксіМокс 0,8 л/га                                      | 1,27                 | 0,30                 | 1,57                             | 1,01             |
| МаксіМокс 0,9 л/га                                      | 1,25                 | 0,28                 | 1,53                             | 0,99             |
| МаксіМокс 1,0 л/га                                      | 1,21                 | 0,25                 | 1,46                             | 0,94             |
| МаксіМокс 1,1 л/га                                      | 1,18                 | 0,23                 | 1,41                             | 0,89             |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                               | 1,61                 | 0,64                 | 2,25                             | 1,30             |
| МаксіМокс 0,8 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,37                 | 0,41                 | 1,78                             | 1,17             |
| МаксіМокс 0,9 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,34                 | 0,39                 | 1,73                             | 1,14             |
| МаксіМокс 1,0 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,32                 | 0,37                 | 1,69                             | 1,11             |
| МаксіМокс 1,1 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,27                 | 0,31                 | 1,58                             | 1,05             |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т<br>(фон)                        | 1,53                 | 0,55                 | 2,08                             | 1,25             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га                                | 1,35                 | 0,40                 | 1,75                             | 1,17             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га                                | 1,32                 | 0,37                 | 1,69                             | 1,13             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га                                | 1,30                 | 0,36                 | 1,66                             | 1,09             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га                                | 1,22                 | 0,28                 | 1,50                             | 1,04             |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                      | 1,64                 | 0,66                 | 2,30                             | 1,29             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,51                 | 0,55                 | 2,06                             | 1,23             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,47                 | 0,50                 | 1,97                             | 1,16             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,43                 | 0,47                 | 1,90                             | 1,13             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га +<br>Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,39                 | 0,41                 | 1,80                             | 1,10             |
| <i>НІР<sub>01</sub></i>                                 | <i>0,06</i>          | <i>0,02</i>          | <i>0,08</i>                      | <i>0,05</i>      |

Застосування МаксіМоксу у нормах 0,8–1,0 л/га у баковій суміші з РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га забезпечило зростання вмісту хлорофілу *a* до контролю на 0,08; 0,05; 0,03 мг/г, хлорофілу *b* – на 0,06; 0,04; 0,02 мг/г, суми хлорофілів *a+b* – на 0,14; 0,09; 0,05 мг/г, каротиноїдів – на 0,09; 0,06; 0,03 мг/г сирової речовини відповідно. Обробка рослин МаксіМоксом у нормах 0,8–1,0 л/га на фоні передпосівної інокуляції насіння гороху МБП Оптімайз

Пульс 3,28 л/т сприяла підвищенню вмісту пігментів у листках гороху, але їх вміст відносно варіантів де МаксiМокс використовувався у баковій суміші з РРР Агрiфлекс Аміно був нижчим. Найвищі показники вмісту хлорофілів та каротиноїдів у прилистках були одержані у варіантах застосування РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної інокуляції насіння МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т, де вміст хлорофілу  $a$  відносно контролю зростав на 0,35 мг/г, хлорофілу  $b$  – на 0,31 мг/г, суми хлорофілів  $a+b$  – 0,66 мг/г, каротиноїдів – 0,21 мг/г сирової речовини відповідно. Варіанти з внесенням МаксiМоксу сумісно з РРР Агрiфлекс Аміно на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс забезпечили підвищення вмісту фотосинтезуючих пігментів до контролю, але були дещо нижчими, ніж у варіанті, де РРР Агрiфлекс Аміно застосовували на фоні передпосівної інокуляції МБП Оптімайз Пульс. Очевидно, це можна пояснити повною відсутністю у баковій суміші токсиканта, про що в своїх дослідженнях повідомляють й інші вчені [250].

За обробки рослин МаксiМоксом у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агрiфлекс Аміно в нормі 1,0 кг/га на фоні інокуляції насіння гороху МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т вміст хлорофілів і каротиноїдів відносно контролю зростав: 0,22; 0,18; 0,14 та 0,10 мг/г (для хлорофілу  $a$ ), 0,20; 0,15; 0,12 та 0,06 мг/г (для хлорофілу  $b$ ), 0,42; 0,33; 0,26 та 0,16 мг/г (для суми хлорофілів  $a+b$ ), 0,15; 0,08; 0,05 та 0,02 мг/г сирової речовини відповідно для каротиноїдів. Зниження вмісту хлорофілів і каротиноїдів простежувалось у варіантах самостійної дії МаксiМоксу в нормі 1,1 л/га як окремо, так і в суміші з РРР Агрiфлекс Аміно, а також за роздільного й сумісного використання даних препаратів на фоні інокуляції насіння МБП Оптімайз Пульс, що може свідчити про тривалу токсичну дію високої норми гербіциду МаксiМокс, про що вказують й інші вчені [248].

Польові дослідження засвідчили, що формування вмісту хлорофілів значною мірою залежало від застосування норм гербіциду МаксiМокс, внесених як у чистому вигляді, так і в сумішах з РРР Агрiфлекс Аміно по



фону (без нього) обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс. Так, у 2018 році застосування МаксiМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га забезпечило формування вмісту суми хлорофілів  $a+b$  у прилистках гороху озимого у фазі бутонізації на рівні 1,811; 1,824; 1,808% і 1,795% на суху речовину при 1,791% у контролі I (табл. 3.7). Збільшення норми внесення МаксiМоксу до 1,1 л/га зумовлювало зниження вмісту суми хлорофілів у прилистках порівняно з попередніми нормами застосування.

Таблиця 3.7

**Вміст хлорофілу в прилистках гороху озимого за впливу гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс (фаза бутонізації)**

| Варіант досліджу   | Хлорофіл ( $a+b$ ), % на суху речовину |              |              |                     |
|--|--|--------------|--------------|---------------------|
|  | 2018 р.                                | 2019 р.      | 2020 р.      | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 1,791                                  | 1,488        | 1,673        | 1,650               |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 1,828                                  | 1,549        | 1,721        | 1,699               |
| МаксiМокс 0,8 л/га   | 1,811                                  | 1,523        | 1,709        | 1,681               |
| МаксiМокс 0,9 л/га   | 1,824                                  | 1,540        | 1,717        | 1,693               |
| МаксiМокс 1,0 л/га   | 1,808                                  | 1,512        | 1,704        | 1,674               |
| МаксiМокс 1,1 л/га   | 1,795                                  | 1,501        | 1,692        | 1,662               |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 1,803                                  | 1,535        | 1,708        | 1,682               |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,838                                  | 1,562        | 1,739        | 1,713               |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,851                                  | 1,583        | 1,755        | 1,729               |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,833                                  | 1,556        | 1,726        | 1,705               |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,813                                  | 1,522        | 1,717        | 1,684               |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 1,816                                  | 1,544        | 1,694        | 1,684               |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 1,849                                  | 1,566        | 1,733        | 1,716               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 1,853                                  | 1,550        | 1,751        | 1,718               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 1,860                                  | 1,566        | 1,764        | 1,730               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 1,847                                  | 1,539        | 1,738        | 1,708               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 1,834                                  | 1,518        | 1,725        | 1,692               |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 1,841                                  | 1,551        | 1,727        | 1,706               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,903                                  | 1,615        | 1,822        | 1,780               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,910                                  | 1,627        | 1,834        | 1,790               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,897                                  | 1,608        | 1,815        | 1,773               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,888                                  | 1,600        | 1,809        | 1,765               |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>0,092</i>                           | <i>0,077</i> | <i>0,086</i> | –                   |

Схожу тенденцію впливу досліджуваних препаратів на вміст хлорофілів було відмічено і в інші фази розвитку гороху озимого. Так, у фазу цвітіння за внесення МаксiМоксу в нормах 0,8; 0,9 і 1,0 л/га вміст хлорофілів зростав порівняно з контролем I на 0,019; 0,052 та 0,005% на суху речовину, однак за норми 1,1 л/га відносно контролю I відмічалось його зниження на 0,007% на суху речовину (табл. 3.8, 3.9).

Таблиця 3.8

**Вміст хлорофілу в прилистках гороху озимого за впливу гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та мікробного препарату Оптiмайз Пульс (фаза цвітіння)**

| Варіант досліджу   | Хлорофіл ( <i>a+b</i> ), % на суху речовину |              |              |                      |
|--|---|--------------|--------------|----------------------|
|  | 2018 р.                                     | 2019 р.      | 2020 р.      | Середнє за три роки. |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 2,093                                       | 1,794        | 1,920        | 1,935                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 2,127                                       | 1,818        | 1,948        | 1,964                |
| МаксiМокс 0,8 л/га   | 2,112                                       | 1,810        | 1,932        | 1,951                |
| МаксiМокс 0,9 л/га   | 2,145                                       | 1,824        | 1,948        | 1,972                |
| МаксiМокс 1,0 л/га   | 2,098                                       | 1,807        | 1,921        | 1,942                |
| МаксiМокс 1,1 л/га   | 2,086                                       | 1,798        | 1,914        | 1,932                |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 2,096                                       | 1,802        | 1,923        | 1,940                |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 2,139                                       | 1,828        | 1,975        | 1,980                |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 2,155                                       | 1,837        | 1,989        | 1,993                |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 2,133                                       | 1,819        | 1,973        | 1,975                |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 2,121                                       | 1,809        | 1,959        | 1,963                |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 2,097                                       | 1,799        | 1,927        | 1,941                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 2,185                                       | 1,847        | 1,992        | 2,008                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 2,162                                       | 1,840        | 1,994        | 1,998                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 2,176                                       | 1,854        | 2,019        | 2,016                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 2,157                                       | 1,828        | 1,986        | 1,990                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 2,146                                       | 1,822        | 1,977        | 1,981                |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 2,104                                       | 1,826        | 1,941        | 1,957                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 2,195                                       | 1,890        | 2,024        | 2,036                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 2,208                                       | 1,903        | 2,037        | 2,049                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 2,178                                       | 1,882        | 2,004        | 2,021                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 2,156                                       | 1,861        | 1,995        | 2,004                |
| <i>НІР</i> <sub>05</sub>   | <i>0,106</i>                                | <i>0,091</i> | <i>0,098</i> | –                    |

У фазу утворення бобів гороху озимого вміст суми хлорофілів  $a+b$  у прилистках рослин зростав на 0,032; 0,036; 0,030 та 0,021% на суху речовину відповідно.

Встановлено, що окрім гербіциду на процес формування вмісту в прилистках гороху озимого хлорофілів значною мірою впливало застосування PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га. За такого поєднання вміст суми хлорофілів  $a+b$  у прилистках гороху озимого у фазу бутонізації зростав відносно контролю I на 0,012% на суху речовину, у фазу цвітіння – на 0,003%, у фазу утворення бобів – 0,019% відповідно.

Зростаюча тенденція формування вмісту суми хлорофілів  $a+b$  простежувалась і за внесення МаксіМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га в сумішах з PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га. За такого поєднання препаратів вміст суми хлорофілів  $a+b$  у фазу бутонізації гороху озимого зростав відносно контролю I на 0,047; 0,060; 0,042 та 0,022% на суху речовину; у фазу цвітіння – 0,046; 0,062; 0,040 та 0,028% на суху речовину; у фазу утворення бобів – 0,047; 0,059; 0,043 та 0,029% на суху речовину відповідно.

Передпосівна бактеризація посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т зумовлювала перевищення вмісту суми хлорофілів у прилистках гороху озимого у фазу бутонізації порівняно з контролем I на 0,025% на суху речовину, у фазу цвітіння – на 0,004% та у фазу утворення бобів – 0,008% відповідно.

Інтенсивне формування та накопичення суми хлорофілів  $a+b$  простежувалася і в варіантах обробки рослин гороху озимого гербіцидом МаксіМокс (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т). Так, показник вмісту суми хлорофілів  $a+b$  в даних варіантах у фазу бутонізації перевищував показник контролю I на 0,062; 0,069; 0,056 та 0,043% на суху речовину; у фазу цвітіння – на 0,069; 0,083; 0,064 та 0,053% на суху речовину та у фазу утворення бобів – на 0,039; 0,044; 0,035 та 0,032% на суху речовину

відповідно. Обробка рослин гороху озимого у період вегетації РРР Агріфлекс Аміно в нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризованого насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечила підвищення вмісту хлорофілів у прилистках гороху озимого у фазу бутонізації відносно контролю I на 0,050% на суху речовину, цвітіння – на 0,011% на суху речовину, утворення бобів – 0,027% на суху речовину відповідно.

Таблиця 3.9

**Вміст хлорофілу в прилистках гороху озимого за впливу гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та мікробного препарату  
Оптімайз Пульс (фаза утворення бобів)**

| Варіант досліджу   | Хлорофіл (a+b), % на суху речовину |              |              |                      |
|--|------------------------------------|--------------|--------------|----------------------|
|  | 2018 р.                            | 2019 р.      | 2020 р.      | Середнє за три роки. |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 1,534                              | 1,188        | 1,408        | 1,376                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 1,580                              | 1,220        | 1,444        | 1,414                |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 1,566                              | 1,211        | 1,436        | 1,404                |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 1,570                              | 1,218        | 1,440        | 1,409                |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 1,564                              | 1,206        | 1,429        | 1,399                |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 1,555                              | 1,198        | 1,419        | 1,390                |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 1,553                              | 1,191        | 1,414        | 1,386                |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,581                              | 1,226        | 1,450        | 1,419                |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,593                              | 1,239        | 1,458        | 1,430                |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,577                              | 1,224        | 1,446        | 1,415                |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1,563                              | 1,218        | 1,434        | 1,405                |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 1,542                              | 1,192        | 1,416        | 1,383                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 1,594                              | 1,242        | 1,463        | 1,433                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 1,573                              | 1,219        | 1,437        | 1,409                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 1,578                              | 1,236        | 1,444        | 1,419                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 1,569                              | 1,214        | 1,434        | 1,405                |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 1,566                              | 1,207        | 1,426        | 1,399                |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 1,561                              | 1,210        | 1,430        | 1,400                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,638                              | 1,260        | 1,500        | 1,466                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,647                              | 1,282        | 1,509        | 1,479                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,626                              | 1,253        | 1,488        | 1,414                |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1,616                              | 1,241        | 1,470        | 1,404                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>0,078</i>                       | <i>0,061</i> | <i>0,072</i> | –                    |

Найбільш активно процес нагромадження суми хлорофілів  $a+b$  відбувався у варіантах комплексного застосування гербіциду у сумішах з РРР на фоні бактеризації посівного матеріалу МБП. За внесення МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) у фазу бутонізації рослин гороху відмічалось формування вмісту суми хлорофілів  $a+b$  на рівні 1,903; 1,910; 1,897 та 1,888% на суху речовину; у фазу цвітіння – 2,195; 2,208; 2,178 та 2,156% на суху речовину; у фазу утворення бобів – 1,638; 1,647; 1,626 та 1,616% на суху речовину відповідно.

Подібну залежність у процесах накопичення у прилистках гороху озимого суми хлорофілів було відмічено і в 2019 і 2020 р., однак, аналіз даних по роках виявив деяке відхилення, що, очевидно, вказує на залежність формування даного показника від погодних умов. У 2019 році найбільший вміст суми хлорофілів  $a+b$  у прилистках гороху формувався у варіантах з комплексним застосуванням гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т), де зростання порівняно з контролем I складало у фазу бутонізації 0,127; 0,139; 0,120 та 0,112% на суху речовину; у фазу цвітіння – 0,096; 0,109; 0,088 та 0,067% на суху речовину; у фазу утворення бобів – 0,072; 0,094; 0,065 та 0,053% на суху речовину відповідно. У 2020 році у фазу бутонізації у тих же варіантах дослідження перевищення показників вмісту зелених пігментів у прилистках гороху озимого відносно контролю I складало 0,149; 0,161; 0,142 та 0,136% на суху речовину; у фазу цвітіння – 0,104; 0,117; 0,084 та 0,075% на суху речовину; у фазу утворення бобів – 0,092; 0,101; 0,080 та 0,062% на суху речовину відповідно.

Аналізуючи отримані дані у середньому за роки досліджень, слід відмітити, що вагоме зростання показників вмісту суми хлорофілів  $a+b$  простежувалося у варіанті з комплексним застосуванням гербіциду МаксіМокс у нормі 0,9 л/га у суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га

на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т. За внесення даної композиції препаратів показники вмісту суми хлорофілів  $a+b$  складали у фазу бутонізації 1,790% при 1,650% на суху речовину у контролі I; у фазу цвітіння – 2,049% при 1,935% на суху речовину у контролі I; у фазу утворення бобів – 1,479% при 1,376% на суху речовину у контролі I. Внесення максимальної норми гербіциду (1,1 л/га) призводило до найменш помітного зростання показника вмісту суми хлорофілів  $a+b$ , де перевищення відносно контролю I складало у фазах бутонізації, цвітіння, утворення бобів – 0,115; 0,069; 0,028% на суху речовину.

Одержані експериментальні дані дають підставу зробити висновки: застосування різних норм гербіциду МаксіМокс, а також поєднання їх у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс та без нього виявляє значний вплив на формування пігментного комплексу прилистків гороху озимого; за комплексного застосування МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) у поєднанні з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) у прилистках гороху озимого формується найвищий вміст суми хлорофілів  $a+b$ , який в середньому за роками та фазами розвитку культури перевищує контрольний показник на 2–8%, що свідчить про прямий та опосередкований вплив досліджуваних препаратів на проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах гороху озимого, направлених на формування оптимального фотосинтезуючого апарату, зокрема – пігментного комплексу.

### **3.3. Анатомо-морфологічні зміни прилисткового апарату й площа прилистків**

Анатомо-морфологічна структура вегетативних органів рослин за оптимальних умов навколишнього середовища є сталою і прогнозованою, однак вплив низки чинників різного походження здатний її змінювати, що

безпосередньо впливає на продуктивність посівів і якість врожаю [251]. Так, за обприскування посівів гербіцидами діюча речовина препарату, проникаючи через епідерміс в структуру листка, може змінювати перебіг фізіолого-біохімічних процесів і впливати на формування анатомічної структури листка [252].

За даними D. V. Silva та ін. [253] у рослин маніоки (*Manihot esculenta* Crantz. cv. IAC-12) за дії гербіцидів на основі нікосульфурону (60 г/га), флуазифопу (250 г/га), фомесафену (250 г/га), метрибузину (480 г/га), оксифлуорфену (720 г/га) та суміші флуазифопу + фомесафену (200+250 г/га) не було помічено візуальних ознак пошкодження, однак простежувались зміни в анатомічній будові листкового апарату. Зокрема, у оброблених рослин маніоки сумішшю гербіцидів флуазифоп + фомесафен (200+250 г/га), нікосульфурон (60 г/га), флуазифоп (250 г/га) порівняно з контролем на 75%, 60% і 50% зменшувалась товщина адаксіальної стінки епідермісу.

Дослідженнями доведено [254], що обробка рослин гороху 0,2 mM водним розчином Параквату може порушувати клітинну організацію листка та зменшувати міжклітинний простір і розміри клітин, у тому числі й епідермальних.

Результати досліджень С. М. Cabral та ін. [255] показали, що у рослин *Inga marginata*, *Handroanthus serratifolius*, *Cedrela fissilis*, *Calophyllum brasiliense*, *Psidium myrsinoides*, *Tibouchina granulosa*, *Caesalpinia ferrea*, *Caesalpinia pluviosa*, *Terminalia argentea*, *Schizolobium parahyba* за дворазової обробки гербіцидом Gamit® 36CS (ФМС, 360 г/л кломазон) у нормі 2,0 л/га на 60 і 80 добу після посадки спостерігалось зменшення товщини губчастої паренхіми (SP) у середньому на 16,3% – після першого внесення та 17,9% – після другого внесення, тоді як палисадна паренхіма, верхня (адаксіальна) та нижня (абаксіальна) епідерма, в середньому зменшувалися на 13,1; 8,22 та 7,73% відповідно за дворазового внесення гербіциду.

М. R. R. Pereira та ін. [256] повідомляють, що при застосуванні гербіциду Sethoxydium® SPC (Nufarm, 2-[1-(ethoxyimino)butyl]-5-

[ethythio)propyl]-3-hydroxy-2-cyclohexen-1-one–13,0%; інші інгредієнти: 87,0%) у нормі 184 г/га + Assist mineral oil на рослинах *Urochloa decumbens*, в листках простежувалось обмеження росту клітин епідермісу, буліморфних клітин та загальної товщини листків.

А. С. Batista та ін. [257] відмічають, що у рослин томатів, оброблених різними концентраціями гербіциду Tordon® 22K (Corteva agriscience, 4-amino-3, 5, 6-trichloropicolinic acid, potassium salt – 24,4%; інші інгредієнти –75,6%) у нормах 25 % (1,0 л/га), 50% (2,0 л/га), 75% (3,0 л/га) та 100% (4,0 л/га), товщина листової пластинки збільшувалася із зростанням концентрації гербіциду на 184%, однак при цьому простежувалась дезорганізація тканин листка: формувались клітини неправильної форми.

Дослідження Н. Anastasov [258] показали негативний вплив гербіциду на основі імазамоксу на окремі анатомічні показники листків соняшнику, що супроводжувалось зростанням розмірів асиміляційної паренхіми, зменшенням кількості продохів та їх атрофією. Неефективне функціонування продохів поряд із значним збільшенням розмірів асиміляційної паренхіми та зменшенням кількості продохів на одиниці площі листка призвело до порушення фотосинтетичних, транспіраційних та газообмінних процесів, виражених видимими ознаками фітотоксичності (деформація листя та верхівки рослин, пригнічення росту рослин, хлороз та подальше формування некротичних плям на листках соняшнику). За даними S. Asharaf та G. Murtaza [259], 0,04 М концентрація гербіциду 2,4-D зумовлявала зменшення кількості продохів на поверхні листка пшениці, про що повідомляють на інших культурах й інші дослідники [260–262].

Анатомічна будова листка може зазнавати змін за дії регуляторів росту рослин. Так, в оброблених рослин квасолі Гетероауксином (0,2 г/л) збільшувалась товщина листків (за рахунок збільшення асиміляційної тканини), зростала кількість клітин епідермісу, кількість продохів та їх площа, що пов'язано з дією Гетероауксину на меристематичні тканини на етапі поділу, розтягування клітин та формування їхніх розмірів [263].



Дослідження анатомічної будови листків сої показали, що комплексне застосування антигіберелінового препарату Хлормекватхлорид в 0,5; 0,75 та 1,0% концентрації з передпосівною інокуляцією насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс (2,8 л/т) впливало на збільшення площі клітин губчастої паренхіми, об'єму клітин стовпчастої паренхіми та кількості хлоропластів [264].

За даними З. М. Грицаєнко та Ю. І. Івасюк [265], застосування гербіциду Фабіан у нормі 90 г/га сумісно з регулятором росту рослин Регоплант у нормі 50 мл/т на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Ризобофіт у нормі 100 мл/т з Регоплантом у нормі 100 мл/т сприяло формуванню мезоморфних ознак листкового апарату сої: зростали розміри епідермальних клітин та загальна площа листкового апарату посівів.

За результатами проведених нами досліджень встановлено, що формування анатомічної структури прилистків гороху озимого залежало як від погодних умов, так і від застосування різних норм гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (Додаток В, табл. В.1–В.3).

Аналізуючи отримані дані за 2018–2020 роки (табл. 3.10) у фазу бутонізації–цвітіння за внесення МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га, спостерігалось зменшення кількості клітин на 1 мм<sup>2</sup> прилистка відносно контролю I (239 шт/мм<sup>2</sup>) на 32; 53; 45 та 15 шт. відповідно. Також, в даних варіантах відмічалася тенденція до збільшення розмірів епідермальних клітин (довжини і ширини), що зумовило зростання площі клітин на 17; 36; 14 та 4% відповідно. Зміни в кількості та площі клітин епідермісу, з одного боку, можуть бути реакцією рослин гороху озимого на зменшення конкуренції з боку сегетальної рослинності в посіві (з 41 шт/м<sup>2</sup> за норми 0,8 л/га до 16 шт/м<sup>2</sup> – за норми 1,1 л/га), і, як наслідок, покращення умов освітлення, вологозабезпечення та мінерального живлення культурних рослин.

Таблиця 3.10

**Анатомічна будова епідермісу прилистка гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс (фаза бутонізація–цвітіння, середнє за 2018–2020 р.)**

| Варіант досліджу   | Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> | Розміри однієї клітини, μm |         | Площа однієї клітини, μm <sup>2</sup> | K <sub>m</sub> |
|--|---------------------------------------|----------------------------|---------|---------------------------------------|----------------|
|  |                                       | Довжина                    | Ширина  |                                       |                |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 239                                   | 91,5                       | 12,1    | 1107,2                                | 1              |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 224                                   | 110,2                      | 14,1    | 1553,8                                | 0,93           |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 207                                   | 100,6                      | 12,9    | 1297,7                                | 0,86           |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 186                                   | 111,5                      | 13,5    | 1505,3                                | 0,77           |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 194                                   | 101,9                      | 12,4    | 1263,6                                | 0,80           |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 224                                   | 95,5                       | 12,0    | 1146,0                                | 0,93           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 218                                   | 100,8                      | 12,9    | 1300,3                                | 0,90           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 202                                   | 100,8                      | 13,7    | 1381,0                                | 0,83           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 171                                   | 111,7                      | 14,4    | 1608,5                                | 0,71           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 181                                   | 109,8                      | 13,9    | 1526,2                                | 0,76           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 210                                   | 101,6                      | 13,2    | 1341,1                                | 0,87           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 216                                   | 101,2                      | 13,5    | 1366,2                                | 0,89           |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 210                                   | 111,9                      | 14,7    | 1644,9                                | 0,87           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 194                                   | 101,6                      | 14,1    | 1432,6                                | 0,80           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 165                                   | 112,1                      | 14,7    | 1647,9                                | 0,68           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 179                                   | 110,1                      | 14,1    | 1552,4                                | 0,74           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 199                                   | 102,0                      | 13,5    | 1377,0                                | 0,83           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 204                                   | 102,3                      | 13,7    | 1401,5                                | 0,85           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 182                                   | 102,0                      | 14,5    | 1479,0                                | 0,75           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 155                                   | 113,6                      | 15,1    | 1715,4                                | 0,64           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 166                                   | 110,2                      | 14,5    | 1608,9                                | 0,68           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 189                                   | 102,8                      | 13,9    | 1428,9                                | 0,78           |
| <i>НІР</i> <sub>05</sub> *   | 9,4–10,3                              | 5,0–5,3                    | 0,6–0,7 | 70,4–73,2                             | –              |

Примітка: \* – наведено мінімальні і максимальні значення за роки досліджень

Проте, очевидно, що за максимальної норми гербіциду (1,1 л/га) виявлявся деякий фітотоксичний вплив, про що може свідчити зменшення площі клітин (у порівнянні з іншими нормами) за найнижчого рівня забур'яненості посівів. [266]. Дане твердження чітко простежується у варіанті з ручними прополювання упродовж вегетації (контроль II), що виключає вплив ксенобіотика та бур'янів, а, отже, підтверджує дані зміни, де площа клітин зросла на 40%.

Обробка рослин гербіцидом МаксiМокс у тих же нормах в суміші з РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га також зумовлювала зменшення кількості клітин як відносно контролю I, так і до варіантів із самостійним внесенням гербіциду МаксiМокс, проте у порівнянні із варіантами з самостійним внесенням гербіциду площа клітин епідермісу зростала на 6; 7; 21 та 17% відповідно. Аналогічна тенденція простежувалась і у варіантах із застосуванням гербіциду МаксiМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні оброки насіння МБП Оптiмайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де площа клітин епідермісу відносно варіанту контроль I зросла на 29; 49; 40 та 24% і на 10; 9; 23 та 20% – відносно варіантів з самостійним внесенням гербіциду. Очевидно, зменшення гербокритичного тиску на горох озимий та активізація діяльності бобово-ризобіального апарату сприяли стабілізації проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, що знижувало фітотоксичну дію на рослини гербіциду МаксiМокс і в цілому вплинуло на зростання площі клітин епідерми.

За інтегрованого застосування досліджуваних препаратів (МаксiМокс 0,8–1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га + Оптiмайз Пульс 3,28 л/т) кількість клітин на 1 мм<sup>2</sup> епідермісу прилистка зменшувалась відносно контролю I на 50–84 шт., на 25–35 шт. – до варіантів з самостійним застосуванням гербіциду МаксiМокс і на 15–21 шт. – до варіантів з МаксiМокс + Агрiфлекс Аміно, при цьому в даних варіантах простежувалось зростання площі клітин відносно контролю I у середньому на 29–55%.

Одержані дані дають підставу стверджувати, що комплексне застосування досліджуваних препаратів демонструє позитивний вплив на ростові процеси у рослинах гороху за рахунок зменшення впливу фітоценотичного чинника у вигляді бур'янового компонента (знищувальна дія гербіциду), стимулювального ефекту регулятора росту рослин (активізація росту) та покращення умов азотного живлення (активізація симбіотичних відносин горох (*Pisum sativum* L.) – *Rhizobium leguminosarum* за дії мікробного препарату), що узгоджується з дослідженнями інших вчених [81, 265, 267]. Водночас самотійна дія в наших дослідженнях гербіциду МаксіМокс, особливо за норми 1,1 л/га, демонструвала зменшення клітин епідермісу в порівнянні з іншими нормами, не дивлячись на мінімальну забур'яненість посівів, що узгоджується також з даними інших вчених [254].

Для з'ясування особливостей формування прилисткового апарату гороху нами було здійснено визначення коефіцієнта морфоструктури ( $K_M$ ), який характеризує спрямованість проходження в рослинах морфофізіологічних процесів за дії біологічно активних сполук: збільшення  $K_M$  до одиниці і більше вказує на формування у листовому апараті ознак ксероморфності, а значне зниження показника  $K_M$  – про формування у рослин листового апарату мезоморфного типу [268]. Аналізуючи отримані дані (табл. 3.10), найнижчі показники  $K_M$  було відмічено у варіантах з комплексним використанням препаратів (МаксіМокс 0,8–1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га + Оптімайз Пульс 3,28 л/т), де  $K_M$  коливався в межах 0,64–0,78, тоді як найвищий  $K_M$  було відмічено у варіантах з самотійним застосуванням гербіциду МаксіМокс (близький до 1.0). Одержані дані дають підставу стверджувати, що комплексне застосування досліджуваних препаратів забезпечувало формування у рослин ознак мезоморфності, що характерно для високоврожайних посівів, це відмічають у подібних дослідженнях й інші вчені [266, 269].

Важливим показником, що визначає потенційну продуктивність посівів, є площа листової поверхні [270], значення якої може суттєво

варіювати залежно від сортових та природно-кліматичних особливостей зони, місця вирощування культури, а також – застосовуваних препаратів, у тому числі й гербіцидів і регуляторів росту рослин. За даними М. В. Сивцева [271], гербіциди здатні пригнічувати формування рослинами листкового апарату. Тому, сумісне застосування хімічних і біологічних препаратів може накласти істотний відбиток на формування розмірів фотосинтетичного апарату рослин [272]. Результати, отримані А. А. Даценко [273], дають підставу стверджувати, що застосування для передпосівної обробки насіння гречки мікробного препарату Діазобактерин в нормах 150; 175 та 200 мл/т у суміші з регулятором росту рослин Радостим 250 мл/т та обробка у період вегетації гречки тим же регулятором росту рослин Радостим у нормі 50 мл/га зумовлювало активізацію ростових процесів окремих тканин та органів, що виражалося у зростанні площі листків в середньому на 20–30%.

Дворазове обприскування рослин гороху впродовж вегетації регуляторами росту рослин Гумаксід у нормі 0,6 л/га та АКМ 0,5 л/га зумовило зростання площі прилистків на 30–43% після першої обробки (фаза 3–4 прилистків) та на 15–18% після другої (фаза бутонізації) порівняно з необробленими рослинами [274].

Дослідження В. С. Пилипенка та ін. [275] показали, що застосування суспензійного мікробного препарату Ризугомін у нормі 150 мл/т та комплексне внесення  $N_{10-90}P_{10-90}K_{60}$  під основний обробіток ґрунту сприяло формуванню у рослин гороху в фазу цвітіння найбільшої асиміляційної поверхні листків (543,5–555,5 см<sup>2</sup> на рослину) та вмісту у них пігментів порівняно з контрольним варіантом.

У ході проведених досліджень встановлено позитивну дію від застосування гербіциду МаксіМокс, внесеного як окремо, так і в комплексі із регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно на фоні обробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс, на формування площі прилистків гороху озимого за різних погодних умов у роки експерименту (Додаток Г, табл. Г.1). Аналіз даних, отриманих у 2018 році, показав, що

застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га сприяло зростанню площі прилистків гороху озимого у фазу бутонізації–цвітіння відносно контролю I на 17; 22; 19 та 12% відповідно. Застосування МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га забезпечило зростання площі прилисткового апарату гороху озимого в середньому на 23–38%. Очевидно, зростання площі прилистків відбувалось завдяки покращенню світлового, мінерального та водного режимів за рахунок зниження чисельності бур'янового компоненту, а, отже, мінімізації конкурентних відносин за вище вказані чинники. Дана закономірність чітко простежувалась у варіанті з ручними прополюваннями упродовж вегетації (контроль II), де площа прилистків зростала відносно контролю I на 46%.

Також позитивну дію на формування прилисткового апарату гороху було виявлено у варіанті з обробкою передпосівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де площа прилистків складала 22,2 тис. м<sup>2</sup>/га, тоді як у контролі I – 21,3 тис. м<sup>2</sup>/га. Внесення МаксіМоксу у нормах 0,8–1,1 л/га на тому ж фоні забезпечило зростання показників площі прилистків відносно контролю I в середньому на 29–38%, а в порівнянні до варіантів без бактеризації посівного матеріалу на 13–16%.

Найпомітніше показники площі прилистків гороху озимого зростали у варіантах з комплексним застосуванням різних норм гербіциду МаксіМокс у сумішах із РРР Агріфлекс Аміно на фоні оброки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс, де відносно контролю I вони в середньому зросли на 40–56%, а в порівнянні до варіантів самостійного застосування гербіциду на 26–29%.

Подібна дія досліджуваних препаратів на формування прилисткового апарату гороху озимого простежувалась і в 2019 та 2020 роках. Водночас, простежувалася залежність даного поєднання від погодних умов. Так, 2019 і 2020 рр. видалися менш сприятливими за погодними показниками, тому це стало причиною деякого зниження площі прилистків. Зокрема, у 2019 р. показник площі прилистків у контрольному варіанті знизився на 8%, а у 2020

р. – на 4% в порівнянні з контрольним показником 2018 року. Проте, значне зростання площі прилистків в дані роки досліджень відмічалось у варіантах із застосуванням гербіциду МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні передпосівної обробки насіння МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/га). Зокрема, показники площі прилистків гороху у даних варіантах в порівнянні до контролю I зросли в середньому у 2019 р. – на 47–62%, а у 2020 р. – на 47–65%.

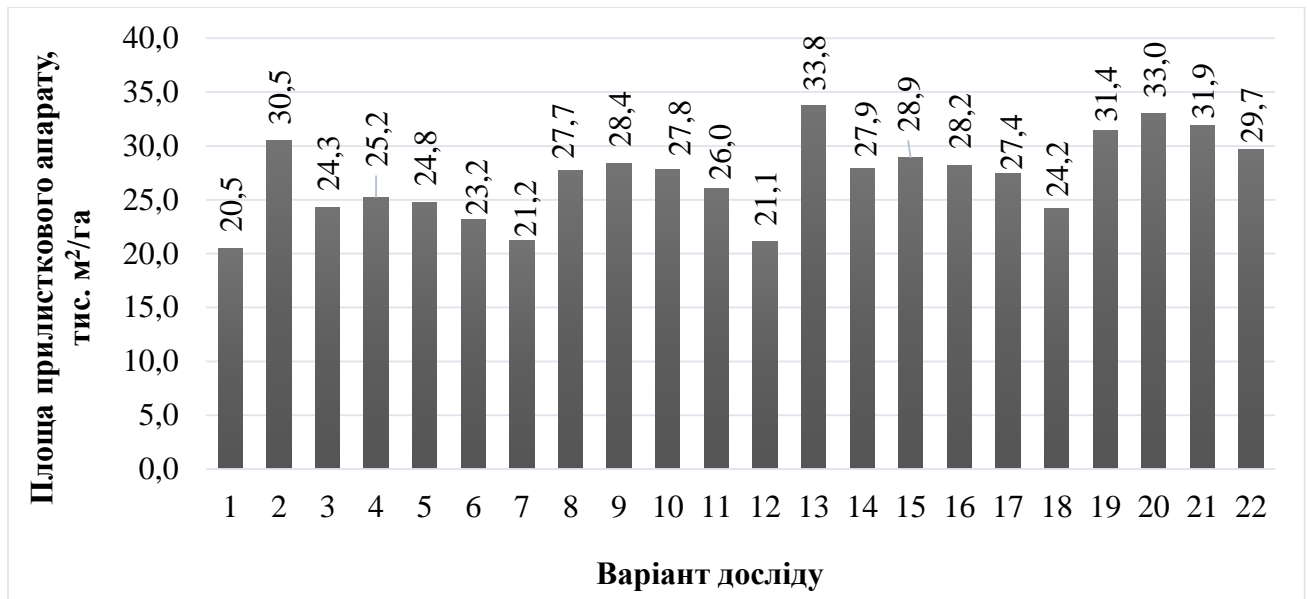
У середньому за три роки досліджень площа прилистків гороху озимого змінювалась залежно від комбінування досліджуваних препаратів та корелювала з площею епідермальних клітин (коефіцієнт кореляції становив  $r=0,81$ ). Так, у фазі бутонізація-цвітіння у контролі I загальна площа прилистків становила 20,5 тис. м<sup>2</sup> (рис. 3.1). Застосування МаксіМоку у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га призвело до збільшення площі прилистків відносно контролю I на 3,8; 4,7; 4,3 та 2,7 тис. м<sup>2</sup>/га (18; 23; 21 та 13%) відповідно. За обробки рослин гороху озимого РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га площа прилистків зростає відносно контролю I на 0,7 тис. м<sup>2</sup>/га (3%).

Застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у бакових сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га забезпечило зростання площі прилистків гороху озимого на 7,2; 7,9; 7,3 та 5,5 тис. м<sup>2</sup>/га (35; 38; 36 та 27%) відносно контролю I.

Аналогічна залежність формування площі прилистків гороху озимого була відмічена у варіантах із застосуванням гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні обробки насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що узгоджується з даними, одержаними О. І. Заболотним та ін. [50]. За повсходового внесення РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні обробки насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/га показник загальної площі прилистків перевищував контроль I на 3,7 тис. м<sup>2</sup>/га (18%) відповідно.

Використання гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у баковій суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні обробки

насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/га забезпечувало формування площі прилистків на 9,2–12,5 тис. м<sup>2</sup>/га (45–61%) більшої до контролю І.



**Рис. 3.1. Вплив гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс на формування площі прилисткового апарату гороху озимого, тис. м<sup>2</sup>/га, фаза бутонізація–цвітіння (середнє за 2018–2020 рр., НІР<sub>05</sub> 1,1–1,4)**

1 – Без препаратів і ручних прополовань (контроль І); 2 – Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль ІІ); 3, 4, 5, 6 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га; 7 – Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 8, 9, 10, 11 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 12 – Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон); 13 – Фон + ручні прополовання упродовж вегетації; 14, 15, 16, 17 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га; 18 – Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 19, 20, 21, 22 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га.

Вочевидь, що комплексне застосування суміші гербіциду МаксіМокс з РРР Агріфлекс Аміно на фоні обробки насіння МБП Оптімайз Пульс справляло сумарну позитивну дію на рослини гороху озимого, що проявлялося в активізації наростання площі прилистків за дії кількох чинників: фітоценотичного (зниження впливу бур'янів на посіви за рахунок дії гербіциду) і фізіолого-біохімічного (дія біологічно активних складових регулятора росту рослин на фоні покращення азотного живлення за рахунок активної роботи бобово-ризобіального апарату), про що в своїх роботах вказують й інші дослідники [276–278].



Обрахунок кореляційної залежності між узагальненими показниками «площа прилистків»↔«площа клітин» продемонстрував сильний кореляційний зв'язок ( $r=0,81$ ), що вказує на пряму залежність формування площі прилистків від особливостей анатомічної структури клітин епідермісу.

Отримані результати досліджень дають підставу зробити наступні висновки: внесення гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8–1,0 л/га призводить до збільшення площі епідермальних клітин за зменшення їх кількості; підвищення норми МаскіМоксу до 1,1 л/га зумовлює зменшення розмірів клітин епідермісу та їх площі; найоптимальніший вплив на формування прилистків гороху озимого складається за комплексного застосування гербіциду МаксіМокс 0,8–1,1 л/га з PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т, при цьому простежується зменшення кількості епідермальних клітин на одиниці площі прилистка за одночасного зростання їх розмірів (площа клітин зростає на 29–55% за коефіцієнта морфоструктури 0,64–0,78, площа прилистків – на 45–61%).

#### **3.4. Динаміка ростових процесів та формування надземної біомаси**

Процеси росту рослин займають одне з головних місць в агрономічних дослідженнях та викликають неабиякий інтерес у науковій спільноті, оскільки заходи регулювання продуктивності і врожайності посівів, які б в кінцевому результаті не змінювали інтенсивність, спрямованість, масштабність ростових процесів, нині відсутні. Вивчення динаміки ростових процесів дозволяє цілеспрямовано впливати на продуктивність сільськогосподарських культур. Тому оптимальні умови упродовж вегетації культури, коли вони поєднанні з правильно підібраними технологічними заходами, позитивно відображаються на рості і розвитку рослин [279].

Гербіциди за своєю дією на культурні рослини можуть виступати як інгібіторами, так і активаторами ростових процесів. Застосування мікробних,

хімічних і рістрегулюючих препаратів, що мають високу фізіологічну дію та при застосуванні в малих нормах можуть впливати на метаболізм рослин, дає можливість повніше реалізувати генетичний потенціал, а також зменшити інгібуєчий вплив гербіцидів на посіви і, як наслідок, на продуктивність сільськогосподарських культур [280, 281].

За даними В. С. Шевелухи та І. К. Бліновського [282], саме ростові показники рослин визначають розмір урожаю, оскільки в процесі росту в тканинах і органах рослин відбувається розподіл і перерозподіл первинних асимілянтів і продуктів метаболізму.

Експериментальні дані Р. М. Притуляка [283] свідчать, що застосування гербіциду Пріма (0,4–0,8 л/га) забезпечувало підвищення показників висоти рослин тритикале озимого від 4,0 до 7,4%, проте завищена норма препарату (1,0 л/га) пригнічувала ріст рослин.

Дослідженнями О. М. Мартинюка [284] встановлено, що високий рівень врожаю зернобобові культури формують лише за оптимізації факторів, що визначають інтенсивність процесу наростання надземної біомаси, накопичення сухої речовини рослинами, розміру фотосинтетичної поверхні і тривалості її активного функціонування, кількості бобів та насіння в них.

О. І. Заболотний [285] встановив, що гербіцид Базис 75 у нормі 25 г/га як окремо, так і сумісно з регулятором росту Зеастимулін, виявляв позитивну дію на ростові процеси рослин кукурудзи.

І. Б. Леонтюк [286, 287] відмічає, що підвищення норм гербіциду затримує ріст і розвиток рослин пшениці озимої у порівнянні з оптимальною нормою.

Вищенаведені експериментальні дані, викликали необхідність встановлення динаміки мінливості показників висоти рослин гороху озимого за внесення гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс. Вагомий вплив на досліджуваний показник виявляли погодні умови в роки проведення досліджень, що відобразилося на формуванні висоти рослин

у контрольному варіанті. Так, у 2018–2020 роках показники висоти складали у фазу бутонізації 48,0; 36,1; 44,3 см; у фазу цвітіння – 56,8; 49,4; 52,1 см та у фазу утворення бобів – 73,2; 68,5; 70,4 см (Додаток Д, табл. Д.1–Д.3), тобто простежувалась їх залежність від погодних умов.

Аналіз даних, отриманих у 2018 році, показав, що самостійне внесення МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) забезпечувало зростання висоти рослин гороху озимого у порівнянні з контролем І в середньому на 2–7% – у фазу бутонізації, 2–5% – у фазу цвітіння та на 0,4–2,0% – у фазу утворення бобів відповідно. Однак, застосування завищеної норми гербіциду (1,1 л/га) викликало деяке зниження досліджуваного показника відносно менших норм використання (0,8–1,0 л/га). Поєднання МаксіМоксу у нормах 0,8–1,1 л/га у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га забезпечило зростання висоти рослин відносно контролю І в середньому на 16–19% – у фазу бутонізації, 6–8% – у фазу цвітіння та 2–5% – у фазу утворення бобів відповідно.

Внесення МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) викликало підвищення показників висоти в середньому у фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів на 10; 2 та 3% відповідно.

Найвищі показники висоти рослин відносно контролю І були одержані у варіантах з комплексним застосуванням МаксіМоксу (0,9 л/га) + Агріфлекс Аміно + Оптімайз Пульс, де приріст у 2018 році становив 24% – у фазу бутонізації, 9% – у фазу цвітіння та 7% – у фазу утворення бобів.

Схожа дія досліджуваних препаратів на формування висоти рослин гороху озимого відмічалась і у 2019 та 2020 роках. Так, найвищі прирости показників висоти рослин спостерігалися у варіантах з комплексним застосуванням гербіциду МаксіМоксу (1,0 л/га) + Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) + Оптімайс Пульс (3,28 л/т), де підвищення вище зазначених показників у фази бутонізації, цвітіння та утворення бобів складало 34; 17 та 10% – у 2019 році, 29; 16 та 11% – у 2020 році відповідно.

У контрольному варіанті в середньому за три роки досліджень у фазу бутонізації висота рослин гороху озимого становила 42,8 см (табл. 3.11). Самостійне застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га забезпечувало зростання висоти рослин відносно контролю I на 8; 9; 6 та 5% відповідно.

Внесення вищезазначених норм МаксіМоксу у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га викликало зростання показників висоти рослин на 22; 23; 20 та 19% відповідно. Таке зростання показників висоти рослин гороху озимого забезпечувалося завдяки дії гербіциду на бур'яновий компонент та – рістрегулювальній дії регулятора росту рослин.

Застосування МаксіМоксу у вищевказаних нормах на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т зумовлювало зростання висоти рослин відносно контролю I у всіх варіантах дослідження. Зокрема, застосування МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) забезпечило зростання висоти рослин відносно контролю I на 2%.

Найбільший приріст висоти рослин гороху озимого простежувався у варіантах з комплексним застосуванням МаксіМоксу у нормах 0,8–1,1 л/га у баковій суміші із РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де досліджуваний показник зростає відносно контролю I у середньому на 25–28%.

У фази цвітіння та утворення бобів у посівах гороху озимого простежувалась подібна залежність. Проте, найістотніше зростання показників висоти рослин простежувалося у варіантах комплексного застосування досліджуваних препаратів з вищезгаданими нормами внесення гербіциду, де перевищення відносно контролю I у середньому становило 12–14% – у фазу цвітіння і 7–9% – у фазу утворення бобів.

Надземна маса рослин – є одним з основних факторів, від якого значною мірою залежить продуктивність культури. Вона віддзеркалює вплив на посіви погодних умов, рівня агротехніки, технології вирощування тощо.

Таблиця 3.11

**Висота рослин гороху озимого за використання гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аmіно та МБП Оптiмайз Пульс, см (середнє за 2018–2020 рр.)**

| Варіант досліду  | Фаза бутонізації |               | Фаза цвітіння |               | Фаза утворення бобів |               |
|--|------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|
|  | см               | % до контролю | см            | % до контролю | см                   | % до контролю |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 42,8             | 100,0         | 52,7          | 100,0         | 70,7                 | 100,0         |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 47,7             | 111,4         | 57,1          | 108,3         | 73,0                 | 103,2         |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 46,2             | 107,9         | 56,1          | 106,4         | 72,0                 | 101,8         |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 46,5             | 108,6         | 56,3          | 106,8         | 72,4                 | 102,4         |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 45,4             | 106,0         | 56,1          | 106,4         | 71,6                 | 101,2         |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 44,7             | 104,4         | 55,2          | 104,7         | 71,3                 | 100,8         |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 43,8             | 102,3         | 53,4          | 101,3         | 71,0                 | 100,4         |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 52,3             | 122,1         | 57,6          | 109,2         | 74,9                 | 105,9         |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 52,5             | 122,6         | 57,8          | 109,6         | 75,0                 | 105,6         |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 51,5             | 120,3         | 57,4          | 108,9         | 74,3                 | 105,0         |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 51,0             | 119,1         | 57,1          | 108,3         | 73,8                 | 104,3         |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 43,7             | 102,1         | 53,1          | 100,7         | 70,9                 | 100,2         |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 53,4             | 124,7         | 58,5          | 111,0         | 74,5                 | 105,3         |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 49,7             | 116,1         | 57,3          | 108,9         | 73,7                 | 104,2         |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 50,0             | 116,8         | 57,4          | 108,7         | 73,9                 | 104,5         |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 48,2             | 112,6         | 57,1          | 108,3         | 73,1                 | 103,3         |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 47,6             | 111,2         | 56,6          | 107,4         | 72,5                 | 102,5         |
| Фон + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                                      | 45,3             | 105,8         | 54,0          | 102,4         | 71,7                 | 101,4         |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 54,8             | 128,0         | 60,0          | 113,8         | 76,9                 | 108,7         |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 54,9             | 128,2         | 60,1          | 114,0         | 77,2                 | 109,1         |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 53,7             | 125,4         | 59,5          | 112,9         | 76,4                 | 108,0         |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 53,4             | 124,7         | 58,9          | 111,7         | 75,8                 | 107,2         |
| <i>НІР<sub>05</sub>*</i>   | 2,0–2,6          | –             | 2,7–2,9       | –             | 3,5–3,7              | –             |

*Примітка: \* наведено мінімальні та максимальні значення за роки досліджень*

Між величиною надземної маси та врожаєм зерна існує тісна позитивна залежність – чим більше вегетативна маса, тим вищий урожай зерна [288]. А. І. Задонцев, Г. Р. Пікуш та В. С. Ковтун [289], В. Д. Мединець [290] констатують, що збільшення надземної маси рослин є зовнішнім показником внутрішніх процесів, які відбуваються в рослинному організмі. Також їхніми дослідженнями встановлено, що загальний габітус рослин формується шляхом створення оптимальних умов освітлення, зволоження та живлення, що в кінцевому результаті відображається на максимальній продуктивності рослини.

У ході своїх досліджень З. М. Грицаєнко та В. П. Карпенко [291] встановили, що гербіцид Лінтур (90–140 г/га), внесений як окремо, так і сумісно з біопрепаратом Агат-25К виявляв суттєвий вплив на формування надземної маси ячменю ярого за рахунок створення найбільш сприятливих умов росту і розвитку рослин.

В. М. Мельник і С. Я. Коць [292] відмічають, що передпосівна бактеризація насіння сої культурою бактерій *B. japonicum* штам Т21-2 істотно збільшувала приріст надземної маси рослин як за оптимальних, так і за посушливих умов.

Дослідженнями В. В. Гангура та Л. С. Єремко [293] встановлено, що допосівна інокуляція насіння мікробним препаратом Ризогумін на фоні внесення мінеральних добрив  $N_{20}P_{70}K_{82}$  та  $N_{10}P_{20}K_{20}$  посилювала наростання біомаси рослин гороху, що в подальшому визначило їхню продуктивність і загальну врожайність.

О. Б. Конончук та ін. [294] стверджують, що обробка насіння РРР Регоплант і Стимпо значно посилювала процеси накопичення маси різними органами сої, стимулювала формування листової поверхні. Так, у фазу цвітіння під впливом Регопланту маса сирі надземної частини рослин сої зростала на 17,7%, а під впливом Стимпо — на 21,7% відносно контролю.

Як показали результати досліджень, наростання надземної біомаси рослин гороху озимого залежало від дії різних норм гербіциду МаксiМокс та

поєднання їх застосування у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс, а також – погодних умов, що склалися в роки проведення досліджень (Додаток Д, табл. Д.4–Д.6). Аналіз даних одержаних у 2018 році показав, що самостійне застосування гербіциду МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) зумовлювало збільшення надземної біомаси рослин гороху озимого у порівнянні з контролем І у фази бутонізації, цвітіння та утворення бобів на 7–15; 0–3 та 0,3–1,1% відповідно. Поєднання гербіциду у вищезгаданих нормах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га забезпечило зростання маси рослин гороху озимого у порівнянні з контролем І у фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів на 27–29; 8–11 та 2–5% відповідно, а за внесення цього ж гербіциду у тих самих нормах на фоні бактеризованого насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т – на 21–32; 6–10 і 3–4% відповідно.

Найістотніше наростання надземної маси рослин гороху озимого відмічалось у варіантах комплексного застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8–1,1 л/га у баковій суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризованого посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де перевищення вищезазначеного показника у фази бутонізації, цвітіння та утворення бобів відносно контролю І складало 37–44; 13–17 і 6–8% відповідно.

Тенденція 2018 року у формуванні надземної біомаси рослин гороху озимого зберігалася і в 2019 та 2020 роках. Зокрема, комплексне застосування досліджуваних препаратів у вищезгаданих нормах у фази бутонізації, цвітіння та утворення бобів зумовлювало зростання показника маси рослин відносно контролю І на 84–92; 39–41 та 21–22% – у 2019 році та 58–66; 23–26 та 10–10% – у 2020 році відповідно.

Аналіз середніх значень за три роки досліджень показав, що самостійне застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га забезпечувало зростання надземної біомаси рослин гороху озимого у

порівнянні з контролем I у вищезазначені фази розвитку культури в середньому на 18–24; 5–9 і 2–3% відповідно (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Наростання біомаси рослин гороху озимого залежно від застосування різних норм гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс (середнє за 2018–2020 рр.), г/рослину**

| Варіант досліду  | Фаза бутонізації | Фаза цвітіння    | Фаза утворення бобів |
|--|------------------|------------------|----------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 8,07             | 19,11            | 22,51                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 10,49            | 21,68            | 23,34                |
| МаксiМокс 0,8 л/га   | 9,75             | 20,67            | 23,10                |
| МаксiМокс 0,9 л/га   | 10,02            | 20,76            | 23,16                |
| МаксiМокс 1,0 л/га   | 9,55             | 20,29            | 23,00                |
| МаксiМокс 1,1 л/га   | 9,50             | 20,16            | 22,92                |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 9,28             | 19,63            | 22,74                |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 11,34            | 22,80            | 24,15                |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 11,85            | 22,88            | 24,33                |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 11,18            | 22,52            | 23,97                |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 11,06            | 22,28            | 23,87                |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 8,90             | 19,56            | 22,70                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 11,18            | 22,15            | 23,69                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 11,09            | 22,44            | 23,98                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 11,53            | 22,63            | 24,07                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 10,92            | 22,20            | 23,88                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 10,64            | 22,09            | 23,74                |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 9,85             | 20,52            | 22,98                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 12,99            | 24,06            | 25,34                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 13,29            | 24,25            | 25,41                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 12,88            | 23,83            | 25,32                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 12,66            | 23,69            | 25,18                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i> *  | <i>0,50–0,58</i> | <i>1,02–1,16</i> | <i>1,09–1,28</i>     |

Примітка: \* – наведено мінімальні та максимальні значення за роки досліджень

Внесення МаксiМоксу у цих же нормах у сумішах з РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га викликало зростання біомаси рослин гороху озимого



у фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів у порівнянні з контролем I на 37–47; 17–20 та 6–8% відповідно.

Застосування перед сівбою бактеризації насінневого матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т зумовило зростання вегетативної маси рослин гороху озимого у вищезазначені фази розвитку відносно контролю I на 10; 2 та 1%. Однак, внесений на цьому ж фоні гербіцид МаксіМокс у нормах 0,8–1,1 л/га зумовив зростання вегетативної маси рослин у фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів на 32–43; 16–18 і 5–7% відносно контролю I.

Найбільшу біомасу рослин гороху озимого були відмічено у варіантах з комплексним застосуванням гербіциду, РРР та МБП, де у фази бутонізації, цвітіння і утворення бобів у порівнянні з контролем I маса рослин зростала на 49–65; 24–27 та 12–13% відповідно.

Аналіз вищенаведених експериментальних даних дає підставу зробити наступні висновки: на ростові процеси рослин гороху озимого в значній мірі впливали погодні умови та комбінування досліджуваних препаратів; найбільше зростання висоти та надземної біомаси рослин гороху озимого простежувалося за використання гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у поєднанні з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризованого перед сівбою насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де перевищення відносно контролю I в середньому за фазами розвитку становило 7–28% – для показників висоти та 12–65% – для показників надземної біомаси.

### **3.5. Фотосинтетична продуктивність**

Важливим показником, що характеризує потенційні можливості рослин щодо формування урожаю, є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) [295]. Фотосинтетичний потенціал та його продуктивність тісно пов'язані з фотосинтезом, а точніше – з чистою продуктивністю фотосинтезу, який дає

можливість визначити лімітуючі фактори підвищення продуктивності посіву, визначити потенціал рослин та побудувати прогноз на майбутній рівень врожайності [296]. Чиста продуктивність фотосинтезу характеризується інтенсивністю нагромадження сухої біомаси врожаю упродовж доби в розрахунку на 1 м<sup>2</sup> листової поверхні рослин. Оптимальними для чистої продуктивності фотосинтезу є значення, які коливаються в межах 3–4 г/м<sup>2</sup> за добу, добрими – 4–6, відмінними – понад 6 г сухої речовини на 1 м<sup>2</sup> площі листків за добу [297, 298]. На відміну від загальної продуктивності фотосинтезу, ЧПФ не включає органічну масу, витрачену рослинами на дихання, а тільки, яка накопичується за добу. Цей показник знаходиться у певному зворотному зв'язку із розміром листової поверхні [299].

Дослідженнями проведеними у 2018–2020 роках, встановлено, що застосування різних норм гербіциду МаксiМокс як окремо, так і сумісно з РРР Агрiфлекс Аміно на фоні (без фону) бактеризації посівного матеріалу МБП Оптiмайз Пульс, по-різному впливало на формування показників чистої продуктивності фотосинтезу у посівах гороху озимого (Додаток Е, табл. Е.1). Так, у 2018 році встановлено, що за внесення МаксiМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га показники чистої продуктивності фотосинтезу зростали порівняно з контролем I на 4; 6; 4 та 3%, що може бути результатом пригнічення бур'янового компонента та покращення режиму освітлення, живлення, вологозабезпечення та ін. Водночас, застосування завищеної норми (1,1 л/га) МаксiМоксу призводило до зниження показника ЧПФ порівняно з іншими досліджуваними нормами, що, очевидно, відбувалося через зниження площі прилистової поверхні рослин гороху озимого та інгібування синтезу зелених пігментів, про що повідомляють й інші дослідники [300].

Обробка рослин гороху озимого регулятором росту Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) забезпечила зростання показника ЧПФ відносно контролю I на 2%, а за поєднання досліджуваного РРР з різними нормами МаксiМоксу (0,8–1,1 л/га) – в середньому – на 7–11%.

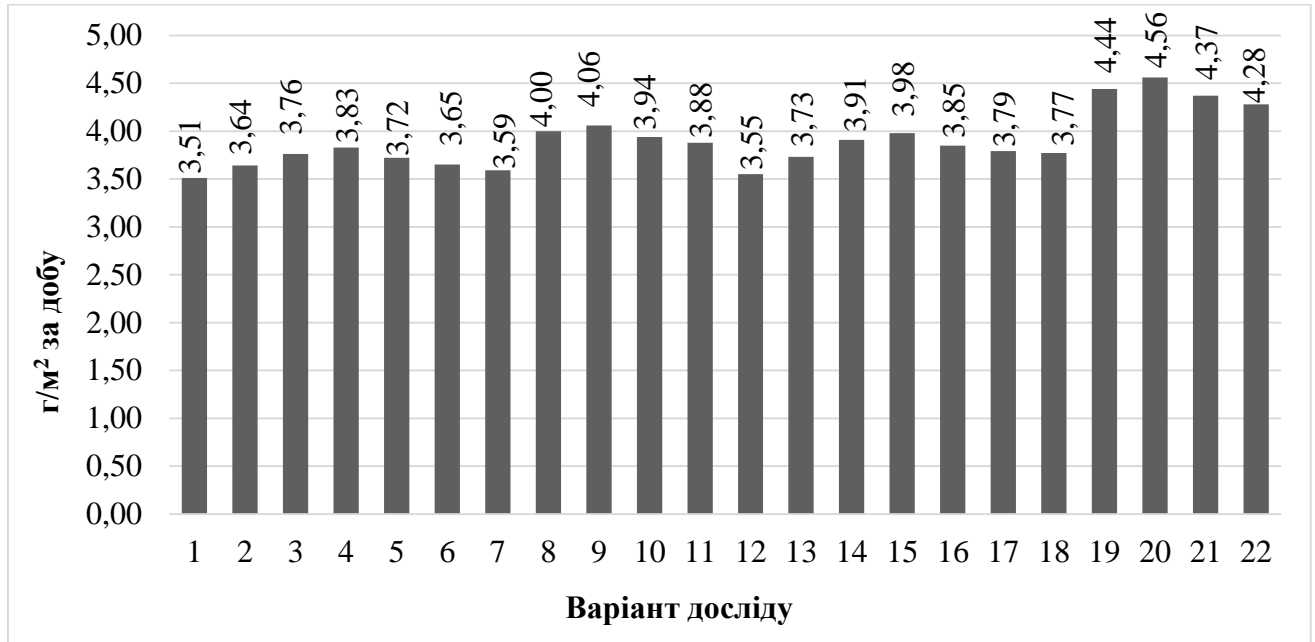
Застосування передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечило зростання показника ЧПФ відносно контролю I лише на 1%. Водночас, за обприскування посівів гороху озимого МаксіМоксом у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні бактеризованого насіння, показники ЧПФ зростали на 7; 8; 6 та 5% відповідно. Самостійне застосування РРР Агріфлекс Аміно на фоні застосування передпосівної бактеризації насіння забезпечувало зростання показника ЧПФ порівняно з контролем I на 4%.

Найоптимальніший вплив на показники ЧПФ відмічався у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризованого перед сівбою насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що відобразилось зростанням даного показника відносно контролю I на 20; 24; 18 та 15% відповідно.

У 2019 і 2020 роках формувалась схожа тенденція у формуванні показників ЧПФ посівів гороху озимого. Однак, найбільш істотно показники ЧПФ зростали у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) у сумішах з Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні бактеризованого посівного матеріалу Оптімайз Пульс (3,28 л/т), де перевищення відносно контролю I складало 22–30% – 2019 р., 29–37% – 2020 р. Слід відмітити, що на формування показників ЧПФ виявляли вплив погодні умови, які в розрізі років дещо різнилися. Так, найнижчі показники ЧПФ були відмічені у 2019 році, а найвищі – у 2018, що підтверджує залежність досліджуваного показника від факторів вологозабезпечення, температурного режиму та відносної вологості повітря у критичні періоди розвитку рослин.

Аналізуючи одержані експериментальні дані у середньому за три роки досліджень стосовно показників ЧПФ у посівах гороху озимого, слід відмітити, що застосування МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га сприяло підвищенню значень ЧПФ відносно контролю I на 7; 9; 6 та 4% (рис. 3.2).

Позитивний вплив було відмічено і в варіантах із застосуванням МаксiМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) у сумішах з Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га), де перевищення порівняно з контролем I становило 14; 16; 12; та 11% відповідно. Обприскування посівів гороху озимого РРР Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) зумовило зростання показника ЧПФ відносно контролю I на 2%.



**Рис. 3.2.** Вплив гербициду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс на чисту продуктивність фотосинтезу гороху озимого, г/м<sup>2</sup> за добу, фази бутонізації–цвітіння, (середнє за 2018–2020 рр., НІР<sub>05</sub> 0,15–0,22)

1 – Без препаратів і ручних прополювань (контроль I); 2 – Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II); 3, 4, 5, 6 – МаксiМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га; 7 – Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га; 8, 9, 10, 11 – МаксiМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га; 12 – Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон); 13 – Фон + ручні прополювання упродовж вегетації; 14, 15, 16, 17 – Фон + МаксiМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га; 18 – Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га; 19, 20, 21, 22 – Фон + МаксiМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га.

Обробка насіння перед сівбою МБП Оптiмайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечила підвищення ЧПФ на 1% відносно контролю I. У варіантах з обробкою посівів МаксiМоксом у нормах 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га на фоні бактеризованого посівного матеріалу МБП Оптiмайз Пульс показники ЧПФ знаходились на рівні 3,91; 3,98; 3,85 та 3,79 г/м<sup>2</sup> за добу, що перевищувало контроль I на 11; 13; 10 та 8% відповідно.

Найістотніше показники ЧПФ зростали у варіантах комплексного застосування МаксiМоксу (0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га) у сумішах із Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні бактеризації посівного матеріалу МБП Оптiмайз Пульс (3,28 л/т), де досліджуваний показник перевищував контроль I на 26; 30; 25 та 22% відповідно.

Між узагальненим показниками ЧПФ посівів гороху озимого і вмістом суми хлорофілів  $a+b$  у прилистках встановлено тісний кореляційний зв'язок на рівні  $r=0,93$ .

Узагальнюючи одержаний експериментальний матеріал, можна констатувати, що комплексне застосування досліджуваних препаратів виявляло позитивну дію на формування показників ЧПФ посівів гороху озимого, проте найвищими вони були у варіантах із застосуванням гербіциду МаксiМокс у нормах 0,8 і 0,9 л/га у сумішах з РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризованого перед сівбою насіння МБП Оптiмайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що складало 4,44 і 4,56 г/м<sup>2</sup> за добу або перевищувало контроль I на 26 і 30% відповідно. Очевидно, позитивна дія досліджуваних препаратів виявила системний характер на рослини і посіви загалом, що позитивно відображалося на проходженні основних фізіолого-біохімічних процесів, покращенні умов азотного живлення рослин за мінімального впливу на культуру сегетальної рослинності.

*Матеріали розділу 3 опубліковано та апробовано в працях [371–374].*

1. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксiМокс, регулятора росту рослин Агрiфлекс Аміно та мікробного препарату Оптiмайз Пульс. Таврійський науковий вісник. 2019. № 106. С. 79–87.

2. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Ліпопероксидаційні й ферментативні процеси у рослинах гороху озимого за дії біологічно активних речовин. Наукові горизонти. 2020. № 4 (89). С. 94–100.

3. Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R. [et. al.]. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. *Agronomy Research*. 2021. № 19 (2). P. 472–483.

4. Бойко Я. О. Вплив гербіциду МаксіМокс за сумісного використання з біологічними препаратами на вміст хлорофілу в рослинах гороху озимого. *Новини науки та прикладні наукові розробки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 28 жовтня 2018 р.)*. Львів. 2018. Т.5. С. 76–78.

## РОЗДІЛ 4

**ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ *PISUM SATIVUM* L. – *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* BV. *VICIAE* ТА МІКРОБІОТА ҐРУНТУ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ МАКСІМОКС, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН АГРІФЛЕКС АМІНО ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ОПТИМАЙЗ ПУЛЬС**

**4.1. Симбіотична система *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* та розвиток бактерій *Rh. leguminosarum* у бульбочках гороху озимого**

Одним із найбільш об'єктивних критеріїв оцінки оптимального застосування засобів хімізації в технологіях вирощування, на думку багатьох дослідників, є мікробіологічне тестування, серед якого традиційними виступають показники чисельності мікроорганізмів та активності ферментів ґрунту [301]. Однак, з огляду на тісну взаємодію окремих видів мікроорганізмів з культурними рослинами та можливість утворення між ними тісних симбіотичних відносин, на думку багатьох вчених тільки ризосферні (кореневі) мікроорганізми можуть відображати реакцію системи на певний чинник, найбільш наближену до реакції самої рослини [302].

З-поміж багатьох переваг гороху посівного його важливою особливістю є здатність рослин до формування симбіозу з бульбочковими бактеріями. Крім того, завдяки симбіотичній азотфіксації, вони відіграють важливе значення у підтриманні позитивного балансу азоту в ґрунті [296, 303, 304]. Рациональне використання у технологіях вирощування зернобобових культур симбіотичної азотфіксації дає можливість підвищувати родючість ґрунтів та отримувати стабільно високі врожаї гороху посівного, не піддаючи ризику забруднення навколишнього природного середовища [305].

До чинників, які традиційно впливають на якість формування бобово-ризобіального симбіозу (нодулювальна активність, стимуляція імунітету, рістстимуляція) додаються й препарати хімічного походження, спрямовані на захист рослин, що призводить до серйозних негативних наслідків, у разі їх токсичної дії на інокулянти [306]. Використання пестицидів у технологіях вирощування зернобобових культур призводить до істотного зниження активності симбіотичної азотфіксації та зменшення частки біологічного азоту. Однак, бульбочкові бактерії здатні пристосовуватися до дії деяких гербіцидів і активно їх метаболізувати [307, 308]. Також, слід відмітити, що деякі пестициди, які застосовуються в технологіях вирощування бобових культур, пригнічують утворення бульбочок, проте не є токсичними для макро- і мікросимбіонтів. Це можна пояснити тим, що дані пестициди за своєю структурою нагадують флавоноїдні сполуки – пригнічувачі бульбочкоутворення. Отже, негативний вплив пестицидів може бути набагато ширшим, ніж токсична післядія ксенобіотиків [309].

Фізіологічні механізми впливу РРР на ріст і розвиток рослин досліджено на рівні впливу фітогормонів на поділ клітин, фотосинтезу, процесів дихання, засвоєння елементів живлення зернових культур та ін. [78], тоді, як вплив РРР на ефективність біологічної фіксації азоту і продуктивність зернобобових культур вивчено недостатньо. При цьому особливої актуальності набувають питання розробки й впровадження біологізованих елементів у технології вирощування гороху, які базуються на врахуванні потенціалу врожайності районованих сортів, їх реакції на інокуляцію насіння азотфіксувальними препаратами, встановлення економічно обґрунтованих рівнів урожайності для певних ґрунтово-кліматичних зон зерновиробництва [310].

Зважаючи на це, одним із першочергових завдань досліджень було вивчення дії гербіциду, РРР і МБП на характер формування симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* в розрізі окремих фаз розвитку гороху озимого, при цьому, враховуючи основні



фактори, що впливають на інтенсивність фіксації атмосферного азоту системою «рослина – ризобії».

У контексті оцінки ефективності функціонування симбіозу бобових рослин і ризобій важливим є дослідження кількості і маси активних бульбочок на кореневій системі, особливо в період активної вегетації рослин [311].

Аналізуючи отримані дані щодо кількості і маси бульбочок, встановлено залежність формування симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* від застосування в посівах різних норм гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно і МБП Оптiмайз Пульс, а також від погодних умов, що склалися у період проведення досліджень. Найбільшу кількість та масу бульбочок на кореневій системі гороху озимого було виявлено у 2018 році, що характеризувався оптимальною кількістю опадів у період вегетації культури. Зокрема, у фазу бутонізації гороху озимого (табл. 4.1) кількість бульбочок, утворених аборигенними расами азотфіксувальних бактерій на кореневій системі рослин у контролі I складала 21 шт./рослину за їх маси 10,2 г/100 рослин, а у варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетації (контроль II) – 26 шт./рослину, масою – 12,7 г/100 рослин.

Обприскування посівів гороху озимого гербіцидом МаксiМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га призвело до зменшення кількості бульбочок відносно контролю I, що особливо простежувалося із наростанням норм внесення препарату до 1,1 л/га, однак, при цьому їх маса зростала та перевищувала контроль I на 1,3; 2,4; 1,0 та 0,6 г/100 рослин. За внесення у посівах РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га кількість бульбочок на кореневій системі складала 28 шт./рослину, що перевищувало контроль на 7 шт./рослину, при цьому маса становила 13,3 г/100 рослин. Поєднання гербіциду МаксiМокс 0,8–1,0 л/га у сумішах з РРР Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га забезпечило зростання кількості бульбочок у порівнянні з контролем I на 3; 5 та 1 шт./рослину, а їх маси – на 0,8; 1,7 та 0,5 г/100 рослин.

Таблиця 4.1

**Формування симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза бутонізації)**

| Варіант досліджу   | 2018 р.  | 2019 р.  | 2020 р.  | Середнє за три роки |
|--|----------|----------|----------|---------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 21/10,2* | 16/8,7   | 18/9,5   | 18/9,4              |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 26/12,7  | 19/9,2   | 24/11,1  | 23/11,0             |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 17/11,5  | 15/10,0  | 18/11,8  | 16/11,1             |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 19/12,6  | 18/10,5  | 17/12,2  | 18/11,7             |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 14/11,2  | 12/9,6   | 16/11,7  | 14/10,8             |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 13/10,8  | 11/9,4   | 14/11,5  | 12/10,5             |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 28/13,3  | 22/11,6  | 26/12,0  | 25/12,3             |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 24/11,0  | 19/10,5  | 21/12,5  | 21/11,3             |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 26/11,9  | 20/10,9  | 23/12,8  | 23/11,8             |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 22/10,7  | 17/10,4  | 19/12,1  | 19/11,0             |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 20/10,4  | 15/9,9   | 18/9,9   | 17/10,0             |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 39/20,1  | 30/16,8  | 34/18,7  | 34/18,5             |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 44/23,5  | 36/19,9  | 41/21,4  | 40/21,6             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 31/15,3  | 27/13,6  | 29/15,1  | 29/14,6             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 35/18,0  | 28/13,1  | 31/15,8  | 31/15,6             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 28/13,5  | 24/11,9  | 27/13,9  | 26/13,1             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 25/12,7  | 20/10,6  | 22/12,6  | 22/11,9             |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 43/21,9  | 33/17,5  | 39/19,8  | 38/19,7             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 37/18,5  | 30/15,0  | 34/17,5  | 33/17,0             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 39/19,4  | 34/16,9  | 37/18,0  | 36/18,1             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 33/17,2  | 27/13,3  | 31/15,7  | 30/15,4             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 29/14,8  | 22/10,7  | 25/12,6  | 25/12,7             |
| <i>HIP</i> <sub>05</sub>   | 1,4/0,73 | 1,1/0,61 | 1,3/0,70 | –                   |

Примітка: \* перед рискою – кількість бульбочок, шт./рослину; після риси – маса бульбочок, г/100 рослин

Проте за використання цієї ж комбінації препаратів, але за норми внесення гербіциду 1,1 л/га кількість бульбочок зменшилась відносно контролю I на 1 шт./рослину, при цьому їх маса перевищила контроль I на 0,2 г/100 рослин. Схожа залежність у формуванні нодуляційного апарату гороху озимого формувалась у 2019 та 2020 роках, проте показники кількості та маси бульбочок були дещо меншими, що може пояснюватися деяким відхиленнями у показниках погодних умов у роки проведення досліджень.

