

**В. В. Шевчук,**

аспірантка кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця, Україна)
E-mail: Vvictoriya07@gmail.com

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФОТОСЕНТИТИЧНОГО АПАРАТУ ГОРОХУ ОЗИМОГО

У технологічному процесі застосування рістрегулювальних та бактеріальних препаратів, їх композицій та позакоренових підживлень є перспективним для підвищення врожайності зернобобових культур. Метою роботи було вивчення дії передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Ендофіт-L1 РК (10 мл на 1 т насіння), бактеріальним препаратом БТУ-р (3 л на 1 т насіння), їх комплексного застосування та двох позакоренових підживлень у фазу 3-5-ти листків мікродобривом LF-БОБОВІ (1,5 л/га) та у фази 3-5-ти листків LF-БОБОВІ (1,5 л/га) і бутонізації LF-БОБОВІ (2,5 л/га) + Біобор 140 (1,0 л/га) на особливості формування фотосинтетичного апарату гороху озимого. Дослідження проводилися на рослинах гороху озимого сорту НС Мороз. У процесі досліджень визначено вміст суми хлорофілів а+b, площу прилистків та чисту продуктивність фотосинтезу. Встановлено, що застосування регулятора росту рослин Ендофіту L1 РК, бактеріального препарату БТУ-р та їх поєднання з добривом $N_{45}P_{45}K_{45}$ призводило до збільшення площі прилистків гороху озимого сорту НС Мороз відносно контрольного варіанту на 14,8 та 15 % відповідно. За проведення позакоренових підживлень у фазу 3-5-ти прилистків рослин гороху озимого мікродобривами LF-БОБОВІ площа зростала на 28, 20, 40 %, а у фазу 3-5-ти прилистків – LF-БОБОВІ і бутонізації – LF-БОБОВІ + Біобор 140 площа зростала на 39, 33, 59 % відносно контролю. Застосування комплексної передпосівної обробки насіння у поєднанні з добривом $N_{45}P_{45}K_{45}$ та дворазовим позакореновим підживленням у фази 3-5-ти прилистків та бутонізації забезпечувало формування найвищого вмісту в прилистках гороху озимого суми хлорофілів а і b, яке в середньому за роками досліджень у фази бутонізації, цвітіння та формування бобів перевищувало контрольний варіант відповідно на 12 %, 11 %, 8 %. Збільшення чистої продуктивності фотосинтезу виявлено за сумісної передпосівної обробки гороху озимого регулятором росту рослин Ендофіту L1 РК та інкулянтном БТУ-р з фоновим добривом $N_{45}P_{45}K_{45}$ та дворазовим позакореновим підживленням, що зростало на 32 % відносно контролю. Актуальним залишається питання дослідження впливу регуляторів росту рослин, бактеріальних препаратів, їх композицій та позакоренових підживлень на інших сортах гороху озимого.

Ключові слова: регулятори росту рослин, бактеріальні препарати, позакоренево підживлення, площа листової поверхні, чиста продуктивність фотосинтезу, пігменти, продуктивність, горох озимий.

V. V. Shevchuk,

Postgraduate student at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE FEATURES OF THE FORMATION OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF WINTER PEAS

In the technological process, the use of growth regulating and bacterial preparations, their compositions, and foliar feeding is promising for increasing the yield of leguminous crops. The aim of the work was to study the effect of pre-sowing seed treatment with the plant growth regulator Endophyt-L1 RK (10 ml per 1 ton of seeds), the bacterial preparation BTU-r (3 l per 1 ton of seeds), their complex application and two foliar feedings in phase 3-5 -ty leaves micro fertilizer LF-BOBOVI (1.5 l/ha) and in phase 3-5 leaves LF- BOBOVI (1.5 l/ha) and budding LF- BOBOVI (2.5 l/ha) + Biobor 140 (1.0 l/ha) on the peculiarities of the formation of winter peas photosynthetic apparatus. Research was conducted on winter pea plants of the NS Moroz variety. During the research, the content of the sum of chlorophylls a+b, the area of stipules, and the net productivity of photosynthesis were determined. It was established that the use of the plant growth regulator Endophyte L1 RK, the bacterial preparation BTU-r and their combination with the $N_{45}P_{45}K_{45}$ fertilizer led to an increase in the area of stipules of winter peas of the NS Moroz variety compared to the control variant by 14.8 and 15%, respectively. During foliar feeding in the phase of 3-5 stipules of winter pea plants with micro fertilizers LF- BOBOVI the area increased by 28, 20, 40%, and treatment in the phase of 3-5 stipules with LF- BOBOVI micro fertilizers and in the phase of budding - with a mixture of drugs LF- BOBOVI + Biobor 140 area increased respectively by 39, 33, 59% compared to the control. The use of pre-sowing seed treatment in combination with $N_{45}P_{45}K_{45}$

