

## The influence of metabolites of oat plants on the growth and development of the of pathogenic *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker

I. Beznosko  | V. Mudrak | J. Turovnik | T. Gorgan | L. Havrylyuk | I. Mosiychuk

### Article info

**Citation:** Beznosko, I., Mudrak, V., Turovnik, J., Gorgan, T., Havrylyuk, L., & Mosiychuk, I. (2023). The influence of metabolites of oat plants on the growth and development of the of pathogenic *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 31–36. doi: 10.31210/spi2023.26.01.05

### Correspondence Author

I. Beznosko

E-mail:

[beznoskoirina@gmail.com](mailto:beznoskoirina@gmail.com)

Institute of Agroecology  
and Environmental  
Management of NAAS,  
Metrologichna st., 12,  
Kyiv, 03143,  
Ukraine

The root system of oat plants releases into the rhizosphere soil a significant amount of potentially valuable biologically active allelopathic substances, which are components of the donor-acceptor interaction between plants and microorganisms in agrocenoses. Root exometabolites of oat plants exert an active chemical influence on poorly soluble mineral substances of the soil, participate in the biodynamics of organic matter, affect the composition and number of mycobiota, and also suppress pathogens, inactivate toxins and exoenzymes released by fungi into the environment, inhibit fungal sporulation. During the 2020–2022 research years, was studied the role exometabolites of oat plants the Tembre variety, grown using different technologies, in allelopathic relationships with micromycetes of the species *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. It was established that the metabolites of oats the Tembre variety, grown according to organic technology, significantly influenced the cultural and morphological properties of the studied micromycete, and also restrained its sporulation and was characterized by a low percentage of germinating conidia (20%). Exometabolites of oat plants the Tembre variety, grown according to traditional technology, also changed the cultural and morphological characteristics of the micromycete, restrained sporulation of the pathogen and were characterized by low germination the conidia (35%). In the control version, intensive development of the studied micromycete was observed with high rates of sporulation and up to 80% germinated conidia. On the basis of research, the exometabolites of oat plants grown using different technologies can be considered one of the mechanisms the influence of the plant variety on the intensity of phytopathogenic background formation in agrocenoses. This it possible to use exometabolites of germinating donor seeds to increase the resistance of acceptor agricultural plants to diseases caused by phytopathogenic micromycetes.

**Keywords:** exometabolites of the Tembre oat plants, rate of radial growth the mycelium, intensity of sporulation, cultural morphological features, formation of phytopathogenic background, viability of conidia.

## Вплив метаболітів рослин вівса на ріст і розвиток патогенного мікроміцету *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker

I. В. Безноско | В. О. Мудрак | Ю. А. Туровнік | Т. М. Горган | Л. В. Гаврилюк | І. І. Мосійчук

Інститут агроекології  
та природокористування  
НААН,  
м. Київ, Україна

Коренева система рослин вівса виділяє у ризосферний ґрунт значну кількість потенційно цінних біологічно активних аеллопатичних речовини, що є складовими донорно-акцепторної взаємодії між рослинами і мікроорганізмами в агроценозах. Впродовж 2020–2022 років дослідження, вивчено роль екзо-метаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій, у аеллопатичних взаємовідносинах із мікроміцетом виду *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. Встановлено, що метаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, істотно впливали на культурально морфологічні властивості досліджуваного мікроміцету, а також стримували його спорування і характеризувалися низьким відсотком проростаючих конідій (20%). Екзо-метаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією, також змінювали культурально морфологічні ознаки мікроміцету, стримували спорування патогена і характеризувалися низьким проростанням конідій (35%). У контрольному варіанті спостерігали інтенсивний розвиток досліджуваного мікроміцету із високими показниками спорування і до 80% пророслими конідіями. На підставі досліджень, екзо-метаболіти рослин вівса, вирощеного за різних технологій, можна вважати одним із механізмів впливу сорту рослин на інтенсивність формування фітопатогенного фону в агроценозах. Це дає можливість використовувати екзо-метаболіти проростаючого насіння-донора для підвищення стійкості сільськогосподарських рослин-акцепторів до захворювань, спричинених фітопатогенними мікроміцеями.