Застосування передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т сприяло найбільш активному розвитку бульбочок на кореневій системі гороху, що виражалось більш відчутним зростанням кількості бульбочок та їх маси. Так, у 2018, 2019 та 2020 роках кількість бульбочок зростала у порівнянні з контролем I на 18; 14 та 16 шт./рослину, а їх маса – на 9,9; 8,1 та 9,2 г/100 рослин.

У 2018 році комплексне застосування МаксіМоксу у нормах 0,8–1,1 л/га з Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т виявляло найбільш відчутний вплив на формування бульбочок, при цьому їх кількість у порівнянні з контролем I зростала на 16; 18; 12 та 8 шт./рослину, їх маса – на 8,3; 9,2; 7,0 та 4,6 г/100 рослин відповідно. Це може пояснюватися тим, що відсутність бур'янового компоненту за дії гербіциду, а також зниження його фітотоксичної дії за рахунок РРР, формувало оптимальні умови для розвитку культури, активізувало ростові процеси, що, в свою чергу, сприяло формуванню більш потужної кореневої системи та виділенням нею більшої кількості ексудатів, необхідних для колонізації кореневої системи інтродукованими ризобіями.

Аналіз експериментальних даних засвідчив і те, що формування симбіотичного апарату гороху озимого залежало також і від фази розвитку культури (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Формування симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза цвітіння)**

| Варіант досліду  | 2018 р.  | 2019 р.  | 2020 р.  | Середнє за три роки |
|--|----------|----------|----------|---------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль І)                     | 28/14,3* | 20/10,0  | 25/12,4  | 24/12,2             |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль ІІ) | 40/20,4  | 31/15,2  | 37/18,5  | 36/18,0             |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 32/15,9  | 26/12,8  | 31/15,5  | 29/14,7             |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 35/17,5  | 29/14,6  | 33/16,3  | 32/16,1             |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 30/15,0  | 24/12,0  | 28/14,2  | 27/13,7             |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 28/14,7  | 22/10,9  | 26/12,4  | 25/12,6             |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 45/17,0  | 33/16,5  | 40/20,1  | 39/17,8             |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 40/20,2  | 29/15,1  | 34/16,9  | 34/17,4             |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 43/21,7  | 28/14,9  | 38/18,5  | 36/18,3             |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 38/18,9  | 25/12,6  | 30/15,5  | 31/15,6             |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 34/17,3  | 22/11,3  | 28/14,6  | 28/14,4             |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 51/25,4  | 39/19,5  | 48/24,9  | 46/23,2             |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 55/27,7  | 42/21,0  | 53/27,1  | 50/25,2             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 46/22,8  | 31/15,5  | 41/20,4  | 39/19,5             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 48/24,3  | 35/18,0  | 43/21,7  | 42/21,3             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 44/22,0  | 30/14,9  | 36/18,4  | 36/18,4             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 41/20,4  | 24/12,0  | 32/16,6  | 32/16,3             |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 52/26,6  | 40/20,4  | 49/26,1  | 47/24,3             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 49/25,0  | 34/17,3  | 42/20,1  | 41/20,8             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 53/26,8  | 36/18,8  | 47/23,8  | 45/23,1             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 46/23,5  | 32/16,9  | 39/20,3  | 39/20,2             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 44/22,1  | 27/13,6  | 33/17,0  | 34/17,5             |
| <i>НІР</i> <sub>05</sub>   | 2,0/1,04 | 1,5/0,75 | 1,9/0,93 | –                   |

*Примітка: \* перед рискою – кількість бульбочок, шт./рослину; після риски – маса бульбочок, г/100 рослин*

Так, за даними літератури, симбіотичні відносини ризобій з рослиною-господарем можуть формувати різні типи динаміки азотфіксувальної активності, яка, у свою чергу, позитивно корелює з масою бульбочок. Зокрема, піки азотфіксувальної активності можуть виявлятися як у початковий період функціонування симбіотичної системи, так і в найактивнішу фазу перебігу асиміляційних процесів у рослинах (фази бутонізації – початок цвітіння). Тому, повторна оцінка активізації симбіотичної системи є вкрай важливою [54, 312].

Встановлено, що у фазу бутонізації в середньому за три роки досліджень кількість та маса бульбочок в контрольному варіанті становила 18 шт./рослину, а їх маса – 9,4 г/100 рослин, тоді як у фази цвітіння та утворення бобів – 24 і 37 шт./рослину з масою 12,2 і 18,8 г/рослин відповідно.

Обробка посівів гороху озимого МаксіМоксом у нормах 0,8–1,1 л/га продемонструвала у середньому за три роки досліджень зростання кількості бульбочок у фазу цвітіння відносно контролю I на 1–8 шт./рослину, а їх маси – на 0,4–3,9 г/100 рослин відповідно. Водночас, застосування завищеної норми гербіциду (1,1 л/га) викликало деякий негативний вплив на формування кількості та маси бульбочок, але при цьому також спостерігалася позитивна тенденція. Так, кількість бульбочок у даному варіанті зростала відносно контролю I на 0; 2; 1 шт./рослину, а їх маса – на 0,4; 0,9; 0 г/100 рослин відповідно до років досліджень.

Найістотніше зростання кількості та маси бульбочок відмічалось у 2018 році, який був найбільш сприятливим за погодними показниками. Так, найбільша кількість бульбочок сформувалась у варіанті із застосуванням МаксіМоксу у нормі 0,9 л/га у баковій суміші з Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, де кількість бульбочок складала 53 шт./рослину з їх масою 26,8 г/100 рослин, тоді як у контрольному варіанті (I) 28 шт./рослину з масою бульбочок 14,3 г/100 рослин.

Подібна залежність у формуванні симбіотичної системи гороху озимого *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* у фазу цвітіння в середньому за три роки досліджень простежувалася знову ж таки у вище зазначеному варіанті, де кількість бульбочок на кореневій системі становила 45 шт./рослину, а їх маса – 23,1 г/100 рослин при 24 шт./на рослину і масою 12,2 г/100 рослин – у контролі I.

У фазу утворення бобів відмічалася подібна залежність у формуванні окремих складових симбіотичної системи гороху озимого (табл. 4.3). Так, за самостійного внесення МаксіМоксу у нормах 0,8–1,0 л/га кількість і маса бульбочок перевищували контрольний варіант (I), однак за завищеної норми (1,1 л/га) відмічався негативний вплив на формування досліджуваних показників. Разом з тим за роками проведення досліджень кількість бульбочок у вказаних варіантах становила 45–50; 33–37 та 35–41 шт./рослину, а їх маса 23,0–25,3; 15,9–18,4 та 17,8–20,4 г/100 рослин відповідно. Обприскування посівів РРР Агріфлекс Аміно з нормою витрати 1,0 кг/га зумовило зростання кількості бульбочок у порівнянні з контрольним варіантом (I) за роками досліджень на 9; 10 та 12 шт./рослину, а їх маси – на 4,5; 5,5 та 6,0 г/100 рослин відповідно. Застосування бакової суміші гербіциду МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) забезпечувало зростання кількості бульбочок у порівнянні з контролем I за роками досліджень на 4–15; 3–9 та 0–2 шт./рослину, їх маси – на 0–3,3; 1,9–4,0 та 0–2,6 г/100 рослин відповідно.

Бактеризація посівного матеріалу перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечила помітне зростання кількості бульбочок відносно контролю I на 20; 22 та 21 шт./рослину за одночасного зростання їх маси – на 10,7; 11,1 та 11,0 г/100 рослин відповідно до років досліджень. Найбільш істотний вплив на формування симбіотичної системи гороху озимого у фазу утворення бобів простежувався за комплексного внесення МаксіМоксу у нормі 0,9 л/га з Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, де перевищення за роками досліджень відносно контролю I складало 26; 18 та 23 шт./рослину за зростання їх маси на 14,3; 10,0 та 8,9 г/100 рослин відповідно.

Таблиця 4.3

**Формування симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза утворення бобів)**

| Варіант досліду  | 2018 р.  | 2019 р.  | 2020 р.  | Середнє за три роки |
|--|----------|----------|----------|---------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 45/22,5* | 31/15,4  | 37/18,5  | 37/18,8             |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 56/28,3  | 43/21,9  | 49/24,7  | 49/24,9             |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 48/23,5  | 35/17,7  | 40/20,0  | 41/20,4             |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 50/25,3  | 37/18,4  | 41/20,4  | 42/21,3             |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 46/23,1  | 33/16,5  | 37/18,1  | 38/19,2             |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 45/23,0  | 33/15,9  | 35/17,8  | 37/18,9             |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 54/27,0  | 41/20,9  | 49/24,5  | 48/24,1             |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 55/27,2  | 38/18,5  | 39/21,1  | 44/22,2             |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 60/21,9  | 40/19,4  | 37/20,9  | 45/20,7             |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 52/25,8  | 36/18,1  | 37/18,6  | 41/20,8             |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 49/24,1  | 34/17,3  | 35/18,1  | 39/19,8             |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 65/33,2  | 53/26,5  | 58/29,5  | 58/29,7             |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 68/35,5  | 56/28,6  | 63/31,3  | 62/31,8             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 58/29,8  | 46/23,3  | 51/26,0  | 51/26,3             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 63/30,6  | 44/22,0  | 47/23,5  | 51/25,3             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 56/27,2  | 40/20,7  | 46/23,6  | 47/23,8             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 55/26,7  | 37/18,4  | 41/21,2  | 44/22,1             |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 62/34,6  | 50/27,0  | 57/29,9  | 56/30,5             |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 60/31,0  | 45/23,1  | 48/24,3  | 51/26,1             |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 71/36,8  | 49/25,4  | 60/27,4  | 60/29,8             |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 60/30,7  | 42/21,3  | 46/24,0  | 49/25,3             |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 59/29,5  | 38/19,5  | 42/22,1  | 46/23,7             |
| <i>НІР</i> <sub>05</sub>   | 2,8/1,39 | 2,0/1,03 | 2,2/1,14 | –                   |

*Примітка:* \* перед рискою – кількість бульбочок, шт./рослину; після риски – маса бульбочок, г/100 рослин

Наведені вище експериментальні дані дають підставу стверджувати, що досліджувані препарати виявляли значний вплив на формування симбіотичної системи гороху озимого *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* у всі основні фази розвитку культури. Поєднання гербіциду МаксіМокс у нормі 0,9 л/га у баковій суміші з PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га та внесення цієї суміші на фоні бактеризації посівного матеріалу перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т зумовлювало найбільш істотне формування азотфіксуючої системи гороху озимого *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, де перевищення у всі фази розвитку культури у середньому відносно контролю I складало 162–188% – за кількістю та 159–189% – за масою, утворених бульбочок.

#### **4.2. Вміст у бульбочках леггемоглобіну**

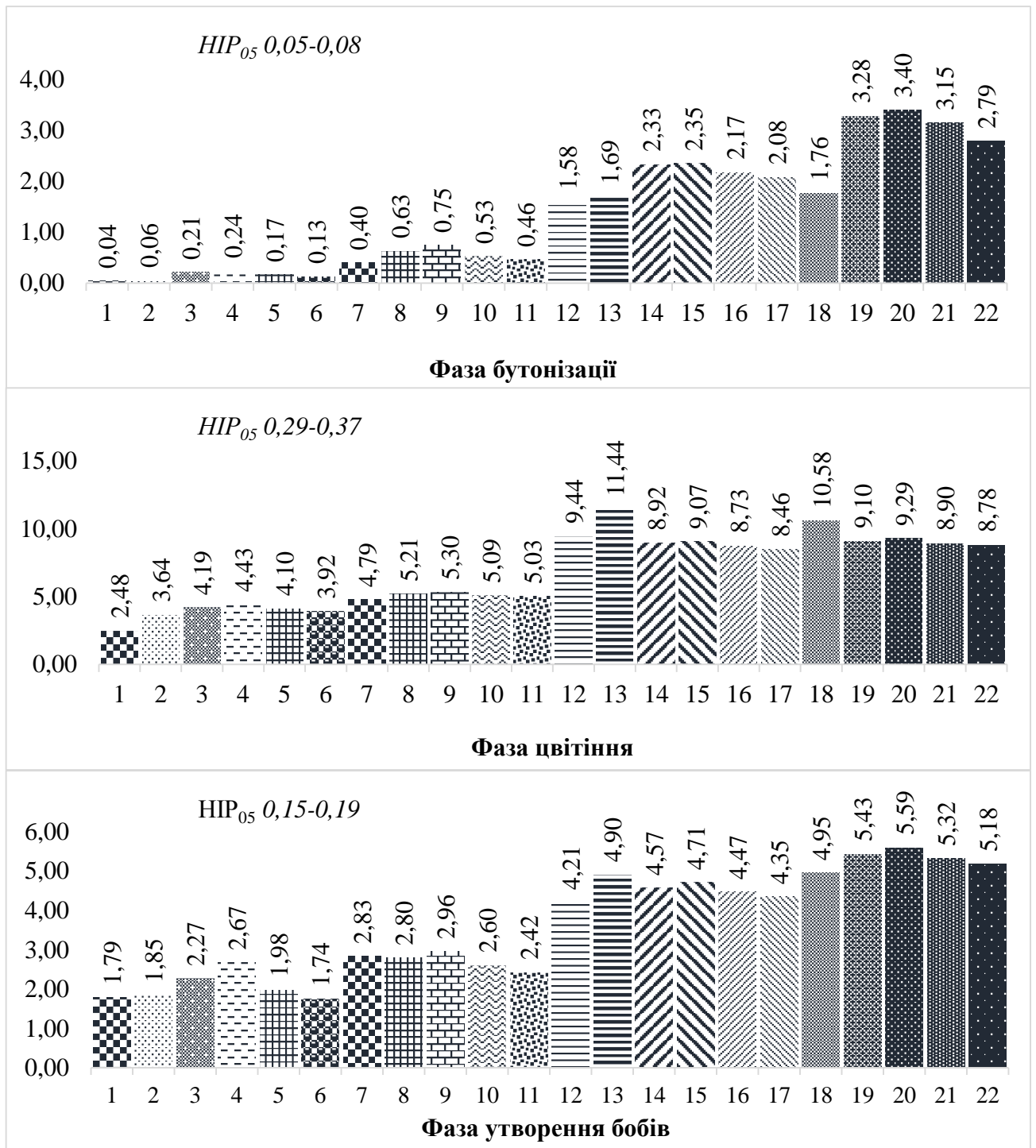
Леггемоглобіни (легоглобіни, Lb) – мають високу спорідненість з киснем та полегшують його дифузію через клітину рослини. Леггемоглобін утворюється в бульбочках бобових рослин, які мають бактероїди і активно фіксують атмосферний азот. У середньому вміст Lb у бульбочках бобових становить до 30–40% від всіх розчинних білків цитозоля рослинної клітини. Завдяки наявності цього пігменту, з однієї сторони, бактероїди забезпечені киснем, а з іншої – створюються анаеробні умови для функціонування нітрогенази. На відміну від нітрогенази, яка знаходиться всередині бульбочок в бактероїдах, леггемоглобін локалізується в рослинних клітинах, забезпечуючи перенесення кисню до бактероїдів у кількості необхідній для забезпечення їх енергією, водночас він захищає бактероїди від надлишку кисню шляхом його зв'язування. У бульбочках леггемоглобін синтезується як продукт симбіозу бактерій з вищими рослинами. Активність (швидкість) азотфіксації пов'язана з концентрацією леггемоглобіну в бульбочках. До фіксації молекулярного азоту здатні тільки бульбочки, які містять леггемоглобін [313].



Продуктивне функціонування симбіотичного апарату гороху та інших зернобобових культур залежить від застосування окремих елементів технології вирощування [314]. Внесення фосфорно-калійних добрив та невеликих доз азотних добрив покращує біологічну фіксацію азоту, а обробка рослин регуляторами росту рослин пролонгує функціонування червоного пігменту – леггемоглобіну в бульбочках [315]. Період від початку утворення бульбочок до їх повного лізису складає загальний симбіоз, а період функціонування бульбочок з леггемоглобіном – тривалість активного симбіозу [316].

Аналіз одержаних експериментальних даних засвідчив позитивну тенденцію щодо накопичення леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого за дії різних норм гербіциду МаксіМокс, PPP Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (рис. 4.1, Додаток Ж, табл. Ж. 1). Так, у фазу бутонізації гороху озимого вміст леггемоглобіну в бульбочках, що були колонізовані аборигенними расами знаходився на досить низькому рівні. Зокрема, у середньому за роки досліджень у варіанті без застосування препаратів і ручних прополювань (контроль I) вміст досліджуваного пігменту був на рівні 0,04 мг/г сирової маси, а у варіанті з ручними прополюваннями упродовж вегетації (контроль II) – 0,06 мг/г сирової маси. За внесення гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га простежувалося зростання вмісту леггемоглобіну відносно контролю I на 0,17; 0,20; 0,13 та 0,09 мг/г сирової маси відповідно. Обробка у період вегетації гороху озимого PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га також зумовлювала підвищення вмісту досліджуваного пігменту у порівнянні з контролем I на 0,36 мг/г сирової маси.

Застосування передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечило підвищення вмісту пігменту в бульбочках у порівнянні до контролю I на 1,54 мг/г сирової маси, тоді як за внесення по даному фону PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг приріст становив 1,72 мг/г сирової маси.



**Рис. 4.1. Вміст леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (середнє за роки досліджень, мг/г сирової маси бульбочок)**

1 – Без препаратів і ручних прополювань (контроль I); 2 – Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II); 3, 4, 5, 6 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га; 7 – Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 8, 9, 10, 11 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 12 – Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон); 13 – Фон + ручні прополювання упродовж вегетації; 14, 15, 16, 17 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га; 18 – Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 19, 20, 21, 22 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га.

Обприскування посівів МаксiМоксом у нормах 0,8–1,1 л/га на фоні бактеризації насіння перед сівбою Оптимайз Пульсом у нормі 3,28 л/т продемонструвало зростання досліджуваного показника відносно контролю I на 2,04–2,31 мг/г сирої маси.

Найбільш помітне зростання вмісту леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого простежувалося у варіантах комплексного застосування препаратів МаксiМокс (0,8–1,1 л/га) + Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) + Оптимайз Пульс (3,28 л/т), де приріст відносно контролю I становив 3,24; 3,36; 3,11 та 2,75 мг/г сирої маси відповідно.

У фазу цвітіння найвищий вміст леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого відмічався у 2018 році у варіантах комплексного застосування МаксiМоксу у нормі 0,9 л/га у суміші з Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптимайз Пульсом у нормі 3,28 л/т та становив 10,34 мг/г сирої маси, тоді як 2019 і 2020 роках – 7,56 і 9,98 мг/г сирої маси відповідно.

У середньому за три роки досліджень (рис. 4.1, Додаток Ж, табл. Ж. 2) варіанти самостійного внесення МаксiМоксу (0,8–1,1 л/га) демонстрували підвищення вмісту леггемоглобіну у порівнянні з контролем I на 1,44–1,95 мг/г сирої маси, тоді як додавання до робочого розчину гербіциду PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га зумовлювало його зростання на 2,55–2,82 мг/г сирої маси.

Передпосівна бактеризація насіння МБП Оптимайз Пульс у нормі 3,28 л/т та внесення на цьому ж фоні PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га сприяла підвищенню вмісту досліджуваного пігменту відносно контролю I на 8,1 мг/г сирої маси.

Внесення МаксiМоксу (0,8–1,1 л/га) на фоні обробки насіння перед сівбою Оптимайз Пульсом (3,28 л/т) забезпечило підвищення вмісту леггемоглобіну в бульбочках у порівнянні з контролем I на 5,98–6,59 мг/г сирої маси, а при сумісному застосуванні гербіциду з PPP на вищезгаданому фоні на 6,30–6,81 мг/г сирої маси, що узгоджується з даними інших

дослідників [317], які спостерігали підвищення вмісту леггемоглобіну в бульбочках сочевиці за інокуляції насіння активними штамми бактерій.

Обстеження кореневої системи гороху озимого у фазу утворення бобів показало, що бульбочки втрачали своє рожеве забарвлення, структуру та форму. Очевидно, у цю фазу рослин гороху леггемоглобін перетворювався на холіглобін, а азотфіксація у бульбочках – сповільнювалася [318, 319].

У середньому за 2018–2020 роки (рис. 4.1, Додаток Ж, табл. Ж. 3) у фазу утворення бобів гороху озимого, вміст леггемоглобіну в контрольному варіанті (I) становив 1,79 мг/г сирової маси, тоді як у варіанті з ручними прополюваннями (контроль II) – 1,85 мг/г сирової маси відповідно. Застосування зростаючих норм гербіциду МаксіМокс (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) викликало поступове зниження вмісту досліджуваного пігменту відповідно до попередньої норми та все ж перевищувало контроль I, водночас 1,1 л/га вміст леггемоглобіну у порівнянні до контролю I знижувався на 0,05 мг/сирової маси. Схожу тенденцію у порівнянні до інших фаз розвитку культури при формуванні вмісту леггемоглобіну у бульбочках було виявлено і в варіанті з внесенням РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га, де перевищення відносно контролю I склало 1,04 мг/г сирової маси.

Найвищі показники вмісту леггемоглобіну у фазу утворення бобів у бульбочках гороху озимого було одержано за комплексного застосування досліджуваних препаратів (МаксіМокс 0,8–1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га + Оптімайз Пульс 3,28 л/т), де перевищення до контролю I складало 3,39–3,80 мг/г сирової маси.

Підсумовуючи вищевикладене, можна констатувати, що на формування вмісту леггемоглобіну у бульбочках гороху озимого значний вплив виявляли онтогенетичні зміни культури та застосування різних норм і комбінацій досліджуваних препаратів. Проте, найвищий вміст досліджуваного пігменту у фазу цвітіння культури було відмічено за сумісного застосування гербіциду МаксіМокс у нормі 0,9 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні обробки насіння перед сівбою

МБП Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, що у 3,7 рази перевищувало контрольний варіант (І).

### 4.3. Чисельність окремих груп ризосферної мікробіоти

Ґрунт – біологічне середовище, за ефективного використання якого можна без зайвих витрат збільшити виробництво і покращити якість зерна, кормів та технічної сировини. Крім органічних залишків рослин [320] у ґрунті є багато мікроорганізмів, які впливають на життєдіяльність рослин, проте їх життєві функції тісно пов'язані з низкою чинників, у тому числі й хімічними речовинами (гербіцидами, фунгіцидами, інсектицидами тощо), що широко використовуються в сільському господарстві. За літературними даними [321], хімічні речовини гербіцидної дії можуть порушувати склад і чисельність ґрунтової мікробіоти. Тому, важливим та актуальним [322] нині є питання вивчення впливу гербіцидів і інших біологічно активних сполук на функціонування ризосферної мікробіоти та обґрунтування шляхів мінімалізації негативної дії гербіцидних агентів на ґрунтову мікробіоту.

Встановлено, що використання в сільському господарстві хімічних речовин зумовлює порушення у мікробній структурі ценозу. При цьому змінюється склад корневих виділень, синтез мікроорганізмами біологічно активних сполук, порушується ґрунтовий гомеостаз, за якого переважають небажані мікроміцети (*Fuzarium* і *Alternaria*). Значний вплив на мікробіоту ґрунту мають гербіциди, особливо в початковий період їх внесення. Проте за комплексного їх використання з регуляторами росту рослин та мікробними препаратами вплив на розвиток ґрунтових мікроорганізмів має позитивний ефект [323]. За даними З. М. Грицаєнко, С. А. Оратівської [324], обробка рослин гороху гербіцидом Пульсар 40 (діюча речовина – імазамокс 40 г/л) у нормі 1,0 л/га зумовлювала підвищення чисельності ґрунтових мікроорганізмів відносно контрольного варіанту на 2%, тоді як за використання даного гербіциду у тій же нормі у комплексі з регулятором

росту рослин Біолан (15 мл/га) чисельність ґрунтових мікроорганізмів зростала відносно контролю на 26%. І. С. Бровко та ін. [325] повідомляють, що обробка рослин сої препаратами на основі імазамокс (40 г/л) та кломазон (480 г/л) призводила, починаючи з фази R 2 (цвітіння), до суттєвого зменшення показників чисельності мікроорганізмів, зниження загальної біологічної активності ґрунту та активності симбіотичної системи, проте в кінці вегетації негативний вплив нівелювався. Ю. І. Івасюк та ін. [64] стверджують, що чисельність ґрунтової мікробіоти та ферментативна активність ґрунту у посівах сої залежать від дії різних норм гербіциду і комбінування їх з біологічними препаратами. Так, із наростанням норм гербіциду Фабіан (імазетапір 450 г/кг, хлоримурон-етил 150 г/кг) з 90 до 110 г/га чисельність ґрунтової мікробіоти в посівах сої зменшувалась, позитивний вплив на біологічну активність ґрунту виявило інтегроване застосування препаратів (Фабін 90 г/га + Регоплант 50 мл/га + Регоплант 250 мл/т + Ризобофіт 100 мл/т), за якого показник загальної чисельності бактерій зростав на 59%, мікроміцетів – 55%, актиноміцетів – 35%.

Дослідження кількісного та якісного стану ґрунтової мікробіоти дозволяє контролювати умови та обирати способи утримання ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур з метою оптимізації та підтримання балансу корисних та шкідливих ґрунтових мікроорганізмів, а, отже, впливати на певні складові елементи родючості ґрунту [326].

Дослідження, виконані у 2018–2020 рр. засвідчили, що на розвиток загальної чисельності мікроорганізмів у ризосфері гороху озимого впливали різні норми гербіциду, застосування РРР і МБП та погодні умови, що складались у роки проведення досліджень (Додаток К, табл. К.1–К.2). Так, на 10-ту добу після внесення препаратів найбільша загальна чисельність мікроорганізмів ризосфери гороху озимого у всіх варіантах досліду була відмічена у 2020 р., менша – 2018 р. і 2019 р. За внесення гербіциду МаксіМокс у нормі 0,8 л/га відмічалось зростання загальної чисельності мікроорганізмів відносно контролю І у середньому на 6% (2018 р.); 3% (2019

р.) та 3% (2020 р.). Однак, застосування вищих норм гербіциду викликало у різний період після внесення препарату незначний приріст або різке зниження загальної чисельності ґрунтових мікроорганізмів, що особливо чітко простежувалося за використання завищеної норми гербіциду (1,1 л/га), де зниження відносно контрольного варіанту (І) становило 8% (2018 р.); 6% (2019 р.) та 12% (2020 р.) відповідно. Це може бути наслідком негативної дії високої концентрації ксенобіотика на фізіолого-біохімічні та фотосинтетичні процеси в рослинах, що мають безпосередній вплив на формування потужної кореневої системи та виділення більшої кількості ексудатів в ризосферний ґрунт. Застосування МаксіМоксу у нормах 0,8–1,0 л/га у сумішах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га зумовлювало підвищення загальної чисельності мікроорганізмів у порівнянні з контролем І на 5–13% (2018 р.); 3–7% (2019 р.) та 0–8% (2020 р.).

Більш кращому розвитку мікробіоти (у порівнянні до варіантів із самостійним внесенням гербіциду та варіантів з додаванням до робочого розчину гербіциду РРР) сприяла обробка посівів гороху озимого гербіцидом МаксіМокс 0,8–1,1 л/га на фоні застосування передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, де перевищення відносно контролю І становило у 2018 р. – 0–18%; у 2019 р. – 2–13% та у 2020 р. – 1–15% відповідно.

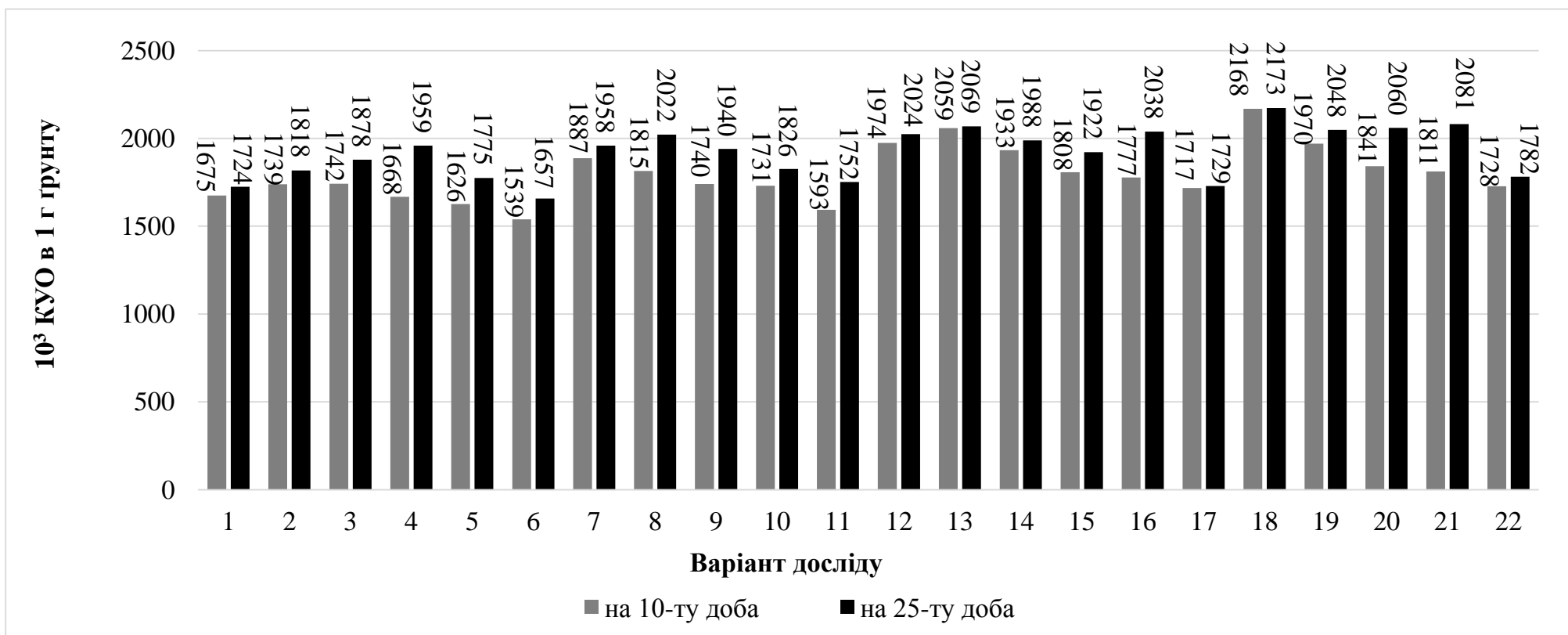
Найістотніше зростання загальної чисельності мікроорганізмів забезпечувало внесення МаксіМоксу 0,8–1,1 л/га у бакових сумішах з РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні застосування бактеризації насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т, де приріст у порівнянні до контролю І становив 2–20% – 2018 р., 1–14% – 2019 р. та 3–19% – 2020 р.

У ході аналізу одержаних результатів трьохрічних досліджень встановлено (рис. 4.2), що на 10-ту добу у варіанті з самостійним внесенням гербіциду МаксіМокс у нормі 0,8 л/га чисельність бактерій перевищувала контроль І на 4%, водночас у варіантах з нормами гербіциду МаксіМокс 0,9; 1,0 і 1,1 л/га їх чисельність відносно контролю І знижувалась на 1–9%. Це

може вказувати на пригнічення розвитку ризосферної мікробіоти у відповідь на зростаючу концентрацію діючої речовини імазамоксу та продуктів її розпаду у прикореневій зоні рослин, на що в своїх працях звертають увагу й інші дослідники [327]. Використання у посівах гороху озимого РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га стимулювало розвиток загальної чисельності мікроорганізмів упродовж обох обліків з перевищенням відносно контролю І на 11–17%. Бакові суміші МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 л/га) з РРР Агріфлекс Аміно на 10-ту добу після внесення препаратів забезпечували зростання загальної чисельності мікроорганізмів до контролю на 8, 4 і 3% відповідно, проте, за завищеної норми гербіциду МаксіМокс 1,1 л/га загальна чисельність мікроорганізмів до контролю І знижувалась на 5%. За використання мікробного препарату Оптімайз Пульс для передпосівної обробки насіння перевищення показника загальної чисельності мікроорганізмів відносно контролю І становило 18%. Внесення гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні обробки посівного матеріалу мікробним препаратом Оптімайз Пульс зумовило підвищення загальної чисельності мікроорганізмів на 15; 8; 6 та 3% відповідно. Обробка рослин гороху РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс 3,28 л/т сприяла зростанню загальної чисельності мікроорганізмів на 29%. За сумісного застосування гербіциду МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс показники загальної чисельності мікроорганізмів перевищували контроль І на 18; 10; 8 та 3%.

Як видно з отриманих даних, найактивніший розвиток загальної чисельності мікроорганізмів відбувався у варіантах сумісного використання МаксіМоксу з РРР Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс, що є наслідком формування за даної комбінації препаратів розвиненої кореневої системи, здатної виділяти більшу кількість ексудатів [328].





**Рис. 4.2. Загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів на 10-ту і 25-ту добу визначення за дії різних норм гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (середнє за 2018–2020 рр., НІР<sub>05</sub> 17–20 (10-та доба); 18–22 (25-та доба)**

1 – Без препаратів і ручних прополювань (контроль I); 2 – Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II); 3, 4, 5, 6 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га; 7 – Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 8, 9, 10, 11 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 12 – Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон); 13 – Фон + ручні прополювання упродовж вегетації; 14, 15, 16, 17 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га; 18 – Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 19, 20, 21, 22 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га.

Ґрунтові мікроміцети є важливим компонентом мікробних комплексів, що формуються в ґрунті агроценозів, оскільки беруть безпосередню участь у процесах розкладання органічної речовини і процесах гумусоутворення. Однак більшість видів грибів є фітопатогенами і продуцентами мікотоксинів, які здатні пригнічувати розвиток рослин і тим самим знижувати врожайність культур [329]. Фітопатогенні мікроміцети при значному збільшенні їх чисельності можуть впливати на процеси, які відбуваються в ризосфері рослини-господаря. Так, представники роду *Fusarium* за фітопатогенного шляху розвитку здатні опосередковано чинити вплив на ґрунтові умови за рахунок зміни кількості й хімічного складу корневих виділень хворих рослин [330].

Встановлено, що розвиток у ризосфері гороху озимого мікроміцетів залежав від внесення різних норм гербіциду за різних способів його комбінування з регулятором росту рослин та мікробним препаратом (Додаток К, табл. К.3–К.4).

Застосування МаксіМоксу у нормах 0,8–1,1 л/га зумовило зростання чисельності мікроміцетів на 10-ту добу після внесення препаратів у порівнянні з контролем I на 0–13% у 2018 р., 5–18% – у 2019 р., 2–11% – у 2020 р. Поєднання МаксіМоксу у вищезгаданих нормах у баковій суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га викликало зростання чисельності мікроміцетів відносно контролю I у 2018 р. на 28–32%, у 2019 р. – 13–24% та у 2020 р. – 13–38% відповідно. Разом з тим за внесення МаксіМоксу 0,8–1,1 л/га на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т показники загальної чисельності мікроміцетів зросли відносно контролю I на 31–47% (2018 р.); 23–34% (2019 р.) та 30–46% (2020 р.).

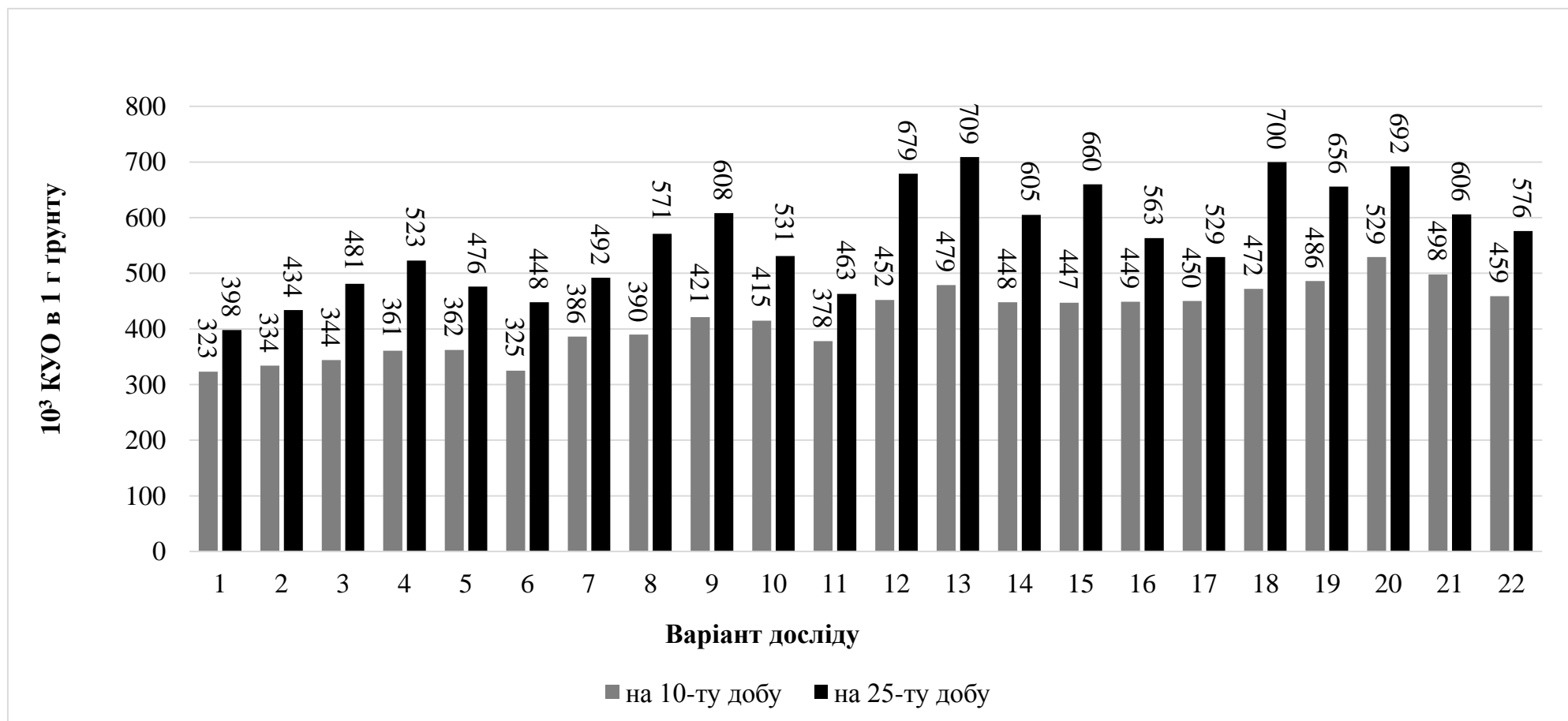
Сумісне застосування МаксіМоксу 0,8–1,1 л/га із Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні бактеризованого насіння перед сівбою Оптімайз Пульс 3,28 л/т зумовлювало підвищення чисельності мікроміцетів на 33–63% (2018 р.); 41–60% (2019 р.) та 48–67% (2020 р.).

