

ОЦІНКА КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ БІОПРЕПАРАТІВ НА ПРОЦЕС ПРОХОДЖЕННЯ ІНДУКЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ КАРТОПЛІ ЗА ОРГАНІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Т. О. ХОМЕНКО¹, аспірант

О. Л. ТОНХА¹, доктор сільськогосподарських наук, професор

О. М. ПУЗНЯК², кандидат біологічних наук, заступник директора з наукової роботи Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції

О. С. ГАВРИЛЮК¹, доктор філософії (PhD), асистент

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України

E-mail: o.havryliuk@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.006)

Анотація. Органічне виробництво набуває все більшої популярності, завдяки зростанню попиту на екологічно безпечну органічну продукцію. Але для вирощування високих та сталих врожаїв органічної продукції важливо застосовувати біологічні препарати. Біопрепарати характеризуються різними механізмами дії, які направлені на підвищення доступності та засвоєння елементів живлення, покращенні фізіологічних процесів, стимуляції росту та розвитку рослин, а також захист культур від хвороб та шкідників. Щоб оптимізувати технологію вирощування та коректно підібрати комплекс біопрепаратів, необхідно проводити дослідження, які демонструватимуть результати впливу біопрепарату на рослину на різних стадіях розвитку. Таким чином метою роботи було встановити комплексний вплив біологічних препаратів різної функціональності залежно від способів їх внесення на показники індукції флуоресценції хлорофілу у листках картоплі за органічної технології вирощування. Дослідження були закладені на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції НААН України. У двохфакторному досліді вивчали дію деструктора Екостерн у дозі 1,2 л/га та біопрепаратів Мікохелл, Агат, Регоплант, Фітохелл і Стимпо. Вимірювання показників індукції флуоресценції хлорофілу проводилися за допомогою портативного флуориметра «Флора-тест», що забезпечує експрес-діагностику стану рослин на ранніх стадіях їх розвитку. Комплексне застосування біодеструктора з біопрепаратами зумовило покращення проходження фотосинтетичних процесів. Встановлено зростання показників F_{max} , F_v , F_v/F_{max} , $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$ відносно контролю. Відмічено найкращі результати щодо показника продуктивності фотосинтезу (F_v/F_{max}) від внесення біодеструктора Екостерн (1,2 л/га) в комплексі з внесенням в ґрунт Мікохелл 2,0 л/га та фоліарно Фітохелл – 1,0 л/га.

Ключові слова: біопрепарати, картопля, органічна технологія, індукція флуоресценції хлорофілу

Актуальність. Світовим трендом останнього десятиліття є активний розвиток органічного виробництва, що ґрунтується на принципах збереження природних ресурсів, відтворення ґрунтів, створення умов для формування екологічно стійких агроecosистем та отримання якісної продукції рослинництва [11].

Для досягнення ефективності і екологічної безпечності органічної технології вирощування стрімко впроваджуються інноваційні біологічні препарати, які сприяють відтворенню родючості ґрунтів та отриманню якісної продукції рослинництва [4]. За механізмом дії та їх складом такі препарати поділяють на певні групи: мікробні препарати для оптимізації живлення культурних рослин, стимулятори ростових процесів, біофунгіциди, біоінсектициди та ін. [6]. Біопрепарати на основі мікроорганізмів покращують мінеральне живлення рослини, прискорюють вегетаційний і генеративний розвиток рослини, стримують розвиток фітопатогенів, підвищують імунітет інокульованих рослин до збудників хвороб, а також відіграють роль антистресантів [5].

Від правильного вибору біопрепаратів і систематизованого їх комплексного застосування залежить

ефективність проходження фізіологічних процесів та отримання майбутнього врожаю. Вагомим регулюючим чинником фізіологічних процесів у рослин є біопрепарати, тому необхідна вчасна діагностика стану фотосинтетичного апарату.

Одним із сучасних та інформативних методів визначення впливу різних факторів на фізіологічний стан сільськогосподарських культур є застосування експресного методу індукції флуоресценції хлорофілу [13, 22, 23]. Оскільки біохімічні реакції зумовлюють фотосинтез та флуоресценцію хлорофілу і є основними каналами перетворення синтезованої енергії через поглинання світлової енергії і передавання її до реакційних центрів фотосинтезу, оперативна діагностика фізіологічного стану рослин дає можливість отримати важливу інформацію про стан фотосинтетичного апарату рослин, який впливатиме на майбутню врожайність культури [2, 3].

