

УДК 574.24: 632:635.21

© 2019

## РЕГУЛЯЦІЯ ФІТОПАТОГЕННОГО ФОНУ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ В АГРОЦЕНОЗАХ КАРТОПЛІ ТА В УМОВАХ ЇЇ ЗБЕРІГАННЯ

В.В. Бородай<sup>1</sup>, А.І. Парфенюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат біологічних наук

<sup>2</sup>доктор біологічних наук

Інститут агроєкології та природокористування НААН

вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

e-mail: <sup>1</sup>veraboro@gmail.com, <sup>2</sup>vereskipar@ukr.net

Надійшла 23.07.2019

**Мета.** З'ясувати роль біопрепарату Планриз та його композицій із біопрепаратами Діазофіт і Фосфоентерин у регуляції фітопатогенного фону в агроценозах картоплі та в умовах її зберігання. **Методи.** Польові, лабораторні (мікробіологічні, біохімічні, фітопатологічні), математичної статистики. **Результати.** Наведено результати досліджень впливу біопрепарату Планриз на основі рістстимулювальних бактерій *Pseudomonas fluorescens* AP-33 разом із Діазофітом (азотофіксувальні бактерії *Agrobacterium radiobacter* 204) і Фосфоентерином (фосфатмобілізувальні бактерії *Enterobacter nimipressuralis* 32-3) на регуляцію фітопатогенного фону мікроорганізмів мікологічної та бактеріальної етіологій в агроценозах картоплі та під час її зберігання. Доведено, що зазначені біопрепарати є важливим біотичним чинником у регуляції фітопатогенного фону за вирощування та зберігання картоплі. Вони зумовлюють індуковану стійкість рослин картоплі до збудників хвороб, підвищення виходу стандартної частини картоплі, істотне зменшення захворюваності бульб під час зберігання. Установлено, що поєднане застосування біопрепарату Планриз та фунгіциду Ридоміл Голд зумовлює ефективний контроль фітопатогенної мікробіоти в агроценозах картоплі. **Висновки.** Біопрепарати Планриз, Діазофіт і Фосфоентерин (на основі бактерій із різною поліфункціональною дією *P. fluorescens* AP-33, *A. radiobacter* 204 та *E. nimipressuralis* 32-3 відповідно) характеризуються високою ефективністю у регуляції фітопатогенної мікробіоти як в агроценозах картоплі в умовах Заходу України і під час зберігання бульб, що сприяє зниженню рівня біологічного забруднення агроєкосистем, потенційних біоекологічних ризиків в агроєкосистемах та підвищенню якості посадкового матеріалу картоплі.

**Ключові слова:** фітопатогенна мікробіота, біологічне забруднення, вегетативний період, сорти картоплі, біопрепарати, біоекологічні ризики.

DOI: <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk2019011-06>

Продовольча безпека України пов'язана з підвищенням продуктивності та якості сільськогосподарських культур, зокрема й картоплі, але значною мірою лімітується

розвитком комплексу хвороб, серед яких дуже шкочинними є фузаріозна й альтернативна гнилі картоплі, що спричиняються різними видами токсинотвірних грибів родів

*Fusarium* і *Alternaria*. Посилення розвитку хвороб рослин картоплі впродовж вегетації та зберігання бульб зумовлено високою адаптивною здатністю, метаболічною активністю, філогенетичними особливостями, органотропною спеціалізацією, здатністю переходити до сапротрофного способу живлення та формуванням високостійких до зовнішніх факторів фітопатогенних мікроорганізмів [1]. Патологічні процеси, що розвиваються у період вегетації рослин та зберігання бульб картоплі, посилюються за дії змішаних інфекцій, щорічними метеорологічними флуктуаціями тощо [2]. Зазначені чинники зумовлюють виникнення потенційних біоекологічних ризиків в агро-екосистемах. Одним із напрямів зниження біологічного забруднення та підвищення екологічної безпеки агроценозів є застосування мікробних препаратів, створених на основі агрономічно цінних бактерій. Зазначені бактерії стимулюють ріст і підвищують продуктивність рослин завдяки асиміляції елементів живлення та біологічно активних речовин, а також індукують розвиток системного імунітету рослин [3].