Аналізуючи показники чисельності мікроміцетів у середньому за три роки досліджень, можна відмітити, що як і у випадку із загальною чисельністю мікроорганізмів, на даний показник впливали норми застосування гербіциду та способи його поєднання з РРР і МБП (рис. 4.3). Так, у варіантах з обробкою рослин МаксіМоксом у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га чисельність мікроміцетів перевищувала показник контролю I на 6; 12; 12 і 1%. За сумісного використання МаксіМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га перевищення чисельності мікроміцетів відносно контролю I складало 20; 30; 28 і 17%.

Обробка рослин МаксіМоксом у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на фоні бактеризації посівного матеріалу мікробним препаратом Оптімайз Пульс зумовлювала зростання чисельності мікроміцетів відносно контролю I на 39; 38; 39 та 39%. Однак, використання бакової суміші МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс викликало найбільше зростання чисельності мікроміцетів відносно контролю I – 50; 64; 54 і 42% відповідно.

Значний приріст чисельності мікроміцетів, як і у випадку із загальною чисельністю мікроорганізмів, простежувався у варіантах з комплексним застосуванням МаксіМоксу в нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс, що може свідчити про опосередкований вплив на мікробіоту фізіолого–біохімічних процесів, від яких залежить стан прикореневої зони рослин [327].

Важливими у складі мікробіоти прикореневої зони рослин є бактерії роду *Azotobacter*. Вони відносяться до вільноживучих азотфіксаторів ґрунту і здатні, як і бульбочкові бактерії рослин, за допомогою нітрогеназного комплексу фіксувати молекулярний азот з повітря, перетворюючи його в іони амонію [331–333].



**Рис. 4.3. Загальна чисельність ризосферних мікроміцетів на 10-ту і 25-ту визначення за дії різних норм гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (середнє за 2018–2020 рр., НІР<sub>05</sub> 16–26 (10-та доба); 23–32 (25-та доба)**

1 – Без препаратів і ручних прополювань (контроль I); 2 – Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II); 3, 4, 5, 6 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га; 7 – Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 8, 9, 10, 11 – МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 12 – Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон); 13 – Фон + ручні прополювання упродовж вегетації; 14, 15, 16, 17 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га; 18 – Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га; 19, 20, 21, 22 – Фон + МаксіМокс 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га.

*Azotobacter* населяє екторизосферу і ризоплану різних видів рослин, використовуючи екsudати кореневої системи для живлення. В обмін рослина отримує азот у вигляді доступних для засвоєння сполук, при цьому поліпшується фосфорне живлення рослин, розчиняються важкодоступні ґрунтові фосфати, продукуються фітогормони, що стимулюють ріст рослин, пригнічується розвиток фітопатогенних грибів і бактерій [333].

Стосовно функціонування бактерій роду *Azotobacter* у ризосфері гороху озимого, то у середньому за роки досліджень встановлено, що за дії МаксіМоксу в нормах 0,9; 1,0 та 1,1 л/га на 10-ту добу після внесення препарату кількість оброслих грудочок ґрунту даними бактеріями знижувалась відносно контролю I на 5; 7 і 15% відповідно. За сумісного використання МаксіМоксу в нормах 0,8; 0,9 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га кількість оброслих грудочок колоніями бактерій роду *Azotobacter* зростала відносно контролю I на 4 і 2% відповідно (табл. 4.4).

Бактеризація посівного матеріалу мікробним препаратом Оптімайз Пульс викликала зростання кількості оброслих грудочок ґрунту колоніями бактерій роду *Azotobacter* відносно контролю I на 9%. Застосування МаксіМоксу в нормах 0,8 і 0,9 л/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс зумовило обростання бактеріями роду *Azotobacter* однакової кількості грудочок ґрунту – 49 і 49 шт. проти 46 шт. – у контрольному варіанті.

Варіант досліду з внесенням МаксіМоксу в нормі 1,0 л/га на фоні використання Оптімайз Пульсу забезпечив обростання колоніями бактерій роду *Azotobacter* 48 шт. грудочок ґрунту, а за внесення МаксіМоксу в нормі 1,1 л/га на фоні Оптімайз Пульс – 45 шт. МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс забезпечив найбільше обростання грудочок ґрунту азотобактером відносно контролю I – 9; 7; 4 і 2% відповідно.

Таблиця 4.4

**Розвиток бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері гороху озимого на 10 і 25-ту добу визначення за дії гербіциду МаксіМокс, PPP Агріфлекс Аміно і МБП Оптімайз Пульс (число оброслих колоніями бактерій грудочок ґрунту, шт.)**

| Варіант досліджу   | 2018 р.  | 2019 р.   | 2020 р.   | Середнє за три роки |
|--|----------|-----------|-----------|---------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 48/50*   | 44/50     | 47/49     | 46/50               |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 50/50    | 50/50     | 49/50     | 50/50               |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 47/50    | 49/50     | 42/50     | 46/50               |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 47/50    | 48/50     | 37/49     | 44/50               |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 46/48    | 48/50     | 35/49     | 43/49               |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 44/48    | 46/50     | 31/48     | 40/49               |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 48/50    | 50/50     | 48/49     | 49/50               |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 49/50    | 50/50     | 46/50     | 48/50               |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 48/50    | 50/50     | 44/50     | 47/50               |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 47/48    | 49/50     | 41/50     | 46/49               |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 46/48    | 48/50     | 38/49     | 44/49               |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 50/50    | 50/50     | 50/50     | 50/50               |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 50/50    | 50/50     | 50/50     | 50/50               |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 50/50    | 50/50     | 47/50     | 49/50               |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 50/49    | 50/49     | 47/50     | 49/49               |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 48/49    | 50/49     | 45/50     | 48/49               |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 47/48    | 49/50     | 40/48     | 45/49               |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 50/50    | 50/50     | 50/50     | 50/50               |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 50/50    | 50/50     | 49/50     | 50/50               |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 48/50    | 50/50     | 49/50     | 49/50               |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 48/50    | 50/50     | 47/50     | 48/50               |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 48/49    | 50/50     | 44/50     | 47/50               |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | 2,4–2,47 | 2,45–2,47 | 2,21–2,47 | –                   |

Примітка: \*перед ризкою – 10 доба після внесення препаратів; після ризки – 25 доба після внесення препаратів.

Розвиток бактерій роду *Azotobacter* на 25-ту добу після внесення препаратів у всіх варіантах за кількістю оброслих колоніями грудочок ґрунту відповідав показникам контролю.

Таким чином, ризосферна мікробіота посівів гороху озимого по-різному реагує на застосування гербіциду МаксіМокс окремо і в комплексі з РРР Агріфлекс Аміно та мікробним препаратом Оптімайз Пульс. Найоптимальніші умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів у посівах гороху озимого створюються за використання МаксіМоксу в нормах 0,8–1,0 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де показники загальної чисельності мікробіоти в середньому за проведеними обліками зростали на 10–21%, мікроміцетів – 50–74%, азотобактера – 4–9%. Застосування завищених норм гербіциду МаксіМокс зумовлювало зниження загальної чисельності мікробіоти, мікроміцетів і азотобактера в ризосфері гороху озимого, особливо на початкових етапах дії гербіциду.

*Матеріали розділу 4 опубліковано та апробовано в працях [375–377].*

1. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Шутко С. С., Притуляк Р. М. Активність ризосферної мікробіоти гороху озимого за комбінованої дії гербіциду і біологічних препаратів. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 52–55.

2. Бойко Я. О. Функціонування бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері гороху озимого за дії гербіцидів, регулятора росту рослин та інокулянта. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XIII наукової конференції молодих вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2018 р.). Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів. 2018. С. 32–34.

3. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Формування і функціонування симбіотичної системи горох озимий – *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* за дії біологічно активних речовин. “Молодь і поступ біології”: XV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, присвячена 135 річниці від дня народження Я. О. Парнаса (м. Львів, 9–11 квітня 2019 р.). Львів, 2019. С. 117–118.



## РОЗДІЛ 5

### АГРОБІОЛОГІЧНЕ, ЕКОНОМІЧНЕ ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ОЗИМОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБІЦИДУ МАКСІМОКС, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН АГРІФЛЕКС АМІНО ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ОПТІМАЙЗ ПУЛЬС

#### 5.1. Забур'яненість посівів

За останні роки інтерес агровиробників до гороху озимого значно зріс. Це пов'язано з його цінними властивостями, такими як високий вміст у зерні білка, а з іншого боку, він є чудовим попередником. Водночас дана культура є досить чутливою до рівня забур'яненості посівів, особливо на початкових етапах свого розвитку, оскільки має повільні темпи росту, також бур'яни завдають величезних втрат під час збирання врожаю, оскільки є конкурентами культурним рослинам за елементи живлення, вологу, сонячне світло й ін. [12, 334–340].

Високий ступінь потенційної засміченості орного шару ґрунту насінням бур'янів та підвищення рівня забур'яненості посівів – проблема, актуальність якої значно зростає у зв'язку з переходом до мінімальних способів обробітку ґрунту, збільшенням площ під просапними культурами та виникненням резистентності у бур'янів до гербіцидів [341, 342]. Втрати урожаю гороху можуть складати 30–50% і більше залежно від рівня забур'яненості [12]. Найефективнішим та економічно виправданим нині є хімічний метод контролювання бур'янів, який передбачає використання селективних гербіцидів [13].

Дослідженнями Gr. Delchev і D. Delchev [343] доведено, що внесення в посівах гороху озимого гербіцидів Пульсар 40 (1,2 л/га) та Стомп Аква (5 л/га) + Дуал Голд 960 ЕС (1,5 л/га) сприяло формуванню прибавки врожаю на 121,8% і 120,9% більшої, ніж у контрольному варіанті. С. Є. Окрушко [344]

констатує, що за послідовного застосування Дуал Голду (0,8 л/га) і МаксіМоксу (0,5 л/га) загибель бур'янів у посівах гороху становила 92,6% за зниження їх маси на 88,8%, це дозволило отримати урожай зерна на рівні 3,6 та 3,1 т/га. Ю. М. Шкатула і А. В. Паламарчук [345] стверджують, що гербіцид Пульсар 40 у нормі 0,8 л/га зумовлював зниження загальної забур'яненості посівів гороху у період збирання врожаю на 93% в порівнянні з чисельністю бур'янів, яка була перед внесенням гербіцидів.

Науковці також повідомляють [13, 14, 83], що систематичне застосування гербіцидів з однакових хімічних класів упродовж певного відрізка часу може призвести до виникнення резистентності в окремих видів бур'янів, забруднення ґрунтів, негативно впливати на формування симбіотичного апарату. У зв'язку з цим, виникає проблема послаблення негативної дії гербіцидів на певні складові агрофітоценозу, які в комплексі формують високопродуктивні посіви. В науковій літературі нині є багато повідомлень стосовно комплексного застосування гербіцидів з біологічно активними речовинами природнього походження задля зменшення норм внесення і підвищення технічної ефективності гербіцидів. Так, за результатами досліджень В. П. Карпенка і С. В. Павлишина [346] у посівах пшениці полби звичайної найвищу ефективність забезпечувало сумісне застосування гербіциду Пріма Форте (0,5–0,7 л/га) із регулятором росту Вуксалом БІО Vita (1,0 л/га) на фоні передпосівної обробки насіння цим же регулятором росту (1,0 л/т), де чисельність бур'янів зменшувалась на 90–94% за кількістю та на 90–95% – за масою. Застосування у посівах квасолі гербіциду Пульсар 40 у нормі 0,7 л/га разом з регулятором росту рослин Емістим С у нормі 10 мл/га на 30 добу після внесення препаратів зменшувало кількість бур'янів до 28,2 шт./м<sup>2</sup>, їх масу – до 79,8 г/м<sup>2</sup>, тоді як у контрольному варіанті показники складали 115,3 шт./м<sup>2</sup> і 291,6 г/м<sup>2</sup> відповідно [136]. За результатами дослідів Р. А. Гутянського [347], застосування у посівах гороху гербіциду Пульсар 40 в нормі 0,8 л/га на фоні інокуляції мікробним препаратом Ризобіфит насіння, кількість бур'янів у

посівах зменшувалась до 372 шт./м<sup>2</sup> при 620 шт./м<sup>2</sup> у контролі. Проте, зважаючи на вищевикладений матеріал, питання комплексної дії гербіцидів, регуляторів росту рослин та мікробних препаратів на забур'яненість посівів гороху озимого практично не вивчено, що й склало одне із завдань наших досліджень.

Обліки забур'яненості посівів гороху озимого показали, що за роки дослідження в посівах переважала частка дводольних бур'янів, в основному представлена такими видами як: рутка лікарська (*Fumaria officinalis* L.); підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.); тририберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* L.); філка польова (*Viola arvensis* L.); мак дикий (*Papaver rhoeas* L.); кропива пурпурова (*Lamium purpureum* L.); талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.); грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.); молочай польовий (*Euphorbia agraria* L.); злинка канадська (*Erigeron canadensis* L.); кучерявець Софії (*Descurainia Sophia* L.); волошка синя (*Centaurea cyanus* L.). Злакові бур'яни були малопоширеними і представлені мишієм сизим (*Setaria glauca* L.) і мишієм зеленим (*Setaria viridis* L.).

На 30-ту добу після внесення препаратів рівень забур'яненості посівів гороху озимого характеризувався різною кількістю бур'янів, однак найбільшою вона була у контрольному варіанті (I) та становила: 118 шт./м<sup>2</sup> у 2018 р., 182 шт./м<sup>2</sup> – у 2019 р., 211 шт./м<sup>2</sup> – у 2020 р. (табл. 5.1–5.3).

Результати обліку забур'яненості посівів гороху озимого показали, що кількість і маса бур'янів змінювалися як за роками, так і залежно від застосування різних норм гербіциду МаксiМокс, внесених окремо і в бакових сумішах з регулятором росту рослин Агрiфлекс Аміно на фоні обробленого посівного матеріалу мікробним препаратом Оптiмайз Пульс та без фону. У 2018 році на 30-ту добу після внесення гербіциду МаксiМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га кількісний показник забур'янення складав 48; 41; 27 і 16 шт./м<sup>2</sup> проти 118 шт./м<sup>2</sup> у контролі I та зумовлював знищення їх за кількістю відповідно до норм гербіциду і контролю I на 59; 65; 77 і 86% та 66; 78; 84 і 92% – за масою.

**Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс, 2018 р.**

| Варіант досліджу  | Через 30 днів після внесення препаратів |                                 |              |          | Перед збиранням врожаю                 |                                 |              |          |
|---|---|---------------------------------|--------------|----------|--|---------------------------------|--------------|----------|
|   | Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>  | Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup> | Знищено, %   |          | Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup> | Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup> | Знищено, %   |          |
|   |   |                                 | за кількістю | за масою |  |                                 | за кількістю | за масою |
| Без застосування препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 118                                     | 132                             | 0            | 0        | 141                                    | 211                             | 0            | 0        |
| Без застосування препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 0                                       | 0                               | 100          | 100      | 0                                      | 0                               | 100          | 100      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 48                                      | 45                              | 59           | 66       | 68                                     | 97                              | 52           | 54       |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 41                                      | 29                              | 65           | 78       | 65                                     | 90                              | 60           | 57       |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 27                                      | 21                              | 77           | 84       | 55                                     | 77                              | 61           | 63       |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 16                                      | 11                              | 86           | 92       | 34                                     | 56                              | 76           | 73       |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 107                                     | 115                             | 9            | 13       | 135                                    | 198                             | 4            | 6        |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 39                                      | 36                              | 67           | 73       | 52                                     | 76                              | 63           | 64       |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 37                                      | 27                              | 69           | 80       | 48                                     | 74                              | 66           | 64       |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 24                                      | 19                              | 80           | 85       | 45                                     | 72                              | 68           | 66       |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 13                                      | 5                               | 89           | 96       | 29                                     | 48                              | 79           | 77       |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/га (фон)  | 101                                     | 96                              | 14           | 27       | 114                                    | 123                             | 19           | 41       |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                                       | 0                                       | 0                               | 100          | 100      | 0                                      | 0                               | 100          | 100      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 40                                      | 37                              | 66           | 72       | 50                                     | 78                              | 64           | 63       |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 39                                      | 25                              | 67           | 81       | 46                                     | 80                              | 67           | 62       |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 27                                      | 15                              | 77           | 88       | 38                                     | 69                              | 73           | 67       |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 15                                      | 3                               | 87           | 98       | 27                                     | 56                              | 81           | 74       |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 102                                     | 108                             | 14           | 18       | 107                                    | 128                             | 24           | 39       |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 31                                      | 18                              | 74           | 86       | 39                                     | 40                              | 72           | 81       |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 26                                      | 14                              | 78           | 89       | 31                                     | 39                              | 78           | 82       |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 22                                      | 9                               | 81           | 93       | 28                                     | 33                              | 80           | 84       |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 9                                       | 1                               | 92           | 99       | 17                                     | 13                              | 88           | 94       |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 2                                       | 2                               | –            | –        | 3                                      | 4                               | –            | –        |

**Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс, 2019 р.**

| Варіант досліджу  | Через 30 днів після внесення препаратів |                                 |              |          | Перед збиранням врожаю                 |                                 |              |          |
|---|---|---------------------------------|--------------|----------|--|---------------------------------|--------------|----------|
|   | Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>  | Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup> | Знищено, %   |          | Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup> | Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup> | Знищено, %   |          |
|   |   |                                 | за кількістю | за масою |  |                                 | за кількістю | за масою |
| Без застосування препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 182                                     | 231                             | 0            | 0        | 267                                    | 877                             | 0            | 0        |
| Без застосування препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 0                                       | 0                               | 100          | 100      | 0                                      | 0                               | 100          | 100      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 36                                      | 43                              | 80           | 81       | 47                                     | 34                              | 82           | 96       |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 29                                      | 35                              | 84           | 85       | 40                                     | 51                              | 85           | 94       |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 22                                      | 30                              | 88           | 87       | 33                                     | 45                              | 88           | 95       |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 10                                      | 8                               | 94           | 96       | 29                                     | 37                              | 89           | 96       |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 120                                     | 201                             | 34           | 13       | 142                                    | 281                             | 47           | 68       |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 30                                      | 24                              | 83           | 90       | 42                                     | 27                              | 84           | 97       |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 23                                      | 31                              | 87           | 86       | 32                                     | 43                              | 88           | 95       |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 17                                      | 28                              | 91           | 88       | 29                                     | 40                              | 89           | 95       |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 11                                      | 5                               | 94           | 98       | 25                                     | 33                              | 91           | 96       |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/га (фон)  | 156                                     | 218                             | 14           | 6        | 177                                    | 303                             | 34           | 65       |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                                       | 0                                       | 0                               | 100          | 100      | 0                                      | 0                               | 100          | 100      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 34                                      | 32                              | 81           | 86       | 49                                     | 77                              | 82           | 91       |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 25                                      | 33                              | 86           | 86       | 44                                     | 70                              | 83           | 92       |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 19                                      | 30                              | 89           | 87       | 41                                     | 65                              | 85           | 92       |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 10                                      | 4                               | 94           | 98       | 34                                     | 46                              | 87           | 95       |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 118                                     | 196                             | 35           | 15       | 139                                    | 245                             | 48           | 72       |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 17                                      | 10                              | 91           | 96       | 25                                     | 18                              | 91           | 98       |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 13                                      | 8                               | 93           | 96       | 19                                     | 23                              | 93           | 97       |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 9                                       | 5                               | 95           | 98       | 15                                     | 17                              | 94           | 98       |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 8                                       | 3                               | 96           | 99       | 13                                     | 9                               | 95           | 99       |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 2                                       | 3                               | –            | –        | 3                                      | 5                               | –            | –        |

**Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс, 2020 р.**

| Варіант досліджу  | Через 30 днів після внесення препаратів |                                 |              |          | Перед збиранням врожаю                 |                                 |              |          |
|---|---|---------------------------------|--------------|----------|--|---------------------------------|--------------|----------|
|   | Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>  | Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup> | Знищено, %   |          | Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup> | Маса бур'янів, г/м <sup>2</sup> | Знищено, %   |          |
|   |   |                                 | за кількістю | за масою |  |                                 | за кількістю | за масою |
| Без застосування препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 211                                     | 333                             | 0            | 0        | 329                                    | 1498                            | 0            | 0        |
| Без застосування препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 0                                       | 0                               | 100          | 100      | 0                                      | 0                               | 100          | 100      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 40                                      | 58                              | 81           | 82       | 52                                     | 67                              | 84           | 95       |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 33                                      | 49                              | 84           | 85       | 46                                     | 55                              | 86           | 96       |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 28                                      | 35                              | 87           | 89       | 41                                     | 50                              | 87           | 97       |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 22                                      | 13                              | 89           | 96       | 35                                     | 44                              | 89           | 97       |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 159                                     | 230                             | 25           | 31       | 193                                    | 299                             | 41           | 80       |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 31                                      | 44                              | 85           | 87       | 41                                     | 53                              | 87           | 96       |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 24                                      | 38                              | 89           | 88       | 39                                     | 47                              | 88           | 97       |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 21                                      | 31                              | 90           | 91       | 36                                     | 43                              | 89           | 97       |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 15                                      | 10                              | 93           | 97       | 21                                     | 31                              | 94           | 98       |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/га (фон)  | 166                                     | 269                             | 21           | 19       | 202                                    | 329                             | 39           | 78       |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                                       | 0                                       | 0                               | 100          | 100      | 0                                      | 0                               | 100          | 100      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 41                                      | 51                              | 80           | 85       | 55                                     | 69                              | 83           | 95       |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 28                                      | 40                              | 87           | 88       | 48                                     | 71                              | 85           | 95       |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 25                                      | 29                              | 88           | 91       | 32                                     | 57                              | 90           | 96       |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 18                                      | 14                              | 91           | 96       | 29                                     | 54                              | 91           | 96       |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 144                                     | 220                             | 32           | 34       | 179                                    | 277                             | 45           | 81       |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 16                                      | 21                              | 92           | 94       | 28                                     | 37                              | 91           | 97       |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 12                                      | 14                              | 94           | 96       | 21                                     | 25                              | 94           | 98       |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 7                                       | 4                               | 97           | 99       | 18                                     | 20                              | 94           | 99       |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 2                                       | 1                               | 99           | 100      | 14                                     | 12                              | 96           | 99       |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 2                                       | 4                               | –            | –        | 3                                      | 7                               | –            | –        |

Істотніший вплив на бур'яновий компонент спостерігався у варіантах із сумісним застосуванням МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га, де частка знищених бур'янів відносно контролю I складала 67; 69; 80 і 89% – за кількістю та 73; 80; 85 і 96% – за масою відповідно. Схожу дію МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га було відмічено на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що зумовило зниження кількості бур'янів на 66; 67; 77 і 87% та за масою – на 72; 81; 88 і 98% відповідно. Найвища ефективність гербіциду МаксіМокс у вищезазначених нормах простежувалася у варіантах комплексного його застосування із РРР Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні бактеризованого насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/га, що дало змогу знизити кількість бур'янів у порівнянні з контролем I на 74; 78; 81 і 92% та 86; 89; 93 і 99% відповідно – за масою.

Аналіз даних отриманих у 2019 та 2020 роках на 30-ту добу після внесення препаратів показав подібну залежність щодо рівня забур'яненості посівів гороху озимого за використання різних норм гербіциду МаксіМокс, внесеного як окремо, так і у поєднанні РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (табл. 5.2; 5.3). Так, у 2019 році застосування у посівах гороху озимого гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га зумовило зниження кількості бур'янів на 36, 29, 22 і 10 шт./м<sup>2</sup> проти 182 шт./м<sup>2</sup> у контрольному варіанті (без застосування препаратів) та на 43, 35, 30 та 8 г/м<sup>2</sup> – за масою при 231 г/м<sup>2</sup> у контролі I (табл. 5.2). Поєднання гербіциду МаксіМокс (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) у баковій суміші з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га викликало зростання технічної ефективності гербіциду, де частка знищених бур'янів складала за кількістю 83, 87, 91 та 94% і 90, 86, 88 та 98% – за масою. Внесення гербіциду МаксіМокс у тих же нормах на фоні обробленого насінневого матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т сприяло знищенню бур'янового компоненту агроценозу в межах 81–94% за кількістю та 86–98 – за масою.

Найвищу ефективність препаратів було відмічено у варіантах із застосуванням гербіциду МаксіМокс (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) + РРР Агріфлекс Аміно + МБП Оптімайз Пульс, де частка знищених бур'янів склала 91, 93, 95 та 96% – за кількістю та 96, 96, 98 та 99% – за масою. Зростання ефективності досліджуваних препаратів, вочевидь, відбувалося за рахунок покращення біометричних показників рослин гороху озимого за прямої дії регулятора росту рослин і мікробного препарату, що в підсумку підвищувало конкурентоздатність культури до бур'янів, про це у своїх дослідженнях повідомляють й інші вчені [348, 349].

Аналізуючи результати забур'яненості посівів гороху озимого отримані у 2020 році, можна констатувати подібну тенденцію у зниженні сегетальної рослинності (табл. 5.3). Так, за внесення гербіциду МаксіМокс (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) з РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) ефективність знищення бур'янів у посівах гороху озимого зростала в порівнянні з варіантами, де вносився лише гербіцид на 3–5% – за кількістю і 1–5% – за масою. Застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8–1,1 л/га на фоні бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс забезпечувало зростання ефективності дії препаратів у відношенні до варіантів з самотійним внесенням гербіциду на рівні 1–3% – за кількістю і 2–3% – за масою. Проте, найвищу ефективність дії препаратів було відмічено у варіантах з комплексним використанням гербіциду, РРР і МБП, за якого ефективність знищення бур'янів у порівнянні з варіантами самотійного внесення гербіциду зростала на 10–11% – за кількістю і 4–12% – за масою.

Рівень забур'яненості посівів гороху озимого у роки досліджень перед збиранням врожаю дещо зростав у порівнянні до показників отриманих на 30-ту добу після внесення препаратів, проте не досягав критичних значень, що могло б відобразитися на погіршенні процесу збирання культури. Так, найвищий відсоток знищення бур'янового компоненту спостерігався у варіантах з використанням МаксіМоксу у нормах 1,0 та 1,1 л/га сумісно із Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризації посівного матеріалу



МБП Оптімайз Пульс 3,28 л/т, де у середньому за роки досліджень зазначений показник становив 81–99% – за кількістю та 86–100% – за масою.

Таким чином, можна констатувати, що гербіцид МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) забезпечує високу ефективність у знищенні дводольних видів бур'янів у посівах гороху озимого, проте найвища його дія простежується у варіантах з сумісним внесенням з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної обробки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що досягається зростанням конкурентних можливостей культури (нагромадження біомаси, зростання площі прилисткового апарату тощо).

## **5.2. Урожайність та якість зерна**

Стрімке зростання чисельності населення у світі якнайшвидше потребує розробок нових способів та технологій збільшення врожайності найважливіших сільськогосподарських культур. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають створення оптимальних умов живлення рослин та надійного їх захисту від шкідників, хвороб і бур'янів у агроценозах [350].

Одним із чинників, що може спричинити зниження врожайності є забур'яненість посівів [351]. Втрата врожаю польових культур від бур'янів залежно від ступеня забур'яненості може коливатися від 10 до 60% і більше [352].

Розробка і впровадження у сільськогосподарське виробництво нових або удосконалених технологій у процес вирощування гороху – одна з головних умов збільшення валових зборів його зерна [353].

Поряд із сортами одним із резервів підвищення врожайності і якості продукції рослинництва є управління ростом і розвитком рослин за допомогою використання біологічно активних речовин [354].

Використання гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур сприяє різкому зменшенню забур'яненості посівів і підвищенню урожайності зерна, зменшенню його засміченості насінням бур'янів. Крім того, гербіциди на 40,4–62,2% зменшують надходження насіння бур'янів у ґрунт [355].

Підвищення врожайності гороху практично в усіх країнах пов'язують, у першу чергу, з поліпшенням азотного живлення рослин за рахунок здатності рослин вступати в симбіоз з бульбочковими бактеріями виду *Rhizobium leguminosarum*, які на коренях рослини-господаря можуть утворюють бульбочки з досить високою азотфіксувальною здатністю [356].

Поряд із селекційно-генетичними і біотехнологічними методами, резервом підвищення врожайності і якості продукції рослинництва є використання регуляторів росту рослин [350]. РРР є одним із важливих засобів, що впливають на строки дозрівання культур, підвищення стійкості рослин до негативних чинників навколишнього природного середовища, забезпечують підвищення врожайності, поліпшення якості і зберігання продукції рослинництва [78, 357–360].

У роки проведення досліджень посіви гороху озимого формували різну зернову продуктивність. Зокрема, найвищу врожайність досліджуваної культури було відмічено у 2018 р., де у контрольному варіанті (І) даний показник становив 1,77 т/га, меншу у 2019 р. і 2020 р. – 1,11 і 1,65 т/га.

Аналіз отриманих експериментальних даних засвідчив, що застосування гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га у 2018 р. забезпечувало підвищення врожайності культури відносно контролю І на 6,2; 7,9; 12,9 та 1,1% відповідно (табл 5.4).

Поєднання гербіциду у досліджуваних нормах з РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га зумовлювало зростання врожайності гороху озимого у порівнянні з контролем І на 8,5; 14,1; 11,9 та 1,7%, а у варіантах з внесенням МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) на фоні обробки насіння перед сівбою МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т – на 7,9; 14,1; 9,0 та 1,6% відповідно.

Таблиця 5.4

**Урожайність зерна гороху озимого сорту НС Мороз за використання гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс, т/га**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |             |             |                     | Приріст до контролю, т/га |
|---|-----------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | середнє за три роки |                           |
| Без застосування препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 1,77            | 1,11        | 1,65        | 1,51                | –                         |
| Без застосування препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 2,62            | 1,45        | 2,40        | 2,15                | 0,64                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 1,88            | 1,17        | 1,73        | 1,59                | 0,08                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 2,00            | 1,18        | 1,71        | 1,63                | 0,12                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 1,91            | 1,19        | 1,75        | 1,61                | 0,10                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 1,79            | 1,14        | 1,69        | 1,54                | 0,03                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 1,81            | 1,13        | 1,67        | 1,53                | 0,02                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 1,92            | 1,21        | 1,80        | 1,64                | 0,13                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 2,02            | 1,20        | 1,88        | 1,70                | 0,19                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 1,98            | 1,23        | 1,86        | 1,69                | 0,18                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 1,80            | 1,16        | 1,76        | 1,57                | 0,06                      |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/га (фон)  | 1,78            | 1,12        | 1,68        | 1,52                | 0,01                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                                       | 2,84            | 1,52        | 2,53        | 2,29                | 0,78                      |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га  | 1,91            | 1,27        | 1,85        | 1,67                | 0,16                      |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га  | 2,02            | 1,24        | 1,93        | 1,73                | 0,22                      |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га  | 1,93            | 1,31        | 1,89        | 1,71                | 0,20                      |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га  | 1,80            | 1,22        | 1,81        | 1,61                | 0,10                      |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 1,92            | 1,17        | 1,70        | 1,59                | 0,08                      |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 2,04            | 1,36        | 1,96        | 1,78                | 0,27                      |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 2,09            | 1,42        | 2,05        | 1,85                | 0,34                      |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 2,13            | 1,33        | 2,00        | 1,82                | 0,31                      |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 1,99            | 1,30        | 1,89        | 1,72                | 0,21                      |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | <i>0,10</i>     | <i>0,06</i> | <i>0,09</i> | –                   | –                         |

Найвищий рівень врожайності гороху озимого формувався у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) із Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптімайз Пульс (3,28 л/т). Так, застосування даної комбінації досліджуваних препаратів зумовлювало зростання рівня врожайності на 15,3; 18,1; 20,3 та 12,4%.

У 2019 і 2020 рр. спостерігалась схожа тенденція щодо дії досліджуваних препаратів на формування врожайності гороху озимого. Аналізуючи дані щодо урожайності гороху озимого за самостійного внесення гербіциду МакіМокс, так і внесеного сумісно з РРР Агріфлекс Аміно на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс, можна відмітити, що лише сумісне застосування МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га із Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т забезпечувало найістотнішу прибавку врожайності у порівнянні до контролю І, де у 2019 р. перевищення складало – 22,5; 27,9; 19,8 та 17,1%, а у 2020 р. – 18,8; 24,2; 21,2 та 14,5% відповідно.

У середньому за роки досліджень найістотніше урожайність гороху озимого зростала у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0; 1,1 л/га) у сумішах із Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/га), де перевищення до контролю І складало 17,8; 22,5; 20,5 та 13,9% відповідно.

Якість сільськогосподарської продукції – це комплексний показник, який включає вміст різноманітних органічних сполук, зокрема білків, вуглеводів, жирів і вітамінів, характеризуючи поживну цінність, а також збалансованість за макро- і мікроелементами, технологічну якість продукції [361].

Згідно даних FAO [362], світове виробництво рослинного білку складає 150 млн т, що в 1,5 рази менше від необхідної кількості. Дефіцит протеїну також є головною проблемою при відгодівлі сільськогосподарських тварин. Важливе місце для розв'язання цієї проблеми відводиться зерновим

культурам, зокрема – зернобобовим. Так, за врожайності 3,0 т/га пшениця формує 360 кг/га білка, водночас горох – 690 кг/га.

Сучасні технології вирощування зернобобових повинні базуватися на управлінні всіма процесами забезпечення високої зернової продуктивності й якості зерна, а також спрямовуватися на максимальне використання культурою біологічного потенціалу продуктивності [363].

Серед заходів, які сприяють збільшенню врожайності та поліпшенню якості зерна, важливе місце належить захисту посівів від бур'янів, оскільки вони постійно присутні в агрофітоценозах і виступають основними конкурентами культурних рослин за світло, воду, поживні речовини, життєвий простір незалежно від ґрунтово-кліматичних, погодних умов та місця їхнього вирощування [364, 365].

У ході проведених досліджень встановлено, що досліджувані препарати виявляли вагомий вплив на формування основних показників якості зерна гороху озимого (табл. 5.5, додаток Л. табл. Л.1–Л.3). Так, МТЗ за використання гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га зростала в середньому за три роки досліджень на 2,2; 4,3; 3,4 та 1,9%, натура зерна – на 1,3; 2,3; 1,8 і 1,2% у порівнянні з контролем І.

При застосуванні РРР Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га МТЗ і натура зерна гороху озимого у порівнянні з контролем І зростали на 0,9 г і 4,9 г/л відповідно. Разом з тим, сумісне застосування МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га з Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га забезпечило зростання МТЗ відносно контролю І на 2,7; 5,0; 4,2 та 2,2 %, натури – на 2,1; 2,9; 2,8 та 1,9%. Внесення МаксіМоксу у досліджуваних нормах на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу МБП Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т забезпечило зростання МТЗ і натури зерна гороху озимого відповідно до 199,9; 204,1; 203,0 та 199,4 г проти 194,1 г у контролі І, натури зерна – 749,2; 754,6; 753,3 та 747,1 г/л при 733,1 г/л у контролі І.

Найістотніший вплив на фізичні показники якості зерна гороху озимого простежувався за внесення МаксіМоксу у нормі 0,9 л/га із Агріфлекс Аміно у

нормі 1,0 кг/га на фоні застосування бактеризації насіння перед сівбою Оптімайз Пульсом у нормі 3,28 л/т, так при цьому МТЗ становила 207,6 г, тоді як перевищення відносно контролю I складало 13,3 г, натура зерна становила 760,6 г/л за перевищення контролю I на 27,5 г/л.