Таким чином **метою досліджень** було встановити комплексний вплив біологічних препаратів різної функціональності залежно від способів їх внесення на показники ІФХ картоплі за органічної технології вирощування.

Матеріали і методи досліджень.

Дослідження проводились у 2021–2023 рр. у досліді, який закладено в умовах Західного Полісся на Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту картоплярства НААН України на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Сорт картоплі – Партнер. Це середньоранній сорт столового

призначення української селекції, у якого вегетаційний період складає 107 днів. Досліди закладені в короткоротаційній сівоzmіні вико-вівсяна суміш – гірчиця біла на сидерат – картопля. Попередник картоплі гірчиця біла на сидерат.

Польові дослідження проводили у двохфакторному стаціонарному польовому досліді за органічної технології вирощування картоплі.

1. Схема досліду

Фактор А	Фактор Б:
1. Без біодеструктора (контроль)	1. Без внесення біопрепарату (контроль);
	2. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Агат 25К – 100 мл/га;
	3. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Регоплант – 50 мл/га
	4. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Фітохелп – 1,0 л/га
	5. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Стимпо – 15 мл/га.
2. Біодеструктор Екостерн (1,2 л/га).	1. Без внесення біопрепарату (контроль);
	2. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Агат 25К – 100 мл/га;
	3. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Регоплант – 50 мл/га
	4. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Фітохелп – 1,0 л/га
	5. Внесення в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га + фоліарно Стимпо – 15 мл/га.

Біодеструктор вносили по сидерату (гірчиця біла) з наступною його заробкою у ґрунт. Фоліарне застосування біопрепаратів під час вегетації рослин картоплі було 3-разове.

Всі препарати використані в досліді дозволені в органічному землеробстві.

Екостерн® класичний – це концентрований препарат, який призначений для розкладання післяжнивних решток сільськогосподарських культур, оздоровлення ґрунту та попередження його деградації. До

складу входять мікроорганізми: *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, гриби *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*. Загальне число життєздатних клітин в препараті $2,5 \times 10^9$ КУО/см³ [7].

Мікохелп® біофунгіцид – багатофункціональний, багатокомпонентний мікробний препарат призначений для: лікування та профілактики грибкових захворювань. Його застосовують для: обробки ґрунту; передпосівної обробки насіння; обробки розсади овочевих культур перед

висаджуванням в ґрунт; кореневе та позакореневе підживлення рослин. В наших дослідженнях Мікохелп вносили в ґрунт під культивуацію перед висадкою картоплі. Склад препарату: сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів.

Загальне число життєздатних клітин не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³ [12].

Фітохелп® біофунгіцид – біопрепарат із антимікробною та рістстимулюючою дією. Призначений для захисту сільськогосподарських культур від широкого спектру збудників бактеріальних та грибних хвороб. Його застосовують для передпосівної обробки насіння, обробки розсади овочевих культур перед висаджуванням, обприскування в період вегетації. До складу препарату включено: концентрат бактерій роду *Bacillus* найбільш активних проти грибкових та бактеріальних хвороб, титр не менше ніж 4×10^9 КУО/см³ [17].

Препарат *Агат* - 25К є біофунгіцидом і стимулятором росту. Створений на основі ґрунтових бактерій *Pseudomonas aureofaciens* Н-16 та продуктів їх життєдіяльності збагачені природними індукторами імунітету рослин. Препарат імунізує рослину шляхом формування

неспецифічної системної стійкості до збудників хвороб та до ряду несприятливих факторів оточуючого середовища, таких як засуха, низькі і високі температури. Препарат володіє також безпосередніми фунгіцидними діями проти патогенів, активізує ростові процеси у рослин, сприяє покращенню їх мінерального живлення. Склад препарату: культуральна речовина інактивованих бактерій (титр $5-8 \times 10^{10}$ до інактивації), біоактивні речовини з проростків рослин, збалансований набір стартових доз основних мікро-та макроелементів, флавоноїдні речовини та активні фракції хвойного екстракту [18]

Регоплант – біостимулятор рослин в основу якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів із кореневої системи женьшеню і аверсектинів. Препарат широкого спектру дії, застосовується для передпосівної обробки насіння, обробки рослин в період вегетації, використовується в промисловому вирощуванні грибів, овочевих та ягідних культур, лісівництві та біотехнологіях. До його складу входить: комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 0,3 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової

Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.

