

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ТА РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У ЗОНІ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

**Алмашова Вікторія Сергіївна**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна  
ORCID: 0000-0001-6180-1096  
rus.almashov@gmail.com

**Скок Світлана Вікторівна**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна  
ORCID: 0000-0003-3178-0292  
skok\_sv@ukr.net

*Екстенсивна система землеробства із застосуванням мінеральних добрив та пестицидів призвела до порушення екологічної рівноваги в агроєкосистемах, деградації ґрунтів, негативних наслідків в біосфері та проблеми безпечного харчування людини. Встановлено, що перспективним напрямом господарювання, який забезпечує високий потенціал сільськогосподарського виробництва з мінімальним впливом на агроєкосистеми є застосування біологічних препаратів та регуляторів росту в рослинництві. Метою дослідження – визначення ефективності застосування біопрепаратів та регуляторів росту для вирощування сільськогосподарських культур в зоні південного Степу України. Дослідження здійснено на основі польових, аналітичних, економіко-статистичних, порівняльних, абстрактно-логічних методів.*

*Дослідження продуктивності сільськогосподарської продукції у посушливих умовах південного Степу України здійснено на основі використання регуляторів росту Грейнактив-С та Нано-Гро. Найбільший приріст врожаю зерна пшениці озимої спостерігався при 3-х кратному обробітку посівів Грейнактивом-С у фазу кущіння, прапорцевого листка, наливу зерна (3,2 ц/га, 18 %). При цьому найбільший ефект спостерігався при обробітку посівів у фазу кущіння, де приріст врожаю становив 2,9 ц/га, +16 % до контролю. Обробіток посівів у фазу прапорцевого листка сприяв збільшенню врожаю на 0,7 ц/га (4 %), а в фазу наливу зерна – 0,8 ц/га (4,5 %). Передпосівний обробіток Нано-Гро насіння гібриду соняшнику та обробіток посівів в фазу вегетації (до цвітіння) сприяв однаковому приросту – по 0,9 ц/га насіння (+12 % до контролю). Приріст врожаю при обробці соняшнику після цвітіння складав лише 0,32 ц/га (4 %). Найбільший приріст врожаю соняшника спостерігався при 3-х кратному обробітку по вказаних фазах його розвитку 1,6 ц/га (+22 % до контролю). Позитивна дія препарату спостерігалася на початкових етапах розвитку технічної культури за рахунок збільшення кореневої системи та збільшення абсорбції поживних речовин із ґрунту.*

*Встановлено, що препарат Грейнактив-С є екологічно безпечний для навколишнього середовища, швидко розкладається у ґрунті, не створює ефекту звикання, знижує ризик ураження хворобами рослин та збільшує продуктивність сільськогосподарських культур. Передпосівна обробка стимулятором росту Нано-Гро сприяє активізації імунної дії рослин, підвищує їх стійкість до несприятливих погодних умов, захищає від шкідників, сприяє зменшенню пестицидного навантаження на ґрунті.*

**Ключові слова:** агроєкосистеми, біотехнології, продуктивність сільськогосподарських культур, екологічно безпечна продукція, якість ґрунтів.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.2>

**Вступ.** Інтенсивний розвиток світової цивілізації призвів до незворотних деградаційних процесів в природних екосистемах. При цьому зниження якості ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря вплинули на продуктивність рослинного покриву, який відіграє ключову роль у фіксації, передачі енергії живим організмам, продукції органічної речовини та кисню. Існуючі технології в аграрному виробництві, що основані на екстенсивній системі обробітку ґрунтів, внесені мінеральних добрив та пестицидів, порушують баланс в усіх компонентах навколишнього середовища. Подальша тенденція інтенсивного використання земельних ресурсів із використанням хімічних препаратів призведе до негативних глобальних наслідків в біосфері, проблеми безпечного харчування людини та виникнення надзвичайних ситуацій, які загро-

жуватимуть існуванню життя на планеті. При цьому перспективним напрямом господарювання, який забезпечує високий потенціал сільськогосподарського виробництва з мінімальним впливом на агроєкосистеми є застосування біологічних препаратів та регуляторів росту в рослинництві.