Близько 135-ти біопрепаратів у Переліку пестицидів і агрохімікатів дозволено до використання в Україні. У 2018 р. для картоплі рекомендовано 18 біопрепаратів. Серед них лише 4 — для захисту від мікологічних і бактеріальних хвороб: Фітоцид на основі *Bacillus subtilis* (Україна); Псевдобактерин — 2 на основі *Pseudomonas aureofaciens* (Україна); ЕКОпроп — на основі кількох штамів бактерій, мікроміцетів та арбускулярних ендомікоризних грибів (Німеччина, Італія) та Фітолавін на основі фітобактеріоцидину (Естонія). Решту біопрепаратів рекомендовано для підвищення врожайності картоплі [4]. Бактерії роду *Pseudomonas*, які в Україні є основою біопрепарату Планриз, продукують різноманітні вторинні метаболіти антибіотичної природи з фунгіцидною та бактерицидною активністю, широко використовуються у світі для біоконтролю фітопатогенних мікроорганізмів, характеризуються рістстимулювальною дією за рахунок продукування регуляторів росту та інших фізіологічно активних речовин [5–7]. Однак маловивченими залишаються питання дослідження в Україні ефективності застосування бактерій *Pseudomonas fluorescens*, їх

фітоімуностимулювальної дії з метою регуляції фітопатогенної мікробіоти в агроценозах картоплі та підвищення якості посадкового матеріалу.

**Мета досліджень** — з'ясувати роль біопрепарату Планриз та його композицій із біопрепаратами Діазофіт і Фосфоентерин у регуляції фітопатогенного фону в агроценозах картоплі та в умовах її зберігання.

**Матеріали та методи досліджень.** Фунгіцидну та бактерицидну активність біопрепаратів оцінювали методом дифузії в агар [8]. Активність поліфенолоксидази, структурно-функціональні зміни, анатомо-гістологічні дослідження у тканинах картоплі за дії біопрепаратів та ураження патогенами визначали за відомими методиками [9, 10]. Захисну та рістстимулювальну дію біологічних препаратів в агроценозах упродовж вегетації та зберігання продукції досліджували в умовах дослідних полів і сховищ базових господарств Управління фітосанітарної безпеки, Головного управління Держпродспоживслужби у Львівській області та Інституту картоплярства НААН, які за природно-сільськогосподарським районуванням України розташовані в межах провінцій: Поліської Західної, Поліської Правобережної, Лісостепової Західної, Передкарпаття та Карпат. Варіантами експериментів були: контроль — обробка водою; біологічний еталон — бактерії *Bacillus subtilis* (біопрепарат Фітоцид, титр  $1 \times 10^9$  клітин/мл; 2,0 л/га, т); біопрепарат Планриз на основі бактерій *Pseudomonas fluorescens* AP-33 (титр  $2 \times 10^9$  клітин/мл; 2,5 л/га, т); композиція Планризу, Діазофіту, Фосфоентерину (2,5+0,2+0,2 л/га, т), хімічний еталон — Ридоміл Голд, 2,5 л/га, т, або Ровраль Аквафлор, 0,4 л/т; суміш на основі Планризу та хімічного фунгіциду Ридоміл Голд (2,0+2,5 л/га, т). Робочі розчини біопрепаратів готували згідно з рекомендаціями виробника. Досліджували 2 строки садіння картоплі: II декада квітня (1-й строк садіння) та перша половина травня (2-й строк садіння). Біологічну ефективність біопрепаратів досліджували згідно із загальноновизначеними методиками [11]. Вплив біопрепаратів на таксономічну структуру мікробіоти ґрунту в період вегетації картоплі оцінювали за загальноновизначеними методами [13]. Уміст стандартної частини врожаю, загальну ураженість бульб