природи), комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-натилуксусної кислоти – 1 мг/л, Аверсектин С [14].

Стимпо є біостимулятор рослин в основу якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів із кореневої системи женьшеню і аверсектинів. Препарат широкого спектру дії, застосовується передпосівної обробки насіння, обробці рослин в період вегетації, застосовується в промисловому вирощуванні грибів, овочевих та ягідних культур, лісівництві та біотехнологіях. В препараті міститься: комплекс біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів - 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової

природи), комплекс біогенних мікроелементів - 0,014 г/л, Аверсектин С [16].

Вивчення функціональних характеристик фотосинтетичного апарату рослин картоплі за впливу на них біопрепаратів здійснювали згідно методу індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) [21, 20]. Параметри індукції флуоресценції хлорофілу визначали в польових умовах (*in vivo*) за допомогою портативного хронофлуорометра «Флоратест» (Рис 1.), розробленого державним науково-інженерним центром мікроелектроніки Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова, не порушуючи цілісності досліджуваних рослин. Даний прилад реєструє «криву Каутського» (індукційні зміни флуоресценції), форма якої повністю віддзеркалює перебіг процесів фотосинтезу в хлоропластах листків [1, 2].



Рис. 1. Хронофлуорометр- Флоратест

Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу здійснювали на рослинах картоплі у фазі цвітіння на сформованих листках верхнього ярусу у 3-ох разовій повторюваності з попередньою темною адаптацією. Листки картоплі розташовували між пластинами сенсору та впродовж 4 хвилин реєстрували зміни флуоресценції хлорофілу з відповідним відображенням графіку отриманих даних. Для оцінки стану фотосинтетичного апарату використовують комплекс параметрів, серед яких основними є: F_0 - “фоновий” рівень флуоресценції, F_{max} - максимальне значення флуоресценції, F_{st} - стаціонарний рівень флуоресценції, $F_v = F_{max} - F_0$ - варіабельна флуоресценція, F_v / F_{max} - показник, який залежить від ефективності фотохімічних реакцій фотосистеми 2 (ФС 2), $(F_{max} - F_{st}) / F_{st}$ - величина гасіння флуоресценції [1, 9, 15].

Статистичну обробку проводили в Microsoft Excel у поєднанні з XLSTAT.

Результати дослідження. Згідно результатів аналізу кривих Каутського листків картоплі сорту Партнер за комплексного впливу біопрепаратів було визначено ряд показників ІФХ та коефіцієнтів, які дають змогу оцінити вплив препаратів на стан рослин та надати детальний аналіз показників, які характеризують перебіг світлових фаз

фотосинтезу і ефективність фотохімічних процесів для темнових фаз засвоєння енергії світла [8].

Показник фонові флуоресценції (F_0) – характеризує кількість неактивного хлорофілу, який не має функціонального зв'язку з реакційними центрами, тобто виступає початковим рівнем ІФХ. Він залежить від втрат енергії збудження під час міграції пігментною матрицею. Застосування біодеструктора в органічній технології вирощування стимулювало зростання показника F_0 у рослин картоплі, такі дані можна пояснити структурною зміною пігментного комплексу рослин за дії біодеструктора Екостерн класичний (табл. 2).

Встановлено значне зростання показника максимального значення флуоресценції хлорофілу (F_{max}) у листках картоплі за застосування біодеструктора. В контрольному значенні без внесення біодеструктора та біопрепаратів даний показник становив 1394,33 у.о., тоді як з внесенням біодеструктора він зріс до 1786,67 у.о. (Рис. 2). В середньому в листках рослин за комплексного внесення біопрепаратів та деструктора F_{max} перевищувало значення показника у варіантах з біопрепаратами без деструктора на 29%. Такі дані свідчать про адаптивні зміни у структурі пігментного комплексу за дії біопрепаратів.