Широке впровадження біологічних методів захисту рослин в аграрне виробництво відбулося у 60-ті роки ХХ століття. Розвиток наукових досліджень здійснювався на основі розробки нових технологічних рішень щодо підвищення ефективності дії біопрепаратів, регуляторів росту рослин та комплексного їх застосування у сільському господарстві (Krutiakova, 2020). Питання ведення альтернативного біологічного землеробства, особливості застосування біологічних та рістрегулюючих

препаратів з метою досягнення екологічної безпеки навколишнього середовища порушувалося у наукових працях Дубицького О. Л. (Dubyt'skyi, 2015), Яценка С. А. (Yashchenko, 2019), Кожушко М. (Kozhushko, 2016), Седіло Г. М. (Sedilo, 2015), Коваленко О. А. (Kovalenko, et al., 2015), Гончарука І. В. (Honcharuk et al., 2020), Домарацького Є. О. (Domaratskyi, 2018), Шепілової Т. П. (Shepilova, 2019), Чугрія Г. А. (Chuhrii et al., 2020), Грабовської Т. О. (Hrabovska & Melnyk, 2017), Василенко М. Г. (Vasylenko, 2017), Фарниєва А. Т. (Farniev et al., 2019) та інших.

У зв'язку із збільшенням чисельності населення планети перед світовою науковою спільнотою постало завдання пошуку інноваційних методів збільшення світових запасів продовольства. Дослідженнями зарубіжних вчених (Hashem et al., 2019; Thomas Müller & Undine Behrendt, 2021; Kumera Nemea et al., 2021; Dominique Holtappels et al., 2021, Ying Ma, 2019) підтверджено ефективну дію біопрепаратів та регуляторів росту рослин на продуктивність та покращення якості сільськогосподарської продукції. Низка вчених Jubi Jacob et al., 2020; Shagufta Afreena et al., 2022; Archana Singh et al., 2021 у своїх дослідженнях представили нанотехнології для збільшення врожайності сільськогосподарської продукції на основі рістрегулюючих препаратів з вмістом карбону та купруму, які захищають рослини від патогенних організмів та негативних факторів навколишнього середовища. Встановлено, що Reda Ben Mrid, 2021 для покращення росту та врожайності рослин, зменшення негативного впливу абіотичних та біотичних факторів навколишнього середовища запропонував використання біостимуляторів та біопротекторів на основі екстрактів морських водоростей, гумінових речовин, гідролізатів білка, амінокислот, рослинних екстрактів.

Метою дослідження є визначення ефективності застосування біопрепаратів та регуляторів росту для вирощування сільськогосподарських культур в зоні південного степу України.

**Матеріали і методи досліджень.** Досліджування здійснювалося на основі польових, аналітичних, економіко-статистичних, порівняльних, абстрактно-логічних методів із використанням графічних та картографічних матеріалів Держспоживслужби України, Державної служби статистики України.

Територія досліджень розташована в зоні південного степу України з несприятливими для сільськогосподарського виробництва природно-кліматичними умовами, які проявляються у вигляді інтенсивних малоефективних дощів та бездощових періодах в умовах високих літніх температур. Ґрунти переважно каштанові в комплексі із солонцями та солодюми. Потужність гумусового горизонту складає 45–55 см. Щільність складання 1,25–1,35, щільність твердої фази ґрунту 2,65–2,69 г/см<sup>3</sup>. Сумарна порозність 45–50 %. Вологість в'янення 6–8 %, НВ – 21–30%. рН середовища 7,2–7,4. Водостійкі агрегатів розміром більше 0,25 мм становить 40–42 % (Domaratskyi, 2018).

Визначення дії стимулятора Грейнактив–С на продуктивність пшениці озимої сорту Дріада-1 здійснювалося згідно схеми досліджу:

1. Без обробітку посівів (контроль).

2. Обробіток посіву в фазу кущіння.
3. Обробіток посіву в фазу прапорцевого листа.
4. Обробіток посіву в фазу наливу зерна.
5. 3-х кратний обробіток посівів.

