

ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН ГОРОХУ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

О. Є. Марковська, В. В. Дудченко, Р. М. Кривуцький

Херсонський державний аграрно-економічний університет, вул. Стрітенська, 23, м. Херсон, 73006, Україна

Актуальність. Формування продуктивності рослин гороху значною мірою залежить від фітосанітарного стану агроценозу, що визначається комплексом фітопатогенів і фітофагів. В умовах посилення кліматичних змін, підвищення температури повітря та нерівномірного розподілу опадів зростає ризик розвитку хвороб і поширення шкідників культури, що призводить до втрат урожаю. У зв'язку з цим особливою актуальністю набуває удосконалення систем захисту рослин із поєднанням хімічних і біологічних засобів контролю шкідливих організмів. **Мета дослідження** полягала у встановленні впливу різних систем захисту рослин на фітосанітарний стан посівів та формування продуктивності гороху в умовах Південного Степу України. **Матеріали і методи.** Польові дослідження проводили протягом 2024–2025 рр. у ПСП «Агрофірма “Авангард”» (Миколаївська область). Дослід закладено за двофакторною схемою в чотириразовій повторності методом розщеплених ділянок. У процесі досліджень визначали польову схожість насіння, поширеність кореневих гнилей, рівень заселеності посівів основними видами фітофагів і поширеність епіфітних хвороб. Урожайність визначали за масою зерна з облікової площі з подальшим перерахунком на т/га. Статистичну обробку результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу. **Результати.** Встановлено, що системи захисту рослин істотно впливали на фітосанітарний стан посівів гороху та формування врожайності зерна. Польова схожість насіння гороху у варіантах із біологічними системами захисту становила 76,4–82,9 %, тоді як у виробничому контролі – 85,9 %. Поширеність кореневих гнилей у контрольному варіанті досягла 25,5–27,3 %, тоді як за використання біологічних препаратів – знизилася до 2,0–7,5 %. Заселеність рослин домінуючими видами фітофагів у біологічних системах була у 3–5 разів нижчою порівняно з контролем. Застосування інокулянтів і біологічних препаратів сприяло формуванню врожайності зерна гороху 3,32–3,46 т/га та забезпечувало збереження врожаю 0,57–0,64 т/га. **Висновки.** Комплексне застосування біологічних препаратів та інокулянтів у системі захисту гороху сприяє покращенню фітосанітарного стану агроценозу, зниженню поширеності кореневих гнилей і чисельності фітофагів та забезпечує формування вищого рівня продуктивності культури в умовах Південного Степу України.

Ключові слова: горох посівний, системи захисту рослин, біологічний контроль, інокуляція насіння, кореневі гнилі, шкідники гороху, урожайність.

Вступ. В умовах сучасного землеробства одним із головних чинників сталої продуктивності польових культур є ефективне управління біотичним стресом, зумовленим комплексом фітопатогенів і фітофагів. Посилення впливу кліматичних змін, зокрема підвищення середньодобових температур, нерівномірний розподіл опадів і тривалі періоди посухи, знижують стійкість рослин до ураження збудниками хвороб і пошкодження шкідниками, що призводить до погіршення фітосанітарного стану посівів та зменшення рівня реалізації їх продуктивного потенціалу [1, 2].

Горох (*Pisum sativum* L.) є важливою зе-

рнобобовою культурою, що відіграє суттєву роль у формуванні біологізованих сівозмін та забезпеченні виробництва рослинного білка [3, 4]. Водночас рівень реалізації генетичного потенціалу культури значною мірою обмежується розвитком комплексу шкідливих організмів, зокрема, ґрунтових фітопатогенів, збудників епіфітних хвороб й фітофагів, які пошкоджують надземні органи рослин і вплив яких проявляється на різних етапах органогенезу [5–7]. У зв'язку з цим, значну увагу дослідників приділено розробленню ефективних заходів обмеження розвитку шкідливих організмів у посівах гороху та вдосконаленню сис-

Інформація про авторів:

Надійшла:
04.03.2026

Прийнята:
15.04.2026

Опублікована:
01.06.2026

Марковська Олена Євгенівна, доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та захисту рослин, <https://orcid.org/0000-0002-4810-7443>

Дудченко Володимир Вікторович, член-кореспондент НААН, доктор економічних наук, професор, професор кафедри ботаніки та захисту рослин, <https://orcid.org/0000-0001-8545-7904>

Кривуцький Руслан Михайлович, аспірант, <https://orcid.org/0009-0004-0034-6690>

тем його захисту [8, 9]. Результати численних досліджень свідчать про ефективність застосування хімічних і біологічних засобів контролю, зокрема на основі антагоністичних грибів і ризосферних бактерій, для обмеження розвитку окремих компонентів фітосанітарного комплексу культури [10–12].

Біологічні системи захисту ґрунтуються на використанні мікроорганізмів, здатних до конкуренції за екологічні ніші ризосфери, продукції антимікробних метаболітів, індукції системної резистентності рослин і стимуляції ростових процесів, що формує передумови для зниження біотичного стресу на ранніх етапах розвитку культури [13–15]. Водночас більшість досліджень зосереджена на оцінці ефективності окремих засобів контролю без комплексного аналізу їх впливу на послідовне формування продуктивності посівів упродовж вегетації [16, 17].

З огляду на відносно нижчий рівень рентабельності вирощування гороху на зерно, порівняно з такими культурами, як соя, кукурудза та соняшник, у виробничих умовах спостерігається тенденція до спрощення або здешевлення систем захисту культури. Як правило, вони обмежуються застосуванням протруювання насіння, гербіцидного захисту та використанням інсектицидів, тоді як застосування фунгіцидів виконується переважно за появи шкочинних організмів у посівах [18, 19].

Такий підхід не завжди забезпечує належний рівень контролю комплексу шкідливих біологічних агентів, що зумовлює необхідність оцінки ефективності різних систем захисту щодо формування продуктивності посівів гороху.

Метою дослідження було встановити особливості формування продуктивності сортів гороху залежно від систем захисту шляхом оцінки їх впливу на розвиток комплексу шкідливих організмів та рівень збереження врожаю.