2. Зміна параметрів індукції флуоресценції хлорофілу листків картоплі за комплексний вплив біологічних добрив (польовий дослід, 2021–2023рр., n=3)

Фактор А	Фактор Б	Показники ІФХ, у.о.					
		F_0	F_{max}	F_{st}	$(F_{max}-F_{st})/F_{st}$	F_v	F_v/F_{max}
Без біодеструктора	1. Без біопрепаратів (контроль)	669,00	1394,33	1207,67	0,15	725,33	0,52
	2. Мікохелп + Агат 25К	645,00	1377,00	1109,00	0,24	732,00	0,53
	3. Мікохелп + Регоплант	832,00	1720,00	1424,00	0,21	888,00	0,52
	4. Мікохелп + Фітохелп	521,33	1296,00	1114,67	0,16	774,67	0,60
	5. Мікохелп + Стимпо	561,67	1472,00	1168,00	0,26	910,33	0,62
Біодеструктор Екостерн 1,2 л/га	1. Без біопрепаратів (контроль)	821,33	1786,67	1514,67	0,18	965,33	0,54
	2 Мікохелп + Агат 25 К	883,00	1859,00	1656,33	0,12	976,00	0,53
	3. Мікохелп + Регоплант	564,67	1492,67	1116,67	0,34	928,00	0,62
	4. Мікохелп + Фітохелп	568,33	1736,33	1290,33	0,35	1168,00	0,67
	5. Мікохелп + Стимпо	928,67	2480,67	2055,33	0,21	1552,00	0,63

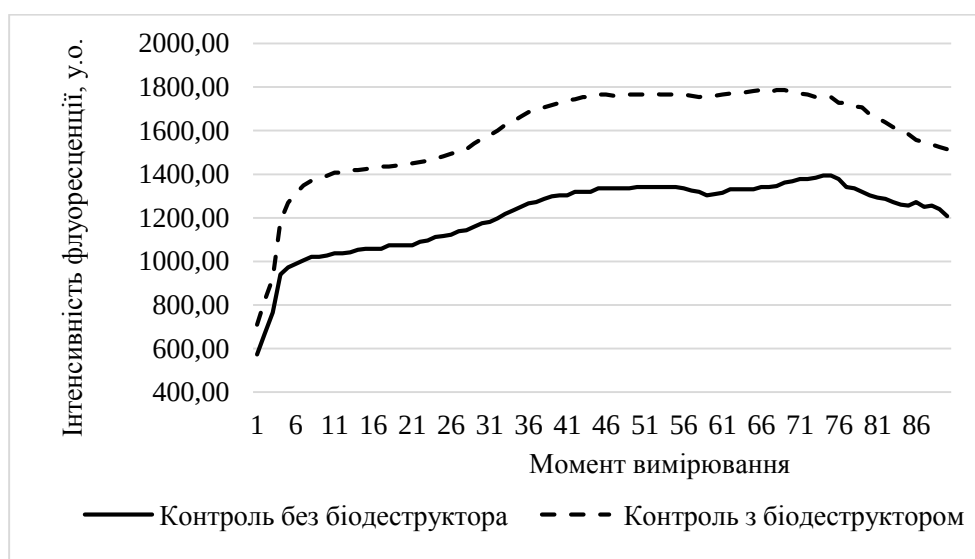


Рис. 2. Індукційні криві флуоресценції хлорофілу рослин картоплі за дії біодеструктора Екостерн класичний

Для оцінювання індукції флуоресценції хлорофілоносних тканин використовують розрахунковий параметр F_v – змінну флуоресценції хлорофілу, що виражається як різниця показника найвищого рівня флуоресценції і фонові флуоресценції ($F_{\max}-F_0$), інформуючи про величину амплітуди змін кривої Каутського [10]. Виявлено, зростання даного показника за комплексного внесення біопрепаратів та біодеструктора Екостерн класичний, даний показник у середньому зріс на 59% порівняно з контролем без застосування біопрепаратів та деструктора, такі дані свідчать про позитивний вплив біопрепаратів та біодеструктора відносно функціонування фотосинтетичного апарату рослин картоплі.

Показники $F_v/F_{\max}$ залежать від ефективності фотохімічних реакцій ФС 2 [1]. Цей коефіцієнт у темно-адаптованих рослин відображує потенційну квантову ефективність ФС 2, що використовують як

індикатор продуктивності фотосинтезу, оптимальне значення якого для більшості видів рослин, за умов насичуючої інтенсивності збуджуючого світла, не перевищує значення 0,83 [19]. У рослин картоплі він знаходився в межах 0,52–0,67 у.о., що говорить про відповідність оптимальним значенням (Рис. 3). За даними досліджень показник $F_v/F_{\max}$ зростав за дії біопрепаратів, що демонструє стимулюючий ефект щодо продуктивності фотосинтезу у рослин картоплі. Відмічено, значне зростання даного показника за застосування деструктора Екостерн в комплексі з біопрепаратами порівняно з біопрепаратами без деструктора. Найвищий рівень $F_v/F_{\max}$ – 0,67 у.о. продуктивності фотосинтезу відмічено за комплексного застосування біодеструктора Екостерн+Мікохелп+Фітохелп, тоді як у контрольному варіанті без біопрепаратів та деструктора він становив 0,52 у.о.