**Ключові слова:** метаболіти рослин вівса сорту Тембр, швидкість радіального росту міцелію, інтенсивність спорування, культурально морфологічні ознаки, формування фітопатогенного фону, життєздатність конідій.

**Бібліографічний опис для цитування:** Безноско І. В., Мудрак В. О., Туровнік Ю. А., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мосійчук І. І. Вплив метаболітів рослин вівса на ріст і розвиток патогенного мікроміцету *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 31–36.

## Вступ

Внаслідок екологічної ситуації, яка склалася на сьогодні, особливо гостро постає проблема забезпечення населення високоякісними та екологічно безпечними продуктами харчування. Значна частина сільськогосподарської продукції, в тому числі і вівсяна сировина, не завжди відповідає чинним світовим стандартам якості та безпеки [1, 2]. Зі зміною ґрунтово-кліматичних умов України з переважанням посухи, в агроценозах вівса все частіше зустрічається мікроміцет виду *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker [3], який чинить найбільший шкідливий вплив на ослаблені рослини, що страждають від нестачі поживних речовин [4].

Останніми роками контамінація вівсяної сировини мікотоксинами сягає 60–80%. Мікотоксини характеризуються високою токсичністю, та мають канцерогенну, тератогенну, мутагенну та імунодепресивну дію як на тварин, так і на людину. Вони здатні порушувати білковий, ліпідний та мінеральний обмін речовин, викликають руйнування вітамінів, зменшують поживність рослинної продукції та призводять до біологічного забруднення біоценозів [5, 6].

Коренева система рослин вівса виділяє у ризосферний ґрунт значну кількість потенційно цінних біологічно активних аелопатичних речовин. Вони є складовими донорно-акцепторної взаємодії між рослинами і мікроорганізмами [7, 8]. Кореневі метаболіти рослин вівса чинять активний хімічний вплив на важкорозчинні мінеральні речовини ґрунту, беруть участь в біодинаміці органічної речовини, впливають на склад та чисельність ризосферної мікобіоти [9], а також пригнічують патогени, інактивують токсини та екзоферменти, які виділяються грибами в оточуюче середовище, гальмують спороношення грибів [10].

Узагальнюючи результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених, можна зробити висновок,

що на кількісний і якісний склад корневих екзометаболітів впливають не лише генотип рослин [11], вік (фаза розвитку) [12], температура, живлення [13], ґрунти (хімічний і фізичний склад середовища), а і їх технології вирощування [14]. Тому актуальним є визначення впливу корневих екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного в умовах традиційної та органічної технології, на формування репродуктивної здатності мікроміцету *B. sorokiniana*.

## Мета дослідження

Метою наших досліджень було визначити вплив корневих екзометаболітів на ріст і розвиток мікроміцету *B. sorokiniana*.

Завданням дослідження було визначити швидкість радіального росту, інтенсивність спорутворення та морфологічно-культуральні ознаки мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій.

## Матеріали і методи

Впродовж 2020–2022 рр, проводили дослідження в лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН. Для дослідження використовували насіння рослин вівса сорту Тембр, який вирощували за традиційною та органічною технологіями. Сорто-зразки були відібрані на дослідних полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАП НААН, де застосовувалася органічна і традиційна технології вирощування рослин. Відбирання проб та подальші дослідження здійснено згідно ДСТУ 4138:2002 [15]. Насіння рослин вівса сорту Тембр було інтенсивно контаміновано мікроміцетом *B. sorokiniana*, який був домінуючим в мікобіомі насіння рослин (рис. 1).