fertilizer and two-time foliar fertilization in the 3-5 stipule phase and the budding phase ensured the formation of the highest content of chlorophylls a and b in winter pea stipules, which, on average, over the years of research, in the phases of budding, flowering and the formation of beans exceeded the control variant by 12%, 11%, 8%, respectively. An increase in the net productivity of photosynthesis was detected with the combined pre-sowing treatment of winter peas with the plant growth regulator Endophyte L1 RK and inoculant BTU-r with background fertilizer $N_{45}P_{45}K_{45}$ and two-time foliar feeding, which increased by 32% compared to the control. The problem of researching the influence of plant growth regulators, bacterial preparations, their compositions, and foliar feeding on other winter pea varieties remains relevant.

Key words: plant growth regulators, bacterial preparations, foliar feeding, leaf surface area, net photosynthesis productivity, pigments, productivity, winter pea.

Постановка проблеми. Одним із можливих напрямів рослинництва та удосконалення технології підвищення врожайності сільськогосподарських культур є застосування хімічних засобів управління біологічними процесами за допомогою регуляторів росту рослин та бактеріальних препаратів, які знижують матеріальні та фінансові витрати. Застосування цих речовин у наш час дає змогу вирішувати доволі багато завдань у практиці рослинництва. Здійснюється низка агротехнологічних прийомів і технологій вирощування окремих культур, на основі чого різко, іноді в декілька разів, скорочуються витрати та зростає продуктивність праці, тобто за допомогою препаратів даних груп можна перетворити сільське господарство у більш інтенсивне [1, 2]. Однак, є необхідність подальших досліджень ефективності цих препаратів при їх комплексній взаємодії, яка може призводити до синергізму, антагонізму та адитивності.

В Україні горох посівний є важливою зернобобовою культурою. Варто зазначити, що ця культура є високоврожайною, володіє гарними показниками якості зерна та коротким вегетаційним періодом [3]. Широкого впровадження набуває сорт гороху озимого НС Мороз, який мало вивчений на теренах нашої держави. Тому дослідження спрямовані на вивчення гороху озимого сорту НС Мороз з метою підвищення його показників врожайності за використання різних технологій вирощування, а саме передпосівної обробки насіння рістрегулювальними та бактеріальними препаратами, їх комплексного застосування та здійснення позакореневих підживлень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробка сучасних біологічних препаратів орієнтована на підвищення рівня екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва, покращення фітосанітарної ситуації в агроценозах, підвищення рівня рентабельності продукції рослинництва, особливо під час вирощування культур у системі органічного землеробства і нарощування експортних можливостей АПК України [4].

Відомо, що сумісне застосування рістрегулювальних та бактеріальних препаратів є ефективним засобом у рослинництві, який призводить до покращення якості товарної продукції і фітосанітарного стану посівів.

Продуктивність рослин переважно визначається донорно-акцепторними відносинами – процесами відтоку асимілятів з фотосинтезуючих органів та подальшим синтезом до споживаючих органів, а інтенсивність фотосинтезу регулюється запитом на асиміляти із боку органів-споживачів [5]. Підвищення врожайності можна досягти

у результаті вдосконалення фотосинтетичного апарату [6].

У низці робіт вказується на ефективність застосування рістрегулювальних та бактеріальних препаратів на різних зернобобових культурах [7–10].