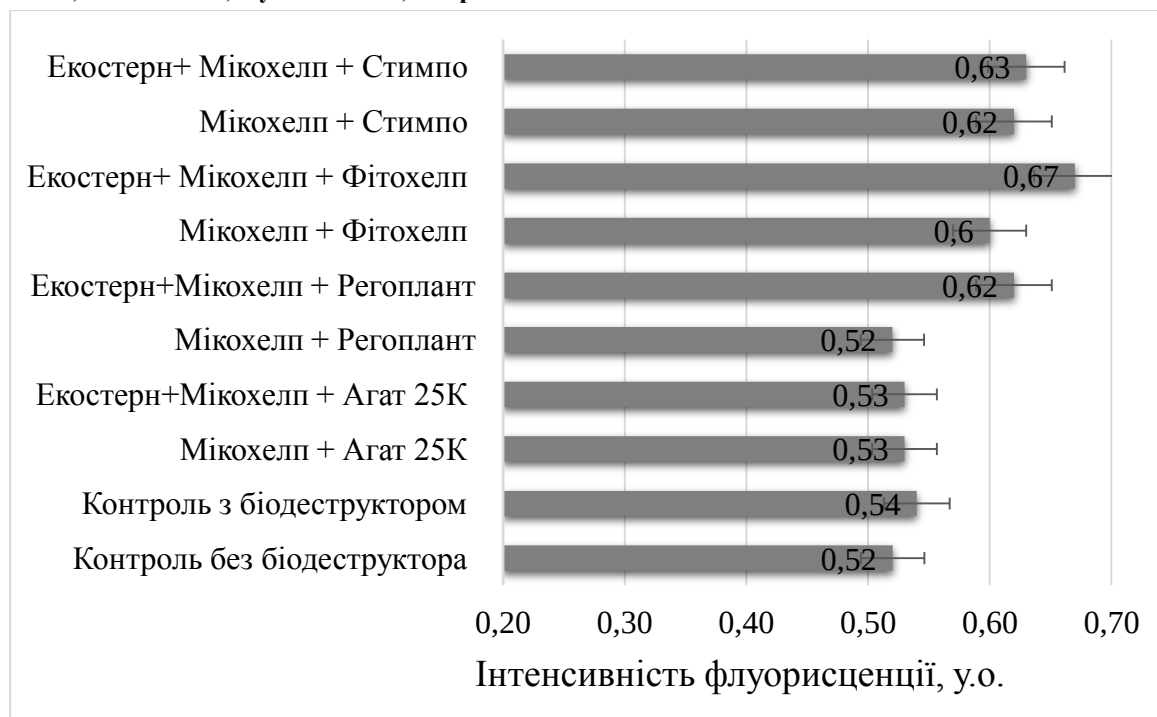


Рис. 3. Оцінка впливу біопрепаратів на показник F_v/F_{max} у листках рослин картоплі (польовий дослід, 2021–2023рр., $n=3$)

Ефективність фотохімічного перетворення енергії в ФС 2 розраховували за формулою $(F_{max}-F_{st})/F_{st}$, яка характеризує швидкість лінійного транспорту електронів і є інтегрованим показником процесу фотосинтезу [2]. Цей показник у досліджуваних рослин змінювався від 0,12 до 0,35 у.о., зростання показника було відмічена за застосування біопрепаратів Екостерн+ Мікохелп + Регоплант – 0,34 у.о., Екостерн+Мікохелп + Фітохелп 0,35 у.о., тоді як у контрольному варіанті без внесення біопрепаратів він становив – 0,15 у.о.