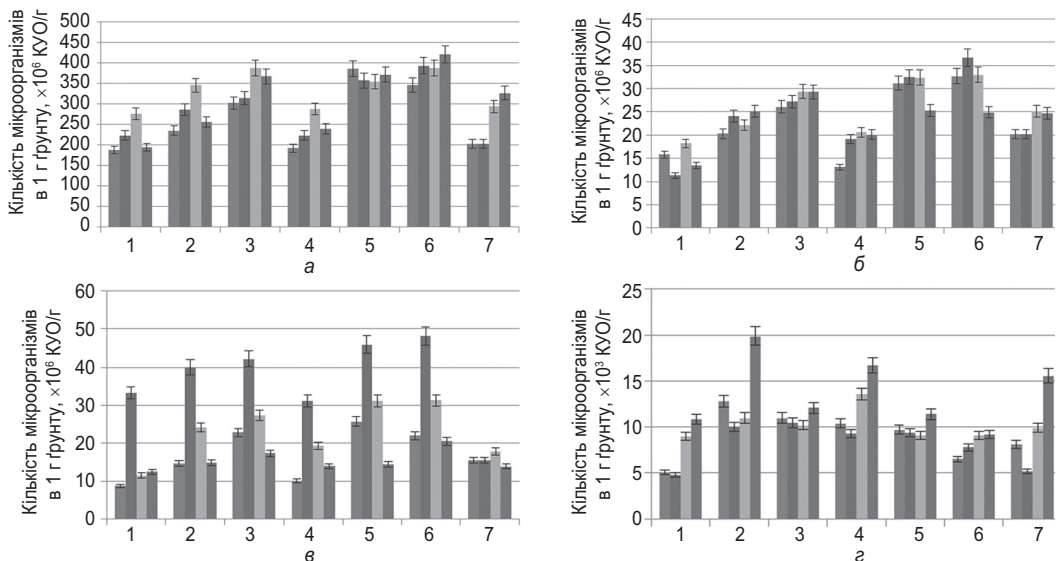
картоплі за дії абіотичних і біотичних чинників визначали згідно з ДСТУ 4013-2001, ДСТУ 4014-2001 та відповідних методик [11]. Статистичну обробку експериментальних даних виконували з використанням програми Microsoft Office® для Microsoft Windows®.

**Результати досліджень.** За ретроспективним аналізом наукової літератури встановлено, що нині в агроценозах картоплі в Україні впродовж вегетації та в післязбиральний період домінують фітопатогенні мікроміцети некротрофного типу живлення, які характеризуються широкою спеціалізацією і здатні істотно знижувати якість та безпечність бульб [14]. Спостерігається посилення резистентності патогенних мікроорганізмів до фунгіцидів різної природи, значно збільшується кількість латентної інфекції у бульбах і ґрунті, з'являються принципово нові типи фітопатогенних консорціумів, що зумовлено, зокрема значним потеплінням клімату [1,2].

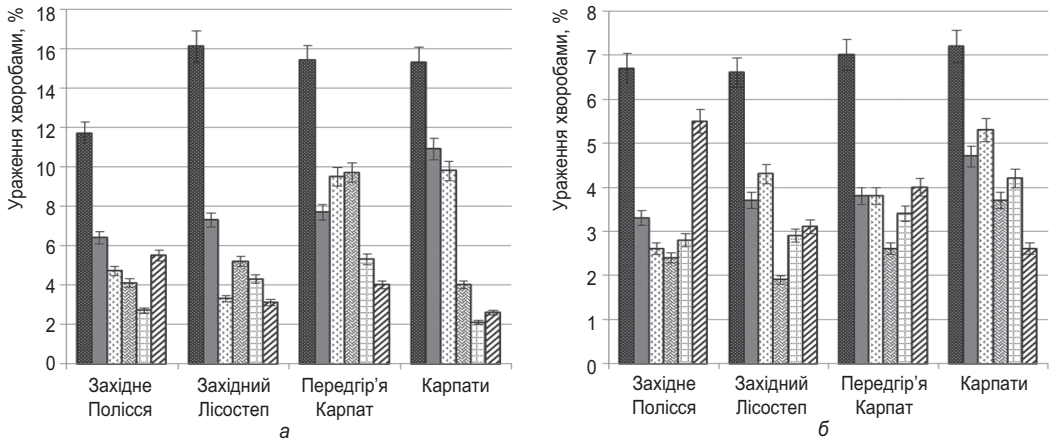
За результатами власних досліджень встановлено, що Планриз характеризується широким спектром антибіотичної дії

щодо різних видів фітопатогенних мікроорганізмів — збудників хвороб картоплі, які належать до родів *Fusarium*, *Alternaria* та *Pectobacterium*, і в 1,2–1,5 раза пригнічує їх ріст (зона пригнічення росту патогенів за дії біопрепарату становила 9,3–11,7 мм). Крім того, під дією біопрепарату Планриз в умовах Поліської Правобережної провінції відзначено істотні зміни кількісного та якісного складів ґрунтової мікробіоти впродовж періоду вегетації рослин картоплі. Установлено збільшення загальної чисельності сапротрофних бактерій у ґрунті з домінуванням бактерій, які належать до родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*. Серед сапротрофних грибів-мікроміцетів домінують представники родів *Penicillium* і *Trichoderma* (рис. 1).