Встановлено, що дворазове застосування рістрегулюючих препаратів Гумаксід у нормі 0,6 л/га та АКМ 0,5 л/га на рослинах гороху забезпечувало збільшення площі прилистків на 15–43% порівняно з необробленими рослинами [11].

Досліджено, що за використання препарату Ризобофіту приріст урожайності сортів гороху Чекбек, Царевич та Отаман становив 0,13–0,32 т/га, а за дії комплексного застосування біопрепаратів Ризобофіт, Фосфоентерин та Біополіцидом – на 0,20–0,28 т/га [12].

Встановлено Я. О. Бойком [13], що обробка рослин гороху озимого сорту НС Мороз регулятором росту Агріфлекс Аміно (1,0 кг/га) призводила до підвищення показника ЧПФ відносно контролю на 2 %, а за поєднання регулятора росту з різними нормами мікродобрива МаксіМоксу (0,8–1,1 л/га) – в середньому – на 7–11 %.

Мета статті є вивчення дії передпосівної обробки насіння регулятора росту рослин Ендофіт-Л1 РК, бактеріального препарату БТУ-р, їх комплексного застосування та двох позакореневих підживлень у фазу 3–5-ти листків LF-БОБОВІ та у фази 3–5-ти листків LF-БОБОВІ і бутонізації LF-БОБОВІ + Біобор 140 на особливості формування фотосинтетичного апарату гороху озимого сорту НС Мороз.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводилися у Правобережному Лісостепу України впродовж 2019–2022 рр. у польових умовах сівозміни дослідного поля кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки має рівний рельєф та представлений сірими лісовими середньо-суглинковими ґрунтами. За даними ґрунтового обстеження орний шар має такі агрохімічні показники: вміст гумусу (за ДСТУ 4289) становить 2,0–2,25 % ґрунту легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) 60–67 мг/кг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) відповідно 149–212 мг/кг і 80–92 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,5–6,0 та гідролітична кислотність – 1,10–1,21 мг-екв на 100 г ґрунту. Загальна площа ділянки – 100 м². Площа облікової ділянки – 40 м², повторність досліду – триразова.

Відповідно до поставленої мети була розроблена програма досліджень та схема польового досліду (табл. 1).

**Формування елементів морфо-біологічної структури гороху озимого
(схема польового досліді)**

Сорт	Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Підживлення (Фактор В)
НС Мороз	1. Без обробки (контроль) 2. Ендофіт – L1 3. БТУ-р 4. Ендофіт – L1+ БТУ-р	1. $N_{45}P_{45}K_{45}$ (фон) 2. Фон + LF-БОБОВІ 1,5 л/га 3. Фон + LF-БОБОВІ 1,5 л/га + LF-БОБОВІ 2,5 л/га + Біобор 140 1,0 л/га

У день сівби насіння озимого гороху обробляли протруйником насіння Тевіроном (1,8 л на 1 т насіння), бактеріальним препаратом БТУ-р (3 л на 1 т насіння) та стимулятором росту Ендофітом L1 РК (10 мл на 1 т насіння) за допомогою ПКС-20 Супер. Проводили два підживлення: перше у фазі 3–5-ти прилистків добривами LF-БОБОВІ (1,5 л/га) та друге поєднання у фазі 3–5-ти прилистків добривами LF-БОБОВІ (1,5 л/га) і у фазі бутонізації добривами LF-БОБОВІ (2,5 л/га) + Біобор 140 1,0 л/га. За контроль прийнято варіант з передпосівною обробкою насіння протруйником Тевірон (1,8 л на 1 т насіння) та з фоном удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Вміст фотосинтетичних пігментів визначали на спектрофотометрі Ulab – 102UV (Китай) з використанням формул Н. К. Lichtenthaler [14]. Площу листової поверхні визначали за методикою А.А. Ничипоровича [15]. Чисту продуктивність фотосинтезу обчислювали за формулою Кідда, Веста, Бріггсона [16]. Результати досліджень оброблені статистично за методикою Б.О. Доспехова та за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6.0».

Результати дослідження та їх обговорення. Важливим показником фотосинтетичної активності рослинного організму є площа листків.