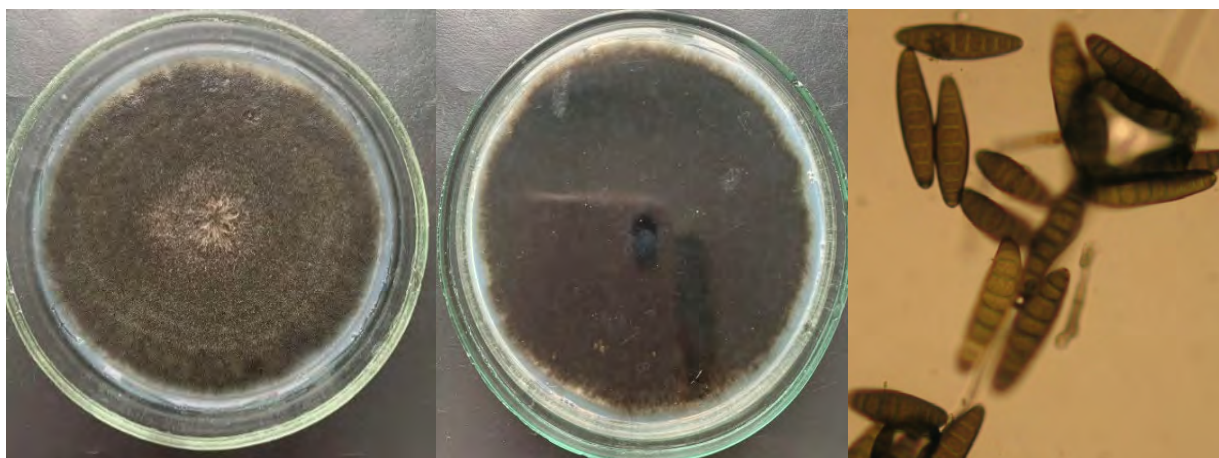


Рис. 1. Мікроміцет *B. sorokiniana* культивований на середовищі Чапека, впродовж 14 днів за температури 25°C

Для отримання метаболітів рослин вівса, відбирали по 50 насінин кожного досліджуваного варіанту. Насіння замочували у стерильній воді й

витримували впродовж 3–8 діб в залежності від фізіологічних особливостей культури до формування проростків довжиною 2–3 см. По 10 проростків

кожного варіанту поміщали у чашки Петрі зі стерильною дистильованою водою та витримували впродовж 72 год на розсіяному світлі за температури 22–24°C. Екзометаболіти змивали і фільтрували через мікропористий бактеріальний фільтр (0,02 мкм) [11].

Ізоляти мікроміцету *B. sorokiniana* культивували на картопляно-декстрозному агарі з додаванням 1 мл ексудатів рослин до 9 мл середовища. У досліді як контроль використовували дистильовану воду.

Визначали морфологічно-культуральні ознаки, швидкість радіального росту та інтенсивність спороутворення мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу метаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій.

Швидкість радіального росту міцелію мікроміцету визначали за формулою [16]:

$$Kr = \frac{r1 - r0}{t1 - t0} \quad (1)$$

де  $Kr$  — радіальна швидкість росту колоній мікроміцету;

$r0$  — радіус колоній у момент часу  $t0$ ;

$r1$  — радіус колоній у момент часу  $t1$ .

Спороношення мікроміцетів під дією метаболітів рослин вівса підраховували на п'ятнадцяту добу субкультивування, відбираючи по 3 вибірки з центральної, середньої та периферійної частини колонії. Проби заливали 10 мл дистильованої води та настоювали впродовж 1 години і ретельно струшували на мікробіологічній мішалці.

Кількість спор в суспензії на  $1 \text{ см}^2$  площі колонії визначали за допомогою камери Горяєва-Тома за формулою [17]:

$$N = \frac{M \times 2500 \times V \times 100}{n \times 0,5024} \quad (2)$$

де  $N$  — кількість спор на  $1 \text{ см}^2$  площі колонії;

$M$  — число спор в 100 великих квадратах камери Горяєва;

$V$  — об'єм води, мл;

$n$  — число вибірок;

$0,524$  — площа свердла № 1,  $\text{мм}^2$ ;

$2500$  — експериментально вирахований коефіцієнт для перерахунку на 1 мл.