Матеріали та методи. Польові дослідження виконували у 2024–2025 рр. в умовах ПСП «Агрофірма «Авангард» (Миколаївська область, Вознесенський район, с. Возсіятське), розташованого в зоні Південного Степу України. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом південним із потужністю гумусного горизонту 30–35 см. Вміст гумусу становив 4,2 %, легкогідролізованих сполук азоту (за Корнфілдом) – 104 мг/кг, рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) – 113 і 134 мг/кг ґрунту відповідно. Реакція ґрунтового розчину (рН) – 7,4, попередник – пшениця озима. Дослідження проводили впродовж двох вегетаційних сезонів, які характеризувалися різними погодними умовами, що дозволило оцінити стабільність ефективності систем захисту за різного рівня абіотичного впливу.

Дослід двофакторний: фактор А – сорти гороху (Оплот, Царевич), фактор В – системи захисту (згідно зі схемою досліду, табл. 1).

Таблиця 1. Схема досліду

Сорти (фактор А)	Схеми застосування біопрепаратів (фактор В)	
Оплот, Царевич	1. Контроль (обробка водою)	
	2. Максим XL, флудиоксоніл 25 г/л + металаксил–М 10 г/л, 1,0 л/т + Матадор ТН, імідаклоприд 200 г/л, 1,0 л/т (а), Біммер, диметоат, 400 г/л, 1,0 л/га + Дезарал Екстра, карбендазим 200 г/л + флутриафол, 125 г/л, 0,6 л/га (b)* (виробничий контроль)	
	Metawhite, 10,0 л/га (до сівби)	3. Фітобакт 2,0 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		4. Біоінокулянт BTU-WP 3,0 кг/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		5. UNDERHIZ SC 3,0 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		6. Різолін 3,0 л/т + Біопротектор Різосейв 1,0 л/т (а), Актоверм 5 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		7. Фітобакт 2,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		8. Біоінокулянт BTU-WP 3,0 кг/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		9. UNDERHIZ SC 3,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)
		10. Різолін 3,0 л/т + Біопротектор Різосейв 1,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (b)

Примітка* (а) – обробка насіння; (b) – обприскування перед цвітінням

Фактор В – система захисту гороху від шкідників і збудників хвороб включала 10 варіантів. Варіант 1 – абсолютний контроль (обробка водою); варіант 2 – виробничий контроль (обробка насіння фунгіцидним протруйником Максим XL та інсектицидним протруйником Матадор ТН, перед цвітінням обприскування інсектицидом Біммер + фунгіцид Дезарал Екстра); варіанти 3–6 – біологічний метод (внесення до сівби ґрунтового біоінсектициду Metawhite та обробка насіння біоінокулянтами Фітобакт, біоінокулянт BTU-WP, UNDERHIZ SC, Різолін + біопротектор Різосейв й обприскування перед цвітінням біоінсектицидом Актотверм); варіанти 7-10 – також біологічний метод, за якого до вищенаведених схем варіантів 3–6 додавали біофунгіцид Мікохелп для обробки насіння. Варіанти 3–10 також включали обприскування перед цвітінням біофунгіцидом Фітохелп.

Експеримент закладено методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності із систематичним розміщенням варіантів. Загальна площа ділянки – 50 м², облікова – 25 м². У дослідженні використовували безлисточкові, зернові, середньостиглі сорти гороху. Протруювання насіння здійснювали вручну, обприскування посіву – ранцевим акумуляторним обприскувачем із шириною штанги 3,0 м.

Польову схожість насіння визначали у фазі повних сходів шляхом підрахунку кількості рослин на обліковій площі кожної ділянки з перерахунком у відсотки від висіяної норми (норма висіву – 1,2 млн схожих насінин/га). Поширеність кореневих гнилей та епіфітних хвороб оцінювали у період максимального прояву симптомів обстеженням рослин на обліковій площі кожної ділянки. Показник поширеності (%) розраховували як відношення кількості уражених рослин до загальної кількості обстежених. Облік заселеності посівів домінуючими видами фітофагів здійснювали у період їх масового розвитку підрахунком пошкоджених рослин або наявності особин шкідників на обліковій площі з вираженням результатів у відсотках [20, 21]. Рівень збереженого врожаю визначали як різницю між урожайністю контрольного варіанта та відповідних дослідних варіантів. Врожай збирали ручним скошуванням з наступним обмолотом на навісній молотарці для снопів із перерахунком урожайності на т/га.

Статистичну обробку даних проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA). Для показників, що аналізувалися за сортами, застосовували двофакторний дисперсійний аналіз з урахуванням факторів «сорт» (А), «система захисту» (В) та їх взаємодії (А×В). Перед аналізом перевіряли відповідність даних нормальному розподілу та однорідність дисперсій. Достовірність відмінностей між середніми значеннями визначали за критерієм найменшої істотної різниці (НІР₀₅) окремо для факторів А, В та їх взаємодії. Порівняння середніх здійснювали з використанням літерного групування при рівні значущості $p \leq 0,05$. У випадках, коли показник не залежав від сортових особливостей, застосовували однофакторний дисперсійний аналіз із визначенням НІР₀₅.

У таблицях і графічних матеріалах наведено середні значення за роками досліджень. Обробку даних виконували з використанням програмного забезпечення «Агростат New» та Microsoft Excel.

Результати та обговорення. Формування початкової густоти рослин істотно залежало від систем захисту (табл. 2). У середньому за роками дослідження найнижчі показники польової схожості насіння виявлено у контрольному варіанті, що свідчить про вплив ґрунтової інфекції та ураження насіння та сходів на ранніх етапах розвитку культури. Найвищий показник забезпечувала виробнича система захисту (Максим XL, 1,0 л/т) – 85,9 %, що відповідало групі статистичної достовірності (а) за тестом Дункана. Це свідчить про високу ефективність традиційного протруювання у зниженні початкового біотичного навантаження. Серед біологічних систем найкращі результати отримано у варіанті із застосуванням Фітобакту (2,0 л/га) у поєднанні з МікоХелпом (2,5 л/га) – 82,9 % (82,1 % у сорту Оплот і 83,6 % у сорту Царевич), що відповідало групі (b). Показник був достовірно нижчим за виробничу систему, проте істотно перевищував контроль та інші біологічні варіанти (група c).