Список використаних джерел

1. Брайон, О. В., Корнєєв, Д. Ю., Снегур, О. О., Китаєв, О. І. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу. Методичні вказівки для студентів

Висновки і перспективи. Отже комплексне застосування біодеструктора з біопрепаратами зумовило покращення проходження фотосинтетичних процесів. Встановлено зростання показників F_{max} , F_v , F_v/F_{max} , $(F_{max}-F_{st})/F_{st}$ відносно контролю. Відмічено найкращі результати щодо показника продуктивності фотосинтезу (F_v/F_{max}) від внесення біодеструктор Екостерн (1,2 л/га) в комплексі з внесенням в ґрунт Мікохелп 2,0 л/га та фоліарно Фітохелп – 1,0 л/га.

біологічного факультету. Київ. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2000. 15 с.

2. Гаврилюк, О., Кондратенко, Т., & Китаєв, О. Діагностика функціонального стану рослин колоноподібних сортів яблуні. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019,

Хоменко Т. О., Тонха О. Л., Пузняк О. М., Гаврилюк О. С.

10(2). 70–80.

doi.org/10.31548/agr2019.02.070

3. Гаврилюк, О., & Кондратенко, Т. (2020). Структурно-функціональний стан колоноподібних сортів яблуні в умовах Київщини. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. 9(2) (84).

<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>

4. Гончар, А. М., Патики, М. В. Вплив бактерій *Bacillus subtilis* на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. Вип. 36. С. 28–35. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>

5. Дегодюк, С. Е., Дегодюк, Е. Г., Проненко, М. М., Ігнатенко, Ю. О., Пипчук, Н. М., Мулярчук, А. О. Ефективність застосування відновлюваних місцевих ресурсів за органічного землеробства: науково-методичні рекомендації. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 48 с.

6. Домарацький, Є. О., Домарацький, О. О., Козлова О. П. Стимулятори росту та комбіновані препарати біологічного походження як невід'ємний елемент екологізації технології вирощування технічних культур. Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 7–8 лютого 2019 р. Дніпро. 2019. С. 202–206.

7. Екостерн класичний – деструктор стерні. БТУ-Центр : веб сайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-odestruktori/ekostern/>

8. Ковалишина, І. Б., Пінчук, А. П., Таран, М. В., Швець, Р. Л. Індукція флуоресценції хлорофілу листків у представників роду *Clematis* L. в умовах Києва. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016. Вип. 238. С. 176–184.

9. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофила. Київ. Альтерпрес, 2002. 188 с.

10. Корсун, С. Г., Груша, В. В., Довбаш, Н. І. Індукція флуоресценції хлорофілу в листках кукурудзи за умов забруднення важкими металами. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 2. С. 36–

41. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_m eta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=agrog_2015_2_8

11. Мельничук, Д. А., Гурська, Л. Л. Сучасні реалії розвитку органічного виробництва в Україні. *Органічне агровиробництво: освіта і наука : збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції, 25 жовтня 2022 р.*, Науково-методичний центр ВФПО. Київ. 2022. 168 с.

12. Мікохелп біофунгіцид. БТУ-Центр : веб сайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/mikokhelp/>

13. Патики, М. В., Груша, В. В., Гордієнко, Т. І. Моніторинг ростових процесів рослин в агрофітоценозах експрес – методом індукції флуоресценції хлорофілу. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. 2014. Вип. 3. С. 49 – 55.

14. Регоплант. Агробіотех : веб сайт. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/regoplant>

15. Спосіб визначення фізіологічного стану рослин методом індукції флуоресценції хлорофілу. Деклараційний патент України на корисну модель МПК А01Н 4/00 / В. О. Шерер, Є. В. Сарахан. – № u200612341; заявл. 24. 11. 2006; опубл. 25. 07. 2007, Бюл. № 11.

16. Стимпо. Агробіотех : веб сайт. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo>

17. Фітохелп біофунгіцид. БТУ-Центр : веб сайт. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tsidi/fitokhelp/>

18. Шевчук, М. И., Кичук, С. В., Коломеець В.О. Агат – 25 К – біофунгіцид нового покоління. *Пропозиція*. 2003. №3. С. 70–71.

19. Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N. R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1989. Vol. 990, Issue 1. P. 87–92.

[https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9)

20. Kytaiev, O. I., Skryaga, V. A., Matvienko, N. V., Dolid, A. V. Assessment of compatibility of pear variety-rootstock combinations. *Mater. Int. Symposium "Modern Agriculture – Achievements and Prospects."* 2008. 21–23.

21. Kytaiev, O., Klochan, P., Romanov, V. Proceedings of conference reports on the integrated program of fundamental researches of NAS of Ukraine in the field of sensor systems and technologies (2-3 February 2005, Kyiv). Kyiv. 2005. 59 p.