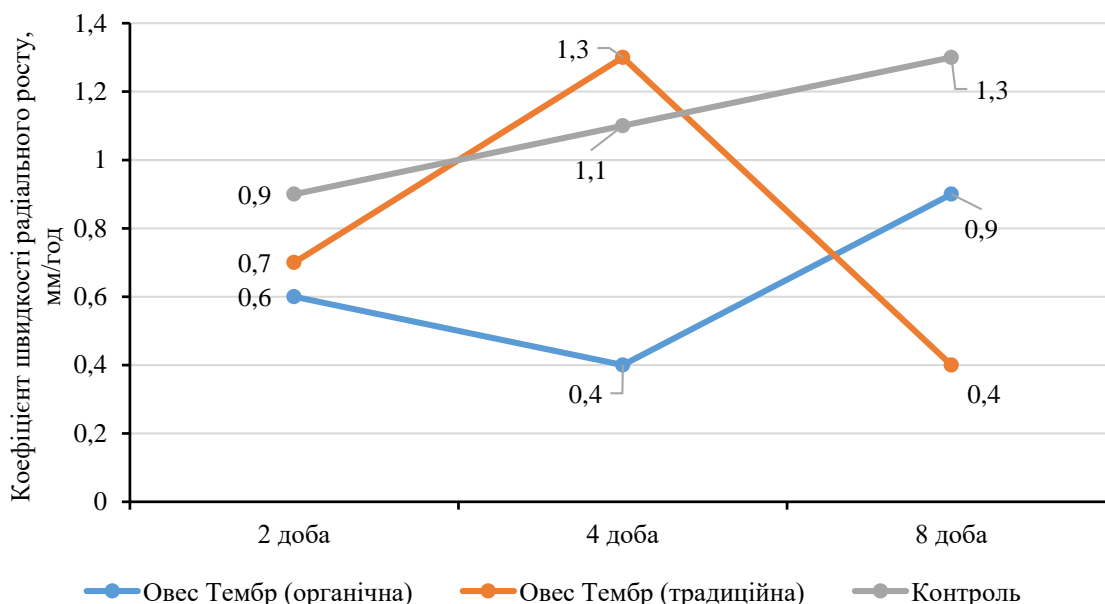
Для вивчення впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій, на проростання конідій мікроміцетів *B. sorokiniana* використовували загальноприйнятну методику, яка включає пророщування спор на предметних скельцях у водному агарі [18]. За проростанням конідій спостерігали впродовж 6, 12, 24 та 48 годин. Як контрольний варіант використовували дистильовану воду.

Впродовж дослідження було виявлено, що оптимальним часом для підрахунку пророслих конідій є 12 годин після посіву мікроміцету *B. sorokiniana*, коли росткова трубка перевищує розмір конідії і має оптимальний розмір, щоб не ускладнювати підрахунок.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за загальноприйнятими методиками із залученням пакету програм Microsoft Excel. У таблицях наведено середньоарифметичні показники досліджень та їх стандартні похибки.

## Результати та їх обговорення

Визначено вплив метаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій, на швидкість радіального росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* (рис. 2).