Таким чином, комплексне використання антагоністичних мікроорганізмів сприяло збереженню густоти рослин, однак за показником польової схожості насіння поступалося традиційній виробничій схемі захисту.

Поширеність кореневих гнилей гороху також істотно залежала від систем захисту,

Таблиця 2. Польова схожість насіння залежно від схем передпосівної обробки (середнє за 2024–2025 рр.), %

№ з/п	Варіант досліджу (фактор В)		Сорти (фактор А)		Середнє	Група*
			Оплот	Царевич		
1	Контроль (обробка водою)		68,5	69,5	69,0	g
2	Metawhite, 10,0 л/га	Максим XL (виробничий контроль), 1,0 л/т + Матадор ТН, 1,0 л/т	85,4	86,3	85,9	a
3		Фітобакт, 2,0 л/т	76,4	77,2	76,8	de
4		BTU-WP, 3,0 кг/т	74,5	75,5	75,0	ef
5		UNDERHIZ SC, 3,0 л/т	75,4	76,2	75,8	e
6		Різолін + Різосейв, (3,0 л/т + 1,0 л/т)	73,5	74,5	74,0	f
7		Фітобакт + Мікохелп (2,0 л/т + 2,5 л/т)	82,1	83,6	82,9	b
8		BTU-WP + Мікохелп (3,0 кг/т + 2,5 л/т)	79,5	80,5	80,0	c
9		UNDERHIZ SC + Мікохелп (3,0 л/т + 2,5 л/т)	80,2	81,2	80,7	c
10		Різолін + Різосейв + Мікохелп (3,0 л/т + 1,0 л/т + 2,5 л/т)	78,4	79,6	79,0	cd
НІР ₀₅ (В)					1,17	
CV					2,4	

Примітка: середні значення, віднесені до однієї статистичної групи, не відрізняються достовірно за $p \leq 0,05$.

що досліджувалися. У середньому за роками найвищий рівень ураження виявлено в контрольному варіанті – 26,4 %, що підтверджує

значний вплив ґрунтового інфекційного фону в умовах досліджу (табл. 3).

Найнижчий показник зафіксовано у ва-

Таблиця 3. Поширеність корневих гнилей залежно від схем застосування препаратів (середнє по сортах за 2024–2025 рр.), %

№ з/п	Варіант досліджу (фактор В)		Поширення корневих гнилей, %		Середнє, %	Група*
			2024	2025		
1	Контроль (обробка водою)		25,50	27,30	26,40	g
2	Metawhite, 10,0 л/га	Максим XL (виробничий контроль), 1,0 л/т + Матадор ТН, 1,0 л/т	2,23	3,70	2,96	a
3		Фітобакт, 2,0 л/т	5,50	6,70	6,10	cd
4		BTU-WP, 3,0 кг/т	7,50	10,30	8,90	ef
5		UNDERHIZ SC, 3,0 л/т	6,20	8,80	7,50	de
6		Різолін + Різосейв, (3,0 л/т + 1,0 л/т)	7,80	10,80	9,30	f
7		Фітобакт + Мікохелп (2,0 л/т + 2,5 л/т)	3,80	5,20	4,50	ab
8		BTU-WP + Мікохелп (3,0 кг/т + 2,5 л/т)	4,50	6,50	5,50	bc
9		UNDERHIZ SC + Мікохелп (3,0 л/т + 2,5 л/т)	3,50	6,10	4,80	bc
10		Різолін + Різосейв + Мікохелп (3,0 л/т + 1,0 л/т + 2,5 л/т)	4,50	7,30	5,90	bc
НІР ₀₅ (В)					1,57	
CV					19,24	

Примітка: середні значення, віднесені до однієї статистичної групи, не відрізняються достовірно за $p \leq 0,05$.

ріанті з виробничим контролем (Максим XL, 1,0 л/га) – 2,96 % (група a), що достовірно менше порівняно з контролем (НІР₀₅ – 1,57 %). Серед варіантів біологічного захисту найкращі результати отримано у схемі Фітобакт + МікоХелп – 4,50 %, що відповідало

групі ab. Даний показник статистично не відрізнявся від виробничої системи захисту, проте був достовірно нижчим порівняно з більшістю інших біологічних варіантів. Зниження поширеності корневих гнилей у цьому варіанті становило (21,9 %) порівняно з

контролем, що свідчить про ефективну регуляцію патогенної ґрунтової мікробіоти за рахунок використання антагоністичних грибів і бактерій. Отримані результати підтверджують дослідження багатьох авторів [22–25] про роль мікробних консорціумів у стабілізації фітосанітарного стану ризосфери.

Заселеність посівів гороху домінуючими фітофагами суттєво залежала від застосованої системи контролю (табл. 4). У середньому за 2024–2025 рр. найвищий рівень заселеності зафіксовано у контрольному варіанті – 20,14 %, що свідчить про значний ентомологічний тиск в умовах досліджу.

Таблиця 4. Заселеність рослин гороху домінуючими фітофагами залежно від системи контролю (середнє по сортах за 2024–2025 рр.), %

Вид фітофага	Контроль (В1)	Виробничий контроль (В2, Біммер)	Біологічна система захисту (В3–В10, Актоверм)
<i>Laspeyresia nigricana</i> F.	18,45	4,00	5,75
<i>Etiella zinckenella</i> Tr.	14,50	3,25	4,00
<i>Bruchus pisorum</i> L.	25,70	4,85	8,75
<i>Acyrtosiphon pisum</i> Harr.	21,90	2,75	5,05
Середня заселеність домінуючими видами, %	20,14	3,71	5,89

Виробнича система захисту (Біммер, 1,0 л/га) забезпечувала найнижчі показники заселення рослин фітофагами – 3,71 %, що підтверджує високу ефективність хімічного інсектицидного контролю.