Середні значення трирічних досліджень площі прилистків гороху озимого сорту НС Мороз змінювалися залежно від комбінування досліджуваних препаратів та мікродобрив. Так, у фазі бутонізації-цвітіння у контрольному варіанті без передпосівної обробки насіння за фонового удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ загальна площа прилистків ста-

новила 20,5 тис. м²/га (рис. 1). Використання Ендофіту L1 РК, БТУ-р та їх поєднання призвело до збільшення площі прилистків відносно контрольного варіанту на 2,9; 1,6 та 3,1 тис. м²/га (14; 8 та 15%) відповідно. За проведення позакорневих підживлень у фазу 3–5-ти прилистків рослин гороху озимого площа зростала на 5,6; 4,1; 8,1 тис. м²/га (28; 20; 40 %), а у фазу 3–5-ти прилистків і бутонізації площа зростала на 8,1; 6,8; 12,1 тис. м²/га (39; 33; 59 %) відносно контролю. Підвищення площі прилистків рослин гороху озимого відбувалося за рахунок збільшення кількості прилистків та їх розмірів.

Вміст хлорофілу – основний показник фотосинтетичної продуктивності, що характеризує не тільки розміри асиміляційного апарату, а й ефективність синтетичних процесів рослин [17].

Аналізуючи середні значення трирічних досліджень, слід відмітити, що значне зростання показників вмісту суми хлорофілів *a+b* прослідковувалося у варіанті з сумісною передпосівною обробкою рістрегулятором рослин та біоінокулянтном на фоні основного удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ та дворазового позакореневого підживлення мікродобривами у фазі 3–5-ти прилистків та бутонізації (рис. 2). За використання цієї композиції препаратів у досліджуваного сорту гороху озимого НС Мороз виявлено, що показники вмісту суми хлорофілів *a+b* склали у фазу бутонізації 1,768 % при 1,579 % на суху речовину у контрольному варіанті без обробки та підживлень; у фазу цвітіння – 2,069 % при 1,873 %; у фазу утворення бобів – 1,468 % при 1,363 %.

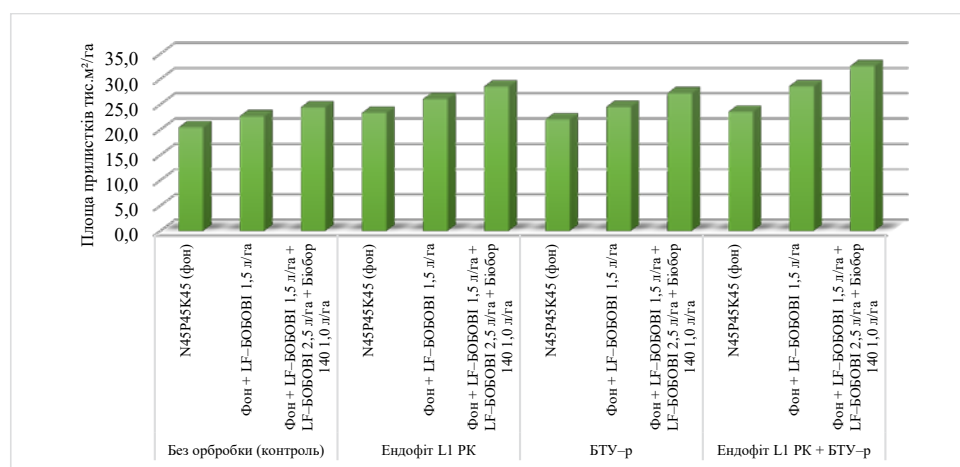


Рис. 1. Вплив різних технологій вирощування на площу прилистків гороху озимого у фазу бутонізації-цвітіння (2019–2022 рр.), тис. м²/га

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є головним показником, що характеризує інтенсивність фотосинтезу, і є функцією накопичення сухої речовини рослинами та фотосинтетичного потенціалу посівів. Аналіз середніх значень трирічних досліджень чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) сорту гороху озимого НС Мороз свідчить про те, що показники змінювалися залежно від комбінування досліджуваних препаратів та мікродобрив. Так, у фазі бутонізація-

цвітіння у контрольному варіанті без передпосівної обробки насіння за фонового удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ чиста продуктивність фотосинтезу становила $3,46 \text{ г/м}^2$ (рис. 3).