22. Maxwell, K., Johnson, G.N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany.* 2000. 51(345). 659–668.

<https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>

23. Vasylenko, O., Kondratenko, T., Havryliuk, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., Dmytrenko, Y., Grevtseva, N. & Marchyshyna, Y. The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.* 2021. 15, 639–647. DOI: <https://doi.org/10.5219/1638>

References

1. Braion, O.V., Korneev, D.Y, Snegur, O.O., Kytaiev, O.I. (2000). Instrumentalne vyvchennia fotosyntetychnoho aparatu za dopomohoiu induktsii fluorestsentsii khlorofilu. *Metodychni vказivky dlia studentiv biolohichnoho fakultetu [Instrumental study of the photosynthetic apparatus using chlorophyll fluorescence induction. Methodical instructions for students of biological faculty].* Ukraine: Kyiv University Publishing and Printing Center, 15 pp.

2. Havryliuk, O.S., Kondratenko, T.E. Kytaiev, O. I. (2019). Diahnostyka funktsionalnoho stanu roslyn kolonopodibnykh sortiv yabluni [Diagnostics of the functional state of plants of colonial varieties of apple]. *Plant and Soil Science*, 10(2), 70–80. <http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.070>

3. Havryliuk, O.S. & Kondratenko T.E. (2020). Strukturno-funktsionalnyĭ stan kolonopodibnykh sortiv yabluni v umovakh Kyivshchyny [The intensity of photosynthesis of the surface of columnar apple-tree in the conditions of Kyiv]. *Scientific reports of*

NULES of Ukraine, 2(84). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>

4. Honchar, A. M., Patyka, M. V. (2022). Vplyv bakterii *Bacillus subtilis* na stan i aktyvnist fotosyntetychnoho aparatu roslyn pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) [The impact of *Bacillus subtilis* bacteria on the condition and activity of the photosynthetic apparatus of winter wheat plants (*Triticum aestivum* L.)]. *Silskohospodarska mikrobiologiya*, 36, P. 28–35. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>

5. Dehodiuk, S. E., Dehodiuk, E. H., Pronenko, M. M., Ihnatenko, Yu. O., Pypchuk, N. M., Muliarchuk, A. O. (2020). Efektyvnist zastosuvannya vidnovliuvanykh mistsevykh resursiv za orhanichnoho zemlerobstva: nauko-metodychni rekomendatsii [Efficiency of using renewable local resources for organic farming: scientific and methodological recommendations]. Vinnytsia: TOV «TVORY». 48 p.

6. Domaratskyi, Ye. O., Domaratskyi, O. O., Kozlova O. P. (2019). Stymuliatory rostu ta kombinovani preparaty biolohichnoho pokhodzhennia yak nevidiemnyi element ekolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannya tekhnichnykh kultur [Biological growth stimulators and combined preparations of biological origin as an integral element of eco-friendly technology for cultivating industrial crops]. The current trend in science: abstracts of the V International Scientific and Practical Internet Conference. Dnipro. P. 202–206.

7. Classic EcoStern – Stern destructor. BTU-Center. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnistvo/b-odestruktori/ekostern/>

8. Kovalyshyna, I. B., Pinchuk, A. P., Taran, M. V., Shvets, R. L. (2016). Induktsiia fluorestsentsii khlorofilu lystkiv u predstavnykh rodu *Clematis* L. v umovakh Kyieva [Fluorescence Induction of Chlorophyll in Leaves of *Clematis* L. Genus Representatives under the Conditions of Kiev]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and Ornamental Horticulture*, 238, P. 176–184.