**Рис. 2.** Швидкість радіального росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу метаболітів рослин вівса

За даними представленими на рисунку 2, проаналізовано, що на початкових етапах субкультивування швидкість радіального росту міцелію гриба на фоні метаболітів вівса сорту Тембр,

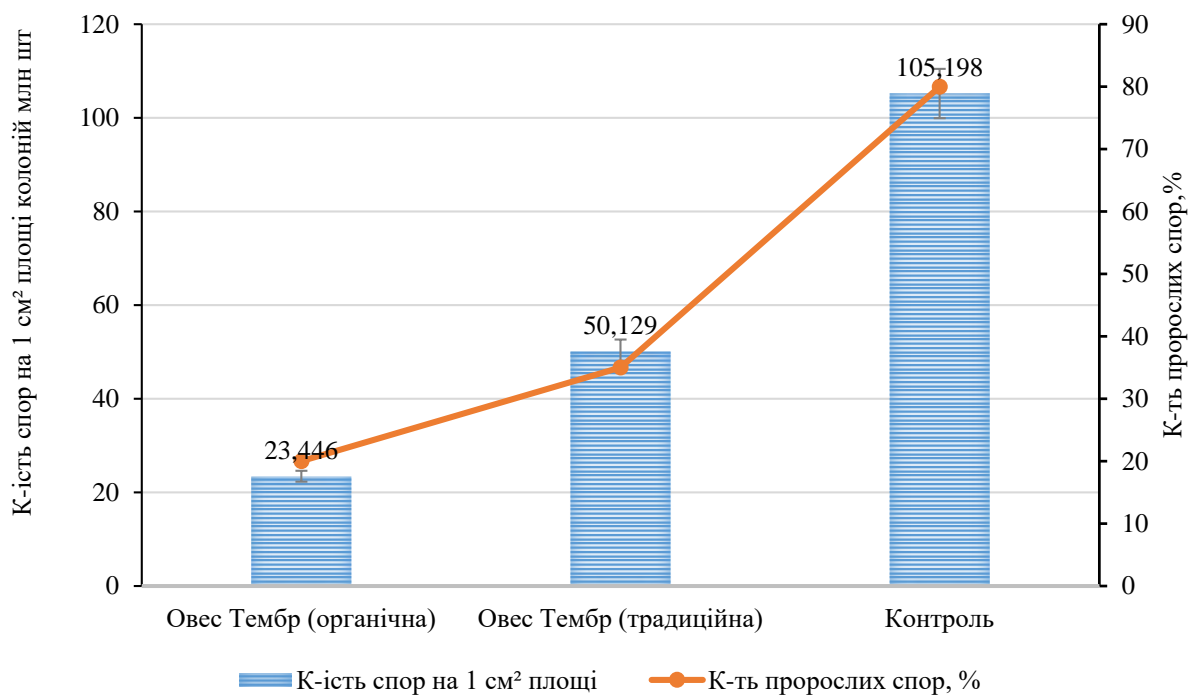
вирощеного за органічної технології, становила 0,6 мм/год, а за традиційної 0,7 мм/год, що були істотно нижчими ніж у контрольному варіанті (0,9 мм/год). Впродовж четвертої доби

субкультивування, за впливу метаболітів рослин вівса, вирощених за органічної технології, відмічали незначне зниження швидкості росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* (0,4 мм/год), де діаметр колонії також був найменший і становив 22 мм, а на восьму добу швидкість росту мікроміцету зростала і становила 0,9 мм/год, а діаметр колонії досягав 55 мм. Це дає підстави вважати, що метаболіти вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, здатні істотно впливати на ріст колонії мікроміцету *B. sorokiniana*, стримуючи його своїми біологічно активними речовинами.

Водночас за впливу метаболітів рослин вівса, вирощеного за традиційною технологією, швидкість росту мікроміцету на четверту добу субкультивування істотно зростала і становила 1,3 мм/год, діаметр колонії досягав 45 мм, а на 8 добу швидкість росту міцелію істотно знижувалася і сягала 0,4 мм/год, а діаметр колонії становив 70 мм. Це свідчить, що екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією,

здатні стримувати ріст колонії меншою мірою ніж екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічної технології. У контрольному варіанті швидкість росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* зростала лінійно (0,9–1,1–1,3 мм/год), поки міцелій колонії не заповнив всю чашку і на восьму добу її діаметр становив 95 мм. Це свідчить, що біохімічний склад екзометаболітів рослин вівса та технології їхнього вирощування мають істотний вплив на фізіологічну активність мікроміцету *B. sorokiniana*.