Біологічна система, в якій застосовувався біоінсектицид Актоверм (5,0 л/га), також забезпечувала істотне зниження заселеності рослин фітофагами, до 5,89 %, що було у 3,4 рази менше за аналогічний показник порівняно з контролем. Оскільки у всіх варіантах біологічного захисту використовувався один і той самий інсектицидний біопрепарат, рівень заселеності між ними не відрізнявся, що свідчить про визначальну роль саме інсектицидного заходу у формуванні ентомофітосанітарного стану посівів. Таким чином, біологічний інсек-

тицид забезпечував прийнятний рівень контролю домінуючих фітофагів і може розглядатися як ефективна складова інтегрованої системи захисту гороху, що узгоджується з повідомленнями інших авторів про ефективність авермектинів, що продукується *Streptomyces avermitilis* проти шкідників сільськогосподарських культур [26, 27].

Поширеність основних епіфітних хвороб гороху істотно також залежала від системи контролю (табл. 5). У середньому за роками досліджень найвищий рівень поширення хвороб зафіксовано у контрольному варіанті – 21,98 %, що свідчить про постійну присутність фітопатогенів в польових агроценозах в умовах Південного Степу.

Виробнича система захисту (Дезарал Екс-

Таблиця 5. Поширеність основних епіфітних хвороб гороху залежно від системи контролю (середнє по сортах за 2024–2025 рр.), %

Хвороба	Варіанти досліджу (фактор В)		
	Контроль (В1)	Виробничий контроль (В2, Дезарал Екстра)	Біологічна система захисту (В3–В10, Фітохелп)
Блідо-плямистий аскохітоз	26,10	5,35	7,05
Борошниста роса	19,40	4,25	4,25
Іржа	16,35	3,35	4,90
Сіра гниль	26,05	11,70	13,70
Середня поширеність епіфітних хвороб, %	21,98	6,16	7,48

тра, 0,6 л/га) забезпечувала зниження показника середньої поширеності хвороб до 6,16 %,

що було у 3,6 рази менше порівняно з контролем (без обробки). Біологічна система із засто-

суванням препарату Фітохелп (0,8 л/га) знижувала узагальнений показник поширеності до 7,48 %, що також свідчить про високу ефективність біофунгіцидного захисту. Різниця між виробничою та біологічною схемами становила 1,32 %, що вказує на співставний рівень регуляції епіфітної інфекції. За окремими хворобами встановлено подібні тенденції: щодо борошнистої роси ефективність біологічної системи була на рівні виробничого контролю (4,25 %), тоді як щодо сірої гнилі хімічний фунгіцид демонстрував вищий рівень контролю.

Отримані результати узгоджуються з результатами інших дослідників [28], що застосування мікробних препаратів на основі *Bacillus* spp. здатне забезпечити стабільне обмеження розвитку комплексу епіфітних патогенів та може розглядатися як ефективний компонент інтегрованої системи захисту.

Рівень збереженого врожаю відображає сумарний ефект регуляції комплексу шкідливих організмів упродовж вегетації (рис. 1). У середньому за 2024–2025 рр. застосування систем захисту забезпечувало збереження від 0,84 до 1,67 т/га зерна порівняно з контролем.

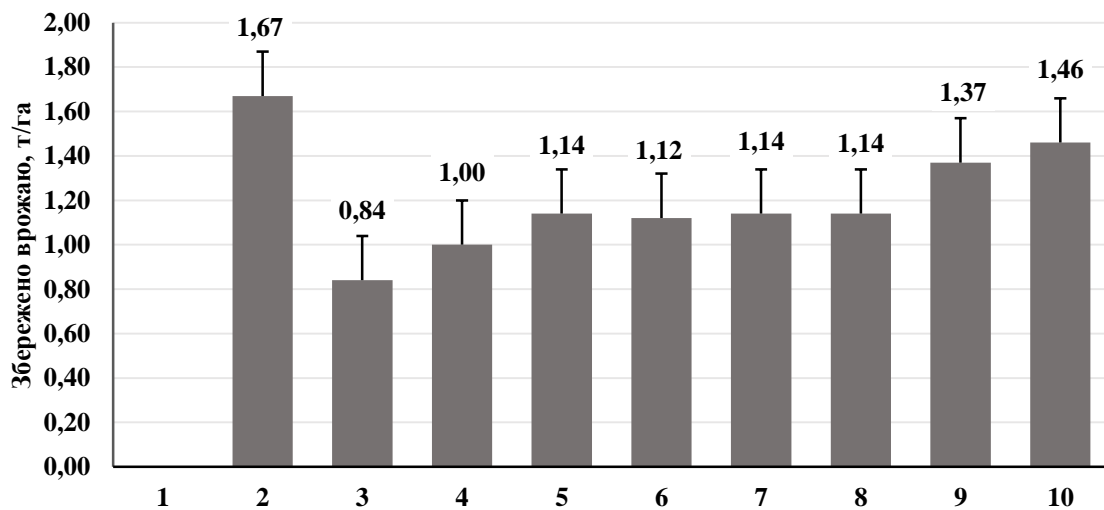


Рис. 1 Збережений урожай залежно від схем застосування біопрепаратів (середнє по сортах Оплом Царевич за 2024–2025 рр.). Нумерація варіантів наведена відповідно до схеми досліджу.

Найвищий показник отримано у варіанті з виробничим контролем (Максим XL 1,0 л/т + Матадор ТН, 1,0 л/т (а), Біммер, 1,0 л/га + Дезарал Екстра, 0,6 л/га (б)*) – 1,67 т/га, що було достовірно вище більшості біологічних варіантів (НІР₀₅ 0,20 т/га). Це свідчить про високу ефективність традиційної інтенсивної схеми у мінімізації втрат урожаю.