Повторність досліджу була 4-х кратна, площа залікової ділянки – 100 м<sup>2</sup>.

Визначення ефективності стимулятора Нано–Ґро на продуктивність гібриду соняшнику Сюжет здійснено за схемою досліджу:

1. Контроль (без обробітку).
2. Обробіток насіння перед посівом.
3. Обробіток в фазу вегетації.
4. Обробіток після цвітіння.
5. 3-х кратний обробіток посівів.

Повторність досліджу чотирикратна, площа залікової ділянки становила 100 м<sup>2</sup>.

**Результати.** Територія Херсонської області є ерозійно-небезпечною із сильним вітрами більше 6 м/с, посушливою, з високою середньорічною температурою повітря та недостатньою кількістю опадів. Ґрунтові води знаходяться на глибинах 3–4 м. У зв'язку із порушенням гідродинамічного режиму підземних вод відбулося зниження ґрунтових вод, збільшення кількості посушливих днів та зменшення вологості повітря, що призвело до зменшення продуктивної вологи в ґрунті та зниження врожайності сільськогосподарських культур в межах 20–70 % (Breus & Skok, 2021).

Агрометеорологічні умови території дослідження є несприятливими для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур, що потребує застосування біологічних препаратів для збільшення продуктивності сільськогосподарської продукції у посушливих умовах та забезпечення екологічно збалансованого сільськогосподарського виробництва.

Механізм дії біопрепаратів полягає у ферментативній фіксації атмосферного азоту та ферментативному засвоєнні важкорозчинних фосфатів, які забезпечують інтенсивний розвиток кореневої системи рослин, що позитивно впливає на здатність озимих культур до перезимівлі. При цьому оброблені сільськогосподарські культури є більш стійкими до хвороб, внаслідок покращення їх загального імунного стану, суттєво збільшується енергія проростання насіння, створюються сприятливі умови для формування стеблостою, генеративних органів, покращується інтенсивність онтогенезу та фотосинтезу.

Обробка біологічними засобами насіння сприяє активізації азотасиміляторних ферментів у рослинах, що призводить до додаткового синтезу білка в зерні. Вивчення дії препарату Грейнактив–С на посівах озимої пшениці засвідчило про його позитивний вплив на урожайність культури. Грейнактив–С являється новітнім препаратом системного позитивного впливу на сільськогосподарські культури. Діючою речовиною є розчинна біологічна активна органічна сполука із вмістом атомів азоту, яка прискорює обмінні процеси у рослинах, сприяє розвитку процесам нітрифікації та амоніфікації в ґрунті, прискорення росту рослин в умовах дефіциту вологи. При цьому формування рослинно-бактеріальної асоціації сприяє значному накопиченню азоту в ґрунті, що покращує

показники його родючості та збільшує врожайність озимої пшениці. Встановлено, що ефективність дії препарату Грейнактив–С залежала від фази розвитку рослин в які проводився обробіток стимулятором росту (табл. 1).

Згідно даних таблиці 1 встановлено, що найбільший приріст врожаю зерна озимої пшениці дає 3-х кратний обробіток посівів в фазу кушіння, прапорцевого листка, наливу зерна (3,2 ц/га, або 18 %). При цьому найбільший ефект спостерігався при обробітку посівів у фазу кушіння, де приріст врожаю становив 2,9 ц/га, або +16% до контролю. Обробіток посівів у фазу прапорцевого листка сприяв збільшенню врожаю 0,7 ц/га (4%), а в фазу наливу зерна – 0,8 ц/га (4,5%), які знаходились в межах похибки дослідів, що становила 0,92 ц/га.

Препарат Грейнактив–С є екологічно безпечний для навколишнього середовища, розкладається у ґрунті, не створює ефекту звикання та знижує ризик ураження хворобами рослин, позитивно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур.

Встановлено також позитивний вплив препарату Нано–Гро на продуктивність гібриду соняшника (табл. 2).

Згідно таблиці 2 встановлено, що ефективність препарату також залежать від часу його застосування.