Таблиця 5.5

**Якість зерна гороху озимого сорту НС Мороз за використання гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (середнє за 2018–2020 рр.)**

| Варіант досліджу  | МТЗ, г          | Натура, г/л    | Вміст білка, % |
|---|-----------------|----------------|----------------|
| Без застосування препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 194,3           | 733,1          | 21,3           |
| Без застосування препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 203,0           | 749,2          | 22,9           |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 198,5           | 742,7          | 21,8           |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 202,6           | 750,1          | 22,2           |
| МаксіМокс 1,0 л /га   | 201,0           | 746,6          | 21,8           |
| МаксіМокс 1,1 л /га   | 198,0           | 742,4          | 21,6           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 195,2           | 738,0          | 21,4           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 199,6           | 748,8          | 22,1           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 204,0           | 754,8          | 22,7           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 202,5           | 753,9          | 22,3           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                    | 198,7           | 747,1          | 21,9           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/га (фон)  | 194,5           | 735,5          | 21,4           |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                                       | 206,7           | 766,2          | 23,7           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 199,9           | 749,2          | 22,2           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 204,1           | 754,6          | 23,0           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л /га   | 203,0           | 753,3          | 22,1           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л /га   | 199,4           | 747,1          | 21,9           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 196,3           | 741,7          | 21,6           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 203,5           | 753,9          | 22,5           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 207,6           | 760,6          | 23,1           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 205,3           | 758,4          | 22,6           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                              | 201,8           | 749,3          | 22,0           |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | <i>9,0–10,8</i> | <i>3,6–3,9</i> | <i>0,9–1,2</i> |

Застосування досліджуваних препаратів позитивно відобразилися на формуванні одного з найважливіших показників якості зерна бобових культур – вмісту білка. Так, внесення МаксіМоксу у нормах 0,8; 0,9; 1,0 та

1,1 л/га зумовлювало зростання вмісту білка в зерні гороху озимого у порівнянні з контролем I на 0,5; 0,9; 0,5 та 0,3% відповідно. За внесення бакової суміші гербіциду МаксiМокс у нормах 0,8–1,1 л/га з РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га вміст білка зростав на 0,6–1,4%.

Найвищий вміст білка у зерні гороху озимого формувался за дії МаксiМоксу (0,8; 0,9; 1,0 та 1,1 л/га) з Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою Оптiмайз Пульсом (3,28 л/т), що становило 22,5; 23,1; 22,6 та 22,0% за вмісту білка у контрольному варіанті (I) 21,3%.

Таким чином, застосування в посівах гороху озимого гербіциду МаксiМокс сумісно з РРР Агрiфлекс Аміно на фоні бактеризованого посівного матеріалу МБП Оптiмайз Пульс створює найбільш оптимальні умови для формування високої продуктивності культури за підвищених показників якості зерна. Найвища продуктивність гороху озимого формується за обробки посівів гербіцидом МаксiМокс у нормі 0,9 л/га у баковій суміші з РРР Агрiфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризації насіння перед сівбою МБП Оптiмайз Пульс у нормі 3,28 л/т, що в середньому за роки досліджень забезпечило прибавку зерна на рівні 0,34 т/га за підвищення показників МТЗ – на 6,8%; натури – на 3,8% і вмісту білка – на 1,8% відповідно.

### **5.3. Економічна і біоенергетична ефективність**

У сучасних умовах ведення сільського господарства важливою вимогою до елементів технології вирощування, які розробляються та впроваджуються в виробництво, є зниження собівартості одиниці продукції, зменшення енергетичних витрат, і як результат – підвищення прибутку. Окрім цього, сучасні технології вирощування повинні бути конкурентоспроможними на ринку технологій. Виробництво продукції рослинництва в умовах дефіциту ресурсного потенціалу вимагає перегляду підходів щодо розподілу виробничих витрат при розробці технологій

вирощування польових культур. Розробка комплексу агрономічних заходів, які забезпечують високу урожайність сільськогосподарської культури, обов'язково супроводжується всебічною економічною оцінкою. Оцінювати ефективність будь-якого комплексу агрозаходів лише за зміною рівня урожаю недостатньо, оскільки залишаються поза увагою витрати на його отримання. У зв'язку з цим, виникає необхідність визначення не лише однієї агротехнічної ефективності, а в комплексі – з економічною [366].

Складність розрахунків економічної ефективності полягає в нестабільності і диспаритеті цін на промислову (сільськогосподарська техніка, мінеральні добрива, пестициди, паливо-мастильні матеріали) та сільськогосподарську продукцію [367].

Економічна оцінка гербіцидів зводиться до порівняння витрат на обробку і розміру прибутку від збереженого врожаю. На зернових культурах дохід визначається тільки вартістю збереженого врожаю [368].

Також, останнім часом у технологічному процесі вирощування культурних рослин значну увагу приділяють використанню регуляторів росту рослинного походження та мікробних препаратів задля підвищення економічної ефективності і зменшення витрат на придбання добрив [369].

Економічний аналіз використання досліджуваних препаратів у технології вирощування гороху озимого показав, що за використання гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8; 0,9 і 1,0 л/га додатковий чистий прибуток складав 140; 458 і 175 грн./га, показник рентабельності при цьому становив 23; 26 і 23% за окупності додаткових витрат 0,2; 0,6 і 0,2 рази (табл.5.6). Завищення норми гербіциду до 1,1 л/га показало збитковість вирощування культури в даному варіанті дослідження, де додатковий чистий прибуток становив -607 грн./га за рівня рентабельності 17% та окупності додаткових витрат -0,7 рази.

Поєднання МаксіМоксу у нормах 0,8–1,0 л/га із PPP Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га збільшувало рівень рентабельності до 25–29%, при цьому додатковий чистий прибуток становив 405; 923 і 740 грн./га.



**Економічна ефективність застосування гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та  
МБП Оптімайз Пульс (середнє за 2018–2020 рр.)**

| Варіант досліджу                                     | Урожаність,<br>т/га | Прибавка<br>врожаю,<br>т/га | Загальні<br>витрати на<br>виращуван-<br>ня, грн./га | У т. ч.<br>додаткові,<br>грн./га | Вартість<br>валової<br>продукції,<br>грн./га | У т. ч.<br>Додаткової,<br>грн./га | Чистий<br>прибуток з<br>1 га, грн. | Собів-<br>вартість 1 т<br>продукції.<br>грн. | Рентабельні-<br>сть, % | Додатковий<br>чистий<br>прибуток,<br>грн./га | Окупність<br>додаткових<br>витрат, рази |
|--|---------------------|-----------------------------|---|----------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------|--|---|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)     | 1,51                | –                           | 12241   | –                                | 15100  | –                                 | 2859                               | 8107   | 23                     | –  | –                                       |
| МаксіМокс 0,8 л/га                                   | 1,59                | 0,08                        | 12901   | 660                              | 15900  | 800                               | 2999                               | 8114   | 23                     | 140  | 0,2                                     |
| МаксіМокс 0,9 л/га                                   | 1,63                | 0,12                        | 12893   | 742                              | 16300  | 1200                              | 3407                               | 7910   | 26                     | 458  | 0,6                                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га                                   | 1,61                | 0,10                        | 13066   | 825                              | 16100  | 1000                              | 3034                               | 8116   | 23                     | 175  | 0,2                                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га                                   | 1,54                | 0,03                        | 13148   | 907                              | 15400  | 300                               | 2252                               | 8538   | 17                     | -607   | -0,7                                    |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                            | 1,53                | 0,02                        | 12476   | 235                              | 15300  | 200                               | 2824                               | 8154   | 23                     | -35  | -0,1                                    |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,64                | 0,13                        | 13136   | 895                              | 16400  | 1300                              | 3264                               | 8010   | 25                     | 405  | 0,4                                     |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,70                | 0,19                        | 13218   | 977                              | 17000  | 1900                              | 3782                               | 7775   | 29                     | 923  | 0,9                                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,69                | 0,18                        | 13301   | 1060                             | 16900  | 1800                              | 3599                               | 7870   | 27                     | 740  | 0,7                                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 1,57                | 0,06                        | 13383   | 1142                             | 15700  | 600                               | 2317                               | 8524   | 17                     | -542   | -0,5                                    |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)                        | 1,52                | 0,01                        | 12540   | 299                              | 15200  | 100                               | 2660                               | 8250   | 21                     | -199   | -0,7                                    |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га                             | 1,67                | 0,16                        | 13200   | 959                              | 16700  | 1600                              | 3500                               | 7904   | 26                     | 641  | 0,7                                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га                             | 1,73                | 0,22                        | 13282   | 1041                             | 17300  | 2200                              | 4018                               | 7677   | 30                     | 1159   | 1,1                                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га                             | 1,71                | 0,20                        | 13365   | 1124                             | 17100  | 2000                              | 3735                               | 7816   | 28                     | 876  | 0,8                                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га                             | 1,61                | 0,10                        | 13447   | 1206                             | 16100  | 1000                              | 2653                               | 8352   | 20                     | -206   | -0,2                                    |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                      | 1,59                | 0,08                        | 12775   | 534                              | 15900  | 800                               | 3125                               | 8034   | 24                     | 266  | 0,5                                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,78                | 0,27                        | 13435   | 1194                             | 17800  | 2700                              | 4365                               | 7548   | 32                     | 1506   | 1,3                                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,85                | 0,34                        | 13517   | 1276                             | 18500  | 3400                              | 4983                               | 7306   | 37                     | 2124   | 1,7                                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,82                | 0,31                        | 13600   | 1359                             | 18200  | 3100                              | 4600                               | 7472   | 34                     | 1741   | 1,3                                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 1,72                | 0,21                        | 13682   | 1441                             | 17200  | 2100                              | 3518                               | 7954   | 26                     | 659  | 0,4                                     |

За використання МаксіМоксу (0,8; 0,9; 1,0 л/га) на фоні передпосівної бактеризації насіння МБП Оптімайз Пульс (3,28 л/т) рівень рентабельності продовжував зростати та становив 26; 30; 28% за одержання додаткового чистого прибутку у розмірі 641; 1159 і 876 грн./га при окупності додаткових витрат 0,7; 1,1 і 0,8 рази.

Найістотніше зростання показників економічної ефективності було одержано у варіантах комплексного застосування МаксіМоксу 0,8; 0,9; 1,0 і 1,1 л/га із Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації посівного матеріалу Оптімайз Пульсом 3,28 л/т. Так, найбільша прибавка врожайності у цих варіантах при зниженні собівартості продукції сформувала рентабельність виробництва на рівні 32; 37; 34 і 26% за отримання додаткового чистого прибутку 1506; 2124; 1741 і 659 грн./га.

Енергетичний аналіз є важливим елементом у ході розробки і оцінювання ресурсо- і енергоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Такий аналіз дозволяє визначити ступінь використання основних матеріальних (добрива, пестициди, паливо, вода, трактори, автомобілі, причіпне знаряддя тощо) та природних ресурсів (грунтово-кліматичні умови, сонячна радіація та ін.), які впливають на показники родючості ґрунту та формування врожаю [370].

Енергетичний аналіз ефективності застосування гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс показав, що застосування різних норм та комбінацій досліджуваних препаратів зумовлювало різну кількість енерговитрат на вирощування гороху озимого, де основну частку складали сільськогосподарські машини та агрегати, людські ресурси, паливно-мастильні матеріали, заходи на післязбиральну доробку зерна, а також заходи на боротьбу із шкідливими об'єктами, у тому числі з бур'яновим компонентом. Оцінка енергоефективності (табл. 5.7) показала, що за обробки посівів МаксіМоксом у нормах 0,8–1,1 л/га рівень енерговитрат становив 17073–17152 МДж/га, а за внесення цих же норм МаксіМоксу, але у суміші з РРР Агріфлекс Аміно – 19290–19369 МДж/га. У

варіантах обробки посівів гороху озимого МаксіМоксом на фоні застосування Оптімайз Пульсу сукупні антропогенні витрати енергії становили 21044–21123 МДж/га.

Таблиця 5.7

**Енергетична ефективність застосування гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс у посівах гороху озимого**

| Варіант дослідження                                  | Витрати сукупної антропогенної енергії на 1 га, МДж | Вихід валової енергії з 1 га, МДж* | Коефіцієнт енергетичної ефективності |
|--|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)     | 21884   | 26712                              | 1,2                                  |
| МаксіМокс 0,8 л/га                                   | 17073   | 28127                              | 1,6                                  |
| МаксіМокс 0,9 л/га                                   | 17099   | 28481                              | 1,7                                  |
| МаксіМокс 1,0 л/га                                   | 17125   | 28835                              | 1,7                                  |
| МаксіМокс 1,1 л/га                                   | 17152   | 27243                              | 1,6                                  |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                            | 17079   | 27066                              | 1,6                                  |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 19290   | 29012                              | 1,5                                  |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 19317   | 29896                              | 1,5                                  |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 19343   | 30073                              | 1,5                                  |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га       | 19369   | 27774                              | 1,4                                  |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)                        | 20855   | 26889                              | 1,3                                  |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га                             | 21044   | 29543                              | 1,4                                  |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га                             | 21071   | 30250                              | 1,4                                  |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га                             | 21097   | 30604                              | 1,4                                  |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га                             | 21123   | 28481                              | 1,3                                  |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                      | 21050   | 28127                              | 1,3                                  |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 21261   | 31488                              | 1,5                                  |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 21288   | 32727                              | 1,5                                  |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 21314   | 32196                              | 1,5                                  |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га | 21340   | 30427                              | 1,4                                  |

Найбільш помітно показники витрат сукупної енергії зростали у варіантах за поєднання гербіциду МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) із РРР Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні передпосівної обробки насіння МБП Оптімайз Пульс, що становило 21261–21340 МДж/га, при цьому в даних варіантах відмічався найвищий вихід валової енергії з 1 га, який складав 31488–30427

МДж/га за коефіцієнта енергетичної ефективності 1,4–1,5, що вказує на високу енергетичну ефективність від застосування додаткових заходів.

Таким чином, оцінка за економічною та енергетичною складовою технології вирощування гороху озимого показала, що найвищий показник економічної ефективності формувався у варіанті з комплексним використанням МаксіМоксу у нормі 0,9 л/га із Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння Оптімайз Пульсом 3,28 л/т, що забезпечило формування рентабельності на рівні 37% та одержання додаткового прибутку з 1 га у розмірі 2124 грн. Зростання виходу валової енергії з 1 га і коефіцієнта енергетичної ефективності ( $E_{кее} > 1$ ) у даному варіанті досліду вказує на те, що за додаткових технологічних витрат таке поєднання препаратів є найбільш енергоефективним.

*Матеріали розділу 5 опубліковано та апробовано в працях [378–381].*

1. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Притуляк Р. М. Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. Вип. 97 Ч. 1. С. 171–180.

2. Бойко Я. О. Забур'яненість посівів гороху озимого за внесення біологічно активних речовин. VI Міжнародна конференція «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань, 15 листопада 2018 р.). Київ: Видавництво «Основа». 2018. С. 38–40.

3. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Урожайність гороху озимого сорту НС Мороз за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. Перспективні шляхи розвитку наукових знань (частина I): матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26–27 січня 2019 р.). Київ. 2019. С. 50–51.

4. Бойко Я. О. Перспективи сумісного застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин у посівах гороху озимого сорту НС Мороз. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. 15–16 травня 2018 р. Умань. 2018. С. 13–14.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено нове вирішення наукового завдання, що полягає у фізіологічному обґрунтуванні застосування в посівах гороху озимого різних норм гербіциду МаксiМокс окремо і в комплексі із біологічними препаратами – регулятором росту рослин Агрiфлекс Аміно та мікробним препаратом Оптiмайз Пульс.

1. Встановлено, що гербіцид МаксiМокс, регулятор росту рослин Агрiфлекс Аміно і мікробний препарат Оптiмайз Пульс зумовлюють значні зміни в проходженні ліпопероксидаційних та ферментативних процесів у рослинах гороху озимого, проте максимальне зниження окиснювального стресу в рослинах простежується за комплексного використання гербіциду (0,8–1,1 л/га) з регулятором росту рослин Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) і мікробним препаратом Оптiмайз Пульс (3,28 л/т), за якого рівень реакцій пероксидного окиснення ліпідів у рослинах відносно варіантів самотійного застосування гербіциду в середньому знижується до 13–27% за підвищення у порівнянні з контролем рівня активності ферментів: глутатіон-S-трансферази на 26–66%, каталази – 32–69%, пероксидази – 51–87%, поліфенолоксидази 52–82%, що є наслідком підвищення антиоксидантного статусу рослин.

2. Виявлено, що гербіцид МаксiМокс (1,0–1,1 л/га) у поєднанні з регулятором росту рослин Агрiфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні обробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптiмайз Пульс (3,28 л/т) забезпечував формування найвищого вмісту в прилисках гороху озимого суми хлорофілів *a* і *b*, яка в середньому за роками досліджень і фазами розвитку культури перевищувала контроль на 2–8%.

3. З'ясовано, що за інтегрованого застосування в посівах гороху озимого гербіциду МаксiМокс, регулятора росту рослин Агрiфлекс Аміно і мікробного препарату Оптiмайз Пульс у прилистках гороху озимого у фази бутонізації–цвітіння простежується на 29–55% зростання площі епідермальних клітин за коефіцієнта морфоструктури 0,64–0,78 з одночасним наростанням площі прилисткового апарату більшої за контроль на 45–61%.

Істотне зростання площі прилисткового апарату за такого поєднання препаратів тісно корелює з анатомічною будовою прилистків (площею клітин) та підтверджується зв'язком на рівні  $r=0,81$ .

4. Досліджено, що поєднання застосування гербіциду МаксіМокс (0,8–1,1 л/га) з регулятором росту Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) та мікробним препаратом Оптімайз Пульс (3,28 л/т) у порівнянні з варіантами самотійного внесення гербіциду стимулювало проходження в рослинах гороху озимого ростових процесів, які за формуванням висоти і надземної біомаси на 7–65% перевищували контроль.

5. Доведено, що оптимальнішим за дією на проходження в рослинах гороху озимого фотосинтетичних процесів виявилось поєднання гербіциду МаксіМокс у нормах 0,8 і 0,9 л/га з Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) і Оптімайз Пульс 3,28 л/т), яке забезпечило зростання чистої продуктивності фотосинтезу посівів на 26 і 30%.

6. Встановлено, що за норми 0,9 л/га МаксіМоксу в баковій суміші з регулятором росту рослин Аріфлекс Аміно (1,0 кг/га) на фоні передпосівної оброки насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс (3,28 л/т) найбільш активно відбувалось формування симбіотичної системи *Pisum sativum* L. – *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, що супроводжувалося збільшенням кількості і маси бульбочок на кореневій системі гороху озимого у 2,0 і 1,9 рази за одночасного зростання в бульбочках вмісту леггемоглобіну в 3,7 рази.

7. Виявлено, що гербіцид МаксіМокс, регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс впливали на формування ґрунтової мікробіоти гороху озимого, забезпечуючи позитивні зміни в її кількісному складі: за ітенгрованого внесення вищевказаних препаратів загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів, мікроміцетів і бактерій роду *Azotobacter* зростала до 74%, що обумовлювалось формуванням більш розвиненої кореневої системи (з боку дії регулятора росту рослин і мікробного препарату), необхідної мікроорганізмам для

колонізації, та виділенням у ризосферу більшої кількості ексудатів, у результаті підвищення фізіолого-біохімічної діяльності рослин.

8. Доведено, що гербіцид МаксіМокс у посівах гороху озимого є ефективним у знищенні переважної більшості дводольних і деяких злакових видів бур'янів, однак, найвищу ефективність препарат виявляв за внесення його в сумішах з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно на фоні обробки перед сівбою насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс – частка знищених бур'янів за кількістю і масою зростала до 100%.

9. Встановлено, що найбільш оптимальні умови для формування високої продуктивності посівів гороху озимого за підвищених показників якості зерна склалися за обробки посівів гербіцидом МаксіМокс у нормі 0,9 л/га у баковій суміші з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні бактеризації насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс у нормі 3,28 л/т, де в середньому за роки досліджень прибавка зерна становила 0,34 т/га за підвищення показника маси 1000 зерен на 6,8%, натури – 3,8% і вмісту в зерні білка – 1,8%.

10. З'ясовано, що найвищі показники економічної ефективності вирощування гороху озимого формувалися у варіанті з інтегрованим використанням МаксіМоксу у нормі 0,9 л/га з Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га і Оптімайз Пульсом 3,28 л/т, що забезпечило одержання чистого додаткового прибутку на рівні 2124 грн. за рентабельності 37% і коефіцієнта енергетичної ефективності 1,5.

### **РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Для ефективного знищення бур'янів, активізації проходження біологічних процесів у рослинах і ґрунті та підвищення зернової продуктивності гороху озимого в його посівах слід застосовувати гербіцид класу імідазолінонів на основі діючої речовини імазамокс (40 г/л) МаксіМокс (або його аналоги) у нормі 0,9 л/га в суміші з регулятором росту рослин

природного походження Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га на фоні передпосівної бактеризації насіння мікробним препаратом Оптімайз Пульс (*Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* – штами 128C56g, 175G10b) у нормі 3,28 л/т.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тараріко Ю. О. Розробка ґрунтозахисних ресурсо- та енергозберігаючих систем ведення сільськогосподарського виробництва з використанням програмного комплексу. Метод. реком. / розроб. Ю. О. Тараріко; УААН. Інститут агроекології та біотехнології. Київ: Нора-Друк. 2002. 122 с.
2. Багорка М. О. Передумови для розвитку екологічно спрямованих інновацій в аграрному виробництві. Інвестиції: практика та досвід. 2013. № 5. С. 18–22.
3. Тараріко Ю. О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. Київ, 2015. 508 с.
4. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. Москва, 1995. 470 с.
5. Дегодюк Е. Г. Сучасний стан земельних ресурсів України і шляхи відновлення земель – і природокористування: зб. доп. Всеукраїнської наук.-практ. Конференції «Стан земельних ресурсів в Україні : проблеми, шляхи вирішення». Київ. 2001. С. 32–37.
6. Сайко В. Ф., Дегодюк Є. Г. Теоретичні основи і практичні аспекти розвитку біологічного землеробства в Україні. Землеробство. 1994. Вип. 69. С. 3–7.
7. Бабич А. О., Побережна А. А. Народонаселення і продовольство на рубежі другого та третього тисячоліть. Київ, 2000. 158 с.
8. Воронкова Г. М., Гамаюнова В. В. Особливості елементів технології вирощування гороху озимого в зоні південного Степу України. Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 20 листопада 2019 р.). ДДАЕУ. Дніпро. 2019. С. 28–29.

9. Безуглый И. Н., Василенко А. А., Глянцев А. В. Сортовая структура посевных площадей гороха в Украине. Бюл. науч. работ. Вып. 29. 2012. С. 3–7.
10. Захарченко И. Г. Пути повышения плодородия почв. Киев, 1969. С. 53–58.
11. Сайко В. Ф. Сівозміни у землеробстві України. Київ: Аграр. Наука. 2002. 146 с.
12. Сторчоус І. М. Чисто горох. Агробізнес сьогодні. 2013. № 12 (259). С. 37–39. Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/350-chysto-horokh.html>
13. Гуральчук Ж. З., Мордерер Є. Ю. Проблема резистентності рослин до гербіцидів: генетичний та метаболічний аспекти. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2015. Вип. 16. С. 100–104.
14. Сторчоус І. М. Гербіциди – побічні ефекти. Пропозиція. 2015. № 7–8. С. 91–94.
15. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Грицаєнко З. М. Симбіотичний стан посівів за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 2. С. 13–16.
16. Сторчоус І. М. Стратегія і практика контролю забур'яненості. Агробізнес сьогодні. 2011. № 14. С. 15. Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/164-stratehiia-i-taktyka-kontroliu-zaburianenosti.html>
17. Appleby A. P., Müller F., Carpy S. Weed Control. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2002, Wiley-VCH, Weinheim. Режим доступу до ресурсу: [http://doi:10.1002/14356007.a28\\_165](http://doi:10.1002/14356007.a28_165).
18. Hardy R. W. F., Giaquinta R. T. Molecular biology of herbicides. BioEssays. 2005. Vol. 1 (4). P. 152–156. Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1002/bies.950010404>
19. Ожередов С. П., Емец А. И., Литвин Д. И. [и др.]. Антимитотическое действие новых производных 2,6-динитроанилина и их

синергическая активность в композициях с граминицидами. Цитология и генетика. 2010. Т. 44. № 5. С. 54–59.

20. Zhang J., Allan S. Hamill and Susan E. Weaver Antagonism and synergism between herbicides: Trends from previous studies. Weed Technol. 1995. № 1. P. 86–90.

21. Борона В. П., Карасевич В. В., Первачук М. В., Постоловська Т. Т. Інтегроване контролювання бур'янів у короткоротаційних сівозмінах. Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. ОДАУ. Одеса. 2004. Вип. 26. С. 16–21.

22. Грицаєнко З. М., Заболотний О. І. Продуктивність посівів кукурудзи та їх забур'яненість залежно від дії гербіциду Базис, внесеного окремо і сумісно з рістрегулюючими речовинами. Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. 2005. Вип. 61. С. 240–247.

23. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Мікробіологічна активність ґрунту при застосуванні гербіциду Мерлін. Молодий вчений. 2014. № 2 (05). С. 16–20.

24. Хромих Н. О., Россихіна-Галича Г. С., Лихолат Ю. В. Післядія гербіцидної обробки на окисно-відновну активність та вміст хлорофілу у рослин пшениці наступної генерації. Наук. Часопис нац. пед. ун-ту імені Драгоманова. Біологічна серія. 2013. № 20 (5). С. 81–88.

25. Матюха Л. П., Матюха В. Л., Рябоволенко В. В. Бур'яни-алергени. Захист рослин. 2003. № 6. С. 14–17.

26. Огинова И. А. Адаптивная реакция репродуктивной сферы сорго на действие гербицидов. Вісн. Дніпропетровського ун-ту. Серія Біологія, Екологія. 2006. № 3 (1). С. 203–207.

27. Хромых Н. А., Винниченко А. Н. Особенности накопления и распределения ацетохлора у гибридов кукурузы при прорастании. Вісн. Дніпропетровського ун-ту. Серія Біологія. 2000. № 8 (1). С. 122–126.

28. Ли Т. К., Лу Л. Л., Жу Е. [и др.]. Антиоксидантная система в корнях двух контрастных экотипов *Sedum alfredii* при повышенных концентрациях цинка. Физиология растений. 2008. № 6. Т. 55. С. 886–894.
29. Shraddha S., Susan E., Dsouza S. F. Cadmium Accumulation and Its Influence on Lipid Peroxidation and Antioxidative System in an Aquatic Plant *Vasora monnieri* L. Chemosphere. 2006. Vol. 62. P. 233–246.
30. Yan X., Yu D., Wang H. Y., Wang J. W. Response of Submerged Plant (*Vallisneria spinulosa*). Clones to Lead Stress in the Heterogenous Soil. Chemosphere. 2006. Vol. 63. P. 1459–1465.
31. Gronwald J. W., Fuerstb E. P., Eberleinb C. V., Eglib M. A. Effect of herbicide antidotes on glutathione content and glutathione S-transferase activity of sorghum shoots. Pesticide Biochem. Physiol. 1987. Vol. 29. № 1. P. 66–76.
32. Gronwald J. W., Plaisance K. L. Isolation and characterization of glutathione Stransferase isozymes from sorghum. Plant Physiol. 1998. Vol. 117. № 1. P. 677–692.
33. Lamoureux, G. L., Rusness D. G. The role of glutathione-Stransferases in pesticide metabolism, selectivity and mode of action in plants. / In D. Dolphin, R. Paulson, and O. Avramovic (ed.), Glutathione: chemical, biochemical and medical aspects. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1989. V. III B. P. 154–196.
34. Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів. Физиология и биохимия культурных растений. 2004. Т. 36. № 1. С. 3–13.
35. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Вплив застосування гербіциду «Бату» в.г. та рістрегулятора «Регоплант» на реакції перокисного окиснення ліпідів і активність ферментів класу оксидоредуктаз. Таврійський науковий вісник. 2020. № 111. С. 77–82.

36. Россихіна Г. С. Стан антиокисидантної системи *Zea Mays* під впливом гербіцидів. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2006. № 14 (1). С. 149–154.

37. Сивчев М. В. Фотохимическая активность хлоропластов и прочность связи хлорофилла в комплексе у культурных растений при действии гербицидов, засоления и биологически активных веществ. Физиология растений. 1973. Т. 20. Вып. 6. С. 1176–1181.

38. Грицаєнко З. М., Куш Л. Я. Вміст хлорофілу в листках озимої пшениці залежно від дії гербіцидів та біологічно-активних речовин. Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти: тези доповідей III Міжнародної конференції, (м. Львів, 4–6 жовтня 2007 р.). Львів. 2007. С. 125–126.

39. Грицаєнко З. М., Заболотний О. І. Активність суміші вища. Вплив сумісного застосування гербіциду Базис із Зеастимуліном і Рексоліном на фізіологічні процеси в рослинах кукурудзи. Карантин і захист рослин. 2006. № 5. С. 18–19.

40. Kim D., Brain P., Marshall E. Effects of sub-lethal doses of metsulfuron-methyl on crop weed competition in two varieties of winter wheat. Brighton Crop Prot. Conf. "Weed" : Proc. Int. Conf. Brit. Crop Prot. Coune. Brighton. 17–20 Nov. 1997. Vol. 2. Farnham. P. 669–670.

41. Дикун О. В., Жеребко В. М., Дикун М. О. Вплив ґрунтових і післясходових гербіцидів на вміст пластидних пігментів та продуктивність фотосинтетичного потенціалу сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 1. С. 81–89.

42. Каленська С. М., Новицька Н. В., Джемесюк О. В. Формування площі листової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. Вісник Полтавської державної академії. 2016. № 3. С. 6–10.

43. Веселовська Л. І., Коць С. Я. Вплив різних способів застосування лектину на симбіотичні системи соя – *Bradyrhizobium japonicum*, сформовані

в умовах оптимального та недостатнього водозабезпечення. Физиология растений и генетика. 2014. № 5. С. 437–448.

44. Пида С. В., Тригуба О. В., Григорюк І. П. Дія бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин на фотосинтетичний апарат люпину білого (*Lupinus albus* L.). Біоресурси і природокористування. 2014. № 1–2. С. 12–18.

45. Карпенко В. П. Фотохімічна активність хлоропластів ячменю ярого за дії гербіциду класу сульфенілсечовин Гранстар 75 і регулятора росту рослин Емістим С. Агробіологія. Збірник наукових праць. 2010. Вип. 4 (80). С. 16–19.

46. Журбицкий З. И. Потребность растений в питании как основа применения удобрений: науч. пособ. Москва: АН СССР. 1958. 60 с.

47. Гусев Н. А. Водообмен и физиологические процессы растений. КГУ. Казань. 1981. 11 с.

48. Колесніченко О. В. Анатомо-морфологічна будова листків *Castanea sativa* MILL. як фактор стабілізації водного режиму рослин в умовах посухи. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 5. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2015\\_5\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_31)

49. Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Анатомо-морфологічна будова листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду і рістрегуляторів. Modern Phytomorphology. 2012. № 2 С. 253–255.

50. Заболотний О. І., Заболотна А. В., Голодрига О. В. [та ін.]. Розміри листової поверхні та особливості анатомічної структури епідермісу кукурудзи з а умов застосування гербіциду Бату в. г. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 45–51.

51. Левченко Т. М. Вересенко О. М. Брухаль Ф. Й. Вплив гербіцидів на формування вегетативної маси і насінневої продуктивності люпину. Наукові доповіді НУБІП України. 2018. № 1 (71). Режим доступу до ресурсу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/viewFile/10021/8898>

52. Домарицький О. О., Ревтьо О. Я., Хомин І.О. Вплив регуляторів росту на ріст, розвиток та формування врожайності соняшнику гібрида Форвард в умовах недостатнього зволоження Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2018. № 100. С. 51–56.

53. Єременко О. А., Покопцева Л. А. Вплив регуляторів росту рослин на формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) у Степу України на фоні використання гербіциду Євро-Лайтінг. Таврійський науковий вісник. 2016. № 96. С. 58–65.

54. Воробей Н. А., Коць С. Я. Стратегія добору бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* за поліпшеним симбіотичним фенотипом. Физиология растений и генетика. 2018. № 4. С. 344–357.

55. Гайдай Л. С. Вплив інокуляції насіння на біометричні показники рослин квасолі звичайної. Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences: international research and practice conference. (Lublin, Republic of Poland, December 27–28, 2017). Lublin, 2017. P. 130–133.

56. Карпенко В. П. Біологічні аспекти застосування гербіцидів у посівах ячменю ярого. Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства: збірник тез II Між. наукової конференції. (м. Умань, 18–19 травня, 2010 р.). Умань. 2010. С. 32–34.

57. Zain, M. M. M., Rosli, B. M. [et. al.]. Effects of selected herbicides on soil microbial populations in oil palm plantation of Malaysia: A microcosm experiment. African Journal of Microbiology Research. 2013. № 7 (5). P. 367–374.

58. De-Lorenzo, M. E., Scott, G. I., Ross, P. E. Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: a review. Environmental Toxicology Chem. 2001. № 20. P. 84–98.

59. Hutsch B. W. Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production. Invited paper. Eur. J. Agronomy. 2001. № 14. P. 237–260.

60. Subhani, A., El-ghamry, A. M., Huang, C., Xu, J. Effect of Pesticides (Herbicides) on Soil Microbial Biomass. A Review Pakistan Journal of Biological Sciences. 2000. № 3 (5). P. 705–709.

61. Adomako M. O., Akyeampong S. Effect of some commonly used herbicides on soil microbial population. Journal of Environment and Earth Science. 2016. Vol. 6. № 1 (6). P. 30–38.

62. Breure A. M. Soil biodiversity: measurements, indicators, threats and soil functions. Soil and compost eco-biology: I International Conference. (León – Spain, September 15th – 17th, 2004). León. 2004. P. 83–96.

63. Ушанов Р. Н. Активность почвенных микроорганизмов – показатель устойчивости земледелия. Земледелие. 2006. № 1. С. 14–15.

64. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Біологічна активність ґрунту в агроценозі сої за роздільного та інтегрованого застосування гербіциду і біологічних препаратів. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 5. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2016\\_5\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_7)

65. Abubacker M. N., Visvanathan M., Srinivasan S. Biodegradation of glyphosate herbicide by bacterial isolates from Banana (Musa spp.) Plantation soil. Biolife. 2016. Vol 4. Issue 2. P. 243–250. Режим доступу до ресурсу: <https://pdfs.semanticscholar.org/6365/25c9e7aa8b712bb49e0af6578249aeb52ca2.pdf>

66. Пищур І. М., Канівець В. І., Ларченко І. В. Вплив сучасних гербіцидів на формування соєво-ризобіального симбіозу за використання мікробного препарату ризогуміну. Сільськогосподарська мікробіологія. 2011. Вип. 14. С. 100–108. Режим доступу до ресурсу: [http://www.sg-microb.ho.ua/arh/pdf14/SM14\\_08.pdf](http://www.sg-microb.ho.ua/arh/pdf14/SM14_08.pdf)

67. Гутянський Р. А. Эффективность почвенных гербицидов в посевах сои. Защита и карантин растений. 2008. № 3. С. 36–37.



68. Рокитянський А. Б. Дія органо-мінерального мікродобрива як засобу послаблення негативного впливу гербіцидів на ґрунтові мікроорганізми. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. С. 128–136.
69. Milošević N., Govedarica M. Effect of herbicides on microbiological properties of soil. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. Novi Sad. 2002. № 102. P. 5–21.
70. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. [та ін.]. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія. Київ: Аграрна наука. 2006. 312 с.
71. Надкерничная Е. В., Ковалевская Т. М. Влияние свободноживущих азотфиксирующих бактерий на формирование и функционирование бобово-ризобияльного симбиоза у некоторых сельскохозяйственных культур. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. № 4. С. 355–362.
72. Бровко І. С., Титова Л. В. Формування симбіотичних систем у сої різних генотипів за умов пестицидного навантаження. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 4. С. 20–23.
73. Волкогон В. В., Заришняк А. С., Гриник І. В., Бердников О. М. [та ін.]. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ. 2011. 156 с.
74. Шерстобоева О. В., Чайковська В. В., Чабанюк Я. В. Комплексні мікробні препарати для інтегрованих систем землеробства. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2007. № 1. С. 75–81.
75. Nelson L. M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2004-0301-05-RV.
76. Магомедов Р. Д., Рябуха С. С., Шелякин В. А. [и др.]. Влияние инокуляции штаммами *Bradirhizobium japonicum* на содержание белка. Масличные культуры. *Научно-технический бюллетень Всероссийского*

научно-исследовательского института масличных культур. 2012. № 2 (151–152). С. 175–178.

77. Туріна Е. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. А., Дідович О. М. Вплив мікробних препаратів на мікробіологічні процеси в ризосфері і продуктивність зернобобових культур. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Сільськогосподарські науки. 2015. Вип. 23. С. 126–134.

78. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. За ред. З. М. Грицаєнко. Київ: ЗАТ „НІЧЛАВА”. 2008. 346 с.

79. Притуляк Р. М. Біологічні особливості застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин на посівах тритикале озимого в умовах Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 03.00.12. Притуляк Руслан Миколайович. Умань, 2009. 20 с.

80. Кириченко Е. В. Биотехнологии в растениеводстве. Николаев, 2014. 430 с.

81. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. За ред. В. П. Карпенка. Умань. 2012. 357 с.

82. Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В., Шерстобоева О. В. [та ін.]. Біологічний азот. За ред. В. П. Патики. Київ: Світ. 2003. 424 с.

83. Івасюк Ю. І., Карпенко В. П., Грицаєнко З. М. Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 2. С. 13–16. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc\\_2015\\_2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc_2015_2_5)

84. Карпенко В. П., Заболотний О. І., Притуляк Р. М. [та ін.]. Мікробіота ґрунту ризосфери сої за використання ризоактиву і гербіцидів. Мікробіологічний журнал. 2019. № 5. С. 48–61.