Визначено інтенсивність спорування досліджуваного мікроміцету та відсоток проростання спор за впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій. Встановлено, що екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного як за органічною, так і за традиційною технологіями, здатні знижувати інтенсивність спорування гриба *B. sorokiniana*, яка коливалася в межах 23,446–50,129, що майже вдвічі була менша за контрольний варіант (рис. 3).



**Рис. 3.** Репродуктивна здатність мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу екзометаболітів рослин вівса

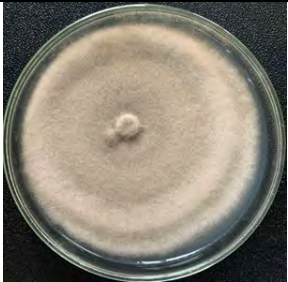


На фоні екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, спостерігали найменшу кількість спор, яка становила 23,446 тис/см<sup>2</sup> площі колоній, млн шт, а відсоток пророслих спор досягав 25 %. Водночас, на фоні екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією, кількість спор була у 2 рази вищою і становила 50,129 тис/см<sup>2</sup> площі колоній, млн шт, але відсоток проростання спор був незначний – 35 %. У контрольному варіанті спостерігали інтенсивне спорування мікроміцету *B. sorokiniana*, що перевищувала досліджувані варіанти у 2–3 рази і становила вище 1 млн шт на см<sup>2</sup> площі колоній, відсоток проростання спор також був високим і становив 80 %.

Отже, це дає підстави вважати, що екзометаболіти рослин вівса вирощеного, як за органічною так і за традиційною технологіями, здатні пригнічувати інтенсивність спорування, проростання конідій та швидкість росту міцелію колонії мікроміцету *B. sorokiniana*. Слід зазначити, що екзометаболіти рослин вівса, вирощеного за органічної технології, найефективніше впливали на пригнічення розвитку мікроміцету *B. sorokiniana*.

За отриманими результатами дослідження, охарактеризовано культуральні і морфологічні ознаки мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій (табл. 1).

**Таблиця 1**

Вплив екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр на морфологічні та культуральні ознаки мікроміцету *Bipolaris sorokiniana*

Сортзразки	Фото колоній	Ознаки мікроміцетів:	
		Культуральні	Морфологічні
Екзометаболіти сорту Тембр (традиційна технологія)		Колонії на (PDA) темно сірого кольору повітряний міцелій добре розвинений, діаметр росту колонії на восьму добу становив 70 мм	Зустрічаються макроконідії еліптичні із загостреними кінцями, розмір 50-110 × 14-20 мкм, мають по 2-5 септ, відсоток проростання спор становив 35%/
Екзометаболіти сорту Тембр (органічна технологія)		Колонії на (PDA) сірого кольору повітряний міцелій добре розвинений, діаметр росту колонії на восьму добу становив 55 мм	Зустрічаються макроконідії еліптичні із загостреними кінцями, великих розмірів 60-130 × 14-20 мкм, мають по 5-10 септ, відсоток проростання спор становив 25%/
Контроль (вода)		Колонії на (PDA) темно сірого кольору повітряний міцелій добре розвинений, діаметр росту колонії на восьму добу становив 95 мм	Зустрічаються макроконідії еліптичні із загостреними кінцями, розміром 40-100 × 10-15 мкм, мають по 2-5 септ, відсоток проростання спор становив 80%.

Отже, кореневі екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різними технологіями, характеризувалися фунгіцидними та бактерицидними властивостями, що обумовлюються комплексом біологічно активних речовин, які здатні по-різному впливати на розвиток патогенної мікrobiоти. На підставі цього їх можна вважати одним із механізмів регуляції фітопатогенного фону в агроценозах вівса.