Однаковий приріст – по 0,9 ц/га насіння (+12 % до контролю) спостерігався при передпосівній обробці насіння та обробітку посівів у фазу вегетації (до цвітіння), а приріст врожаю при обробці соняшнику після цвітіння складав лише 0,32 ц/га (4 %). Найбільшу прибавку врожаю встановлено при 3-х кратному обробітку по вказаних фазах розвитку соняшнику – 1,6 ц/га (+22 % до контролю). Позитивна дія біопрепарату спостерігалася на початкових етапах розвитку технічної культури за рахунок збільшення кореневої системи та збільшення абсорбції поживних речовин із ґрунту.

Передпосівна обробка стимулятором росту Нано–Гро сприяє збільшенню імунної дії рослин, підвищує їх стійкість до несприятливих погодних умов, захищає від шкідників, сприяє зменшенню пестицидного навантаження на ґрунті.

Застосування біопрепаратів комплексної дії для сільськогосподарського виробництва особливо актуально для зони півдня України, яка характеризується несприятливими кліматичними умовами. Оскільки врожайність сільськогосподарських культур залежить від абіотичних та біотичних умов навколишнього середовища обробка рослин регуляторами росту сприяє покращенню імунного та продукційного потенціалу рослин, підвищенню резистентності сільськогосподарських культур до несприятливих екологічних факторів навколишнього середовища. Крім позитивного впливу на фізіологічні процеси рослин, стимулятори росту позитивно впливають на мікробіологічні процеси в ґрунті, зокрема на асиміляцію діоксид вуглецю гетеротрофними мікроорганізмами. При цьому відбувається накопичення органічної речовини та покращується ґрунтоутворення в агроценозах.

Завдяки рістрегулюючій, антистресовій та захисній функціям препарати Грейнактив–С та Нано–Гро дозволяють отримувати екологічно безпечну сільськогосподарську продукцію, сприяють забезпеченню продовольчої безпеки південного регіону України. Використання поліфункціональних рістрегулюючих препаратів є ефективною технологією обробітку зернових та технічних культур, які мають крім позитивного екологічного ефекту також – економічний ефект у розмірі до 800 умовних одиниць на гектар.

**Обговорення.** У сучасних умовах ведення сільського господарства система біологічного землеробства розглядається як науково обґрунтований комплекс

Таблиця 1

Вплив стимулятора Грейнактив–С на продуктивність озимої пшениці

№	Варіанти	Урожайність, ц/га					Середнє	+ -	Рейтинг
		Повторність							
		I	II	III	IV				
1	Без обробітку (контроль)	18,2	16,8	19,4	17,6	18,0	0	5	
2	Обробіток в фазу кушіння	20,1	21,2	21,6	20,9	20,9	+2,9	2	
3	Обробіток в фазу прап. листа	19,1	18,6	19,2	17,9	18,7	+0,7	4	
4	Обробіток в фазу наливу зерна	18,0	19,6	18,5	19,0	18,8	+0,8	3	
5	3-х кратний обробіток	21,3	20,6	22,1	20,5	21,2	3,2	1	

$HIP_{0,05} = 0,92$  ц/га

Таблиця 2

Вплив стимулятора Нано–Гро на продуктивність гібриду соняшника

№	Варіанти	Урожайність, ц/га					Середнє	+ -	Рейтинг
		Повторність							
		I	II	III	IV				
1	Контроль (без обробітку)	7,0	6,8	7,9	7,7	7,3	0	5	
2	Обробіток насіння	8,3	7,8	8,9	7,5	8,2	0,9	3	
3	Обробіток в фазу вегетації	8,1	8,6	7,8	8,0	8,2	0,9	2	
4	Обробіток після цвітіння	7,6	8,0	7,2	7,4	7,6	0,3	4	
5	3-х кратний обробіток	8,7	9,2	8,5	6,4	8,9	1,6	1	

$HIP_{0,05} = 0,54$  ц/га

агротехнічних, організаційних і економічних заходів, які забезпечують раціональне використання земельних ресурсів, сприяють зниженню антропогенного навантаження на агроценози, відтворенню гумусу, підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, стійкості рослин до хвороб, шкідників, конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції на вітчизняному та світовому ринках.