Обробка гороху озимого Ендофітом L1 РК, БТУ-р та поєднанням цих препаратів призводила до збільшення ЧПФ відносно контрольного варіанту на 0,25; 0,11 та 0,40 г/м^2 (7; 3 та 12 %). За проведення позакореневих підживлень у фазу 3–5-ти прилистків рослин гороху озимого ЧПФ

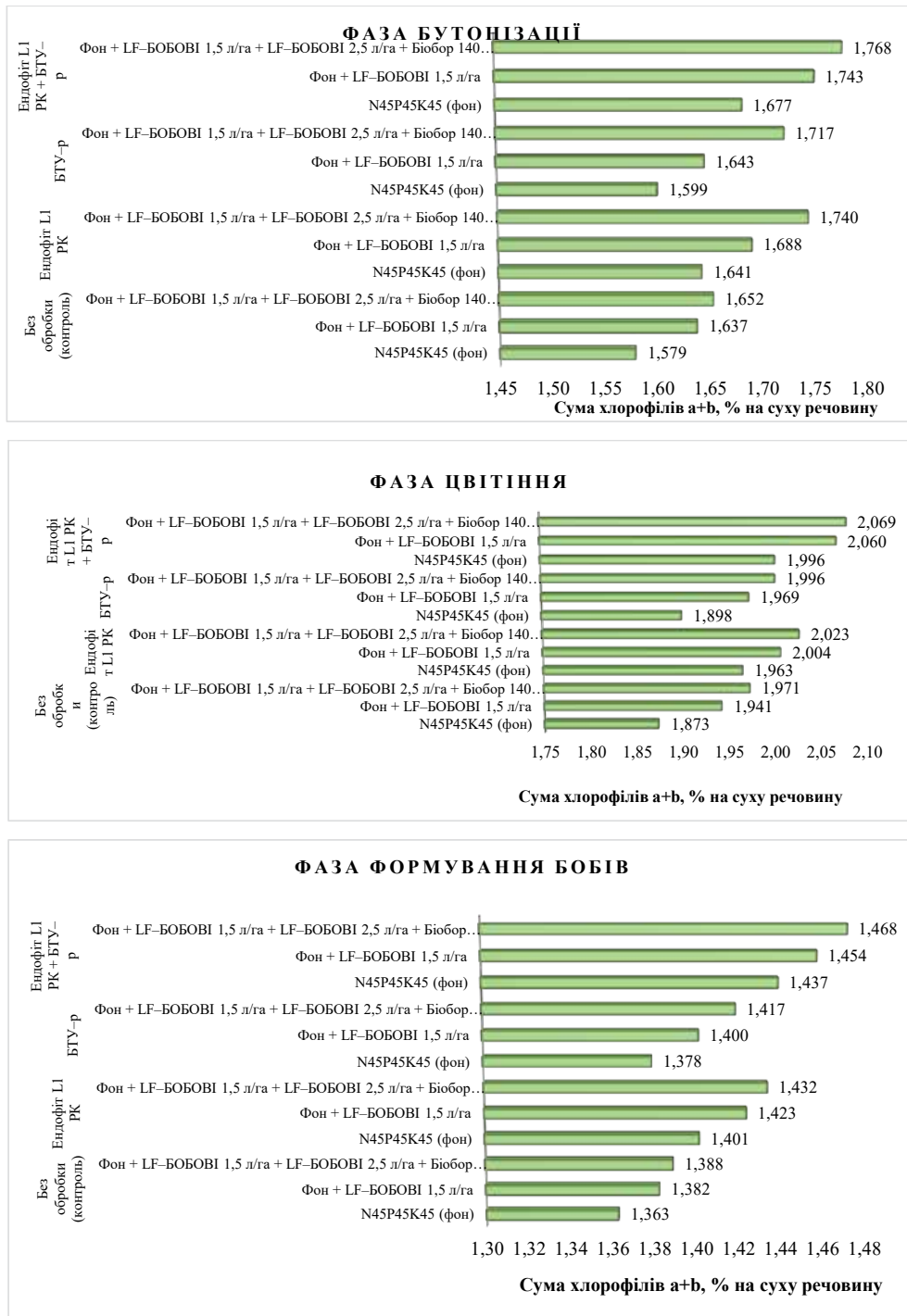


Рис. 2. Вміст суми хлорофілів a+b у прилистках гороху озимого за використання різних технологій вирощування (2019–2022 рр.), % на суху речовину