Велике теоретичне і практичне значення має вивчення механізмів і чинників, що впливають на швидкість формування чисельності патогенних мікроміцетів в агроценозах сільськогосподарських культур, в тому числі вівса. Біологічно активні речовини рослин вівса, які утворюються в процесі проростання насіння, виконують декілька функцій [19–21]: едифікаторну, фітоценотичну, стимуляційну, інгібуючу, фітотоксичну, фітонцидну, захисну, регуляційну, відновлювальну, біоконсервуючу та еволюційну. Спільна дія всіх видів речовин створює навколо рослин вівса специфічну біохімічну сферу [22, 23]. Кореневі екзометаболіти захищають проростаюче насіння, проростки і рослини від збудників хвороб, виявляють фунгіцидні та бактерицидні властивості, пригнічують патогени, інактивують токсини та екзоферменти, які виділяються грибами в оточуюче середовище, гальмують спороношення грибів. [24, 25].

Аналіз літературних джерел свідчить про фрагментарні дослідження щодо використання

сполук, синтезованих рослинами вівса для використання їх в якості альтернативи хімічним речовинам, що призводять до забруднення довкілля. Тому важливим завданням сьогодення є пошук механізмів дії фунгіцидів природного походження. Вище зазначені результати дослідження дозволяють припустити використання водорозчинних речовин як альтернативу хімічним фунгіцидам. Дослідження в цьому напрямку поглиблюють знання щодо вивчення ролі екзометаболітів рослин вівса у алопатичних взаємовідносинах із патогеном мікроміцетом *B. sorokiniana*, що є одним із механізмів регуляції чисельності мікроміцетів в агроценозах рослин.

### Висновок

Екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, здатні істотно впливати на ріст колонії мікроміцету *B. sorokiniana*, а також стримувати його спороутворення та знижувати життєздатність конідій.

Разом із тим, Екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією, стримують ріст колонії досліджуваного мікроміцету меншою мірою, ніж метаболіти рослин вівса, вирощені за органічною технологією, а також можуть стимулювати інтенсивність спороутворення, при цьому знижуючи життєздатність спор *B. sorokiniana*.

Це свідчить, що біохімічний склад кореневих екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр та технології їхнього вирощування мають істотний вплив на фізіологічну активність гриба *B. sorokiniana*.

Дослідження в цьому напрямі поглиблюють знання процесу взаємодії мікроміцетів із сортами рослин вівса і розкривають нові можливості біологічного контролю чисельності фітопатогенних грибів в агроекосистемах.

### Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

### References

1. Kaminska, V. V., Dudka, O. F., & Mushyk, B. V. (2014). Formation of the productivity of bare oats under different growing technologies. *A collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences"*, 4, 60–66. [in Ukrainian]
2. Mostoviyak, I. I., Demyanyuk, O. S., Parfenyuk, A. I., & Beznosko, I. V. (2020). Varieties as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13>
3. Manamgoda, D. S., Rossman, A. Y., Castlebury, L. A., Crous, P. W., Madrid, H., Chukeatirote, E., & Hyde, K. D. (2014). The genus *Bipolaris*. *Studies in Mycology*, 79 (1), 221–288. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.10.002>
4. Phan, C.-S., Li, H., Kessler, S., Solomon, P. S., Piggott, A. M., & Chooi, Y.-H. (2019). Bipolenins K–N: New sesquiterpenoids from the fungal plant pathogen *Bipolaris sorokiniana*. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 15, 2020–2028. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.198>
5. Battilani, P., Stroka, J., & Magan, N. (2016). Foreword: mycotoxins in a changing world. *World Mycotoxin Journal*, 9 (5), 647–651. <https://doi.org/10.3920/wmj2016.x004>
6. Agrios, G. N. (2005). Preface. *Plant Pathology*, xix–xx. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-047378-9.50004-x>
7. Broeckling, C. D., Broz, A. K., Bergelson, J., Manter, D. K., & Vivanco, J. M. (2008). Root exudates regulate soil fungal community composition and diversity. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (3), 738–744. <https://doi.org/10.1128/aem.02188-07>
8. Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
9. Bruinsma, M., Kowalchuk, G. A., & van Veen, J. A. (2003). Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 37 (6), 329–337. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0613-6>
10. Inderjit, & Mukerji, K. G. (Eds.). (2006). *Allelochemicals: Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4447-x>
11. Parfenyuk, A. I. (2017). Plant varieties as a factor in biosafety agrocenoses Ukraine. *Agroecological Journal*, 2, 155–163. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220172>
12. Patyka, V. P., & Omelyanets, T. G. (2005). Ecological basis of the use of biological means of plant protection as an alternative to chemical pesticides. *Agroecological Journal*, 2, 21–24. [in Ukrainian]
13. Kirschbaum, M. (2006). The temperature dependence of organic-matter decomposition—still a topic of debate. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (9), 2510–2518. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.030>
14. Suseela, V., Conant, R. T., Wallenstein, M. D., & Dukes, J. S. (2012). Effects of soil moisture on the temperature sensitivity of heterotrophic respiration vary seasonally in an old-field climate change experiment. *Global Change Biology*, 18, 336–348. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02516.x>
15. DSTU 4138-2002. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]*. Chynnyi vid 2004-01-01. (2003). Kyiv: Derzhspozhyv standart Ukrainy [in Ukrainian]
16. Petyukh, G. P., & Podoba, Y. V. (2004). *Determination of growth stimulation of diazotrophic bacteria by exudates of barley seedlings: methodical recommendations*. Kyiv: Logos [in Ukrainian]
17. Parfenyuk, A. I., Gorgan, T. M., Sterlikova, O. M., Beznosko, I. V., Saganovska, V. I., Blaginina, A. A., Tyshchenko, G. F., & Kovtun, V. V. (2015). *Scientific and methodical recommendations "Ecological assessment of cultivated plants according to their influence on the formation of populations of phytopathogenic fungi"*. Kyiv [in Ukrainian]
18. Parfenyuk, A. I., Blaginina, A. A., & Gorgan, T. M. (2014). *Patent Ukraine 92066*. Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy [in Ukrainian]
19. Iqbal, A., Hamayun, M., & Khan, Z. H. (2019). Plant sare the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (2 A), 1040–1049.
20. Weir, T. L., Park, S.-W., & Vivanco, J. M. (2004). Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current Opinion in Plant Biology*, 7 (4), 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.05.007>
21. Grodzinsky, A. M. (1991). *Allelopathy of plants and soil fatigue*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian]
22. Eljarrat, E. (2001). Sample handling and analysis of allelochemical compounds in plants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 20 (10), 584–590. [https://doi.org/10.1016/s0165-9936\(01\)00104-2](https://doi.org/10.1016/s0165-9936(01)00104-2)
23. Parfenuk, A., Havryliuk, L., Kosovska, N., Beznosko, I., & Draga, M. (2021). Influence of plant exometabolites of different soybean varieties on aggressiveness and intensity of sporulation of *Fusarium graminearum* Schwabe. *Balanced Nature Using*, 1, 59–66. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2021.231875>
24. Turovnik, Yu. A., Parfenyuk, A. I., Demyaniuk, O. S., & Beznosko, I. V. (2020). Root exometabolites of sunflower plants as a factor affecting the viability of the phytopathogenic fungus *Alternaria alternata* (fr.) Keiss. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*, 1, 102–107. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203936>

### ORCID

- I. Beznosko  <https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>  
V. Mudrak  <https://orcid.org/0000-0002-5023-5866>  
J. Turovnik  <https://orcid.org/0000-0003-3437-4660>  
T. Gorgan  <https://orcid.org/0000-0001-8980-7895>  
L. Havryliuk  <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>  
I. Mosiychuk  <https://orcid.org/0000-0003-3830-2912>



© 2023 Beznosko I. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.