В Україні найбільш поширеними біологічними методами захисту рослин, які використовуються у системі землеробства є біопрепарати бактеріального, грибового та ентомологічного походження. Їхні головні функції полягають у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, фіксації атмосферного азоту, мобілізації важкодоступного фосфору, стимуляції росту рослин. Незважаючи на значні переваги у застосуванні біопрепаратів, їх впровадження у сільськогосподарське виробництво відбувається повільними темпами та має нестійку тенденцію до подальшого використання. Частка біологічних методів захисту протягом останніх 20 років знизилася на 11 %, застосування хімічних препаратів збільшилося в 3 рази (рис. 1).

У 2020 році частка біологічних методів захисту рослин склала 8,3 %, що на 8 % більше порівняно з 2018 роком. Найбільше біопрепарати використовуються в Черкаській, Хмельницькій, Чернігівській, Чернівецькій, Полтавській, Київській, Сумській, Рівненській, Волинській областях (Krutiakova, 2020).

Згідно даних Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) внаслідок впливу шкідників знижується врожайність сільськогосподарських культур на 40 %. Внесення хімічних препаратів до ґрунту призводить до надмірного зростання політантів в агроценозах, зниження стійкості шкідників до засобів захисту рослин, передачі їх по трофічних ланцюгах живлення та накопиченні в продуктах харчування.

У зв'язку із глобальними світовими тенденціями спрямованими на забезпечення стійкої безпечної економіки, скорочення використання засобів хімічного захисту, прогнозується збільшення частки альтернативних методів біологічної спрямованості в європейському аграрному секторі до 10 %, збільшення площ сільськогосподарських земель для ведення органічного землеробства, зменшення використання пестицидів на 50 %. Зважаючи на інтенсивний антропогенний пресинг на земельні ресурси пріоритетним питанням є безпечне харчування людини та екологічна безпека навколишнього середовища, досягнення яких можливо завдяки переходу на альтернативні біологічні методи ведення сільського господарства.

Процес біологізації направлений на зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми, отримання високого рівня врожайності сільськогосподарських культур та рентабельності сільськогосподарського виробництва в межах 115–135 %. За дослідженнями (Tkach et al., 2018; Shuvar, 2020) доведено позитивний вплив біологічних методів захисту рослин на біометричні та якісні показники соняшника та зернових культур.

Згідно наукових даних П. В. Писаренка встановлено, що через нестійкий симбіоз між рослинами та мікроорганізмами на початку періоду їх розвитку ефективність біологічних препаратів підвищується за внесення в ґрунт мінімальних доз мінеральних добрив (Pysarenko et al., 2021). М. Новохацький акцентує увагу на комплексному інтегрованому використанні традиційних технологій ведення сільського господарства та біологічних методів захисту рослин з подальшою розробкою адаптивних прийомів в умовах глобальних змін клімату (Novokhatskyi, 2018).

Дослідженнями науковців підтверджено збільшення врожайності та якості озимої пшениці на основі стимулятора росту Мелафен. При цьому виявлено збільшення вмісту клітковини на 3 %, білка, азоту до 11%,



Рис. 1. Динаміка обсягів використання біологічного методу захисту рослин в Україні (дані Держспоживслужби України)



та зменшення вмісту у рослинах політантів на 8 % (Kuznetsov, 2021).

Для сприятливих умов зростання рослин в агроценозах важливого значення набуває достатнє їх забезпечення мікро та макроелементами. Samriti Mankotia et al., 2022 досліджено механізм засвоєння рослинами поживних речовин за допомогою використання біотехнологічних методів, внаслідок чого покращується мінеральне живлення рослин та якісні характеристики сільськогосподарських культур.

Зважаючи на вагомий дослідження науковців використання інноваційних біопрепаратів у рослинництві сприяють відновленню екологічного стану агроєкосистем, виробництву високоякісних екологічно безпечних продуктів харчування, забезпечення продовольчої безпеки на планеті.