Установлено, що застосування біопрепарату Планриз сприяє зниженню ураженості бульб картоплі збудниками фузаріозу (*F. sambucinum*) і бактеріозу (*P. carotovorum*) у середньому на 32,2–73,6%. Біологічна ефективність біопрепаратів щодо фузаріозу варіює у межах 13,5–31,3% на



**Рис. 1.** Вплив біологічних і хімічних препаратів на чисельність ґрунтових мікроорганізмів у агроценозі картоплі (сорт Лілея, 1 строк садіння), 2009–2011 рр.: а — загальна чисельність бактерій; б — спороутворювальні бактерії; в — актинобактерії; г — мікроміцети; 1 — перед посадкою бульб; у період бутонізації: 2 — контроль (без обробки); 3 — біологічний еталон (Фітоцид); 4 — хімічний еталон (Ридоміл Голд МЦ 68 WG); 5 — Планриз; 6 — Планриз + Діазофіт + Фосфоентерин; 7 — Планриз + Ридоміл Голд МЦ 68 WG; ■ — Західне Полісся; ■ — Західний Лісостеп, ■ — Передгір'я Карпат, ■ — Карпати



**Рис. 2.** Регуляція фітопатогенного фону за використання біопрепаратів (сорт Лілея, 1-й строк садіння), 2009–2012 рр.: а – післязбиральний період; б – наприкінці зберігання; ■ – обробка водою; ■ – Фітоцид, 1 л/га (біол. контроль); ▨ – Ридоміл Голд МЦ 68 WG (хіміч. контроль); ▩ – Планриз, 2 л/га; ▧ – Планриз + Діазофіт + ФМБ (2,0+0,2+0,2 л/га); ▦ – Планриз + Ридоміл Голд МЦ 68 WG, в.г. (2,0+2,5 л/га)

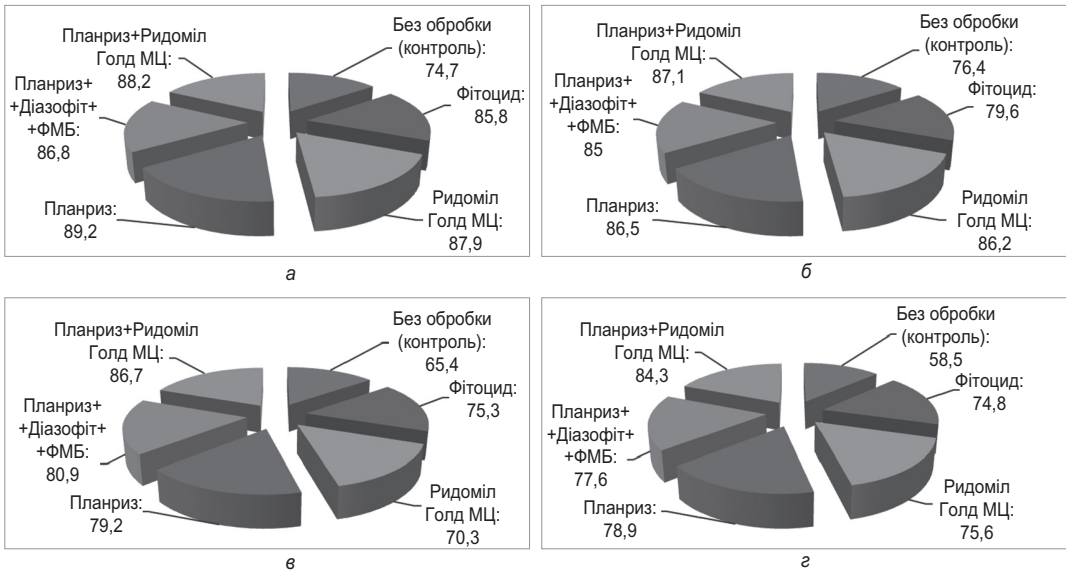
ранньостиглих, середньоранніх і середньостиглих сортах, на середньопізніх — у межах 7,4–27,1%, що не перевищує еталон. Це може бути зумовлено підвищенням активності поліфенолоксидази та окиснювальних процесів за дії Планризу, що сприяє розвитку індукованої стійкості, яка супроводжується потовщенням вторинних клітинних стінок та інтенсивним відкладенням лігніну і суберину в паренхімі. Так, висока активність ферменту за інокуляції бульб збудниками грибною та бактеріальною етіологією на сортах Скарбниця (0,625–0,632 ум. од.) і Оберіг (0,385–0,388 ум. од.) спостерігається із застосуванням біопрепарату Планриз порівняно з контролем (0,312–0,354 та 0,189–0,241 ум. од. відповідно).