85. Голодрига О. В., Заболотний О. І., Леонтюк І. Б., Розборська Л. В. Мікробіологічна і симбіотична активність ґрунтової мікробіоти у посівах сої

за умов застосування гербіцидів та біологічно активних речовин. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 29–38.

86. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Грицаєнко З. М. Особливості розвитку еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої за використання гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Регоплант і мікробіологічного препарату Ризобофіт. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2016. № 4 (42). 29–33.

87. Chabanyuk Y., Brovko I., Koretsky A., Mazur S. Functioning of soil microbiota under the influence of herbicides. Агроекологічний журнал. 2016. № 4. С. 12–127.

88. Голодрига О. В., Розборська Л. В., Леонтюк І. Б., Заболотний О. І. Вплив гербіциду Десілет, регулятора росту рослин Біолан і мікробіологічного препарату Ризобофіт на активність ґрунтової мікрофлори та симбіотичного апарату сої. Агробіологія. 2015. № 1. С. 44–48.

89. Крутило Д. В., Леонова Н. О., Іутинська Г. О. Формування симбіотичної системи сої за впливу штамів *Bradyrhizobium japonicum* – продуцентів речовин фітогормональної дії. Агроекологічний журнал. 2017. № 3. С. 138–147.

90. Конончук О. Б., Пида С. В., Пономаренко С. П. Ростові процеси та бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стімпо. Агробіологія. 2012. Вип. 9 (96). С. 103–107.

91. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічно активних речовин. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 2. С. 39–43.

92. Алексеев О. О. Функціонування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за умов бактеріальної і вірусної інфекцій: дис. канд. с.-г. наук: 03.00.07. Алексеев Олексій Олександрович. Вінниця. 2017. 205 с.

93. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Чорна В. М.[та ін.]. Формування азотфіксувального потенціалу та продуктивності сортів сої селекції інституту кормів та сільського господарства НААН. Мікробіологічний журнал. 2018. Т. 80, № 5. С. 63–75.

94. Агафонов О. М. Повышение продуктивности сои при использовании ризобияльных препаратов и стимуляторов роста в условиях зоны неустойчивого увлажнения на черноземе обыкновенном: дис. канд. с.-х. наук : 06.01.01. Агафонов Олег Михайлович. Ставрополь. 2018. 128 с.

95. Осин А. А. Влияние микробиологических препаратов, минеральных удобрений на симбиоз, урожайность и белковую продуктивность сои и фасоли в условиях Центральной лесостепи России: дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09. Осин Алексей Александрович. Орел. 2009. 247 с.

96. Миколаєвський В. П., Сергієнко В. Г., Титова Л. В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів. Мікробіологія і біотехнологія. 2016. № 3. С. 57–68.

97. Волкогон В. В., Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2010. № 39. С. 89–93.

98. Панцирева Г. В., Паламарчук І. І., Литвинюк Г. В. Формування симбіотичного потенціалу квасолі овчевої (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) залежно від застосування біопрепарату в агроценозах Правобережного Лісостепу України. Наукові доповіді НУБІП України. 2018. № 5 (75). Режим доступу до ресурсу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.05.012/10111>

99. Заболотна В. Ефективність інокуляції сої культурної (*GLYCINE MAX*) мутантами *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM*. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2013. Вип. 62. С. 13–20.

100. Присажнюк О. І., Слободянюк С. В. Ефективність застосування азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів на посівах сочевиці в умовах Лісостепу України. "Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур": матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 20 квітня, 2020 р.). Центральне. 2020. С. 86–67.

101. Іщенко, В. А. Ефективність застосування мінеральних та бактеріальних добрив при вирощуванні гороху вусатого типу в умовах Північного Степу України. Корми і кормовиробництво. 2010. № 66. С. 54–60.

102. Безручко О. І., Загинайло М. І. Поповнення сортів рослин України: горох посівний (*Pisum sativum* L. sensu lato.) Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. № 2. С. 45–50.

103. Збирання врожаю сільськогосподарських культур станом на 1 жовтня 2017. 44 с. Режим доступу до ресурсу: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/publ7\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm)

104. Огурцов Ю. Є. Формування урожайності нових сортів гороху залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах східної частини Лісостепу України: автореф. дис канд. с.-г. наук: 06.01.09. Огурцов Юрій Євгенович. Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Харків. 2008. 23 с.

105. Гамаюнова В. В., Туз М. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сортів гороху в Південному Степу. Збірник наук. праць. ННЦ «Ін-т землеробства НААН». 2016. Вип. 1. С. 46–57.

106. Brijbhooshan, Shalini, Singh V. K. Weed dynamics and yield of fieldpea (*Pisum sativum* L. var *arvense*) as influenced by planting methods, irrigation schedule and weed management practices. Int. J. Pure App. Biosci. 2017. № 5 (2). P. 129–136 Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2644>

107. Горбатенко А., Судак В., Чабан В. [та ін.]. Горох на схилах. Агробізнес сьогодні. 2020. № 3. С. 38–42.

108. Камінський В. Ф., Дворецька С. П. Комплексний вплив факторів інтенсифікації на продуктивність гороху. Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. 1999. Вип.1–2. С.31–34.
109. Савиных А. А., Колоколова Н. Н., Боме Н. А. Эффективность инокуляции гороха посевного клубеньковыми бактериями в северной лесостепи тюменской области. Современные наукоемкие технологии. 2007. № 2. С. 69–70.
110. Шепілова Т. П. Вплив регуляторів росту та біопрепаратів на продуктивність сої в Степу України. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. Міжнар. наук. Інтернет-конф. (м. Тернопіль, 20 листоп. 2019 р.). Тернопіль. 2019. С. 232–235.
111. Овчарук О. В., Овчарук В. І., Овчарук О.В. [та ін.]. Методи аналізу в агрономії та агроекології: навч. посіб. Кам'янець-Подільський. Харків: Мачулин. 2019. 364 с.
112. Оліфірович В. О. Вплив біопрепаратів на урожайність рослин сої в умовах південної частини Лісостепу західного. Корми і кормовиробництво. 2016. Вип. 82. С. 138–140.
113. Черенков А. В., Шевченко М. С. Стратегія виробництва зернобобових культур і сої в Степу України. Вісник аграрної науки. 2017. № 1. С. 13–18.
114. Окрушко С. Є. Вплив контролю забур'янення на урожайність гороху посівного. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2020. № 42. С. 3–8.
115. Ткаліч І. Д., Бочевар О. В. Ефективність гербіцидів у посівах нуту. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2015. № 8. С. 91–94.
116. Гутянський Р. А., Ільченко Н. К., Шелякіна Т. А., Посилаєва О. О. Урожайність і якість насіння гороху, нуту, сої за впливу забур'яненості, инокуляції та гербіциду. Селекція і насінництво. 2018. Вип. 113. С. 179–188.

117. Міхеєв В. Г. Продуктивність сої залежно від застосування регуляторів росту, десикації та сенікації посівів в умовах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Міхеєв Валентин Григорович. Київ. 2009. 20 с.

118. Нетіс В. І. Оптимізація елементів технології вирощування сої на зрошуваних землях Півдня України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Нетіс Валерій Іванович. Херсон. 2018. 20 с.

119. Ковальчук Н. В. Якість насіння сої залежно від удобрення, інокуляції та обприскування посівів. Інноваційний розвиток АПК України: проблеми та їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті декана агрономічного факультету М. Ф. Рибака (м. Житомир, 19–20 листоп. 2015 р.). Житомир. 2015. С. 64–65.

120. Мурач О. М. Функціонування симбіозу «*Bradyrhizobium japonicum*–soя» і врожайність сої за впливу Ризогуміну та фізіологічно активних речовин. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 34 с.

121. Павленко Г. Ю., Павленко Г. В. Продуктивність сої залежно від удобрення та бактеризації насіння. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 39 с.

122. Лихочвор В. В., Щербачук В. М., Панасюк Р. М., Панасюк О. В. Вплив системи захисту сої від бур'янів та хвороб на врожайність культури. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 43 с.

123. Мигловець О. П. Оптимізація контролю забур'яненості посівів сої за різних систем землеробства в Правобережному Лісостепу. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва

України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 45 с.

124. Оліфірович В. О. Вплив біопрепаратів на урожайність сортів сої в умовах південної частини Лісостепу Західного. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 59 с.

125. Савченко В. О. Вплив елементів технології вирощування на урожайність зерна бобів кормових. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 74 с.

126. Запрута О. А., Антонів Ф. С., Колісник С. І. [та ін.]. Ефективність нових видів добрив із рістрегулюючими та антистресовими ефектами на посівні та врожайні властивості насіння люцерни посівної. «2016: Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України»: матеріали Міжнародної наукової конференції. (м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р.). Вінниця. 2016. 106 с.

127. Нагорний В. І. Посівні якості та врожайні властивості сої залежно від застосування регуляторів росту і мікродобрив. Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. – Сер. "Агрономія і біологія". 2014. № 3 (27). С. 123–127.

128. Прус Л. І. Удосконалення елементів сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу Західного: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Прус Леонід Іванович. Кам'янець-Подільський. 2017. 23 с.

129. Конончук О. Б., Пида С. В. Вплив регуляторів росту рослин Регоплант і Стимпо на фізіологічні показники і продуктивність сої культурної. Физиология растений и генетика. 2018. № 1 Т. 50. С. 59–65.

130. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Формування симбіотичного апарату та врожай нуту залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння. Агробіологія. 2013. № 11 (104). С. 158–160.



131. Кудлай І. М., Осипчук А. М., Осипчук О. С. Урожайність і якість зерна сої залежно від технологічних прийомів вирощування. *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 97–100.
132. Грицаєнко З. М., Голодрига О. В., Розборська Л. В. Вплив комплексного застосування гербіцидів і Біолану на продуктивність та структурні показники посівів сої. *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 138–141.
133. Пида С. В., Тригуба О. В. Накопичення вуглеводів в онтогенезі люпину білого за застосування Ризобофіту і рістрегуляторів. *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 145–148.
134. Сміх В. М. Наукове обґрунтування конкурентної спроможності посівів нуту і розробка ефективної системи захисту їх від бур'янів у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.13. Сміх Василь Миколайович. Київ. 2020. 20 с.
135. Коляніді Н. О. Маса 1000 зерен сортів нуту залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 7 червня 2019 р.)*. Київ. 2019. С. 198–199.
136. Шкатула Ю. М., Булавко О. В. Гербіциди та стимулятори росту у технології вирощування квасолі на зерно. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (2). С. 110–119.
137. Пида С. В., Тригуба О. В., Гурська О. В., Брошак І. С. Економічна ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні люпину білого в умовах Західного Лісостепу України. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2017. № 1 (68). С. 133–137.
138. Врадій О. І. Біологічні препарати, як чинник посилення мікробіологічної діяльності агрофітоценозу бобових культур. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (1). С. 178–187.
139. Данильченко О. М., Жатова Г. О. Урожайність і якість насіння кормових бобів та сочевиці залежно від інокуляції бактеріальними

препаратами і внесення мінеральних добрив. Вісник ЖНАЕУ. 2016. № 1 (53). С. 94–101.

140. Голодна А. В. Формування продуктивності люпину білого залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння. Корми і кормовиробництво. 2019. Вип. 87. С. 62–69.

141. Задорожний В. С., Карасевич В. В., Свитко С. М. [та ін.]. Ефективність біологічних препаратів на посівах сої. Корми і кормовиробництво. 2019. Вип. 87. С. 70–78.

142. Кулик М. Ф., Кобак С. Я., Хіміч О. В. [та ін.]. Препарат для підвищення врожайності сої, а для раундапстійкої зменшення синтезу неприродних пептидів з гліцином гліфосату. Корми і кормовиробництво. 2019. Вип. 87. С. 79–86.

143. Новікова Т. П. Обґрунтування симбіозу *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *lens culinaris* медік. за дії біологічних препаратів: автореф. дис.. канд. с.-г. наук: 03.00.07. Новікова Тетяна Петрівна. Умань. 2020. 22 с.

144. Данильченко О. М. Формування фотосинтетичного апарату та врожайності зерна гороху в умовах північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал. Сер. "Агрономія і біологія". 2016. Вип. 9 (32). С. 90–93.

145. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. 2005. Вип. 1–2. С. 6–29.

146. Sinha B. K., Basu P. S. Indole-3-acetic acid and its metabolism in root nodule of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. Biochem. Physiol. Pflanzen. 1981. Bd 176. № 3. P. 218–227.

147. Badenoch-Jones J., Summons R. E., Rolfe B. G., Lethan D. S. Phytohormones, Rhizobium mutants and nodulation in legumes. 3 Auxin metabolism in effective and infective pea root nodules. Plant Physiol. 1983. Vol. 73. № 2. P. 347–352.

148. Libbenga K. R., Torley J. G. Hormone-induced endoreduplication prior to mitosis in cultured pea nodule cortex cells. *Amer. J. Bot.* 1973. Vol. 60. № 4. P. 293–299.
149. Bauer P., Coba De La Pena T., Frugier F. [et. al.]. Role of plant hormones and carbon/nitrogen metabolism in controlling nodule initiation on alfalfa roots : Nitrogen Fixation: Fundamentals and Application. / Ed. I.A. Tichonovich et. al. Kluwer Academic Publ. 1995. P. 443–448.
150. Волкогон В. В. Мікробні препарати як фактор підвищення засвоюваності рослинами мінеральних добрив. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2006. № 4. С. 21–30.
151. Кравчук О. О., Завальнюк О. І., Стефківська Ю. Л. Ґрунтово-кліматичні умови зони Лісостепу та їх вплив на урожайність кукурудзи (на прикладі Тернопільської області). *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 155 присвяченої 95-річчю сортовипробування в Україні (м. Київ, 7 червня 2018 р.).* Київ. 2018. С. 155–157.
152. Ліпінський В. М., Дячук В. А., Бабіченко В. М. *Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського.* К.: Раєвського. 2003. 345 с.
153. Прокопчук С. В. Оптимізація мінерального живлення нуту на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.04. Прокопчук Сегрій Васильович. Нац. наук. центр "Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського". Харків. 2015. 20 с.
154. Полторецький С. П. Оптимізація способів сівби та норм висіву в насінницьких посівах проса. *Зб. наук. пр. Уманського НУС.* 2014. Вип. 85. Ч. 1: Агрономія. С. 44–51.
155. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І., Нікітіна О. В. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівозміні. *Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів».* 2014. № 1. С. 135–139.

156. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. К.: Сільгоспосвіта. 1994. 344 с.
157. McGee R. J., Eigenbrode S., Nelson H. [et. al.]. Re-inventing Austrian winter pea. Towards developing food quality winter peas. *Crops & soils*. 2017. № 50 (4). P. 4–46. doi:10.2134/cs2017.50.0401.
158. Vann R. A., Reberg-Horton S. C., Castillo M. S. [et. al.]. Winter Pea, Crimson Clover and Hairy Vetch Planted in Mixture with Small Grains in the Southeast United States, *Agronomy Journal*. 2019. №. 111 (2). P. 805–815. doi: 10.2134/agronj2018.03.0202.
159. Новак В. Г., Новак А. В. Агрометеорологічні умови 2018–2019 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник УНУС*. 2020. № 1. С. 47–49.
160. Тимошенко Г. З. Стан виробництва та використання гороху. Меліорація, землеробство, рослинництво, зрошуване землеробство. *Збірник наукових праць*. 2014. Вип. 61. С. 86–88.
161. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2017 рік. Український інститут експертизи сортів рослин. 2017. Режим доступу до ресурсу: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
162. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Український інститут експертизи сортів рослин. 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
163. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні / В.У. Ящук [та ін.]. Київ: Юніверст Медіа. 2016. 1023 с.
164. Agriflex Amino – Agrisol. [Електронні ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://agrisol.ua/product/agriflex-amino/>.
165. Оптімайз® Пульс – Crop Science Ukraine. [Електронні ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.cropscience.bayer.ua/Products/Seed-Treatment/OptimaizPulse>.
166. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні / В.У. Ящук [та ін.]. Київ: Юніверст Медіа. 2020. 1040 с.

167. Козак Г. Озимий горох – технологія вирощування. [Електронни ресурс]. Пропозиція. 2019. № 5. Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/ozymyy-goroh-tehnologiya-vyroshchuvannya>.
168. Клиша А., Кулініч О. Горох за технологією. Агробізнес сьогодні. 2016. № 3 (322). С. 44–49.
169. Орлов О. Технологія вирощування гороху. [Електронни ресурс]. Пропозиція. 2018. № 4. Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/tehnologiya-vyroshchuvannya-gorohu>.
170. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. Москва: Наука. 1968. 266 с.
171. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / Edited by Uwe Meier. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Germany. 2001. 158 p. Режим доступу до ресурсу: <https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCHengl2001.pdf>.
172. Владимиров Ю. А., Арчаков А. И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Наука. 1972. 273 с.
173. Рогожин В. В. Практикум по биологической химии. СПб.: Издательство «Лань». 2006. С. 132–134.
174. Habig W. H., Pabst M. J., Jakoby W. B. Glutathione S-transferase. The first step in mercapturic acid formation. Journal Biol. Chem. 1974. № 249 (22). P. 7130–7139.
175. Гришко В. Н., Сыщиков Д. В. Пероксидное окисление липидов и функционирование некоторых антиокислительных ферментных систем у кукурузы и овса при остром поражении фтористым водородом. Укр. биохим. журнал. 1999. № 71 (3). С. 51–57.
176. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. К.: Наук. думка. 1976. 334 с.

177. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.
178. Карпенко В. П. Значення анатомічної будови рослин у вивченні механізму дії гербіцидів. Мат. Всеукр. конф. молодих вчених УДАУ. Умань. 2008. Ч. 1. С. 17–19.
179. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Наука. 1963. С. 5–36.
180. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. [та ін.]. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: Монографія. К.: Аграр. наук. 2010. 464 с.
181. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. М.: «Агропомиздат». 1991. 200 с.
182. Алиева И. В., Бабьева И. П., Бызов Б. А [и др.]. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во Московского университета. 1991. 304 с.
183. Трибель С. О, Сігарьова Д. Д., Секун М. П. [та ін.]. Методики випробування і застосування пестицидів. К.: Світ. 2001. 448 с.
184. Горох. Технічні умови: ДСТУ 4523:2006. К.: Держспоживстандарт України. 2007. 9 с.
185. Мазоренко Д. І., Мазнів Г. Є. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням. Харків: ХНТУСГ. 2006. 725 с.
186. Ушкаренко В. О., Лазар П. Н., Остапенко А. І., Бойко І. О. Методика оцінки біоенергетичної ефективності технологій виробництва сільськогосподарських культур. Херсон: Колос. 1997. 21 с.
187. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай. 1991. 217 с.

188. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
189. Горькова А. Н., Русяева М. М., Нуштаева О. В. [и др.]. Обработка гербицидом гранстар вызывает окислительный стресс в листьях злаков. Физиология растений. 2011. № 6 (58). С. 935–944.
190. Паланиця П. М., Сорокіна С. І., Мордерер Є. Ю. Активні форми кисню та їх трансформація під час формування бобово-ризобіального симбіозу за дії гербіцидів. Физиология и биохимия культ. растений. 2012. № 4 (44). С. 302–311.
191. Сичук А. М. Участь програмованої загибелі клітин у індукваному гербіцидами патогензі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.12. Сичук Анна Миколаївна. Київ. 2015. 21 с.
192. Шевченко Н. В., Погосян С. И., Мерзляк М. Н. Перекисное окисление мембранных липидов при действии на растения галоидфеноксикислот. Физиология растений. 1980. Т. 27. № 2. С. 363–369.
193. Fridovich I. Fundamental aspects of reactive oxygen species or what's the matter with oxygen?. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1999. V. 893. P. 13–18.
194. Гудковский В. А., Каширская Н. Я., Цуканова Е. М. Окислительный стресс плодовых и ягодных культур. Тамбов. 2001. 87 с.
195. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 2002. Vol. 7. P. 405–410.
196. Chaves M. M., Maroco J. P., Pereira J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. Functional Plant Biology. 2003. № 30. P. 239–264.
197. Бакулина Е. А. Исследование антиоксидантной роли пролина у галафитов и участие АФК в регуляции его биосинтеза: автореф. дис. биол. наук: 03.01.05. Бакулина екатерина Андреевна. Москва. 2010. 27 с.

198. Komives A., Komives T., Dutka F. Effects of thiocarbamate herbicides on the activity of glutathione-S-transferase in maize. *Cereal Res. Communic. Szeged*. 1985. V. 13 (213). P. 253–257.

199. Хромих Н. О. Зміни активності антиоксидантних ферментів у листках оброблених гербіцидами рослин амброзії полинолистої. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. 2009. Т. 1. С. 73–77.

200. Halliwell B., Gutteridge J. M. C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford: Clarendon Press. 1989. P. 543.

201. Lamoureux, G. L., D. G. Rusness. The role of glutathione-S-transferases in pesticide metabolism, selectivity and mode of action in plants. / In D. Dolphin, R. Paulson, and O. Avramovic (ed.), *Glutathione: chemical, biochemical and medical aspects*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1989. V. III B. P. 154–196.

202. Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2004. Т. 36. № 1. С. 3–13.

203. Shulaev V., Oliver D. J. Metabolic and Proteomic Markers for Oxidative Stress. *New Tools for Reactive Oxygen Species Research. Plant Physiology*. 2006. № 141. P. 367–372.

204. Kasperska-Zajac A., Brzoza Z., Rogala B. [et. al.]. Antioxidant Enzyme Activity and Malondialdehyde Concentration in the Plasma and Erythrocytes of Patients With Urticaria Induced by Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs. *J. Investig Allergol Clin Immunol*. 2008. № 18 (5). P. 372–375.

205. Davey M. W., Stals E., Panis B. [et. al.]. Highthroughput determination of malondialdehyde in plant tissues. *Analytical biochemistry*. 2005. V. 347. №. 2. P. 201–207. Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/j.ab.2005.09.041>.

206. Nayyar H., Gupta D. Differential sensitivity of C 3 and C 4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants.



Environmental and Experimental Botany. 2006. V. 58. №. 1. P. 106–113. Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.06.021>.

207. Munné-Bosch S., Alegre L. Plant aging increases oxidative stress in chloroplasts. *Planta*. 2002. V. 214. №. 4. P. 608–615.

208. Савочкин Ю. В. Морфологические особенности развития сеянцев сосны обыкновенной в условиях хронического действия ионов цинка: дис. канд. биол. наук: 03.01.05. Савочкин Юрий Валерьевич. Москва. 2012. 112 с.

209. Колупаев Ю. Є., Обозний О. І. Активні форми кисню і антиоксидантна система при перехресній адаптації рослин до дії абіотичних стресорів. Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. Біологія. Харків. 2013. № 3. С. 18–31.

210. Карпенко В. П., Притуляк Р. Н., Даценко А. А., Івасюк Ю. І. Фізіолого-біохімічні механізми інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Вісник Уманського НУС. 2016. № 1. С. 72–75.

211. Грицаєнко З. М., Поживілова О. В., Карпенко В. П. Фізіолого-біохімічні та анатомо-морфологічні механізми формування високої продуктивності ячменю ярого за комплексної дії гербіцидів різних хімічних класів і рістрегулюючих препаратів. Зб. наук. праць Уманського НУС «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві». 2011. С. 25–38.

212. Karpenko V., Pavlyshyn S., Prytuliak R., Naherniuk D. Content of malondialdehyde and activity of enzyme glutathione-S-transferase in the leaves of emmer wheat under the action of herbicide and plant growth regulator. *Agronomy Research*. 2019. № 17 (1). P. 144–154.

213. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ліпопероксидаційні та ферментативні процеси в рослинах соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. Наукові доповіді НУБіП України. №. 6 (76). 2018. Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.06.016>.

214. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Павлишин С. В. Активність глутатіон-трансферази та перебіг реакцій пероксидного окиснення ліпідів у

листках пшениці полби звичайної за дії гербіциду і регулятора росту рослин. Таврійський науковий вісник. 2018. № 102. С. 40–45.

215. Карташов А. В., Радюкіна Н. Л., Іванов Ю. В. Роль системи антиоксидантної захисти при адаптації дикорастущих видів рослин к солевому стрессу. Физиология растений. 2008. Т. 55. № 4. С. 516–522.

216. Колупаев Ю. Є., Карпець Ю. В. Активність супероксиддисмутази і каталази у колеоптилях пшениці за дії пероксиду водню і нагрівання. Физиология та біохімія культурних рослин. 2007. Т. 39. № 4. С. 319–325.

217. Карпенко В. П., Білоножко В. Я., Полторецький С. П. Физиологічне обґрунтування механізмів зниження негативної дії гербіцидів на культурні рослини. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. 2012. № 2 (215). С. 7–11.

218. Терек О., Решетило С., Величко О., Яворська Н. Інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у паростках сої під дією Емістиму С в умовах токсичного впливу іонів свинцю та кадмію. Вісник Львівського університету. Серія «Біологічна». 2004. Вип. 37. С. 218–221.

219. Рахматулліна С. Р., Федяев В. В., Талипов Р. Ф. [и др.]. Влияние препарата «Рифтал» на морфофизиологические параметры проростков пшеницы при нормальном и дефицитном минеральном питании. Агрехимия. 2007. № 5. С. 42–48.

220. Гришко В. М., Демура Т. А. Вплив регуляторів росту на стійкість проростків кукурудзи, розвиток процесів пероксидного окиснення ліпідів і вміст аскорбінової кислоти за сумісної дії кадмію і нікелю. Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. № 4. С. 335–343.

221. Ладонин В., Пронина Н. Влияние 2,4-Д на оксидазную и пероксидазную активность в листьях ячменя и гороха. Физиология и биохимия культурных растений. 1977. Т. 9. № 3. С. 249–253.

222. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду

Калібр 75 і регулятора росту рослин Біолан. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2013. № 83. С. 19–25.

223. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П. Вплив гербіциду Калібр 75 і біологічно активних речовин на активність антиоксидантних ферментних систем ячменю ярого. Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства: збірник тез міжн. наук. конференції, (м. Умань, 23–24 квітня 2009 р.). Умань. 2009. С. 12–14.

224. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту Вуксал Біо Віта. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2018. Вип. 3. С. 61–65.

225. Карпенко В. П., Шутко С. С. Ферментативна активність рослин соризу за використання гербіциду і регулятора росту рослин. Вісник Уманського НУС. 2018. № 2. С. 68–72.

226. Карпенко В. П., Полторецький С. П., Любич В. В., Притуляк Р. М. [та ін.]. Активність антиоксидантних ферментів у листках багаторічних злаків за використання біологічних препаратів. Modern science: problems and innovations: abstracts of the 7th International scientific and practical conference. (Sweden 20–22 septembers 2020). P. 25–29. Режим доступу до ресурсу: <https://sciconf.com.ua/vii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-modernscience-problems-and-innovations-20-22-sentyabrya-2020-goda-stokgolm-shvetsiyaarhiv/>

227. Леонтюк І. Б., Голодрига О. В., Заболотний О. І. Вплив інокуляції насіння на активність антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз пшениці озимої та сої. Вісник Уманського НУС. 2014. № 2. С. 90–95.

228. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах гречки за дії біологічних препаратів. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2014. Вип. 84. С. 38–44.

229. Кефели В. И. Физиологические основы конструирования габитуса растений. Москва: Наука. 1994. 270 с.

230. Ничипорович А. А. О путях повышения производительности фотосинтеза растений в посевах. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. Москва: АН СССР. 1963. С. 5–36.
231. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений. Физиология фотосинтеза. Москва: Наука. 1982. С. 7–33.
232. Рожков А. А., Пузик В. К. Влияние способов посева и норм высева на содержание пигментов фотосинтеза в листьях растений тритикале яровой. Вестн. Белорусской гос. с.-х. акад. 2013. № 4. С. 1–6.
233. Киризий Д. А., Стасик О. О., Прядкина Г. А., Шадчина Т. М. Фотосинтез. Т. 2. Ассимиляция CO<sub>2</sub> и механизмы ее регуляции. Киев: Логос. 2014. 478 с.
234. Смоликова Г. Н., Медведев С. С. Каротиноиды: синтез, разнообразие и функции. Физиология растений. 2015. № 4. С. 3–16.
235. Cuttriss A. J., Pogson B. J. Carotenoids Plant Pigments and Their Manipulation / Ed. K. M. Davies. Boca Raton: CRC Press. 2004. P. 57–91.
236. Stumskaya M., Wurtzela E. The carotenoid biosynthetic pathway: thinking in all dimensions. Plant Sci. 2013. № 208. P. 182–193.
237. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. Методы биохимических исследований растений. Ленинград: Агропромиздат. 1987. 430 с.
238. Мусієнко М. М., Паришкова Т. В., Славний П. С. Спектрометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ: Фітоцентр. 2001. 199 с.
239. Kreuz K., Tommasins R., Martinoa E. Old enzymes for a new job. Plant Physiol. 1996. № 3. P. 349–353.
240. Сивчев М. В. Фотохимическая активность хлоропластов и прочность связи хлорофилла в комплексе у культурных растений при действии гербицидов, засоления и биологически активных веществ. Физиология растений. 1973. Т. 20. Вып. 6. С. 1176–1181.

241. Грицаєнко З. М., Куш Л. Я. Вміст хлорофілу в листках озимої пшениці залежно від дії гербіцидів та біологічно-активних речовин. Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти: тези доповідей III Міжнародної конференції, (м. Львів, 4–6 жовтня 2007 р.). Львів. 2007. С. 125–126.

242. Грицаєнко З. М., Заболотний О. І. Активність суміші вища. Вплив сумісного застосування гербіциду Базис із Зеастимуліном і Рексоліном на фізіологічні процеси в рослинах кукурудзи. Карантин і захист рослин. 2006. № 5. С. 18–19.

243. Kim D., Brain P., Marshall E. Effects of sub-lethal doses of metsulfuron-methyl on crop weed competition in two varieties of winter wheat. Brighton Crop Prot. Conf. "Weed": Proc. Int. Conf. Brit. Crop Prot. Coune. (Brighton. 17–20 Nov. 1997). Farnham. 1997. V. 2. P. 669–670.

244. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Формування листкової поверхні рослин сої і суми хлорофілів за інтегрованої дії гербіциду та біологічних препаратів. Агробіологія. 2018. № 1. С. 43–50.

245. Грицаєнко З. М., Голодрига О. В. Вплив комплексного застосування Півоту і Емістиму С на формування площі асиміляційного апарату та синтез хлорофілу у рослинах сої. Зб. наук. праць Уманського НУС. 2012. С. 47–54.

246. Мордерер Є. Ю., Сорокіна С. І., Паланиця М. П. [та ін]. Стан peroоксидантно-антиоксидантної рівноваги у сої за дії синергічної суміші гербіцидів Пульсар і Хармоні. Біологічні студії. 2011. № 2. С. 105–112.

247. Оратівська С. А. Вплив гербіциду Пульсар 40 і біологічних препаратів за різних способів застосування на вміст хлорофілів в рослинах гороху. Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали II міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Теннопіль, 20–21 жовтня 2015 р.). Тернопіль: Крок. 2015. С. 92–94.

248. Трач В. В., Сосько Р. В., Гуральчук Ж. З. [та ін]. Вплив хітозану та колоїдного розчину заліза на фітотоксичність гербіциду піроксуламу.

Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. 2014. Вип. 23. С. 144–152.

249. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Підан Л. Ф. Пігментний комплекс соняшнику за дії гербіциду Фюзилад Форте 150 і регулятора росту рослин Радостим. Карантин і захист рослин. 2016. № 4. С. 1–2.

250. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Пігментна система пшениці полби звичайної за використання гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал Біо Vita. Вісник Уманського НУС. 2018. № 1. С. 100–103.

251. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О. Теоретичне обґрунтування дії гербіцидів на чутливі і стійкі до них рослини залежно від умов їх застосування та розробка екологічно-безпечних заходів боротьби з бур'янами. Збірник наукових праць присвячений 100 річчю з дня народження С. С. Рубіна. Умань. УСГА. 2000. С. 142–147.

252. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П. Вплив препаратів групи сульфонілсечовини на анатомічну будову листкового апарату ярого ячменю. Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти: тези доповідей II Міжнародної конференції, (м. Львів, 18–21 серпня 2004 р.). Львів. 2004. С. 154.

253. Silva D. V., Cabral C. M., Da Costa S. S. D. [et. al.]. Leaf anatomy of cassava (*Manihot esculenta* Crantz. cv. IAC-12) after herbicides application to control weeds in Minas Gerais, Brazil. Acta Agronomica. 2017. № 66 (3). P. 385–390.

254. Moskova I., Todorova D., Alexieva V., Sergiev I. Leaf morphology and histology changes of pea plants treated with hydrogen peroxide and paraquat. Proceeding of the Bulgarian Academy of Sciences. 2011. № 64(12). P. 1695–1700.

255. Cabral C. M., Santos J. B., Ferreira E. A. [et. al.]. Structural evaluation of damage caused by herbicide clomazone in leaves of arborescent species native to brazil. Planta daninha. 2017. № 35. P. 1–10.

256. Pereira M. R. R., Martins A. R., Martins D. [et. al.]. Effect of sethoxydim herbicide in the leaf anatomy and physiology of brachiaria grass under water stress. *Planta daninha*. 2017. № 35. P. 2–8. doi:10.1590/S0100-83582017350100048
257. Batistão A. C., Yamashita O. M., Silva I. V. [et. al.]. Anatomical changes on the stem and leaves of *Solanum lycopersicum* caused by different concentrations of Picloram + 2,4-D, in two different types of soil. *Planta daninha*. 2018. № 36. Режим доступу до ресурсу: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s010083582018000100303&lng=en&tlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s010083582018000100303&lng=en&tlng=en)
258. Anastasov H. Influence of imazamox on some anatomic indices in the leaves of sunflower plant (*Helianthus Annuus* L.). *General and applied plant physiology*. 2010. № 36 (1–2). P. 64–68.
259. Asharaf S., Murtaza G. Effect of 2,4-D herbicide on the stomatal characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J. Biol. Biotech*. 2016. № 13 (4). P. 643–649.
260. Anastasov H. Influence of oxyfluorfen on some anatomic indeces in the leaves of Virginia tobacco plant (*Nicotiana tabacum* L.). *Biotechnol. Biotech. Eq.* 2010. № 24. P. 33–35.
261. Semerdjieva I., Kalinova S., Yanev M., Yankova-Tsvetkova E. Anatomical changes in tobacco leaf after treatment with isoxaflutole. *Intr. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol.* 2015. № 2 (7). P. 51–56.
262. Kamble S. I. Effect of agrochemical (2,4-D) on anatomical aspects of *Cassia tora* Linn. *Biosci. Biotech. Res. Asia*. 2013. № 10 (2). P. 885–889.
263. Шевчук О. А., Ткачук О. О., Ходаніцька О. О. [та ін.]. Морфо-біологічні особливості культури *Phaseolus vulgaris* L. за дії регуляторів росту рослин. *Вісник УНУС*. 2019. № 1. С. 3–8.
264. Чорна В. М. Фотосинтетична та насіннева продуктивність сої залежно від інокуляції ретарданта в умовах правобережного лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і*

природокористування України. Серія : Агронімія. 2016. Вип. 235. С. 48–58.  
Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2016\\_235\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2016_235_7).

265. Грицаєнко З. М., Івасюк Ю. І. Анатомічна будова рослин сої за інтегрованого застосування гербіциду. Вісник УНУС. 2014. № 2. С. 80–85.

266. Карпенко В. П., Шутко С. С., Гнатюк М. Г. Анатомо-морфологічні зміни листової поверхні соризу за використання біологічно активних речовин. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 264–274.

267. Вінюков О. О., Коробова О. М., Кулик О. І. Метод вирощування кореневої системи зернових культур та вплив регуляторів росту на розвиток кореневої системи ячменю ярого. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2013. Вип. 2. С. 105–111. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp\\_2013\\_2\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp_2013_2_18).

268. Карпенко В. П. Значення анатомічної будови рослин у вивченні механізму дії гербіцидів. Матеріали Всеукр. наук. конференції молодих учених. Умань. 2008. С. 17–19.

269. Шутко С. С. Фізіологічні процеси і продуктивність посівів соризу за дії гербіциду Пік 75 WG і регулятора росту рослин Регоплант: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.12. Шутко Сергій Сергійович. Умань. 2019. 24 с.

270. Ничипорович А. А. Крупное достижение биологической науки в повышении продуктивности растений. Экология. 1971. № 1. С. 7–11.

271. Сивцев М. В. Фотохимическая активность хлоропластов и прочность связи хлорофилла в комплексе культурных растений под действием гербицидов, засоления и биологически активных веществ. Физиология растений. 1973. № 20 (6). С. 1176–1181.

272. Гойсюк С. О. Фотосинтетична продуктивність озимого ріпаку в умовах південної частини західного Лісостепу України. Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. 2003. Вип. 56. С. 37–43.

273. Даценко А. А. Фізіологічне обґрунтування застосування біологічних препаратів у технології вирощування гречки в правобережному



лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.12. Даценко Анна Андріївна. Умань. 2016. 21 с.

274. Калитка В. В., Капінос М. В. Вплив регуляторів росту рослин і біопрепаратів на продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах південного степу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 1 (210). С. 38–46.

275. Пилипенко В. С., Каленська С. М., Гончар Л. М. Формування асиміляційної поверхні листя гороху залежно від рівня живлення та інокуляції насіння. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. Вип. 20. С. 364–371. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar\\_2016\\_20\\_46](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2016_20_46).