**Висновки.** Згідно проведених досліджень встановлено позитивний вплив на врожайність пшениці озимої

рістрегулюючого препарату Грейнактив-С. Найбільший приріст врожаю спостерігався за обробки посівів у фазу кушіння, рівень врожайності склав 2,9 ц/га (+16 % до контролю). При обробці соняшнику препаратом Нано-Гро найбільший рівень врожайності спостерігався при 3-х кратному обробітку у всіх фазах розвитку соняшнику – 1,6 ц/га (+22 % до контролю). Позитивна дія рістрегулюючого препарату Нано-Гро спостерігалася на початкових етапах розвитку технічної культури за рахунок збільшення кореневої системи та збільшення абсорбції поживних речовин із ґрунту.

Застосування мікробіологічних та рістрегулюючих препаратів біологічного походження у галузі рослинництва є перспективним напрямом подальшого вивчення комплексного їх впливу на розвиток сільськогосподарських культур та екологічний стан агроєкосистем.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Archana Singh, Shalini Tiwari, Jyotsna Pandey, Indrakant, & Singh, K. (2021). Role of nanoparticles in crop improvement and abiotic stress management. *Journal of Biotechnology*, 337, 57–70. doi: 10.1016/j.jbiotec.2021.06.022
2. Breus, D. S. & Skok, S. V. (2021). Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*, 48(3), 627–633.
3. Chuhrii, H. A., Viniukov, O. O., & Hyrka, A. D. (2020). Vyvchennia vplyvu biopreparativ za riznykh norm vnesennia na produktyvnist pshenytsi ozymoi v umovakh pivnichnoho stepu Ukrainy [Study of the impact of biological products at different rates of application on the productivity of winter wheat in the northern steppe of Ukraine]. *Science Review*, 1(28), 9–15 (in Ukrainian). doi: 10.31435/rsglobal\_sr/31012020/6867
4. Domaratskyi, Ye. O. (2018). Vplyv ristrehuliuiuchykh preparativ ta mineralnykh dobryv na pozhyvnyi rezhym soniashnyka [Influence of restrictive drugs and mineral fertilizers on the nutrient regime of sunflower]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 1, (71) (in Ukrainian). doi: 10.31548/dopovidi2018.01.018
5. Dominique Holtappels, Kiandro Fortuna, Rob Lavigne, & Jeroen Wagemans (2021). The future of phage biocontrol in integrated plant protection for sustainable crop production. *Current Opinion in Biotechnology*, 68, 60–71. doi: 10.1016/j.copbio.2020.08.016
6. Dubytskyi, O. L. (2015). Urozhainist i yakist zerna ozymoi pshenytsi za biolohizovanykh system udobrennia [Yield and quality of winter wheat grain under biologized fertilizer systems]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 57, 81–86 (in Ukrainian).
7. Farniev A. T., Kozyrev A. H., Sabanova A. A., & Kokoev H. P. (2019). Rol biopreparatov i ih bakovyih smesey v povyishenii bolezneustoychivosti i produktyvnosti soi soi [The role of biological products and their tank mixtures in increasing the disease resistance and productivity of soybeans]. *Niva Povolzhya*, 4, 86–92 (in Russian). doi: 10.36461/NP.2019.52.3.013
8. Hashem, A., Tabassum, B., & Fathi Abd Allah, E. (2019). *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting Rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi J. Biol. Sci*, 26, 1291–1297.
9. Honcharuk, I. V., Kovalchuk, S. Ia., Tsytsiura, Ya. H., & Lutkovska S. M. (2020). Dynamichni protsesy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Dynamic processes of development of organic production in Ukraine]. *TOV "TVORY". Vinnytsia*. 478 (in Ukrainian).
10. Hrabovska T. O., & Melnyk H. H. (2017). Vplyv biopreparativ na produktyvnist pshenytsi ozymoi za orhanichnoho vyrobnytstva [Influence of biologicals on the productivity of winter wheat for organic production]. *Ahrobiolohiia*, 1, 80–85 (in Ukrainian).
11. Jubi Jacob, Gopika Vijayakumari Krishnan, Drissya Thankappan, & Dileep Kumar Bhaskaran Nair Saraswathy Amm (2020). Endophytic bacterial strains induced systemic resistance in agriculturally important crop plants. *Microbial Endophytes*, 75–105. doi: 10.1016/B978-0-12-819654-0.00004-1
12. Kovalenko, O. A., Kliuchnyk, M. A., & Chebanenko, K. V. (2015). Zastosuvannia biopreparativ dlia obrobky nasinnievoho materialu pshenytsi ozymoi [The use of biological products for the treatment of seeds of winter wheat]. *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu Kyievo-Mohylianska akademiia. Seriia: Ekolohiia*, 256, 244, 74–77 (in Ukrainian).
13. Kozhushko, M. (2016). Efektyvnist zastosuvannia biopreparativ u tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur u Zakhidnomu rehioni Ukrainy [The effectiveness of biological products in the technology of growing crops in the Western region of Ukraine]. *Tekhnika i tekhnolohii*, 5(80), 37–42 (in Ukrainian).
14. Krutiakova, V. I. (2020). Biometod – osnova staloho rozvytku vitchyznianoho zemlerobstva [Biometethod – the basis of sustainable development of domestic agriculture]. *Visnyk aharnoї nauky*, 9 (810), 5–14 (in Ukrainian).
15. Kumera Nemea, Ayman Nafady, & Yetenayet Bekele Tola (2021). Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: food security implication and challenges, 7, 12. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08539