Водночас окремі біологізовані системи демонстрували співставний рівень збереження врожаю. Зокрема, у варіантах 9 (UNDERHIZ SC 3,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (б)) і 10 (Різолін 3,0 л/т + Біопротектор Різосейв 1,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (б)) цей показник становив 1,37 та 1,46 т/га відповідно, що було статистично близьким до виробничої системи. Інші біологічні варіанти забезпечували кількість збереженого врожаю на рівні 1,0–1,14 т/га. Різниця між найефективнішими біологічними варіантами та виробни-

чою системою не перевищувала 0,21–0,30 т/га, що свідчить про високий потенціал біологічних схем захисту у зниженні втрат продуктивності. Таким чином, величина збереженого врожаю прямо відображала ступінь стабілізації фітосанітарного стану посівів.

Формування врожайності гороху істотно залежало від застосованих систем захисту (рис. 2). У середньому за 2024–2025 рр. найнижчу врожайність отримано у контрольному варіанті – 1,66 т/га, що підтверджує значний негативний вплив комплексу шкідливих організмів на продуктивність культури.

Виробнича система захисту (варіант 2) забезпечувала формування врожайності зерна на рівні 3,33 т/га, що було достовірно вище порівняно з контролем (НІР₀₅ 0,20 т/га). Більшість біологізованих варіантів формували врожайність у межах 2,66–2,80 т/га, що свідчить про стабільний фітосанітарний ефект біологічних схем.

Найвищі показники врожайності зерна гороху серед біологічних систем встановлено у варіантах 9 та 10 – 3,03 і 3,12 т/га відповідно, що було статистично співставним із виробни-

чою системою. Перевага цих варіантів порівняно з іншими біологічними схемами становила 0,23–0,46 т/га.

Підвищення врожайності зерна гороху у

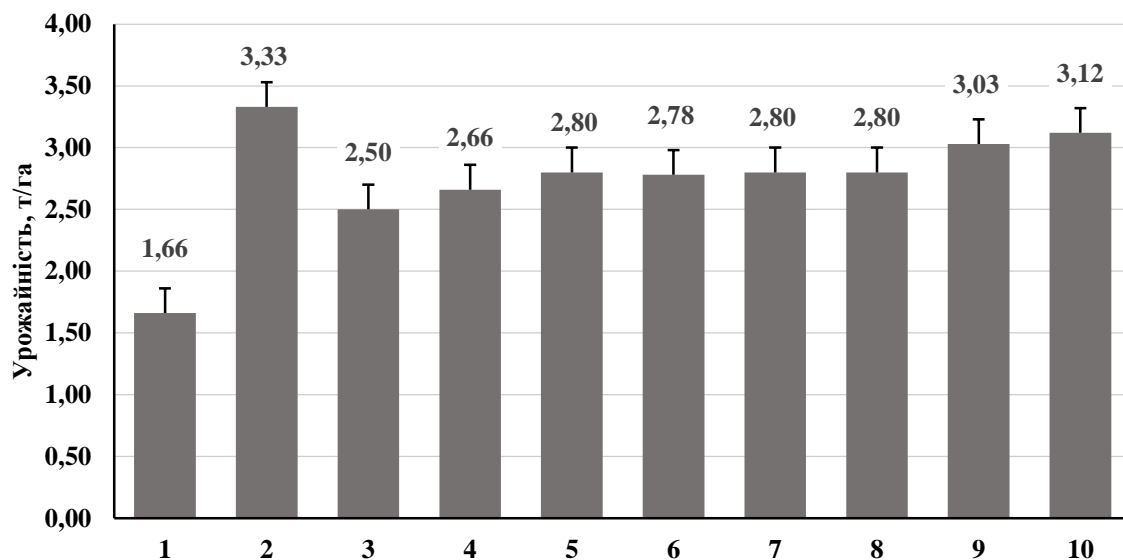


Рис. 2 Урожайність гороху залежно від схем застосування біопрепаратів (середнє по сортах Оплот і Царевич за 2024–2025 рр.). Нумерація варіантів наведена відповідно до схеми дослідю.

варіантах 9 і 10 може бути пояснене комплексною дією мікробних препаратів. Застосування МікоХелп забезпечувало зниження ґрунтової інфекції та стабілізацію розвитку кореневої системи завдяки антагоністичній активності грибів роду *Trichoderma* і бактерій *Bacillus subtilis*. Одночасно використання інокулянтів (UNDERHIZ®, Різолін®) сприяло посиленню симбіотичної азотфіксації та мобілізації фосфору в ризосфері. Поєднання фітосанітарного та трофічного ефектів забезпечувало більш повну реалізацію продуктивного потенціалу рослин.

Отримані результати свідчать, що ефективність систем захисту визначалася не лише рівнем прямої регуляції фітопатогенів і фітофагів, а й характером впливу препаратів на ризосферні процеси. Якщо виробнича система забезпечувала швидке зниження інфекційного та ентомологічного навантаження, то біологізовані схеми, особливо у варіантах 9 і 10, поєднували фітосанітарний ефект із оптимізацією мінерального живлення рослин.

Комплексна дія антагоністичних грибів (*Trichoderma* spp.), бактерій (*Bacillus subtilis*) та симбіотичних азотфіксуючих мікроорганізмів сприяла стабілізації розвитку кореневої системи, покращенню засвоєння азоту й фосфору та

зниженню стресового навантаження. Саме синергізм фітосанітарного й трофічного механізмів, імовірно, забезпечив формування врожайності зерна гороху, співставної з виробничою інтенсивною схемою.

Таким чином, біологізовані системи захисту можуть розглядатися як ефективна альтернатива традиційним схемам за умови комплексного поєднання препаратів із різним механізмом дії.

Висновки. Застосування систем захисту істотно впливало на формування фітосанітарного стану агроценозів гороху в умовах Південного Степу України. У контрольному варіанті встановлено найвищий рівень поширеності корневих гнилей (26,4 %), епіфітних хвороб (21,98 %) та заселеності фітофагами (20,14 %), що зумовлювало значні втрати врожаю. Виробнича система захисту забезпечувала максимальне зниження ураження корневими гнилями (2,96 %) та заселеності фітофагами (3,71 %), що сприяло формуванню найвищого рівня збереженого врожаю гороху – 1,67 т/га.