276. Підан Л. Ф. Фізіологічне обґрунтування застосування гербіцидів і регулятора росту рослин у посівах соняшника в правобережному лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.12. Підан Любов Федорівна. Умань. 2017. 20 с.

277. Івасюк Ю. І. Ефективність симбіозу соя – бульбочкові бактерії за використання біологічних препаратів і гербіциду: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.07. Івасюк Юлія Ігорівна. Умань. 2017. 23 с.

278. Коробко О. О. Біологічне обґрунтування застосування гербіциду, регулятора росту рослин та мікробного препарату у посівах нуту в умовах правобережного лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.12. Коробко Олександр Олександрович. Умань. 2019. 20 с.

279. Панцирева Г. В. Формування зернової продуктивності люпину білого залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах правобережного лісостепу України: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Панцирева Ганна Віталіївна. Кам'янець-Подільський. 2017. 21 с.

280. Мусатенко Л. І., Яворська В. К. Ріст і розвиток рослин та проблеми їх регуляції. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. Київ: Укр. фітосоціологічний центр. 2001. С. 269–281.

281. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України. Ефективність хімічних засобів у підвищенні продуктивності с.-г. культур. Зб. наук. праць Уманської ДАА. 2001. С. 15–23.

282. Шевелуха В. С., Блиновский И. К. Состояние и перспективы исследований и применение фиторегуляторов роста в растениеводстве. Регуляторы роста растений. Москва: ВО «Агропромиздат». 1990. 192 с.

283. Притуляк Р. М. Вплив гербіцидів і біостимулятора росту Радостиму на висоту рослин озимого тритикале. Матеріали всеукраїнської наукової конференції молодих учених. Умань. 2005. С. 58–59.

284. Мартинюк О. М. Особливості формування врожаю зернобобових культур залежно від технології вирощування в західному Ліссестепу. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених. Чабани. 2004. С. 57–58.

285. Заболотний О. І. Вплив Базису, Зеастимуліну і Рексоліну на ростові процеси рослин кукурудзи. Матеріали всеукраїнської наукової конференції молодих учених. Умань. 2005. С. 57–58.

286. Леонтюк І. Б. Фізіологічні процеси в рослинах пшениці озимої залежно дії Дербі та Біолану. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених. Умань. 2012. Ч. 1. С. 68–70.

287. Леонтюк І. Б. Вплив гербіциду Калібр та регулятора росту Біолан на висоту рослин та врожайність озимої пшениці. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2015. Вип. 23. С. 39–44.

288. Носатовский А.И. Пшеница (биология). Москва: Колос. 1965. 568 с.

289. Задонцев А. І., Пікуш Г. Р., Ковтун В. С. Вплив способів сівби різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи на вологозабезпеченість та

продуктивність вирощуваної після них озимої пшениці. Вісн. с.-г. науки. 1968. № 10. С. 43–51.

290. Мединец В. Д. Зависимость урожая зерна озимой пшеницы от накопления надземной массы. Вест. с.-х. науки. 1967. № 1. С. 46–52.

291. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П. Формування надземної біомаси, площі асиміляційного апарату і пігментного комплексу ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Лінтуру та його сумішей із біопрепаратом Агат-25К. Зб. наук. праць УДАУ. 2008. С. 60–70.

292. Мельник В. М., Коць С. Я. Формування і функціонування симбіотичних систем Соя – *Bradyrhizobium japonicum* за різного водозабезпечення. Физиология растений и генетика. 2015. № 6 Т. 47. С. 483–490.

293. Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність гороху в умовах лівобережного лісостепу України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2015. № 9. С. 40–48.

294. Конончук О. Б., Пида С. В., Пономаренко С. П. Ростові процеси та бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стімпо. Агробіологія. 2012. Вип. 9. С. 103–106.

295. Сидорович В. П. Соя: Возможности и проблемы. Кормопроизводство. 2002. № 10. С. 24–26.

296. Генгель П. А. Физиология растений. Москва: Просвещение. 1974. 191 с.

297. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Москва : Изд-во АН СССР. 1956. 330 с.

298. Рослинництво. Практикум / за ред. О. І. Інченка. Вінниця: Нова книга. 2008. 536 с.

299. Кумаков В. А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии. Москва: Росагропромиздат. 1988. 104 с.
300. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Чиста продуктивність фотосинтезу пшениці полби звичайної за використання гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал Біо Vita. Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених, (м. Умань. 15-16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 43–44.
301. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур: монографія. Київ: Аграрна наука. 2007. 144 с.
302. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. [та ін.]. Мікробні препарати в землеробстві. Теорія і практика: монографія. Київ: Аграрна наука. 2006. 312 с.
303. Каленська С. М., Нетупська І. Т. Вплив елементів технології вирощування на формування структурних елементів фітоценозу нуту. Науковий вісник НУБіП України. 2011. С. 162.
304. Каленська С. М., Нетупська І. Т., Новицька Н. В. Формування врожаю нуту під впливом елементів технології вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 2. С. 21–25.
305. Пилипенко В. С. Формування та симбіотична активність бульбочкових бактерій рослин гороху вусатого в лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 3. С. 89–93.
306. Алексеев О. О., Патица В. П., Гнатюк Т. Т. Взаємовідносини між *Bradyrhizobium japonicum* і збудниками бактеріозів сої та їх чутливість до пестицидів. Молодий вчений. 2016. № 12.1. С. 60–63. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv\\_2016\\_12.1\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2016_12.1_18).
307. Круглов Ю. В., Пароменская Л. Н. Симбиотические взаимоотношения бобовых растений с клубеньковыми бактериями при внесении пестицидов. Докл. ВАСХНИЛ. 1979. № 11. С. 8–10.

308. Лупашку З. А., Бобейко З. Ф., Болокан Г. Н. Оценка токсичности действия гербицидов на *R. japonicum* в чистой культуре. Изв. АН МолдССР. 1987. № 1. С. 74–75.

309. Тихонович И. А. Специфичность взаимодействия бактерий и растений как пример образования интегрированных генетических систем. Проблемы экспериментальной ботаники. V Купревичские чтения. Минск: Тэхналогія. 2006. С. 5–49.

310. Капінос М. В. Фотосинтетична діяльність рослин гороху посівного залежно від технологічних прийомів вирощування. Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2020. Вип. 73. С. 47–52.

311. Поташова Л. М., Поташов Ю. М. Роль інокуляції та біостимуляції в підвищенні продуктивності квасолі. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво. 2012. № 2. С. 100–105.

312. Воробей Н. А., Коць С. Я., Мащенко П. М. Реалізація азотфіксувального потенціалу Tn5-мутантів *Bradyrhizobium japonicum* у симбіозі з рослинами сої. Biotechnologia Acta. 2013. Ч. 6. № 5. С. 122–130.

313. Клещев Н. Ф. АГРОБИОТЕХНОЛОГИЯ: Биологическая фиксация молекулярного азота. Харьков: НТУ «ХПИ». 2014. 168 с.

314. Калитка В. В., Капінос М. В. Вплив регуляторів росту і активних штамів ризобій на пігментний комплекс та продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.). Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». 2015. Вип. 2. С. 8–18.

315. Небаба К. С. Симбіотична продуктивність гороху посівного залежно від впливу мінеральних добрив та регуляторів росту в умовах Західного Лісостепу. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2020. Вип. 32. С. 54–58.

316. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ. 2005. 445 с.

317. Prysiazhniuk O. I., Slobodianiuk S. V., Topchii O. V. [et. al.]. Peculiarities of the lentil productivity formation under the use of nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms. Bulletin the national academy of sciences of the Respublic of Kazakhstan. 2020. V. 4. № 386. P. 81–89.

318. Коць С. Я., Моргун В. В., Патыка В. Ф. [и др.]. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз: монография: в 4-х т. Киев: Логос. 2010. Т. 1. 508 с.

319. Shibairo Solomin I. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilizer application on growth, nodulation and yield of two garden pea genotypes. Jour. Anim. and Plant Sci. 2012. № 15 (2). P. 2147–2156.

320. Чорнобривець В. Ґрунтові мікроорганізми і їх значення для рослин. Агробізнес сьогодні. 2011. № 9. С. 12–15.

321. Rashid B., Husnain T., Riazuddin S. Herbocodes and pesticides as potential pollutants. Plant adaptation and Phytoremediation. 2010. Part 2. P. 427–447.

322. Бровко І. С. Функціонування мікробіоти ґрунту за дії гербіцидів : автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.16. Бровко Ірина Степанівна. Київ. 2017. 20 с.

323. Січкарь В. І. Пестициди та азотфіксація зернобобових культур. Спецвипуск Ж. Пропозиція. Сучасні агротехнології із застосування біопрепаратів та регуляторів росту. 2015. С. 32–34.

324. Грицаєнко З. М., Оратівська С. А. Активність ризосферної мікробіоти за дії гербіциду та біологічних препаратів у посівах гороху. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 1. С. 27–31.

325. Бровко И. С., Ящук В. У., Чабанюк Я. В. Влияние гербицидов на численность микроорганизмов и биологическую активность почвы в агроценозах сои. Научные доклады НУБИП Украины. 2017. № 2. Режим доступа до ресурсу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8492>.

326. Тараненко С. В. Вплив різних технологій вирощування кукурудзи на ґрунтові мікроорганізми. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 4. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2015\\_4\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_4_16).

327. Карпенко В. П., Шутко С. С. Чисельність мікробіоти ризосфери соризу за використання гербіциду й регулятора росту рослин. Таврійський науковий вісник. 2018. № 102. С. 46–52.

328. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Мікробіологічна активність ризосфери пшениці полби звичайної за роздільного та комплексного застосування гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал Біо Vita. Наукові доповіді НУБІП України. 2018. № 6. Режим доступу до ресурсу:

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.06.012>

329. Берестецкий О. А. Фитотоксины почвенных микромицетов и их экологическая роль. Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. Л.: ВНИИСХМ. 1978. С. 7–30.

330. Кураков А. В., Костина Н. В. Сапротрофные микромицеты ризопланы томатов, огурцов дерновоподзолистой почвы и их способность подавлять фузариозную инфекцию корней. Почвоведение. 1998. № 2. С. 193–199.

331. Howard J. B., Rees D. C. How many metals does it take to fix N<sub>2</sub>? A mechanistic overview of biological nitrogen fixation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2006. Vol. 103. № 46. P. 17088–17093.

332. Wani S. A., Chand S., Ali T. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production. Current Agriculture Research Journal. 2013. Vol. 1. № 1. P. 35–38.

333. Феоктистова Н. В., Марданова А. М., Хадиева Г. Ф., Шарипова М. Р. Ризосферные бактерии. Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. 2016. Т. 158. Кн. 2. С. 207–224.

334. Bulavin L. A., Gaitjkeovich S. N., Lukjanyuk N. A. Influence of presowing Pivot herbicide application on weediness and productivity of pea. *Zemledelie I selekcia (Belarus)*. 2005. № 41. P. 158–162.
335. Drew E. A. Gupta V. V. Roget, D. K. Herbicide use, productivity and nitrogen fixation in field pea (*Pisum sativum*). *Australian journal of agricultural research*. 2007. № 58 (12). P. 1204–1214.
336. Wágner G. Competition and herbicide effect studies with green pea. Thesis of PhD Dissertation. Keszthely. 2012. 16 p.
337. Bakht T., Khan I., Khan M., Khattak M. Weed control in pea (*Pisum sativum* L.) through mulching. *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 2009. № 15 (1). P. 83–89.
338. Blažinkov M. A., Šnajdar K., Barić S. [et. al.]. The influence of herbicides on growth of pea (*Pisum sativum* L.) modulating rhizobia strains. *Agronomy Journal*. 2015. № 76 (4–5). P. 183–192.
339. Munakamwe Z. Z., Hill G. D., McKenzie B. A. Yield response to pea (*Pisum sativum* L.) genotype, population and sowing date. *The Open Agriculture Journal*. 2012. № 6. P. 47–56.
340. Delchev Gr. Chemical control of weeds and self-sown plants in eight field crops: monograph. Saarbrücken. 2018. P. 397.
341. Шевченко М. С. Якого обробітку вимагає чорнозем. Хранение и перераб. зерна. 2005. № 7. С. 29–31.
342. Шевченко М. С. Технологічні засоби підвищення продуктивності сільськогосподарських культур на основі регулювання забур'яненості. Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва. 2008. № 35. С. 63–69.
343. Delchev Gr., Delchev D. Stability and selectivity of some herbicides, herbicide combinations and herbicide tank mixtures on winter forage pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019. № 25 (3). P. 53–58.



344. Окрушко С. Є. Оцінка регулювання присутності бур'янів в агрофітоценозах гороху посівного. *Polish journal of science*. 2020. № 27. С. 4–9.
345. Шкатула Ю. М., Паламарчук А. В. Вплив гербіцидів на забур'яненість та урожаність нвсіння гороху. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 2. С. 102–110.
346. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Забур'яненість посівів пшениці полби звичайної за використання гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал Біо Vita. *Подільський вісник: сільське, техніка, економіка*. 2018. № 29. С. 25–32.
347. Гутянський Р. А. Інокуляція, гербіцид, бур'яни та врожайність зернобобових культур. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2017. Вип. 23. С. 151–160.
348. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на забур'яненість і густоту посівів нуту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 51–56.
349. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Притуляк Р. М. Розвиток сегетальної рослинності у посівах сої за інтегрованої дії біологічних і хімічних препаратів. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 28–32.
350. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М. [та ін.]. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *AGROECOLOGICAL JOURNAL*. 2018. № 1. С. 96–101.
351. Гудзь В. П., Прімак І. Д., Бубоний Ю. В. *Землеробство*. КИЇВ: Урожай. 1996. 382 с.
352. Веселовський І. В., Манько Ю. П., Танчик С. П. Бур'яни та заходи боротьби з ними. Київ: НМЦ Мін. АПК України. 1998. 240 с.
353. Дворецька С. П. Особливості формування врожаю сортів гороху залежно від рівня удобрення в Північному Лісостепу. *Наукові доповіді*

НУБІП. 2012. № 5 (34). Режим доступу до ресурсу: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012\\_5/12dsp.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_5/12dsp.pdf).

354. Виблов Б., Виблова А., Мазур В. Біостимулятори і вирощування озимої пшениці та ярого ячменю в посушливому Присивашші. Пропозиція. 2002. № 2. С. 66.

355. Вергелис А. Эффективность гербицидов проверенная опытом. Защита и карантин растений. 2007. № 7. С. 48–49.

356. Толкачев М. З., Дідович С. В., Турін Є. М. [та ін.]. Селекція бульбочкових бактерій на високоефективний симбіоз з сучасними сортами зернобобових культур. Тези доповідей Х з'їзду Товариства мікробіологів України (м. Одеса, 15–17 вересня 2004). Одеса. 2004. С. 247.

357. Пономаренко С. П. Регуляторы роста растений. К. 2003. 312 с.

358. Василенко М. Г., Драга М. В., Зацаринная Ю. А., Бакай И. Д. Регуляторы роста растений природного происхождения на посевах пшеницы яровой в условиях Северной Лесостепи Украины. Агроэкологический журнал. 2014. № 4. С. 36–39.

359. Draga M. Influence of new Physiologically Active Substances of natural origin on nitrogen metabolism of winter wheat. Агроэкологический журнал. 2013. № 4. С. 91–95.

360. Vasylenko M., Draga M. New Growth Regulator «Ecostym» in Arable Farming of Ukraine. Environmental and Ecology Research; Horizon Research Publishing. 2014. № 2 (2). P. 76–79.

361. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В., Мартинов О. В. Урожай і якість зерна сої під впливом інокуляції та позакореневого підживлення. Таврійський науковий вісник. 2020. № 111. С. 44–48

362. Грищенко О. В. Ефективність композиційних азотних добрив пролонгованої дії за вирощування гороху. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 3. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2015\\_3\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_3_16).

363. Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Продуктивність гороху залежно від сорту та норм висіву. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 2 (106). С. 54–62.
364. Жеребко В. М. Значення хімічного методу в інтегрованому захисті посівів сільськогосподарських культур від бур'янів. Вчені вищої школи України – селу. Київ-Умань. 2006. С. 126–131.
365. Примак І. Д. Зміна структури мікробного ценозу і забур'яненості культур зерно-просапної сівозміни залежно від інтенсивності механічного обробітку чорнозему типового. Вчені Вищої школи України – селу . Київ-Уман. 2006. С. 112–119.
366. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. Молодий вчений. 2014. № 10 (13). С. 18–20.
367. Корчинська О. А. Економічні аспекти використання мінеральних добрив в Україні. Вісник аграрної науки. 1999. № 11. С. 73–76.
368. Гринько А. В., Экономическая эффективность применения баковых смесей гербицидов на кукурузе. Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. № 4. С. 66–69.
369. Савранчук В. В., Семеняка І. М., Мащенко Ю. В. Економічна ефективність вирощування гречки залежно від застосування регулятора росту і мікробного препарату за різного удобрення. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. 2011. № 1. С. 59–63. Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2011\\_1\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2011_1_14).
370. Смалиус В. М. Енергетична і біоенергетична оцінка кормів, технологій їх виробництва і підготовки до згодовування: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.02.02. Смалиус Володимир Михайлович. Вінниця. 1998. 20 с.
371. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. Таврійський науковий вісник. 2019. № 106. С. 79–87.

372. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Ліпопероксидаційні й ферментативні процеси у рослинах гороху озимого за дії біологічно активних речовин. Наукові горизонти. 2020. № 4 (89). С. 94–100.

373. Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R. [et. al.]. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. Agronomy Research. 2021. № 19 (2). P. 472–483.

374. Бойко Я. О. Вплив гербіциду МаксіМокс за сумісного використання з біологічними препаратами на вміст хлорофілу в рослинах гороху озимого. Новини науки та прикладні наукові розробки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 28 жовтня 2018 р.). Львів. 2018. Т.5. С. 76–78.

375. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Шутко С. С., Притуляк Р. М. Активність ризосферної мікробіоти гороху озимого за комбінованої дії гербіциду і біологічних препаратів. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 52–55.

376. Бойко Я. О. Функціонування бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері гороху озимого за дії гербіцидів, регулятора росту рослин та інокулянта. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XIII наукової конференції молодих вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2018 р.). Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів. 2018. С. 32–34.

377. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Формування і функціонування симбіотичної системи горох озимий – *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* за дії біологічно активних речовин. “Молодь і поступ біології”: XV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, присвячена 135 річниці від дня народження Я. О. Парнаса (м. Львів, 9–11 квітня 2019 р.). Львів, 2019. С. 117–118.

378. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Притуляк Р. М. Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. Вип. 97 Ч. 1. С. 171–180.

379. Бойко Я. О. Забур'яненість посівів гороху озимого за внесення біологічно активних речовин. VI Міжнародна конференція «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань, 15 листопада 2018 р.). Київ: Видавництво «Основа». 2018. С. 38–40.

380. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Урожайність гороху озимого сорту НС Мороз за дії гербіциду МаксiМокс, регулятора росту рослин Агрiфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. Перспективні шляхи розвитку наукових знань (частина I): матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26–27 січня 2019 р.). Київ. 2019. С. 50–51.

381. Бойко Я. О. Перспективи сумісного застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин у посівах гороху озимого сорту НС Мороз. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. 15–16 травня 2018 р. Умань. 2018. С. 13–14.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Таблиця А.1

## Метеорологічні умови в роки проведення досліджень (за даними метеостанції Умань)

| Рік                                    | За рік | Місяць |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |       |
|--|--------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|
|  |        | 1      | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    | 8    | 9     | 10   | 11   | 12    |
| <b>Сума опадів, мм</b>                 |        |        |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |       |
| Середньобагаторічна                    | 633,0  | 47,0   | 44,0 | 39,0 | 48,0 | 55,0  | 87,0 | 87,0 | 59,0 | 43,0  | 33,0 | 43,0 | 48,0  |
| 2017                                   | 548,8  | 21,8   | 38,9 | 25,8 | 53,3 | 46,4  | 41,0 | 59,2 | 29,9 | 38,5  | 53,9 | 37,9 | 102,2 |
| 2018                                   | 600,8  | 58,4   | 47,7 | 65,6 | 17,5 | 18,3  | 82,4 | 92,9 | 2,6  | 105,2 | 13,8 | 49,9 | 50,5  |
| 2019                                   | 376,6  | 55,1   | 23,8 | 16,3 | 22,4 | 35,6  | 69,8 | 33,8 | 19,2 | 30,6  | 10,3 | 14,0 | 45,7  |
| 2020                                   | 479,0  | 12,7   | 50,5 | 23,9 | 21,0 | 101,0 | 70,4 | 21,4 | 17,1 | 27,4  | 81,5 | 19,4 | 32,6  |
| <b>Середня температура повітря, °С</b> |        |        |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |       |
| Середньобагаторічна                    | 7,4    | -5,7   | -4,2 | 0,4  | 8,5  | 14,6  | 17,6 | 19,0 | 18,2 | 13,6  | 7,6  | 2,1  | -2,4  |
| 2017                                   | 9,7    | -5,2   | -2,8 | 5,9  | 9,7  | 14,8  | 20,0 | 20,6 | 22,1 | 16,5  | 8,7  | 3,4  | 2,1   |
| 2018                                   | 9,2    | -3,0   | -3,6 | -1,5 | 13,5 | 17,9  | 20,2 | 20,7 | 22,1 | 15,8  | 10,1 | 0,2  | -2,0  |
| 2019                                   | 10,4   | -4,7   | 0,5  | 4,5  | 9,6  | 17,0  | 23,4 | 20,0 | 20,7 | 15,6  | 10,0 | 5,5  | 2,2   |
| 2020                                   | 10,7   | 0,4    | 2,2  | 6,3  | 9,2  | 12,5  | 20,9 | 21,6 | 21,2 | 17,8  | 12,7 | 3,7  | 0,0   |
| <b>Відносна вологість повітря, %</b>   |        |        |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |       |
| Середньобагаторічна                    | 76,0   | 86,0   | 85,0 | 82,0 | 68,0 | 64,0  | 66,0 | 67,0 | 68,0 | 73,0  | 80,0 | 87,0 | 88,0  |
| 2017                                   | 73,6   | 84,0   | 83,0 | 76,0 | 60,0 | 63,0  | 64,0 | 65,0 | 64,0 | 69,0  | 80,0 | 86,0 | 89,0  |
| 2018                                   | 74,8   | 85,0   | 83,0 | 81,0 | 58,0 | 58,0  | 67,0 | 75,0 | 62,0 | 74,0  | 79,0 | 86,0 | 90,0  |
| 2019                                   | 73,9   | 86,0   | 82,0 | 68,0 | 62,0 | 72,0  | 69,0 | 67,0 | 63,0 | 66,0  | 80,0 | 84,0 | 88,0  |
| 2020                                   | 72,2   | 85,0   | 78,0 | 65,0 | 46,0 | 73,0  | 70,0 | 64,0 | 59,0 | 62,0  | 83,0 | 88,0 | 93,0  |

## Додаток Б

Таблиця Б.1

**Активність каталази у прилистках гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза бутонізації, мкМоль розкладеного  $\text{H}_2\text{O}_2$ /г сирової речовини за 1 хв.)**

| Варіант досліду  | Роки досліджень |         |         |                     |
|--|-----------------|---------|---------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 65,7            | 80,2    | 74,1    | 73,3                |
| Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 69,3            | 86,0    | 77,7    | 77,6                |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 74,5            | 102,6   | 87,4    | 88,1                |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 78,7            | 108,9   | 89,2    | 92,2                |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 80,3            | 113,4   | 94,1    | 95,9                |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 83,8            | 116,7   | 95,9    | 98,8                |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 70,5            | 99,6    | 83,9    | 84,6                |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 81,2            | 112,3   | 94,5    | 96,0                |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 83,9            | 117,8   | 101,0   | 100,9               |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 85,5            | 122,7   | 106,7   | 104,9               |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 87,1            | 127,5   | 108,0   | 107,5               |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 69,9            | 98,1    | 79,5    | 82,5                |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                          | 71,4            | 100,4   | 80,5    | 84,1                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 77,5            | 104,9   | 93,8    | 92,0                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 81,6            | 111,1   | 96,0    | 96,2                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 87,0            | 117,4   | 98,7    | 101,0               |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 88,3            | 119,5   | 100,5   | 102,7               |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 73,8            | 103,5   | 85,8    | 87,7                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 91,7            | 128,8   | 115,5   | 112,0               |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 93,4            | 137,3   | 117,1   | 115,9               |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 96,4            | 143,5   | 121,3   | 120,4               |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 98,3            | 147,6   | 125,8   | 123,9               |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | 4,0             | 5,6     | 4,8     | –                   |



**Активність каталази у прилистках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза  
цвітіння, мкМоль розкладеного  $H_2O_2$ /г сирі речовини за 1 хв.)**

| Варіант досліду   | Роки досліджень |         |         |                           |
|---|-----------------|---------|---------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 67,9            | 90,8    | 81,0    | 79,9                      |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 60,9            | 79,0    | 85,6    | 75,1                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 63,6            | 107,0   | 87,7    | 86,1                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 65,5            | 109,1   | 94,6    | 89,7                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 72,9            | 112,2   | 99,5    | 94,8                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 74,4            | 114,3   | 102,5   | 97,0                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 70,2            | 97,9    | 87,2    | 85,1                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 80,4            | 105,0   | 103,7   | 96,3                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 81,5            | 120,0   | 107,9   | 103,1                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 82,7            | 121,9   | 109,1   | 104,5                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 84,9            | 125,5   | 113,0   | 107,8                     |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 71,8            | 99,9    | 83,3    | 85,0                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 70,7            | 102,2   | 84,9    | 85,9                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 75,1            | 110,0   | 91,7    | 92,2                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 80,3            | 112,9   | 94,2    | 95,8                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 87,4            | 115,4   | 97,8    | 100,2                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 89,5            | 125,3   | 98,9    | 104,5                     |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 76,1            | 104,8   | 95,0    | 91,9                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 85,3            | 119,6   | 111,9   | 105,6                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 88,8            | 131,3   | 114,1   | 111,4                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 91,7            | 138,9   | 118,2   | 116,2                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 94,4            | 141,5   | 122,2   | 119,3                     |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 3,9             | 5,6     | 4,9     | –                         |

Таблиця Б.3

**Активність пероксидази у прилистках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза  
бутонізації, мкМоль окисненого гваяколу/г сирі речовини за 1 хв.)**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |         |         |                           |
|---|-----------------|---------|---------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополовань<br>(контроль I)                     | 113,6           | 188,8   | 145,1   | 149,1                     |
| Без препаратів + ручні прополовання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 117,9           | 205,0   | 154,5   | 159,1                     |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 135,2           | 213,5   | 172,1   | 173,6                     |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 139,0           | 239,0   | 177,1   | 185,0                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 147,4           | 278,2   | 202,8   | 209,4                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 150,2           | 285,2   | 207,9   | 214,4                     |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 119,9           | 231,8   | 168,1   | 173,2                     |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 145,1           | 318,6   | 185,8   | 216,5                     |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 151,6           | 353,4   | 189,9   | 231,6                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 170,5           | 334,7   | 217,3   | 240,8                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 173,9           | 357,2   | 221,7   | 250,9                     |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 119,1           | 195,7   | 152,0   | 155,6                     |
| Фон + ручні прополовання упродовж<br>вегетації                          | 122,9           | 210,5   | 157,2   | 163,5                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 143,5           | 307,3   | 181,5   | 210,7                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 146,4           | 368,1   | 200,2   | 238,2                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 178,5           | 327,1   | 230,4   | 245,3                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 186,6           | 374,0   | 241,1   | 267,2                     |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 128,3           | 314,2   | 179,1   | 207,2                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 187,1           | 340,4   | 227,3   | 251,6                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 192,5           | 366,2   | 245,3   | 268,0                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 198,6           | 350,6   | 257,8   | 269,0                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 202,2           | 370,9   | 264,9   | 279,3                     |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 7,6             | 14,8    | 9,9     | –                         |

**Активність пероксидази у прилистках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (фаза  
цвітіння, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової речовини за 1 хв.)**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |         |         |                           |
|---|-----------------|---------|---------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 115,0           | 226,1   | 153,0   | 164,7                     |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 116,1           | 238,3   | 159,8   | 171,4                     |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 119,6           | 244,1   | 179,7   | 181,1                     |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 124,3           | 266,3   | 184,2   | 191,6                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 129,0           | 312,0   | 208,9   | 216,6                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 141,8           | 327,1   | 221,4   | 230,1                     |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 105,9           | 253,4   | 175,6   | 178,3                     |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 126,7           | 361,5   | 191,1   | 226,4                     |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 133,8           | 375,9   | 197,2   | 235,6                     |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 152,9           | 387,0   | 224,8   | 254,9                     |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 166,2           | 391,1   | 239,0   | 265,4                     |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 106,8           | 224,5   | 160,0   | 163,7                     |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 108,6           | 245,9   | 166,6   | 173,7                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 127,0           | 334,4   | 182,2   | 214,5                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 130,0           | 371,2   | 197,2   | 232,8                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 146,2           | 384,5   | 237,3   | 256,0                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 169,6           | 396,3   | 255,4   | 273,7                     |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 110,4           | 337,1   | 190,5   | 212,6                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 146,1           | 364,6   | 236,4   | 249,0                     |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 167,9           | 378,1   | 256,4   | 267,4                     |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 180,7           | 385,7   | 265,4   | 277,2                     |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 194,6           | 393,7   | 279,1   | 289,1                     |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 6,8             | 16,3    | 10,3    | –                         |

**Активність поліфенолоксидази у прилистках гороху озимого за дії гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс (фаза бутонізації, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сировини за 1 хв.)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |            |            |                     |
|--|-----------------|------------|------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.    | 2020 р.    | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 22,1            | 34,8       | 29,4       | 28,7                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 23,4            | 36,9       | 30,8       | 30,3                |
| МаксiМокс 0,8 л/га   | 24,1            | 40,4       | 33,6       | 32,7                |
| МаксiМокс 0,9 л/га   | 26,3            | 42,7       | 35,7       | 34,9                |
| МаксiМокс 1,0 л/га   | 28,8            | 46,9       | 39,0       | 38,2                |
| МаксiМокс 1,1 л/га   | 30,4            | 50,1       | 43,8       | 41,4                |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 22,6            | 37,7       | 30,6       | 30,3                |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 26,6            | 51,7       | 35,0       | 37,7                |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 28,8            | 55,3       | 37,9       | 40,6                |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 31,2            | 59,8       | 39,6       | 43,5                |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 33,0            | 61,7       | 44,5       | 46,4                |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 24,7            | 38,1       | 30,0       | 30,9                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 25,5            | 40,9       | 31,6       | 32,6                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 27,3            | 47,0       | 37,2       | 37,1                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 30,2            | 49,5       | 39,8       | 39,8                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 34,6            | 51,2       | 41,4       | 42,4                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 36,7            | 55,6       | 43,3       | 45,2                |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 26,9            | 43,2       | 33,4       | 34,5                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 29,2            | 63,0       | 38,8       | 43,6                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 33,1            | 65,7       | 40,9       | 46,5                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 35,0            | 66,4       | 43,7       | 48,3                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 37,9            | 68,7       | 44,5       | 50,3                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>1,4</i>      | <i>2,5</i> | <i>1,8</i> | –                   |

**Активність поліфенолоксидази у прилистках гороху озимого за дії гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс (фаза цвітіння, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирієї речовини за 1 хв.)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |            |            |                     |
|--|-----------------|------------|------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.    | 2020 р.    | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 20,3            | 32,5       | 26,6       | 26,4                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 21,1            | 35,5       | 28,7       | 28,4                |
| МаксiМокс 0,8 л/га   | 22,3            | 39,6       | 31,9       | 31,2                |
| МаксiМокс 0,9 л/га   | 24,7            | 41,8       | 33,5       | 33,3                |
| МаксiМокс 1,0 л/га   | 25,4            | 45,5       | 35,2       | 35,3                |
| МаксiМокс 1,1 л/га   | 27,2            | 48,6       | 39,0       | 38,2                |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 21,4            | 36,5       | 29,3       | 29,0                |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 23,7            | 49,4       | 33,6       | 35,5                |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 25,2            | 52,4       | 36,4       | 38,0                |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 27,6            | 56,1       | 37,7       | 40,4                |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 31,2            | 58,5       | 40,1       | 43,2                |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 22,7            | 36,9       | 29,5       | 29,7                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 23,2            | 39,2       | 30,6       | 31,0                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 24,5            | 44,9       | 36,9       | 35,4                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 27,7            | 45,3       | 38,2       | 37,0                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 31,1            | 49,8       | 41,0       | 40,6                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 34,5            | 52,3       | 42,9       | 43,2                |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 24,7            | 39,9       | 32,9       | 32,5                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 25,3            | 59,8       | 38,1       | 41,0                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 30,5            | 61,4       | 39,8       | 43,9                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 32,2            | 64,5       | 41,7       | 46,1                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 35,4            | 65,7       | 43,2       | 48,1                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>1,3</i>      | <i>2,4</i> | <i>1,7</i> | –                   |

## Додаток В

Таблиця В.1

**Анатомічна будова епідермісу прилистка гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс (фаза бутонізація–цвітіння, 2018 р.)**

| Варіант досліду  | Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> | Розміри однієї клітини, μm |            | Площа однієї клітини, μm <sup>2</sup> | K <sub>m</sub> |
|--|---------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|----------------|
|  |                                       | Довжина                    | Ширина     |                                       |                |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 233                                   | 93,0                       | 12,4       | 1153,2                                | 1              |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 216                                   | 112,1                      | 13,9       | 1558,1                                | 0,92           |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 199                                   | 100,8                      | 13,3       | 1340,6                                | 0,85           |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 178                                   | 111,3                      | 13,9       | 1547,07                               | 0,76           |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 187                                   | 101,7                      | 12,6       | 1281,4                                | 0,80           |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 215                                   | 95,5                       | 12,2       | 1165,1                                | 0,92           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 211                                   | 101,1                      | 13,4       | 1354,7                                | 0,90           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 193                                   | 100,9                      | 13,7       | 1382,3                                | 0,82           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 161                                   | 111,4                      | 14,8       | 1648,7                                | 0,69           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 177                                   | 110,5                      | 14,3       | 1580,1                                | 0,75           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 200                                   | 102,3                      | 13,3       | 1360,5                                | 0,85           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 208                                   | 101,7                      | 14,0       | 1423,8                                | 0,89           |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 203                                   | 112,9                      | 14,7       | 1621,4                                | 0,87           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 188                                   | 101,4                      | 14,4       | 1460,1                                | 0,80           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 157                                   | 111,8                      | 15,0       | 1677,0                                | 0,67           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 169                                   | 110,7                      | 14,2       | 1571,9                                | 0,72           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 192                                   | 102,8                      | 13,5       | 1387,8                                | 0,82           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 197                                   | 102,0                      | 14,1       | 1438,2                                | 0,84           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 174                                   | 101,9                      | 14,8       | 1508,1                                | 0,74           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 145                                   | 112,7                      | 15,3       | 1724,3                                | 0,62           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 158                                   | 110,0                      | 14,5       | 1609,5                                | 0,67           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 180                                   | 103,9                      | 14,0       | 1454,6                                | 0,77           |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>9,4</i>                            | <i>5,0</i>                 | <i>0,6</i> | <i>73,2</i>                           | –              |

**Анатомічна будова епідермісу прилистка гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного  
препарату Оптімайз Пульс (фаза бутонізація–цвітіння, 2019 р.)**

| Варіант досліджу   | Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> | Розміри однієї клітини, μm |            | Площа однієї клітини, μm <sup>2</sup> | K <sub>m</sub> |
|--|---------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|----------------|
|  |                                       | Довжина                    | Ширина     |                                       |                |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 247                                   | 89,8                       | 12,02      | 1077,6                                | 1              |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 234                                   | 108,1                      | 14,0       | 1513,4                                | 0,94           |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 218                                   | 100,0                      | 12,9       | 1290,0                                | 0,88           |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 197                                   | 110,7                      | 13,4       | 1483,3                                | 0,79           |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 205                                   | 101,2                      | 12,1       | 1224,5                                | 0,82           |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 237                                   | 94,3                       | 11,9       | 1122,1                                | 0,95           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 228                                   | 100,7                      | 13,1       | 1319,1                                | 0,92           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 214                                   | 100,2                      | 13,5       | 1352,7                                | 0,86           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 183                                   | 110,9                      | 14,1       | 1563,6                                | 0,74           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 185                                   | 110,0                      | 13,4       | 1474,0                                | 0,78           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 223                                   | 101,7                      | 12,8       | 1301,7                                | 0,90           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 227                                   | 100,6                      | 13,5       | 1358,1                                | 0,91           |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 220                                   | 109,8                      | 14,3       | 1570,1                                | 0,89           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 204                                   | 101,1                      | 13,9       | 1405,2                                | 0,82           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 176                                   | 111,2                      | 14,5       | 1612,4                                | 0,71           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 193                                   | 110,3                      | 13,7       | 1511,1                                | 0,78           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 210                                   | 102,2                      | 13,1       | 1338,8                                | 0,85           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 215                                   | 101,7                      | 13,8       | 1403,4                                | 0,87           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 193                                   | 101,4                      | 14,4       | 1460,1                                | 0,78           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 167                                   | 112,2                      | 15,0       | 1683,0                                | 0,67           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 177                                   | 109,8                      | 14,3       | 1570,1                                | 0,71           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 201                                   | 103,2                      | 13,4       | 1382,8                                | 0,81           |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>10,3</i>                           | <i>5,2</i>                 | <i>0,7</i> | <i>70,4</i>                           | –              |