16. Kuznetsov, I., Islamgulov, D., Nafikova, A., & Dmitriev, A. (2021). Effect of growth regulator Melafen and chelated fertilizer Metalocene on yield and quality of winter wheat. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 38. doi: 10.1016/j.bcab.2021.102198
17. Novokhatskyi, M. Tarhonia, V., & Bondarenko, O. (2018). Kontsepsiia intensyfikatsii biolohichnoho ahrovyrobnytstva [The concept of intensification of organic farming]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprovuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 22, 132–140 (in Ukrainian).
18. Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Iu., Sereda, M. S., & Pohosian, A. A. (2021). Medyko-biolohichna ta toksykolohichna otsinka vykorystannia biopreparativ u zemlerobstvi [Medico-biological and toxicological assessment of the use of biological products in agriculture]. *Visnyk PDAA*, 1, 187–195 (in Ukrainian).
19. Reda Ben Mrid (2021). Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. *Science of The Total Environment*, 777. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146204
20. Samriti Mankotia, Jagannath Swain, & Santosh, B. Satbhai (2022). Chapter 17 – Biotechnological approaches for generating iron-rich crops. *Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change*, 437–451. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822916-3.00011-1>
21. Sedilo, H. M. (2015). Zastosuvannia orhano-mineralnykh dobryv na sirykh lisovykh poverkhnevo ohleienykh gruntakh Karpatskoho rehionu. [Application of organo-mineral fertilizers on gray forest surface gleyed soils of the Carpathian region]. *Visnyk aharnoi nauky*, 2, 11–15 (in Ukrainian).
22. Shagufta Afreena, Rishabh Anand Omar, Neetu Talreja, Divya Chauhan, Mangalaraj, R. V., & Mohamma Ashfaq (2022). Nanostructured materials based on copper/carbon as a plant growth stimulant. *Nanobiotechnology for Plant Protection*, 367–391. doi: 10.1016/B978-0-12-823833-2.000040
23. Shepilova, T. P. (2019). Vplyv rehulatoriv rostu na produktyvnist soi v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukra yiny [Influence of growth regulators on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk PDAA*, 3, 80–84 (in Ukrainian).
24. Shuvar, A. M. (2020). Zastosuvannia biolohichnykh preparativ v orhanichnii tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi [Application of biological preparations in organic technology of winter wheat cultivation]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 67(1), 143–155 (in Ukrainian).
25. Thomas Müller, & Undine Behrendt (2021). Exploiting the biocontrol potential of plant-associated pseudomonads – A step towards pesticide-free agriculture? *Biological Control*, 155. doi: 10.1016/j.biocontrol.2021.104538
26. Tkalic, Yu. I., Tsilyurik, A. I., & Kozechko, V. I. (2018). Agroekologicheskaya effektivnost mikroudobreniy i regulyatorov rosta rasteniy v tehnologii vyiraschivaniya podsolnechnika severnoy Stepi Ukrainyi [Agroecological efficiency of microfertilizers and plant growth regulators in the technology of sunflower cultivation in the northern Steppe of Ukraine]. *Vestnik Prikaspiya*, 2, 4–9 (in Russian).
27. Vasylenko M. H. (2017). Orhano-mineralni dobryva i rehulatory rostu roslyn v orhanichnomu zemlerobstvi [Organomineral fertilizers and plant growth regulators in organic farming]. *Visnyk aharnoi nauky*, 8, 11–18 (in Ukrainian).
28. Yashchenko, S. A. (2019). Efektyvnist biopreparatu enteronormin na rannikh etapakh ontogenezu roslyn pshenytsi ozymoi [Efficacy of enteronormin biological product in the early stages of ontogenesis of winter wheat plants]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 2, 50–54 (in Ukrainian).
29. Ying Ma (2019). Seed coating with beneficial microorganisms for precision agriculture. *Biotechnology Advances*, 37, 7. doi: 10.1016/j.biotechadv.2019.107423
30. Zhang, H., Sun, X., & Dai, M. (2022). Improving crop drought resistance with plant growth regulators and rhizobacteria: Mechanisms, applications, and perspectives. *Plant Comm*, 3. doi: 10.1016/j.xplc.2021.100228