Окрім варіантів біологічних систем захисту забезпечували істотне зниження поширеності корневих гнилей (до 4,50 %) та епіфітних хвороб (до 7,48 %) і формували рівень

фітосанітарного стану, співставний із виробничою схемою. Найвищі показники врожайності серед біологічних варіантів отримано у варіантах із застосуванням UNDERHIZ SC 3,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (б) та Різолін 3,0 л/т + Біопротектор Різосейв 1,0 л/т + Мікохелп 2,5 л/т (а), Актоверм 5,0 л/га + Фітохелп 0,8 л/га (б) – 3,03–3,12 т/га відповідно, що було статистично близьким до виробничої системи. Збережений урожай у цих варіантах становив 1,37–1,46

т/га. Підвищення врожайності зерна гороху у вищезазначених варіантах зумовлене синергетичною дією мікробних препаратів, що поєднували антагоністичний вплив на ґрунтові патогени з оптимізацією симбіотичної азотфіксації та мобілізації фосфору в ризосфері.

Таким чином, комплексні біологізовані системи захисту можуть розглядатися як ефективна альтернатива традиційним виробничим схемам за умови поєднання препаратів із різними механізмами дії.

Використана література

1. Kaushik B., Singh K., Tiwari D. K., Singh U. K. Impact of climate change on crop yield due to pests and crop diseases: Future projections. *Microscopy and Microanalysis*. 2023. Vol. 29, Suppl. 1. P. 56–58. <https://doi.org/10.1093/micmic/ozad067.022>.
2. Semaškienė R., Jonavičienė A., Razbadauskienė K., Deveikytė I., Sabeckis A., Supronienė S., Kadžiulienė Ž. The response to crop health and productivity of field pea (*Pisum sativum* L.) at different growing conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2022. Vol. 72, No. 1. P. 923–930. <https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2125434>.
3. Чернюк А. П. Перспективи та технологія вирощування гороху. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. № 18. С. 69–72.
4. Saini S., Aswani J., Kumari M., Dhakad A. Pea (*Pisum sativum* L.). In: *Vegetable Crop Cultivation*. 2024. P. 253. <https://doi.org/10.22271/ed.book.2815>.
5. Сокол Т. В., Василенко А. О., Безуглий І. М. Насіннева інфекція гороху в умовах східної частини Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва*. Серія: Фітопатологія та ентомологія. 2015. № 1–2. С. 146–150.
6. Chaudhary N., Singh C., Pathak P., Rathi A., Vyas D. Evaluation of the impact of pathogenic fungi on the growth of *Pisum sativum* L.: A review article. *International Journal of Agricultural Technology*. 2021. Vol. 17, No. 2. P. 443–464. URL: <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/IJAT/article/view/5972>.
7. Soyulu S., Dervis S. Determination of prevalence and incidence of fungal disease agents of pea (*Pisum sativum* L.) plants growing in Amik plain of Turkey. *Research on Crops*. 2011. Vol. 12, No. 2. P. 588–592.
8. Beniwal D., Dhall R. K., Yadav S., Sharma P. An overview of rust (*Uromyces viciae-fabae*) and powdery mildew (*Erysiphe polygoni*) of pea (*Pisum sativum* L.). *Genetika*. 2022. Vol. 54, No. 1. P. 499–512. <https://doi.org/10.2298/GENSR2201499B>.
9. Gossen B. D. et al. Diseases of pea. In: Elmer W. H., McGrath M., McGovern R. J. (eds). *Handbook of Vegetable and Herb Diseases*. Cham : Springer, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35512-8_24-1.
10. Prochaska T. J., Knodel J. J., Beauzay P. B. Integrated pest management of pea leaf weevil in North Dakota. North Dakota : NDSU Extension Service, North Dakota State University, 2023. 4 p.
11. Koeshall S. T., Miller P. R., Jones C. A., Wanner K. W., Holmes J. A. Insecticides in field pea benefit grain yield and protein concentration. *Agronomy Journal*. 2025. Vol. 117, No. 3. e70082. <https://doi.org/10.1002/agj2.70082>.
12. Yankova V., Markova D., Kalapchieva S. Management of the pests in the conventional and biological systems for pea growing. 2021. <https://doi.org/10.22620/agric.2021.29.004>.
13. Barilli E., González-Bernal M. J., Cimmino A., Agudo-Jurado F. J., Masi M., Rubiales D., Evidente A. Impact of fungal and plant metabolites application on early development stages of pea powdery mildew. *Pest Management Science*. 2019. Vol. 75. P. 2464–2473. <https://doi.org/10.1002/ps.5351>.
14. Телекало Н. В. Ефективність використання бактеріальних препаратів при вирощуванні гороху посівного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 14. С. 127–140.
15. Ahmed N., Abbas Z., Riaz H. та ін. Biological management of powdery mildew of pea (*Pisum sativum* L.). *Agricultural Sciences Journal*. 2021. Vol. 3, No. 1. P. 79–95. <https://doi.org/10.56520/asj.v3i1.54>.
16. Гентош Д. Т., Башта О. В., Гентош І. Д. Біологічні препарати проти кореневих гнилей гороху. *Карантин і захист рослин*. 2012. № 10. С. 3–6.
17. Hamid A., Bhat N. A., Sofi T. A., Bhat K. A., Asif M. Management of root rot of pea (*Pisum sativum* L.) through bioagents. *African Journal of Microbiology Research*. 2012. Vol. 6, No. 44. P. 7156–7161.
18. Тарасенко К. В., Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П. Шляхи контролю за шкідниками гороху в сучасних умовах. *Збалансований розвиток агроecosистем України : сучасний погляд та інновації : матеріали III*

- всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 21 листопада 2019 р.). Полтава : ПДАА, 2019. С. 100.
19. Rien S. P. Efficacy of insecticides for the management of insect pests on pea. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 2021. Vol. 7, No. 11. P. 113–116.
 20. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 448 с.
 21. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур : навч. посіб. / С. В. Станкевич та ін. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 624 с.
 22. Gibert S., Edel-Hermann V., Gautheron E. та ін. First report of *Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium redolens* and *Fusarium solani* causing root rot in pea in France. *Plant Disease*. 2022. Vol. 106, No. 4. P. 1297. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-21-0833-PDN>.
 23. Kashem M. A., Hossain I., Hasna M. K. Use of Trichoderma in biological control of foot and root rot of lentil (*Lens culinaris* Medik). *International Journal of Sustainable Crop Production*. 2011. Vol. 6, No. 1. P. 29–35.
 24. Karim F., Hossain S. M. M., Hasan M. M., Howlader N. C., Bhuiyan M. M. A. Biological control of foot and root rot disease of pea by using formulated product of Trichoderma. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2024. Vol. 69, No. 2. P. 181–191. <https://doi.org/10.2298/JAS2402181K>.
 25. Ketta H. A., Hewedy O. A. R. Biological control of *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum* root rot disease using Trichoderma species. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2021. Vol. 31. Art. 96. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00441-2>.
 26. Cerna-Chávez E., Rodríguez-Rodríguez J. F., García-Conde K. B., Ochoa-Fuentes Y. M. Potential of *Streptomyces avermitilis*: A review on avermectin production and its biocidal effect. *Metabolites*. 2024. Vol. 14, No. 7. Art. 374. <https://doi.org/10.3390/metabo14070374>.
 27. Radwan W. H., Abdelhafez A. A. M., Mahgoub A. E. та ін. *Streptomyces avermitilis* MICNEMA2022: A new biorational strain for producing abamectin as an integrated nematode management agent. *BMC Microbiology*. 2024. Vol. 24. Art. 329. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03466-3>.
 28. Khan A. R., Mustafa A., Hyder S. та ін. *Bacillus* spp. as bioagents: Uses and application for sustainable agriculture. *Biology*. 2022. Vol. 11, No. 12. Art. 1763. <https://doi.org/10.3390/biology11121763>.

References

1. Kaushik, B., Singh, K., Tiwari, D. K., & Singh, U. K. (2023). Impact of climate change on crop yield due to pests and crop diseases: Future projections. *Microscopy and Microanalysis*, 29 (Suppl. 1), 56–58. <https://doi.org/10.1093/micmic/ozad067.022>.
2. Semaškiienė, R., Jonavičienė, A., Razbadauskienė, K., Deveikytė, I., Sabeckis, A., Supronienė, S., & Kadžiulienė, Ž. (2022). The response to crop health and productivity of field pea (*Pisum sativum* L.) at different growing conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica (Section B – Soil & Plant Science)*, 72 (1), 923–930. <https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2125434>.
3. Cherniuk, A. P. (2013). Perspektyvy ta tekhnolohiia vyroshchuvannia horokhu [Prospects and technology of pea cultivation]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh buriakiv*, 18, 69–72. [in Ukrainian].
4. Saini, S., Aswani, J., Kumari, M., & Dhakad, A. (2024). Pea (*Pisum sativum* L.). In *Vegetable crop cultivation* (p. 253). <https://doi.org/10.22271/ed.book.2815>.
5. Sokol, T. V., Vasylenko, A. O., & Bezuhlyi, I. M. (2015). Nasinnieva infektsiia horokhu v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Seed infection of pea in the conditions of the eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu im. V. V. Dokuchaieva. Serii: Fitopatolohiia ta entomolohiia*, 1–2, 146–150. [in Ukrainian].
6. Chaudhary, N., Singh, C., Pathak, P., Rathi, A., & Vyas, D. (2021). Evaluation of the impact of pathogenic fungi on the growth of *Pisum sativum* L.: A review article. *International Journal of Agricultural Technology*, 17 (2), 443–464. <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/IJAT/article/view/5972>.
7. Soyulu, S., & Dervis, S. (2011). Determination of prevalence and incidence of fungal disease agents of pea (*Pisum sativum* L.) plants growing in Amik plain of Turkey. *Research on Crops*, 12 (2), 588–592.
8. Beniwal, D., Dhall, R. K., Yadav, S., & Sharma, P. (2022). An overview of rust (*Uromyces viciae-fabae*) and powdery mildew (*Erysiphe polygoni*) of pea (*Pisum sativum* L.). *Genetika*, 54 (1), 499–512. <https://doi.org/10.2298/GENSR2201499B>.
9. Gossen, B. D., et al. (2024). Diseases of pea. In W. H. Elmer, M. McGrath, & R. J. McGovern (Eds.), *Handbook of vegetable and herb diseases*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35512-8_24-1.
10. Prochaska, T. J., Knodel, J. J., & Beauzay, P. B. (2023). Integrated pest management of pea leaf weevil in North Dakota. NDSU Extension Service, North Dakota State University, 4.
11. Koeshall, S. T., Miller, P. R., Jones, C. A., Wanner, K. W., & Holmes, J. A. (2025). Insecticides in field pea benefit grain yield and protein concentration. *Agronomy Journal*, 117 (3), e70082. <https://doi.org/10.1002/agj.2.70082>.
12. Yankova, V., Markova, D., & Kalapchieva, S. (2021). Management of the pests in the conventional and biological systems for pea growing. <https://doi.org/10.22620/agrisci.2021.29.004>.
13. Barilli, E., González-Bernal, M. J., Cimmino, A., Agudo-Jurado, F. J., Masi, M., Rubiales, D., & Evidente, A.