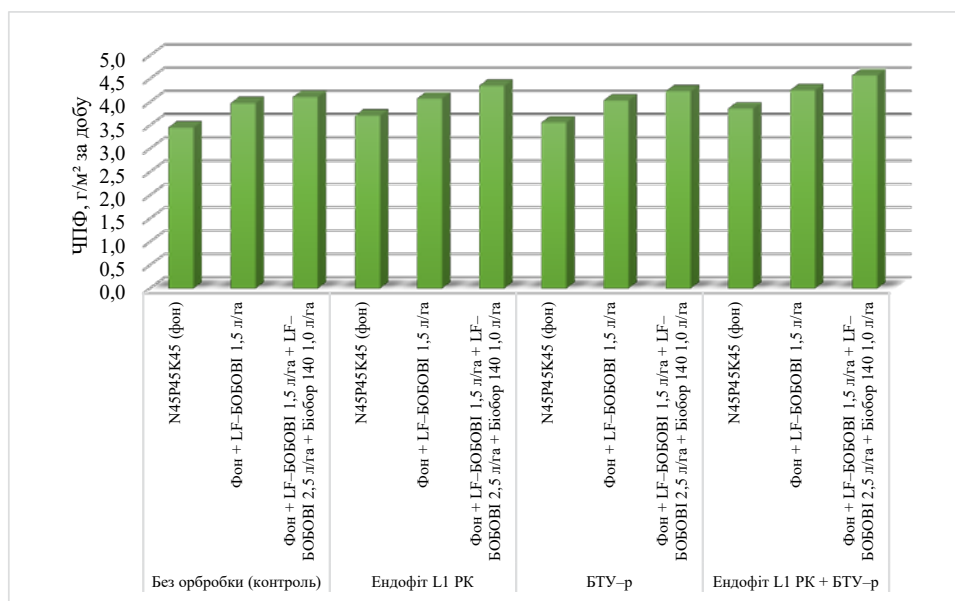


Рис. 3. Вплив різних технологій вирощування на чисту продуктивність фотосинтезу гороху озимого у фазу бутонізації-цвітіння (2019–2022 рр.), г/м² за добу

зростала на 0,62; 0,58; 0,71 г/м² (18; 17; 23 %), а у фазу 3-5-ти прилистків і бутонізації показник зростав на 0,90; 0,78; 1,12 г/м² (26; 23; 32 %) відносно контролю.

Висновки. Встановлено, що застосування рістрегулювального препарату Ендофіту L1 PK (1,8 л на 1 т насіння), інокулянта BTU-p (3 л на 1 т насіння) та їх поєднання з удобренням N₄₅P₄₅K₄₅ призводило до збільшення площі прилистків гороху озимого сорту НС Мороз відносно контрольного варіанту відповідно на 14, 8 та 15 %. За проведення позакоренових підживлень у фазу 3-5-ти прилистків рослин гороху озимого мікродобривами LF-БОБОВІ (1,5 л/га) площа зростала на 28, 20, 40 %, а у фазу 3-5-ти прилистків – LF-БОБОВІ (1,5 л/га) і бутонізації – LF-БОБОВІ (2,5 л/га) + Біобор 140 (1,0 л/га) площа зростала на 39, 33, 59 % відносно контролю.

Застосування комплексної передпосівної обробки насіння у поєднанні з удобренням N₄₅P₄₅K₄₅ та дворазовим позакореновим підживленням у фази 3-5-ти прилистків та бутонізації забезпечувало формування найвищого вмісту в прилистках гороху озимого суми хлорофілів а і b, яке в середньому за роками досліджень у фази бутонізації, цвітіння та формування бобів перевищувало контрольний варіант відповідно на 12 %, 11 %, 8 %.