**Almashova V. S.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

**Skok S. V.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

**Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the southern steppe zone of Ukraine**

*Extensive system of agriculture applying mineral fertilizers and pesticides has caused ecological imbalance in agroecosystems, soil degradation, negative consequences in the biosphere and problems of food safety. The research establishes that application of biological preparations and plant growth regulators in crop production is a promising trend in agriculture ensuring high potential of agricultural production with a minimal impact on agro-ecosystems. The purpose of the study is to determine effectiveness of application of bio-preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe zone of Ukraine. The research was conducted using field, analytical, economic-statistical, comparative and abstract-logical methods.*

*The study on productivity of agricultural crops under arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine was based on application of the plant growth regulators Hreinaktyv C and Nano-Hro. The highest increase in winter wheat grain yield was identified in the crops treated three times with Hreinaktyv C at the stage of tillering, flag leaf emergence and grain filling (3.2 c/ha, 18 %). In this case the greatest effect was observed in the crops treated at the stage of tillering, where an increase in the yield was 2.9 c/ha, +16 % to the control variant. Treatment of the crops at the stage of a flag leaf contributed to an increase in the yield by 0.7 c/ha (4 %), and at the stage of grain filling – by 0.8 c/ha (4.5 %). Pre-sowing treatment of sunflower hybrid seeds with Nano-Hro and treatment of the crops at the growing stage (before a flowering stage) resulted in an equal increase – by 0.9 c/ha of seeds (+12 % to the control variant). An increase in the yield was only 0.32 c/ha (4 %) when sunflower crops were treated after flowering. The highest increase in the sunflower yield was observed when the crops*

were treated three times at the mentioned development stages being 1.6 c/ha (+22 % to the control variant). A positive effect of the preparation was identified at the initial stages of the industrial crop development due to the growth of the root system and an increase in absorption of nutrients from the soil.

The research establishes that the preparation Hreinaktyv C is environmentally friendly, it decomposes quickly in soil, does not cause an effect of adaptation and reduces a risk of plant diseases, has a positive impact on agricultural crop productivity. Pre-sowing treatment with the plant growth stimulator Nano-Hro contributes to immune effect of plants, increases their resistance to unfavorable weather conditions, decreases pesticide loads on soils and protects against pests.

**Key words:** agroecosystems, biotechnologies, productivity of agricultural crops, environmentally friendly products, soil quality.