- (2019). Impact of fungal and plant metabolites application on early development stages of pea powdery mildew. *Pest Management Science*, 75, 2464–2473. <https://doi.org/10.1002/ps.5351>.
14. Telekalo, N. V. (2019). Efektyvnist vykorystannia bakteriálnykh preparativ pry vyroshchuvanni horokhu posivnoho [Efficiency of bacterial preparations in pea cultivation]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 14, 127–140. [in Ukrainian].
 15. Ahmed, N., Abbas, Z., Riaz, H., Faried, H. N., Mehmood, M. A., Asad, Z., ... & Ali, H. R. (2021). Biological management of powdery mildew of pea (*Pisum sativum* L.). *Agricultural Sciences Journal*, 3 (1), 79–95. <https://doi.org/10.56520/asj.v3i1.54>.
 16. Hentosh, D. T., Bashta, O. V., & Hentosh, I. D. (2012). Biologichni preparaty proty korenevnykh hnylei horokhu [Biological preparations against root rot of pea]. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 10, 3–6. [in Ukrainian].
 17. Hamid, A., Bhat, N. A., Sofi, T. A., Bhat, K. A., & Asif, M. (2012). Management of root rot of pea (*Pisum sativum* L.) through bioagents. *African Journal of Microbiology Research*, 6 (44), 7156–7161.
 18. Tarasenko, K. V., Pospelova, H. D., & Kovalenko, N. P. (2019). Shliakhy kontroliu za shkidnykamy horokhu v suchasnykh umovakh [Ways of controlling pea pests under modern conditions]. In *Zbalansovanyi rozvytok ahroekosystem Ukrainy: suchasnyi pohliad ta innovatsii* [Balanced development of agroecosystems of Ukraine: modern view and innovations]. (p. 100). Poltava: PDAA. [in Ukrainian].
 19. Rien, S. P. (2021). Efficacy of insecticides for the management of insect pests on pea. *International Journal of Advanced Research*, 7 (11), 113–116.
 20. Trybel, S. O. et al. (2001). Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]. Kyiv: Svit. 448 p. [in Ukrainian].
 21. Stankevych, S. V., et al. (2020). Monitorynh shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur [Monitoring of pests and diseases of agricultural crops]. Kharkiv: FOP Brovin O. V. 624 p. [in Ukrainian].
 22. Gibert, S., Edel-Hermann, V., Gautheron, E., Gautheron, N., Sol, J. M., Capelle, G., & Steinberg, C. (2022). First report of *Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium redolens*, and *Fusarium solani* causing root rot in pea in France. *Plant Disease*, 106 (4), 1297. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-21-0833-PDN>.
 23. Kashem, M. A., Hossain, I., & Hasna, M. K. (2011). Use of Trichoderma in biological control of foot and root rot of lentil (*Lens culinaris* Medik). *International Journal of Sustainable Crop Production*, 6 (1), 29–35.
 24. Karim, F., Hossain, S. M. M., Hasan, M. M., Howlader, N. C., & Bhuiyan, M. M. A. (2024). Biological control of foot and root rot disease of pea by using formulated product of Trichoderma. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 69 (2), 181–191. <https://doi.org/10.2298/JAS2402181K>.
 25. Ketta, H. A., & Hewedy, O. A. R. (2021). Biological control of *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum* root rot disease using Trichoderma species. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31, 96. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00441-2>.
 26. Cerna-Chávez, E., Rodríguez-Rodríguez, J. F., García-Conde, K. B., & Ochoa-Fuentes, Y. M. (2024). Potential of *Streptomyces avermitilis*: A review on avermectin production and its biocidal effect. *Metabolites*, 14 (7), 374. <https://doi.org/10.3390/metabo14070374>.
 27. Radwan, W. H., Abdelhafez, A. A. M., Mahgoub, A. E., et al. (2024). *Streptomyces avermitilis* MICNEMA2022: A new biorational strain for producing abamectin as an integrated nematode management agent. *BMC Microbiology*, 24, 329. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03466-3>.
 28. Khan, A. R., Mustafa, A., Hyder, S., Valipour, M., Rizvi, Z. F., Gondal, A. S., Yousuf, Z., Iqbal, R., & Daraz, U. (2022). *Bacillus* spp. as bioagents: Uses and application for sustainable agriculture. *Biology*, 11 (12), 1763. <https://doi.org/10.3390/biology11121763>.

UDC 633.35:631.5:631.95(477.7)

Markovska, O. Ye., Dudchenko, V. V., Kryvutskyi, R. M. Pea productivity under different plant protection systems in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Grain Crops*. 2026. 10 (1). 110–120. Kherson State Agrarian and Economic University, 23 Stritenska St., Kherson, 73006, Ukraine

Topicality. The formation of pea productivity largely depends on the phytosanitary condition of the agroecosystem determined by a complex of phytopathogens and phytophagous pests. Under current climate change conditions, including increasing air temperatures and uneven precipitation distribution, the risk of disease development and pest spread in pea crops increases, resulting in yield losses. Therefore, improvement of plant protection systems combining chemical and biological control methods is of particular importance. **Purpose.** To determine the influence of different plant protection systems on the phytosanitary condition of crops and the formation of pea productivity under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Materials and Methods.** Field trials were conducted during 2024–2025 at the Private Agricultural Enterprise “Agrofirma Avanhard” (Mykolaiv region, Ukraine). The experiment was arranged according to a two-factor design with four replications using the split-plot method. During the study, field germination of plants, prevalence of root rot diseases, infestation level of crops by dominant phytophagous species, and the prevalence of epiphytic diseases were determined. Yield was

assessed by grain weight from the accounting plot followed by recalculation to t/ha. Experimental data were statistically processed using analysis of variance. **Results.** It was established that plant protection systems significantly affected the phytosanitary condition of pea crops and yield formation. Field germination in treatments with biological protection systems ranged from 76.4 to 82.9%, while in the production control it reached 85.9%. The prevalence of root rot in the control treatment reached 25.5–27.3%, whereas the application of biological preparations reduced it to 2.0–7.5%. Infestation of plants by dominant phytophagous species in biological systems was 3–5 times lower compared with the control. The use of inoculants and biological preparations contributed to yield formation at the level of 3.32–3.46 t/ha and ensured yield preservation of 0.57–0.64 t/ha. **Conclusions.** The integrated use of biological preparations and inoculants in the pea protection system improves the phytosanitary condition of the agroecosystem, reduces the prevalence of root rot diseases and pest abundance, and ensures a higher level of crop productivity under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Key words: field pea, plant protection systems, biological control, seed inoculation, root rot diseases, pea pests, yield.