**Анатомічна будова епідермісу прилистка гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного  
препарату Оптімайз Пульс (фаза бутонізація–цвітіння, 2020 р.)**

| Варіант досліджу   | Кількість клітин на 1 мм <sup>2</sup> | Розміри однієї клітини, μm |        | Площа однієї клітини, μm <sup>2</sup> | K <sub>m</sub> |
|--|---------------------------------------|----------------------------|--------|---------------------------------------|----------------|
|  |                                       | Довжина                    | Ширина |                                       |                |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 238                                   | 91,7                       | 12,1   | 1109,5                                | 1              |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 223                                   | 110,5                      | 14,6   | 1613,3                                | 0,93           |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 203                                   | 101,1                      | 12,7   | 1283,9                                | 0,85           |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 182                                   | 112,6                      | 13,3   | 1497,5                                | 0,76           |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 191                                   | 102,9                      | 12,5   | 1286,2                                | 0,80           |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 221                                   | 96,7                       | 12,0   | 1160,4                                | 0,92           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 215                                   | 100,8                      | 12,3   | 1239,8                                | 0,90           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 198                                   | 101,4                      | 13,9   | 1409,4                                | 0,83           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 168                                   | 112,8                      | 14,5   | 1635,6                                | 0,70           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 181                                   | 108,9                      | 14,1   | 1535,4                                | 0,76           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 208                                   | 100,9                      | 13,7   | 1382,3                                | 0,87           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 213                                   | 101,5                      | 13,1   | 1329,6                                | 0,89           |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 207                                   | 113,2                      | 15,2   | 1720,6                                | 0,86           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 191                                   | 102,3                      | 14,0   | 1432,2                                | 0,80           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 162                                   | 113,4                      | 14,8   | 1678,3                                | 0,68           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 176                                   | 109,5                      | 14,4   | 1576,8                                | 0,73           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 197                                   | 101,1                      | 14,1   | 1425,5                                | 0,82           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 201                                   | 103,4                      | 13,4   | 1385,5                                | 0,84           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 179                                   | 102,7                      | 14,5   | 1489,1                                | 0,75           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 152                                   | 115,9                      | 15,2   | 1761,6                                | 0,63           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 163                                   | 110,8                      | 14,9   | 1650,9                                | 0,68           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 186                                   | 101,5                      | 14,4   | 1461,6                                | 0,78           |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | 9,6                                   | 5,3                        | 0,7    | 72,8                                  | –              |



## Додаток Г

Таблиця Г.1

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс на площу прилистків гороху озимого, тис. м<sup>2</sup>/га (фаза бутонізації-цвітіння)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |            |            |                     |
|--|-----------------|------------|------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.    | 2020 р.    | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 21,3            | 19,8       | 20,5       | 20,5                |
| Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 31,2            | 29,6       | 30,9       | 30,5                |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 25,0            | 23,8       | 24,1       | 24,3                |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 25,9            | 24,3       | 25,4       | 25,2                |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 25,3            | 24,1       | 25,0       | 24,8                |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 23,8            | 22,6       | 23,2       | 23,2                |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 21,7            | 20,9       | 21,0       | 21,2                |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 28,8            | 26,9       | 27,5       | 27,7                |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 29,4            | 27,8       | 28,0       | 28,4                |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 29,0            | 27,1       | 27,4       | 27,8                |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 26,3            | 25,7       | 26,0       | 26,0                |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 22,2            | 20,0       | 21,2       | 21,1                |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                          | 34,1            | 33,3       | 34,0       | 33,8                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 28,1            | 27,3       | 28,5       | 27,9                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 29,3            | 28,5       | 29,0       | 28,9                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 28,8            | 27,7       | 28,1       | 28,2                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 27,5            | 26,9       | 28,0       | 27,4                |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 24,8            | 23,6       | 24,3       | 24,2                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 31,1            | 30,7       | 32,4       | 31,4                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 33,3            | 32,1       | 33,8       | 33,0                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 32,5            | 31,4       | 31,8       | 31,9                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 29,9            | 29,1       | 30,2       | 29,7                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>1,4</i>      | <i>1,3</i> | <i>1,1</i> | –                   |

## Додаток Д

Таблиця Д.1

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз  
Пульс на формування висоти рослин гороху озимого, см  
(фаза бутонізації)**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |         |         |                           |
|---|-----------------|---------|---------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 48,0            | 36,1    | 44,3    | 42,8                      |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 52,3            | 40,7    | 50,1    | 47,7                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 50,8            | 38,9    | 49,0    | 46,2                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 51,5            | 39,6    | 48,5    | 46,5                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 50,1            | 38,2    | 47,9    | 45,4                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 48,8            | 38,0    | 47,4    | 44,7                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 48,1            | 37,4    | 46,1    | 43,8                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 57,3            | 45,5    | 54,7    | 52,3                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 56,7            | 44,8    | 55,5    | 52,5                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 56,2            | 44,1    | 54,3    | 51,5                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 55,9            | 43,6    | 53,6    | 51,0                      |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 48,4            | 37,1    | 45,7    | 43,7                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 58,0            | 45,3    | 56,9    | 53,4                      |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га  | 53,3            | 41,5    | 54,3    | 49,7                      |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га  | 53,6            | 42,8    | 53,7    | 50,0                      |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га  | 52,4            | 40,9    | 51,5    | 48,2                      |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га  | 51,9            | 40,1    | 51,0    | 47,6                      |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 49,7            | 38,2    | 48,1    | 45,3                      |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 58,8            | 47,8    | 57,9    | 54,8                      |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 59,4            | 48,4    | 57,0    | 54,9                      |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 57,5            | 47,2    | 56,5    | 53,7                      |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 57,1            | 46,9    | 56,3    | 53,4                      |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 2,6             | 2,0     | 2,5     | —                         |

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аmіно та МБП Оптiмайз Пульс на формування висоти рослин гороху озимого, см (фаза цвітіння)**

| Варіант досліду  | Роки досліджень |         |         |                     |
|--|-----------------|---------|---------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 56,8            | 49,4    | 52,1    | 52,7                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 60,4            | 56,1    | 55,0    | 57,1                |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 59,3            | 54,7    | 54,4    | 56,1                |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 59,9            | 54,2    | 54,9    | 56,3                |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 59,0            | 53,8    | 55,5    | 56,1                |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 58,1            | 53,4    | 54,2    | 55,2                |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 57,8            | 50,1    | 52,5    | 53,4                |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 60,8            | 56,3    | 55,9    | 57,6                |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 61,2            | 56,0    | 56,4    | 57,8                |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 60,1            | 56,8    | 55,3    | 57,4                |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 60,0            | 56,1    | 55,4    | 57,1                |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 57,4            | 49,7    | 52,3    | 53,1                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 61,2            | 58,6    | 55,9    | 58,5                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 58,5            | 54,7    | 58,8    | 57,3                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 58,7            | 55,1    | 58,4    | 57,4                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 58,2            | 54,9    | 58,2    | 57,1                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 57,6            | 54,3    | 57,9    | 56,6                |
| Фон + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                                      | 58,5            | 50,5    | 53,2    | 54,0                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 62,1            | 57,7    | 60,3    | 60,0                |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 62,0            | 58,0    | 60,5    | 60,1                |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 61,5            | 57,4    | 59,6    | 59,5                |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аmіно 1,0 кг/га                 | 61,0            | 57,1    | 58,8    | 58,9                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | 2,9             | 2,7     | 2,8     | –                   |

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз  
Пульс на формування висоти рослин гороху озимого, см  
(фаза утворення бобів)**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |         |         |                           |
|---|-----------------|---------|---------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 73,2            | 68,5    | 70,4    | 70,7                      |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 75,6            | 70,9    | 72,7    | 73,0                      |
| МаксiМокс 0,8 л/га  | 74,4            | 70,0    | 71,7    | 72,0                      |
| МаксiМокс 0,9 л/га  | 74,7            | 70,5    | 72,1    | 72,4                      |
| МаксiМокс 1,0 л/га  | 73,9            | 69,5    | 71,4    | 71,6                      |
| МаксiМокс 1,1 л/га  | 73,5            | 69,3    | 71,1    | 71,3                      |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 73,4            | 68,9    | 70,8    | 71,0                      |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 76,9            | 73,0    | 74,9    | 74,9                      |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 76,6            | 73,2    | 75,3    | 75,0                      |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 75,2            | 72,8    | 75,0    | 74,3                      |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 74,7            | 72,2    | 74,5    | 73,8                      |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 73,3            | 68,9    | 70,6    | 70,9                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 76,9            | 71,7    | 74,9    | 74,5                      |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га  | 75,8            | 71,6    | 73,8    | 73,7                      |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га  | 76,0            | 71,9    | 74,0    | 73,9                      |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га  | 75,0            | 70,9    | 73,4    | 73,1                      |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га  | 74,5            | 70,3    | 72,9    | 72,5                      |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 73,8            | 70,0    | 71,3    | 71,7                      |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 78,3            | 74,9    | 77,5    | 76,9                      |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 78,6            | 75,2    | 77,8    | 77,2                      |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 77,7            | 74,5    | 77,2    | 76,4                      |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 77,1            | 74,0    | 76,5    | 75,8                      |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 3,7             | 3,5     | 3,6     | –                         |

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс на формування біомаси рослин гороху озимого, г (фаза бутонізації)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |             |             |                     |
|--|-----------------|-------------|-------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 9,51            | 6,74        | 7,97        | 8,07                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 11,10           | 9,93        | 10,45       | 10,49               |
| МаксiМокс 0,8 л/га   | 10,66           | 9,12        | 9,48        | 9,75                |
| МаксiМокс 0,9 л/га   | 10,91           | 9,26        | 9,89        | 10,02               |
| МаксiМокс 1,0 л/га   | 10,25           | 9,03        | 9,37        | 9,55                |
| МаксiМокс 1,1 л/га   | 10,19           | 9,0         | 9,33        | 9,50                |
| Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 10,07           | 8,91        | 8,86        | 9,28                |
| МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 12,38           | 10,24       | 11,41       | 11,34               |
| МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 12,93           | 10,85       | 11,77       | 11,85               |
| МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 12,24           | 10,13       | 11,19       | 11,18               |
| МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 12,06           | 10,05       | 11,07       | 11,06               |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 9,96            | 8,26        | 8,49        | 8,90                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 11,61           | 10,74       | 11,19       | 11,18               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 12,05           | 10,07       | 11,15       | 11,09               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 12,59           | 10,61       | 11,41       | 11,53               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 11,82           | 9,96        | 10,99       | 10,92               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 11,51           | 9,78        | 10,65       | 10,64               |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 10,35           | 9,92        | 9,28        | 9,85                |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 13,33           | 12,69       | 12,97       | 12,99               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 13,71           | 12,95       | 13,22       | 13,29               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 13,25           | 12,53       | 12,88       | 12,88               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 13,04           | 12,37       | 12,59       | 12,66               |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>0,58</i>     | <i>0,50</i> | <i>0,53</i> | –                   |

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс на формування біомаси рослин гороху озимого, г (фаза цвітіння)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |             |             |                     |
|--|-----------------|-------------|-------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 21,75           | 16,61       | 18,98       | 19,11               |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 22,96           | 20,71       | 21,39       | 21,68               |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 22,38           | 19,08       | 20,55       | 20,67               |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 22,32           | 18,99       | 20,97       | 20,76               |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 21,91           | 18,65       | 20,33       | 20,29               |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 21,76           | 18,52       | 20,21       | 20,16               |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 22,11           | 17,45       | 19,34       | 19,63               |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 23,81           | 21,93       | 22,68       | 22,80               |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 24,12           | 22,0        | 22,54       | 22,88               |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 23,64           | 21,67       | 22,26       | 22,52               |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 23,41           | 21,35       | 22,10       | 22,28               |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 22,56           | 16,90       | 19,24       | 19,56               |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 23,55           | 21,12       | 21,78       | 22,15               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 23,61           | 21,72       | 22,01       | 22,44               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 23,95           | 21,79       | 22,15       | 22,63               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 23,14           | 21,60       | 21,88       | 22,20               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 23,03           | 21,49       | 21,76       | 22,09               |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 22,75           | 18,15       | 20,66       | 20,52               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 25,34           | 23,19       | 23,66       | 24,06               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 25,51           | 23,37       | 23,89       | 24,25               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 24,88           | 23,10       | 23,51       | 23,83               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 24,65           | 23,04       | 23,39       | 23,69               |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>1,16</i>     | <i>1,02</i> | <i>1,08</i> | —                   |

**Вплив гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс на формування біомаси рослин гороху озимого, г (фаза утворення бобів)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |             |             |                     |
|--|-----------------|-------------|-------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 24,87           | 19,93       | 22,75       | 22,51               |
| Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 25,31           | 21,16       | 23,56       | 23,34               |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 25,10           | 21,00       | 23,20       | 23,10               |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 25,14           | 21,08       | 23,27       | 23,16               |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 25,03           | 20,90       | 23,08       | 23,00               |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 24,95           | 20,81       | 23,01       | 22,92               |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 24,89           | 20,44       | 22,90       | 22,74               |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 25,93           | 22,21       | 24,31       | 24,15               |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 26,06           | 22,56       | 24,38       | 24,33               |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 25,64           | 22,14       | 24,13       | 23,97               |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 25,47           | 22,09       | 24,05       | 23,87               |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 24,98           | 20,30       | 22,82       | 22,70               |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                          | 25,72           | 21,58       | 23,77       | 23,69               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 25,76           | 22,32       | 23,88       | 23,98               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 25,84           | 22,41       | 23,96       | 24,07               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 25,67           | 22,18       | 23,81       | 23,88               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 25,50           | 22,06       | 23,68       | 23,74               |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 25,06           | 20,72       | 23,18       | 22,98               |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 26,76           | 24,27       | 25,00       | 25,34               |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 26,88           | 24,41       | 24,95       | 25,41               |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 26,51           | 24,11       | 25,35       | 25,32               |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 26,37           | 24,05       | 25,13       | 25,18               |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>1,28</i>     | <i>1,09</i> | <i>1,19</i> | —                   |

## Додаток Е

Таблиця Е.1

**Чиста продуктивність фотосинтезу гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз  
Пульс, г/м<sup>2</sup> за добу, фази бутонізації–цвітіння**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |         |         |                           |
|---|-----------------|---------|---------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 4,12            | 2,88    | 3,54    | 3,51                      |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 4,22            | 3,03    | 3,69    | 3,64                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 4,30            | 3,09    | 3,91    | 3,76                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 4,36            | 3,15    | 3,99    | 3,83                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 4,27            | 3,05    | 3,84    | 3,72                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 4,24            | 3,00    | 3,72    | 3,65                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 4,20            | 2,98    | 3,61    | 3,59                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 4,51            | 3,22    | 4,29    | 4,00                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 4,57            | 3,27    | 4,34    | 4,06                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 4,44            | 3,18    | 4,20    | 3,94                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 4,39            | 3,12    | 4,15    | 3,88                      |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 4,17            | 2,90    | 3,59    | 3,55                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 4,33            | 3,11    | 3,76    | 3,73                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 4,40            | 3,14    | 4,19    | 3,91                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 4,46            | 3,21    | 4,28    | 3,98                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 4,37            | 3,08    | 4,11    | 3,85                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 4,31            | 3,02    | 4,05    | 3,79                      |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 4,27            | 3,24    | 3,81    | 3,77                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 4,95            | 3,67    | 4,72    | 4,44                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 5,10            | 3,73    | 4,85    | 4,56                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 4,88            | 3,59    | 4,66    | 4,37                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 4,76            | 3,51    | 4,57    | 4,28                      |
| <i>HIP<sub>05</sub></i>   | 0,22            | 0,15    | 0,20    | –                         |



## Додаток Ж

Таблиця Ж.1

**Вміст леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс,  
(фаза бутонізації), мг/г сирової маси**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |             |             |                           |
|---|-----------------|-------------|-------------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 0,06            | 0,02        | 0,05        | 0,04                      |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 0,09            | 0,04        | 0,07        | 0,06                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 0,28            | 0,14        | 0,21        | 0,21                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 0,31            | 0,17        | 0,26        | 0,24                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 0,25            | 0,10        | 0,18        | 0,17                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 0,19            | 0,08        | 0,12        | 0,13                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 0,48            | 0,33        | 0,39        | 0,40                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 0,71            | 0,58        | 0,61        | 0,63                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 0,84            | 0,66        | 0,77        | 0,75                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 0,60            | 0,44        | 0,55        | 0,53                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 0,57            | 0,39        | 0,43        | 0,46                      |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 1,78            | 1,42        | 1,55        | 1,58                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 1,86            | 1,53        | 1,69        | 1,69                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 2,72            | 2,06        | 2,22        | 2,33                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 2,56            | 2,10        | 2,39        | 2,35                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 2,41            | 2,00        | 2,11        | 2,17                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 2,29            | 1,93        | 2,02        | 2,08                      |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 1,89            | 1,67        | 1,73        | 1,76                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 3,64            | 2,81        | 3,39        | 3,28                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 3,70            | 2,99        | 3,52        | 3,40                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 3,49            | 2,76        | 3,21        | 3,15                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 3,31            | 2,19        | 2,88        | 2,79                      |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | <i>0,08</i>     | <i>0,05</i> | <i>0,07</i> | –                         |

**Вміст леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс,  
(фаза цвітіння), мг/г сирової маси**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |             |             |                           |
|---|-----------------|-------------|-------------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополовань<br>(контроль I)                     | 2,71            | 2,24        | 2,50        | 2,48                      |
| Без препаратів + ручні прополовання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 4,07            | 2,90        | 3,96        | 3,64                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 4,24            | 4,16        | 4,19        | 4,19                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 4,59            | 4,31        | 4,40        | 4,43                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 4,15            | 4,05        | 4,10        | 4,10                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 4,01            | 3,84        | 3,92        | 3,92                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 4,98            | 4,57        | 4,83        | 4,79                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 5,33            | 5,09        | 5,22        | 5,21                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 5,41            | 5,22        | 5,29        | 5,30                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 5,19            | 5,0         | 5,08        | 5,09                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 5,13            | 4,92        | 5,04        | 5,03                      |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 10,93           | 7,86        | 9,55        | 9,44                      |
| Фон + ручні прополовання упродовж<br>вегетації                          | 12,61           | 9,94        | 11,78       | 11,44                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 9,93            | 7,17        | 9,66        | 8,92                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 10,06           | 7,31        | 9,84        | 9,07                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 9,75            | 7,03        | 9,41        | 8,73                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 9,28            | 6,87        | 9,23        | 8,46                      |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 11,77           | 8,90        | 11,07       | 10,58                     |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 10,15           | 7,44        | 9,72        | 9,10                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 10,34           | 7,56        | 9,98        | 9,29                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 10,01           | 7,29        | 9,40        | 8,90                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 9,89            | 7,12        | 9,33        | 8,78                      |
| <i>HIP<sub>05</sub></i>   | <i>0,37</i>     | <i>0,29</i> | <i>0,35</i> | –                         |

**Вміст леггемоглобіну в бульбочках гороху озимого за дії гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс, (фаза  
утворення бобів), мг/г сирі маси**

| Варіант досліджу  | Роки досліджень |             |             |                           |
|---|-----------------|-------------|-------------|---------------------------|
|   | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє<br>за три<br>роки |
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 1,98            | 1,66        | 1,74        | 1,79                      |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 2,07            | 1,58        | 1,90        | 1,85                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 2,39            | 2,14        | 2,28        | 2,27                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 2,84            | 2,46        | 2,72        | 2,67                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 2,12            | 1,81        | 2,02        | 1,98                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 1,99            | 1,59        | 1,65        | 1,74                      |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 2,96            | 2,67        | 2,88        | 2,83                      |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 2,98            | 2,65        | 2,77        | 2,80                      |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 3,15            | 2,82        | 2,93        | 2,96                      |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 2,74            | 2,43        | 2,65        | 2,60                      |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                       | 2,51            | 2,36        | 2,40        | 2,42                      |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 4,37            | 4,05        | 4,22        | 4,21                      |
| Фон + ручні прополювання упродовж<br>вегетації                          | 5,35            | 4,41        | 4,96        | 4,90                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 4,72            | 4,44        | 4,57        | 4,57                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 4,89            | 4,56        | 4,69        | 4,71                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 4,60            | 4,36        | 4,45        | 4,47                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 4,54            | 4,21        | 4,32        | 4,35                      |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 5,18            | 4,75        | 4,93        | 4,95                      |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 5,62            | 5,27        | 5,41        | 5,43                      |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 5,77            | 5,43        | 5,58        | 5,59                      |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 5,48            | 5,15        | 5,34        | 5,32                      |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс<br>Аміно 1,0 кг/га                 | 5,33            | 5,02        | 5,20        | 5,18                      |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | <i>0,19</i>     | <i>0,15</i> | <i>0,17</i> | –                         |

## Додаток К

Таблиця К.1

**Загальна чисельність мікроорганізмів ризосфери гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайс Пульс (10-та доба після внесення препаратів, 10<sup>3</sup> КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |             |             |                     |
|--|-----------------|-------------|-------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 1556            | 1674        | 1795        | 1675                |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 1632            | 1697        | 1889        | 1739                |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 1647            | 1727        | 1854        | 1742                |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 1618            | 1689        | 1697        | 1668                |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 1539            | 1663        | 1678        | 1626                |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 1437            | 1574        | 1607        | 1539                |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 1837            | 1802        | 2024        | 1887                |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1756            | 1789        | 1901        | 1815                |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1697            | 1721        | 1804        | 1740                |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1640            | 1756        | 1797        | 1731                |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1489            | 1604        | 1687        | 1593                |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 1912            | 1901        | 2111        | 1974                |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 1974            | 1989        | 2214        | 2059                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 1835            | 1897        | 2067        | 1933                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 1777            | 1791        | 1858        | 1808                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 1791            | 1723        | 1817        | 1777                |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 1555            | 1707        | 1891        | 1717                |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 1990            | 2211        | 2303        | 2168                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1869            | 1910        | 2133        | 1970                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1817            | 1831        | 1877        | 1841                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1805            | 1788        | 1842        | 1811                |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1589            | 1699        | 1898        | 1728                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>17,0</i>     | <i>18,0</i> | <i>20,0</i> | –                   |

**Загальна чисельність мікроорганізмів ризосфери гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (25-та доба після внесення препаратів, 10<sup>3</sup> КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |             |             |                     |
|--|-----------------|-------------|-------------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.     | 2020 р.     | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 1614            | 1738        | 1821        | 1724                |
| Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 1703            | 1755        | 1997        | 1818                |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 1780            | 1880        | 1975        | 1878                |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 1729            | 1926        | 2222        | 1959                |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 1654            | 1802        | 1869        | 1775                |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 1522            | 1685        | 1766        | 1657                |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 1898            | 1997        | 1979        | 1958                |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1808            | 1986        | 2274        | 2022                |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1810            | 1862        | 2148        | 1940                |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1657            | 1850        | 1971        | 1826                |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 1608            | 1763        | 1887        | 1752                |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 1945            | 1929        | 2199        | 2024                |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                          | 1987            | 2001        | 2221        | 2069                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 1947            | 2020        | 1999        | 1988                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 1914            | 1964        | 1890        | 1922                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 1908            | 1946        | 2261        | 2038                |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 1677            | 1789        | 1723        | 1729                |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 1964            | 2178        | 2377        | 2173                |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1979            | 2175        | 1991        | 2048                |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1933            | 1989        | 2259        | 2060                |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1948            | 1991        | 2304        | 2081                |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 1694            | 1795        | 1857        | 1782                |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>18,0</i>     | <i>19,0</i> | <i>22,0</i> | –                   |

**Загальна чисельність мікроміцетів ризосфери гороху озимого за дії гербіциду МаксiМокс, РРР Агрiфлекс Аміно та МБП Оптiмайз Пульс (10-та доба після внесення препаратів, 10<sup>3</sup> КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |           |           |                     |
|--|-----------------|-----------|-----------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р.   | 2020 р.   | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 254             | 319       | 397       | 323                 |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 261             | 333       | 409       | 334                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 269             | 342       | 421       | 344                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 286             | 359       | 439       | 361                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 279             | 377       | 430       | 362                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 239             | 334       | 404       | 325                 |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 317             | 380       | 461       | 386                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 301             | 373       | 496       | 390                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 322             | 394       | 548       | 421                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 335             | 385       | 525       | 415                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 326             | 360       | 449       | 378                 |
| Оптiмайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 347             | 411       | 599       | 452                 |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 366             | 447       | 624       | 479                 |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га   | 373             | 392       | 581       | 448                 |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га   | 357             | 415       | 569       | 447                 |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га   | 346             | 429       | 543       | 449                 |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га   | 333             | 423       | 517       | 450                 |
| Фон + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 370             | 432       | 615       | 472                 |
| Фон + МаксiМокс 0,8 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 388             | 475       | 596       | 486                 |
| Фон + МаксiМокс 0,9 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 414             | 510       | 663       | 529                 |
| Фон + МаксiМокс 1,0 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 362             | 484       | 590       | 498                 |
| Фон + МаксiМокс 1,1 л/га + Агрiфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 338             | 451       | 589       | 459                 |
| <i>HIP<sub>05</sub></i>  | <i>16</i>       | <i>20</i> | <i>26</i> | –                   |

**Загальна чисельність мікроміцетів ризосфери гороху озимого за дії гербіциду МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс (25-та доба після внесення препаратів, 10<sup>3</sup> КУО в 1 г ґрунту)**

| Варіант досліджу   | Роки досліджень |         |         |                     |
|--|-----------------|---------|---------|---------------------|
|  | 2018 р.         | 2019 р. | 2020 р. | Середнє за три роки |
| Без препаратів і ручних прополювань (контроль I)                     | 321             | 397     | 478     | 398                 |
| Без препаратів + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II) | 378             | 404     | 522     | 434                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 389             | 496     | 559     | 481                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 400             | 520     | 650     | 523                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 391             | 492     | 546     | 476                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 380             | 443     | 521     | 448                 |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 377             | 484     | 617     | 492                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 419             | 664     | 631     | 571                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 497             | 652     | 677     | 608                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 407             | 631     | 555     | 531                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 393             | 482     | 516     | 463                 |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 549             | 691     | 798     | 679                 |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                          | 577             | 743     | 809     | 709                 |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 459             | 693     | 664     | 605                 |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 544             | 669     | 769     | 660                 |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 427             | 646     | 617     | 563                 |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 417             | 584     | 588     | 529                 |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 588             | 713     | 801     | 700                 |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 548             | 724     | 698     | 656                 |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 591             | 699     | 787     | 692                 |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 533             | 612     | 675     | 606                 |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 494             | 592     | 644     | 576                 |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | 23              | 30      | 32      | –                   |

## Додаток Л

Таблиця Л.1

Якість зерна гороху озимого сорту НС Мороз за використання гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс, 2018 р.

| Варіант досліду  | МТЗ, г      | Натура, г/л | Вміст білка, % |
|--|-------------|-------------|----------------|
| Без препаратів і ручних прополовань (контроль I)                     | 208,5       | 764,8       | 23,7           |
| Без препаратів + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II) | 215,8       | 781,3       | 25,5           |
| МаксіМокс 0,8 л/га   | 214,9       | 776,7       | 24,3           |
| МаксіМокс 0,9 л/га   | 219,2       | 783,1       | 24,8           |
| МаксіМокс 1,0 л/га   | 217,4       | 779,4       | 24,1           |
| МаксіМокс 1,1 л/га   | 214,0       | 774,5       | 24,1           |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га  | 209,1       | 768,7       | 23,9           |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 215,7       | 780,3       | 24,7           |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 219,9       | 786,9       | 25,3           |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 219,0       | 784,6       | 24,5           |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                       | 215,1       | 780,0       | 24,3           |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)  | 208,8       | 766,5       | 23,7           |
| Фон + ручні прополовання упродовж вегетації                          | 219,3       | 798,0       | 25,9           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га   | 216,4       | 781,9       | 24,8           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га   | 219,2       | 788,2       | 25,5           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га   | 218,7       | 783,6       | 24,1           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га   | 216,0       | 780,5       | 24,4           |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                                      | 209,6       | 770,8       | 24,0           |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 219,8       | 786,9       | 25,0           |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 221,7       | 790,0       | 25,5           |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 220,4       | 788,3       | 24,7           |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га                 | 218,5       | 782,1       | 24,6           |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>  | <i>10,8</i> | <i>3,9</i>  | <i>1,2</i>     |



Таблиця Л.2

**Якість зерна гороху озимого сорту НС Мороз за використання гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс, 2019 р.**

| Варіант досліду   | МТЗ, г | Натура,<br>г/л | Вміст<br>білка,<br>% |
|---|--------|----------------|----------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 174,1  | 705,7          | 19,0                 |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 186,7  | 722,4          | 20,2                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 177,4  | 716,1          | 19,4                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 183,5  | 721,2          | 19,8                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 181,2  | 718,6          | 19,6                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 176,6  | 716,5          | 19,4                 |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 175,0  | 711,9          | 19,2                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 178,9  | 723,4          | 19,8                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 185,3  | 728,5          | 20,4                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 182,7  | 731,2          | 20,0                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 177,1  | 720,7          | 19,6                 |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 174,3  | 708,9          | 19,1                 |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                             | 192,6  | 739,1          | 21,5                 |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 179,4  | 725,0          | 20,1                 |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 185,8  | 726,9          | 20,9                 |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 184,0  | 733,2          | 20,1                 |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 178,2  | 719,5          | 19,7                 |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 176,7  | 716,7          | 19,5                 |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 183,9  | 729,4          | 20,4                 |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 190,6  | 735,2          | 21,2                 |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 187,4  | 734,6          | 20,6                 |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 181,1  | 722,5          | 19,8                 |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 9,0    | 3,6            | 0,9                  |

**Якість зерна гороху озимого сорту НС Мороз за використання гербіциду  
МаксіМокс, РРР Агріфлекс Аміно та МБП Оптімайз Пульс, 2020 р.**

| Варіант досліджу  | МТЗ, г      | Натура,<br>г/л | Вміст<br>білка,<br>% |
|---|-------------|----------------|----------------------|
| Без препаратів і ручних прополювань<br>(контроль I)                     | 200,3       | 729,0          | 21,3                 |
| Без препаратів + ручні прополювання<br>упродовж вегетації (контроль II) | 206,5       | 744,1          | 23,1                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га  | 203,2       | 735,5          | 21,7                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га  | 205,1       | 746,0          | 22,2                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га  | 204,6       | 741,8          | 21,9                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га  | 203,4       | 736,2          | 21,5                 |
| Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 201,7       | 733,5          | 21,3                 |
| МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 204,4       | 742,7          | 22,0                 |
| МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 207,0       | 749,2          | 22,5                 |
| МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 205,8       | 745,9          | 22,4                 |
| МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно 1,0<br>кг/га                       | 203,9       | 740,6          | 21,8                 |
| Оптімайз Пульс 3,28 л/т (фон)   | 200,6       | 731,1          | 21,4                 |
| Фон + ручні прополювання упродовж вегетації                             | 208,2       | 761,7          | 23,9                 |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га  | 204,0       | 740,8          | 21,8                 |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га  | 207,3       | 748,9          | 22,6                 |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га  | 206,5       | 743,2          | 22,1                 |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га  | 204,1       | 741,3          | 21,6                 |
| Фон + Агріфлекс Аміно 1,0 кг/га   | 202,6       | 737,8          | 21,4                 |
| Фон + МаксіМокс 0,8 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 206,8       | 745,6          | 22,2                 |
| Фон + МаксіМокс 0,9 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 210,6       | 756,8          | 22,8                 |
| Фон + МаксіМокс 1,0 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 208,1       | 752,3          | 22,6                 |
| Фон + МаксіМокс 1,1 л/га + Агріфлекс Аміно<br>1,0 кг/га                 | 206,0       | 743,5          | 21,7                 |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | <i>10,2</i> | <i>3,7</i>     | <i>1,1</i>           |

«Затверджую»  
 ФГ «Шутко»  
 С. Ф. Шутко  
 «07» жовтня 2020 р.



«Затверджую»  
 Ректор Уманського НУС  
 О. О. Непочатенко  
 «08» жовтня 2020 р.



## Акт

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво

«07» жовтня 2020 р.

Аспірант кафедри біології Уманського НУС Бойко Я. О. і голова ФГ «Шутко» Шутко С. Ф. (с. Йосипівка, Благовіщенського району Кіровоградської області) склали даний акт про те, що в ФГ «Шутко» виконувалось впровадження результатів науково-дослідної роботи з фізіологічного обґрунтування інтегрованої дії біологічно активних речовин у посівах гороху озимого.

**Вид впровадження** – площа гороху озимого 27 га, гербіцид МаксіМокс (імазамокс, 40 г/л), регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс.

**Економічний ефект** – за використання гербіциду МаксіМокс 0,9 л/га без регулятора росту рослин прибавка врожаю гороху озимого склала 1,2 ц/га, додатковий прибуток з 1 га – 489 грн; за обробки посівів МаксіМоксом 0,9 л/га у поєднанні з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га по фоні обробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс 3,28 л/т прибавка врожаю склала 3,8 ц/га, що забезпечило формування додаткового прибутку в розмірі 2595 грн/га.

**Соціальний і науково-технічний ефект** – підвищення врожайності посівів гороху озимого, покращення якості зерна, зниження гербіцидного навантаження на рослини і навколишнє середовище за рахунок комплексного використання гербіциду з регулятором росту рослин і мікробним препаратом.

Аспірант кафедри біології



Я. О. Бойко

«Затверджую»  
 ФГ «Гора 2006»  
 П. Ю. Гора  
 «26» нової 2020 р.

«Затверджую»  
 Ректор Уманського НУС  
 О. О. Непочатенко  
 «28» листопада 2020 р.

## Акт

## Впровадження науково-дослідної роботи у виробництво

«26» нової 2020 р.

Аспірант кафедри біології Уманського НУС Бойко Я. О. і голова ФГ «Гора 2006» Гора П. Ю. (с. Коритня, Уманського району Черкаської області) склали даний акт про те, що в ФГ «Гора 2006» виконувалось впровадження результатів науково-дослідної роботи з фізіологічного обґрунтування інтегрованої дії біологічно активних речовин у посівах гороху озимого.

**Вид впровадження** – площа гороху озимого 31 га, гербіцид МаксіМокс (імазамокс, 40 г/л), регулятор росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробний препарат Оптімайз Пульс.

**Економічний ефект** – за використання гербіциду МаксіМокс 0,9 л/га без регулятора росту рослин прибавка врожаю гороху озимого склала 1,7 ц/га, додатковий прибуток з 1 га – 934 грн; за обробки посівів МаксіМоксом 0,9 л/га у поєднанні з регулятором росту рослин Агріфлекс Аміно у нормі 1,0 кг/га по фоні обробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Оптімайз Пульс 3,28 л/т прибавка врожаю склала 4,3 ц/га, що забезпечило формування додаткового прибутку в розмірі 3069 грн/га.

**Соціальний і науково-технічний ефект** - підвищення врожайності посівів гороху озимого, покращення якості зерна за зниженого хімічного навантаження на рослини і навколишнє середовище.

Аспірант кафедри біології



Я. О. Бойко

## Додаток П

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксiМокс, регулятора росту рослин Агрiфлекс Аміно та мікробного препарату Оптiмайз Пульс. Таврiйський науковий вісник. 2019. № 106. С. 79–87.

2. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Ліпопероксидаційні й ферментативні процеси у рослинах гороху озимого за дії біологічно активних речовин. Наукові горизонти. 2020. № 4 (89). С. 94–100.

3. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Шутко С. С., Притуляк Р. М. Активність ризосферної мікробіоти гороху озимого за комбінованої дії гербіциду і біологічних препаратів. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 52–55.

4. Карпенко В. П., Бойко Я. О., Притуляк Р. М. Забур'яненість посівів гороху озимого за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2020. Вип. 97 Ч. 1. С. 171–180.

5. Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R. [et. al.]. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. Agronomy Research. 2021. № 19 (2). P. 472–483.

*Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

6. Бойко Я. О. Перспективи сумісного застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин у посівах гороху озимого сорту НС Мороз. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. 15–16 травня 2018 р. Умань. 2018. С. 13–14.

7. Бойко Я. О. Функціонування бактерій роду *Azotobacter* в ризосфері гороху озимого за дії гербіцидів, регулятора росту рослин та інокулянта.

Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XIII наукової конференції молодих вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2018 р.). Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів. 2018. С. 32–34.

8. Бойко Я. О. Забур'яненість посівів гороху озимого за внесення біологічно активних речовин. VI Міжнародна конференція «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (м. Умань, 15 листопада 2018 р.). Київ: Видавництво «Основа». 2018. С. 38–40.

9. Бойко Я. О. Вплив гербіциду МаксіМокс за сумісного використання з біологічними препаратами на вміст хлорофілу в рослинах гороху озимого. Новини науки та прикладні наукові розробки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 28 жовтня 2018 р.). Львів. 2018. Т.5. С. 76–78.

10. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Урожайність гороху озимого сорту НС Мороз за дії гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. Перспективні шляхи розвитку наукових знань (частина I): матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26–27 січня 2019 р.). Київ. 2019. С. 50–51.

11. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Формування і функціонування симбіотичної системи горох озимий – *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* за дії біологічно активних речовин. “Молодь і поступ біології”: XV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, присвячена 135 річниці від дня народження Я. О. Парнаса (м. Львів, 9–11 квітня 2019 р.). Львів, 2019. С. 117–118.