Збільшення чистої продуктивності фотосинтезу виявлено за сумісної передпосівної обробки гороху озимого регулятором росту рослин та інокулянтом з фоновим удобренням N₄₅P₄₅K₄₅ та дворазовим позакореновим підживленням, що зросло на 32 % відносно контролю.

Література

1. Ткачук О. О., Шевчук О. А. Перспективи використання регуляторів росту рослин стиму-

люючої дії. *Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук : основні наукові проблеми та перспективи дослідження* : зб. наук. праць ВДПУ. Вінниця, 2018. С. 46–48.

2. Пшиченко О. І. Бактеріальні препарати – шлях до органічного виробництва. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2017. № 9. С. 17–23.

3. Жуйков О. Г., Лагутенко К. В. Горох посівний в Україні – стан, проблеми, перспективи. *Таврійський науковий вісник: землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. Херсон, 2017. № 98. С. 65–70.

4. Артиш В. І. Особливості органічного агро-виробництва в концепції сталого розвитку АПК України. *Економіка АПК*. 2012. № 7. С. 19–23.

5. Кірізій Д. А. Фотосинтез і ріст рослин в аспекті донорно-акцепторних відносин. Київ : Логос, 2004. 192 с.

6. Шадчина Т. М., Гуляев Б. І., Кірізій Д. А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин : фізіологічні та екологічні аспекти. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.

7. Стамбульська У. Я. Вплив місцевих штамів азотфіксуючих бульбочкових бактерій на деякі біохімічні показники рослин гороху. *Біологічні системи*. 2016. Т. 8. Вип. 1. С. 40–47.

8. Мазур В. А., Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 192 с.

9. Данильченко О. М., Бутенко А. О., Радченко М. В. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 19–22.

10. Пида С. В., Конончук О. Б., Тригуба О. В., Гурська О. В. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобіофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona Medic*). *Агробіологія* : зб. наук. праць Білоцерків. нац. аграр. ун-т. 2021. № 1. С. 115–121.

11. 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.

12. Чинчик О. С. Вплив обробки насіння біопрепаратами на тривалість вегетаційного періоду та урожайність сортів гороху. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 74–78.

13. Бойко Я. О. Фізіологічне обґрунтуванням інтегрованої дії біологічно активних речовин у посівах гороху озимого : дис. ... док. філософії : 201. Умань. 2021. 254 с.

14. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*. 1987. 148. P. 350–382.

15. Казаков Є. О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 272 с.

16. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

17. Кочубей С. М., Бондаренко О. Ю., Шевченко В. В. Фотосинтез. Т. 1. Структурна організація і функціональні особливості світлової фази фотосинтезу. Київ : Логос, 2014. 384 с.

References

1. Tkachuk O. O., Shevchuk O. A. (2018). Perspektyvy vykorystannia rehuliatoriv rostu roslyn stymuliuiochoi dii [Prospects for the use of plant growth regulators with a stimulating effect]. *Aktualni pytannia heohrafichnykh, biolohichnykh ta khimichnykh nauk : osnovni naukovi problemy ta perspektyvy doslidzhennia : zb. nauk. prats VDP*. Vinnytsia, 2018. S. 46–48. [in Ukrainian]

2. Pshychenko O. I. (2017). Bakterialni preparaty – shliakh do orhanichnoho vyrobnytstva [Bacterial preparations are the way to organic production]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*. № 9. S. 17–23. [in Ukrainian]

3. Zhuikov O. H., Lahutenko K. V. (2017). Horokh posivnyi v Ukraini – stan, problemy, perspektyvy [Peas for sowing in Ukraine – condition, problems, prospects]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: zemlerobstvo, roslynnnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannnytstvo*. Kherson, № 98. S. 65–70. [in Ukrainian]

4. Artysh V. I. (2012). Osoblyvosti orhanichnoho ahrovyrobnytstva v kontseptsii staloho rozvytku APK Ukrainy [Peculiarities of organic agricultural production in the concept of sustainable development of agricultural industry

of Ukraine]. *Ekonomika APK*. № 7. S. 19–23. [in Ukrainian]