Обробка бульб біопрепаратами Планриз, Діазофіт і Фосфоентерин перед садінням, а також рослин у фазі бутонізації і цвітіння істотно знижувала загальне ураження бульб картоплі збудниками хвороб у ґрунтово-кліматичних умовах Західної України (рис. 2). Так, у післязбиральний період цей показник становив 2,1–9,7% порівняно з 11,7–16,1% у контрольному варіанті, а наприкінці зберігання — 1,9–5,5 проти 6,7–7,2% відповідно. Біологічна (технічна) ефективність щодо пригнічення розвитку хвороб картоплі в умовах Західного Лісостепу та Західного Полісся за першим строком садіння

після застосування Планризу становила 42,2–55,0%, а композиції біопрепаратів Планризу, Діазофіту та Фосфоентерину — 51,7–53,1% порівняно з контролем.

Дещо меншою виявилася ефективність біопрепаратів у Передгір'ї Карпат (44,4–46,9%) та Карпатах (45,8–48,6%), що може бути зумовлено кислотністю ґрунтів (рН = 4,1–5,0), зниженням активності азотофіксувальних і фосфатмобілізувальних бактерій, яка значною мірою залежить від едафічних чинників та кліматичних умов. Дерново-буроземно-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти прикарпатської лісової сильно вологої підзони та буроземи опідзолені підзони гірської лісової вологої ультразволоженої Карпатського буроземного регіону з  $ГТК_{v-ix} = 1,8–3,8$  характеризуються слабкою водопроникністю та високою кислотністю [3].

Із застосуванням біопрепаратів Планриз, Діазофіт, Фосфоентерин незалежно від строку садіння підвищувалася якість посадкового матеріалу і частка стандартної частини бульб у 1,2–1,4 раза. В умовах Західного Лісостепу та Західного Полісся частка стандартних бульб картоплі, вирощеної за використання біопрепаратів, варіювала у межах 85–86,8%, в умовах Передгір'я Карпат і Карпат була децю нижчою і становила 77,6–80,9% (рис. 3).



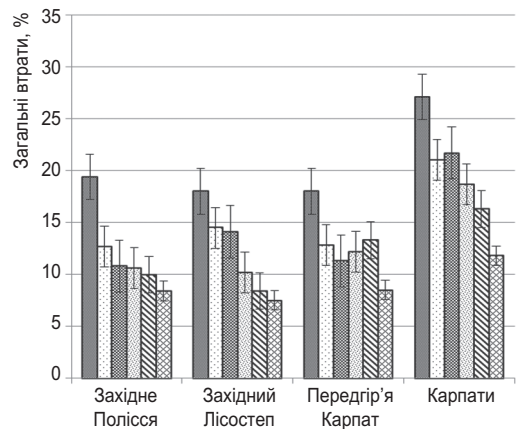
**Рис. 3.** Вплив біологічних препаратів на формування стандартної частини врожаю, %, (сорт Скарбниця, 1-й строк садіння, 2009–2011 рр.): а – Західне Полісся; б – Західний Лісостеп; в – Передгір'я Карпат; г – Карпати

За результатами проведених досліджень, біопрепарати Планриз, Діазофит і Фосфоентерин істотно знижували втрати врожаю під час зберігання картоплі сортів Лілея та Скарбниця, вирощеної за обох строків садіння в різних ґрунтово-кліматичних умовах (рис. 4).

Загальні втрати картоплі сорту Лілея за 1-го строку садіння в усіх досліджуваних зонах (переважно через природні втрати маси картоплі, ураженість бульб і паростків) становили: на контролі — 11,3–27,1%, у варіанті з Планризом, Діазофитом і Фосфоентерином вони істотно зменшувалися — 8,4–16,3%. Найменші втрати бульб зафіксовано у варіанті з використанням Планризів і Ридомілу Голд — 7,5–11,8%. Слід зауважити, що загальні втрати врожаю картоплі були вищі за 2-го терміну садіння, а найвищі — наприкінці зберігання бульб картоплі, вирощеної в умовах Карпат на буроземах опідзолених.