9. Korneev, D. (2002). Information possibilities of the method of chlorophyll fluorescence induction. 188 p.
10. Korsun, S. H., Hrusha, V. V., Dovbash, N. I. (2015). Induktsiia fluorestsentsii khlorofilu v lystkakh kukurudzy za umov zabrudnennia vazhkymy metalamy [Fluorescence induction of chlorophyll in corn leaves under conditions of heavy metal contamination]. *Ahroekologichnyi zhurnal*, № 2. P. 36–41. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LIN&K&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_m eta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21 STR=agrog_2015_2_8
11. Melnychuk, D. A., Hurska, L. L. (2022). Suchasni realii rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Current Realities of Organic Production Development in Ukraine]. Organic Agriculture: Education and Science: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Kyiv. 168 p.
12. Mycohelb biofungicide. BTU-Center URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tside/mikohelb/>
13. Patyka, M. V., Hrusha, V. V., Hordiienko, T. I. (2014). Monitorynh rostovykh protsesiv roslyn v ahrofitotsenozakh ekspres – metodom induktsii fluorestsentsii khlorofilu [Monitoring of plant growth processes in agrophytocenoses using the express method of chlorophyll fluorescence induction]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. Kyiv. 3, P. 49–55.
14. Regoplant. Agrobiotech. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/regoplant>
15. Method for determining the physiological state of plants using the chlorophyll fluorescence induction method [Sposib vyznachennia fiziologichnoho stanu roslyn metodom induktsii fluorestsentsii khlorofilu] Utility model declaration patent of Ukraine IPC A01N 4/00 / V. O. Sherer, Ye. V. Sarakhan. – No. u200612341; filed on 24.11.2006; published on 25.07.2007, Bulletin No. 11.
16. Stimp. Agrobiotech. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimp>
17. Phytohelp biofungicide. BTU-Center URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-ofung-tside/fitokhelp/>
18. Shevchuk, M. Y., Kychuk, S. V., Kolomeets V. O. (2003). Ahat – 25 K – biofunhitsyd novoho pokolinnia [Agat-25K is a next-generation biofungicide]. *Propozytsiia*, №3, P. 70–71.
19. Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N. R. (1989). The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol. 990, Issue 1. P. 87–92. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9)
20. Kytaiev, O.I., Skryaga, V.A., Matvienko, N.V., & Dolid, A.V. (2008). Assessment of compatibility of pear variety-rootstock combinations. *Mater. Int. Symposium “Modern Agriculture – Achievements and Prospects*, 21–23.
21. Kytaiev, O., Klochan, P., Romanov, V. (2005). Proceedings of conference reports on the integrated program of fundamental researches of NAS of Ukraine in the field of sensor systems and technologies (2–3 February 2005, Kyiv). Kyiv, 59 pp.
22. Maxwell, K., & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*, 51(345), 659–668. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
23. Vasylenko, O., Kondratenko, T., Havryliuk, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., Dmytrenko, Y., Grevtseva, N., & Marchyshyna, Y. (2021). The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 639–647. <https://doi.org/10.5219/1638>

ASSESSMENT OF THE COMPLEX INFLUENCE OF BIOPREPARATIONS ON THE PROCESS OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE INDUCTION IN POTATO LEAVES BY ORGANIC CULTIVATION TECHNOLOGY

T. O. Khomenko, O. L. Tonkha, O. M. Puzniak, O. S. Havryliuk

Abstract. *Organic farming is gaining increasing popularity due to growing demand for environmentally friendly organic produce. However, to cultivate high and sustainable yields of organic products, it is important to use biological preparations. Biological preparations have different mechanisms of action aimed at improving nutrient availability and absorption, enhancing physiological processes, stimulating plant growth and development, as well as protecting crops from diseases and pests. To optimize the cultivation technology and select the right combination of biological preparations, research is necessary to demonstrate the impact of these preparations on plants at different stages of development. The aim of this study was to determine the comprehensive effect of biological preparations with different functionalities depending on the methods of application on the induction of chlorophyll fluorescence in potato leaves under organic cultivation technology. The research was conducted at the Volyn State Agricultural Research Station of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.*

In a two-factor study, the effects of the EcoStern destructor at a dose of 1.2 liters/hectare and the biological preparations Mikohelp, Agat, Regoplant, Fitohelp, and Stimp were investigated. Measurements of chlorophyll fluorescence induction parameters were carried out using the portable fluorometer "Flora-test," which provides express diagnostics of the plant's condition at early stages of its development.

The comprehensive application of the biodestructor with biological preparations resulted in the improvement of photosynthetic processes. An increase in the parameters F_{max} , F_v , F_v/F_{max} , $(F_{max} - F_{st})/F_{st}$ relative to the control was established. The best results in terms of photosynthesis productivity (F_v/F_{max}) were observed with the application of the biodestructor EcoStern (1.2 liters/hectare) in combination with the application of Mikohelp in the soil at 2.0 liters/hectare and foliar application of Fitohelp at 1.0 liter/hectare.

Keywords. *biological preparations, potatoes, organic technology, chlorophyll fluorescence induction*