5. Kirizii D. A. (2004). Fotosyntezy i rist roslyn v aspekti donorno-aktseptornykh vidnosyn [Photosynthesis and plant growth in the aspect of donor-acceptor relations]. Kyiv : Lohos. 192 s. [in Ukrainian]

6. Shadchyna T. M., Huliaiev B. I., Kirizii D. A. (2006). Rehuliatytsiia fotosyntezy i produktyvnist roslyn : fiziolohichni ta ekolohichni aspekty [Regulation of photosynthesis and plant productivity: physiological and ecological aspects]. Kyiv : Fitosotsiotsentr. 384 s. [in Ukrainian]

7. Stambulska U. Ya. (2016). Vplyv mistsevykh shtamiv azotfiksuiochykh bulbochkovykh bakterii na deiaki biokhimichni pokaznyky roslyn horokhu [Influence of local strains of nitrogen-fixing nodule bacteria on some biochemical parameters of pea plants]. *Biolohichni systemy*. T. 8. Vyp. 1. S. 40–47. [in Ukrainian]

8. Mazur V. A., Honcharuk I. V., Pansyryeva H. V., Telekalo N. V. (2020). Ahroekolohichne obgruntuвання tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia zernobobovykh kultur : monohrafiia [Agroecological substantiation of technological methods of growing leguminous crops: monograph]. Vinnytsia : TOV «TVORY». 192 s. [in Ukrainian]

9. Danylchenko O. M., Butenko A. O., Radchenko M. V. (2020). Produktyvnist sochevytsi zalezhno vid inokuliatytsii nasinnia ta mineralnoho zhyvlennia v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity of lentils depending on seed inoculation and mineral nutrition in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskooho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. № 2. S. 19–22. [in Ukrainian]

10. Pyda S. V., Kononchuk O. B., Tryhuba O. V., Hurska O. V. (2021). Efektyvnist zastosuвання mikrobiolohichnykh preparativ Ryzobiofit ta Ryzohumin za biometrychnymi pokaznykamy bobiv (*Faba bona Medic*). [The effectiveness of the use of microbiological preparations Rhizobophyt and Rhizogumin according to the biometric indicators of beans (*Faba bona Medic*).]. *Ahrobiolohiia : zb. nauk. prats Bilotserkiv. nats. ahrar. un-t*. № 1. S. 115–121. [in Ukrainian]

11. Kalytka V. V., Kapinos M. V. (2015). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn i biopreparativ na produktyvnist horokhu posivnoho (*Pisum sativum* L.) v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy [The influence of plant growth regulators and biological preparations on the productivity of seed pea (*Pisum sativum* L.) in the conditions of the southern steppe of Ukraine.]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. № 1 (210). S. 38–46. [in Ukrainian]

12. Chynchuk O. S. (2015). Vplyv obrobky nasinnia biopreparatamy na tryvalist vechetatsiinoho periodu ta urozhainist sortiv horokhu [The influence of seed treatment with biological preparations on the duration of the growing season and the yield of pea varieties]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. Vyp. 81. S. 74–78. [in Ukrainian]

13. Boiko Ya. O. (2021). Fiziolohichne obgruntuvanniam intehrovanoi dii biolohichno aktyvnykh rehovyn u posivakh horokhu ozymoho [Physiological substantiation of the integrated action of biologically active substances in winter pea crops] : dys. ... dok. filosofii : 201. Uman. 254 s. [in Ukrainian]

14. Lichtenthaler H. K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148. P. 350–382. [in Great Britain]

15. Kazakov Ye. O. (2000). Metodolohichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziolohii roslyn [Methodological foundations of setting

up an experiment on plant physiology.]. Kyiv : Fitosotsiotsentr. 272 s. [in Ukrainian]

16. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzen roslyn i gruntiv [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. K.: ZAT «Nichlava». 320 s. [in Ukrainian]

17. Kochubei S. M., Bondarenko O. Yu., Shevchenko V. V. (2014). Fotosynteza. T. 1. Strukturna orhanizatsiia i funktsionalni osoblyvosti svitlovoi fazy fotosyntezy [Photosynthesis. T. 1. Structural organization and functional features of the light phase of photosynthesis]. Kyiv : Lohos. 384 s. [in Ukrainian]