Установлено, що за поєднаного застосування біопрепарату Планриз та фунгіциду Ридоміл Голд в умовах Західного Лісостепу та Полісся загальна ураженість бульб картоплі хворобами в середньому зменшилася в 1,5 раза, у Передгір'ї Карпат — 2,2–2,4,

Карпатах — у 2,5–3,8 раза порівняно з контролем. Це сприяло збільшенню частки стандартної частини бульб картоплі, вирощеної в усіх ґрунтово-кліматичних умовах Львівської області. Крім того, виявлено, що комплексне



**Рис. 4.** Збереженість картоплі сорту Лілея за обробки біопрепаратами (1-й строк садіння), 2009–2012 рр.): ■ – обробка водою; □ – Фітоцид, 1 л/га (біол. контроль); ▨ – Ридоміл Голд МЦ 68 WG (хіміч. контроль); ▩ – Планриз, 2 л/га; ▧ – Планриз + Діазофит + ФМБ (2,0+0,2+0,2 л/га); ▦ – Планриз + Ридоміл Голд МЦ 68 WG, в.г. (2,0+2,5 л/га)



застосування біологічного препарату Планриз із хімічним фунгіцидом Ридоміл Голд МЦ зменшувало кількість фітопатогенів родів *Fusarium* та *Alternaria* в агроценозах картоплі

в середньому в 1,3–2,9 раза незалежно від строку садіння картоплі та ґрунтово-кліматичних умов її вирощування порівняно з використанням лише одного фунгіциду.

## Висновки

Біопрепарати Планриз, Діазофит і Фосфоентерин (на основі бактерій із різною поліфункціональною дією *P. fluorescens* AP-33, *A. radiobacter* 204 та *E. nimipressuralis* 32–3 відповідно) характеризуються високою ефективністю у регуляції фітопатогенної мікробиоти

в агроценозах картоплі в умовах Західної України і під час зберігання бульб, що сприяє зниженню рівня біологічного забруднення агроєкосистем, потенційних біоекологічних ризиків в агроєкосистемах та підвищенню якості посадкового матеріалу картоплі.

**Бородай В.В.<sup>1</sup>, Парфенюк А.И.<sup>2</sup>**

Институт агроэкологии и природопользования НААН, ул. Метрологическая, 12, г. Киев, 03143, Украина; e-mail: <sup>1</sup>veraboro@gmail.com, <sup>2</sup>vereskar@ukr.net

**Регуляція фітопатогенного фону при використанні біопрепаратів в агроценозах картофеля і в умовах його хранения**

**Цель.** Определить роль биопрепарата Планриз и его композиций с биопрепаратами Диазофит и Фосфоэнттерин в регуляции фитопатогенного фона в агроценозах картофеля и в условиях его хранения. **Методы.** Полевые, лабораторные (микробиологические, биохимические, фитопатологические), математической статистики. **Результаты.** Приведены результаты исследований влияния биопрепарата Планриз на основе ростстимулирующих бактерий *Pseudomonas fluorescens* AP-33 совместно с Диазофитом (азотфиксирующие бактерии *Agrobacterium radiobacter* 204) и Фосфоэнттерин (фосфатмобилизирующие бактерии *Enterobacter nimipressuralis* 32-3) на регуляцию фитопатогенного фона микроорганизмов микологической и бактериальной этиологий в агроценозах картофеля и во время его хранения. Доказано, что указанные биопрепараты являются важным биотическим фактором в регуляции фитопатогенного фона при выращивании и хранении картофеля. Они обуславливают индуцированную устойчивость растений картофеля к возбудителям болезней, повышение выхода стандартной части картофеля, существенное уменьшение заболеваемости клубней при хранении. Установлено, что совместное применение биопрепарата Планриз и фунгицида Ридомил Голд обуславливает эффективный контроль фитопатогенной микробиоты в агроценозах картофеля. **Выводы.** Биопрепараты Планриз, Диазофит и Фосфоэнттерин (на основе бактерий с разным

полифункциональным действием *P. fluorescens* AP-33, *A. radiobacter* 204 и *E. nimipressuralis* 32-3 соответственно) характеризуются высокой эффективностью в регуляции фитопатогенной микробиоты в агроценозах картофеля в условиях Запада Украины и во время хранения клубней, способствуют снижению уровня биологического загрязнения агроэкоосистем, потенциальных биоэкологических рисков в агроэкоосистемах и повышению качества посадочного материала картофеля.

**Ключевые слова:** фитопатогенная микробиота, биологическое загрязнение, вегетационный период, сорта картофеля, биопрепараты, биоэкологические риски.

DOI: <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-06>

**Borodai V. V.<sup>1</sup>, Parfeniuk A. A.<sup>2</sup>**

Institute of Agroecology and Nature Management of Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>veraboro@gmail.com, <sup>2</sup>vereskar@ukr.net

**Regulation of phytopathogenic background at use of biological preparations in agroecosystems of potato and in conditions of its storage**

**The purpose.** To determine the role of biological preparation Planriz and its compositions with biological preparations Diazofit and Fosfoenterin in regulation of phytopathogenic background in agro-ecosystems of potato and in conditions of its storage. **Methods.** Field, laboratory (microbiological, biochemical, phytopathologic), mathematical statistics. **Results.** Results of researches in effect of biological preparation Planriz on the basis of growth-stimulating bacteria *Pseudomonas fluorescens* AP-33 together with Diazofit (nitrogen-fixing bacteria *Agrobacterium radiobacter* 204) and Fosfoenterin (phosphate-mobilizing bacteria *Enterobacter nimipressuralis* 32-3) on regulation of

phytopathogenic background of microorganisms of mycological and bacterial etiologies in agro-ecosystems of potato and during its storage are brought. It is proved that indicated biological preparations are the important biotic factor in regulation of phytopathogenic background at growing and storage of potato. They stipulate the induced resistance of plants of potato to causal organisms of diseases, heightening exit of standard part of potato, essential decrease of sick rate of tubers at storage. It is fixed that joint application of biological preparation Planriz and fungicide Ridomil Gold stipulates effective control of phytopathogenic microbiota in agro-ecosystems of potato. **Conclusions.** Biological preparations Planriz, Diazofit and Fosfoenterin

(on the basis of bacteria with different multifunctional action *P. fluorescens* AP-33, *A. radiobacter* 204 and *E. nimipressuralis* 32-3 accordingly) are characterized by high performance in regulation of phytopathogenic microbiota in agro-ecosystems of potato in conditions of Western Ukraine and during storage of tubers, promote level recession of biological pollution of agroecosystems, potential bioecological risks in agroecosystems, and increase of quality of planting stock of potato.

**Key words:** phytopathogenic microbiota, biological pollution, vegetative period, storage, grades of potato, biological preparations, bioecological risks.

DOI: <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-06>

## Бібліографія

1. Парфенюк А.І., Волощук Н.М. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах. *Агро-екологічний журнал*. 2016. № 4. С. 106–114.
2. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней. *Микология и фитопатология*. 2012. Т. 46. Вып. 1. С. 14–19.
3. Волкогон В.В., Надкряннична О.В., Ковалевська Т.М., Токманова Т.М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
4. Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Юнівест Медиа, 2018. 1040 с.
5. Щербаків А.В., Щербаків Е.Н., Мулина С.А. и др. Психрофильные псевдомонады-эндофиты как потенциальные агенты в биоконтроле фитопатогенных и гнилостных микроорганизмов при холодильном хранении картофеля. *Сельскохозяйственная биология*, 2017. Т. 52, № 1. С. 116–128. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.1.116rus>
6. Bhattacharyya P.N., Jha D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J Microbiol Biotechnol*. 2012. V. 28 (4). P. 27–50. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>
7. Рефер К., Фикреттин С., Еркол Д., Кафер Е. Biological control of the potato dry rot caused by *Fusarium species* using PGPR strains. *Biological Control*, 2009. V. 50, № 2. P. 194–198. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.04.004>
8. Волкогон В.В., Надкряннична О.В., Токманова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія; за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
9. *Методы биохимического исследования растений*; под ред. А.И. Ермакова. 3 изд., перераб. и доп. Ленинград: Агропромиздат. 1987. 430 с.
10. Мельничук М. Д., Кляченко О. Л. Біотехнологія в агросфері: навч. посіб. Вінниця: Ніланд, 2014. 265 с.
11. Куценко В.С., Осипчук А.А., Подгасцький А.А. та ін. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 182 с.
12. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 328 с.
13. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Москва: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
14. Бородай В.В., Парфенюк А.І. Поширеність та розвиток основних хвороб картоплі (*Solanum tuberosum* L.) в Україні. *Агро-екологічний журнал*. 2018. № 4. С. 82–87.