

ВПЛИВ ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ РОСЛИН РІЗНИХ СОРТІВ СОЇ НА АГРЕСИВНІСТЬ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ СПОРУЛЯЦІЇ *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE

А. І. Парфенюк

доктор біологічних наук, професор,
завідувачка відділу агробіоресурсів і екологічно безпечних технологій
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: verespar@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>

Л. В. Гаврилюк

аспірантка

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: 410agroeco@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>

Н.А. Косовська

аспірантка

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: nadejdagirl29@gmail.com

І.В. Безноско

кандидат біологічних наук

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: beznoscoirina@gmail.com

М.В. Драга

кандидат біологічних наук,

старший науковий співробітник

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: m_draga@hotmail.com

У статті наведено результати досліджень впливу екзометаболітів рослин різних сортів сої та технологій їх вирощування на агресивність і інтенсивність спорудляції ізолятів гриба *Fusarium graminearum* Schwabe.

Об'єктом дослідження були екзометаболіти рослин сортів сої: Сузір'я, (селекція Національного наукового центру Інституту землеробства НААН України) та Кент (селекція компанії Saatchi Linz, Австрія). Оскільки органічне виробництво виключає використання мінеральних добрив і засобів хімічного захисту рослин, альтернативою їм є застосування технологій із біопрепаратами різної дії. Тому зазначені сорти рослин сої вирощували за технологіями, розробленими в таких товариствах: «Філазоніт Україна», «Сучасні аграрні технології», «А-Райс», а також у компанії «БТУ-Центр». Встановлено, що екзометаболіти досліджених сортів сої, які вирощені за вказаними технологіями, призводять до підвищення агресивності ізолятів гриба *Fusarium graminearum*. Так, на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я індекс ураження проростків коливався від 21,3% до 29,8%, а на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Кент — від 21,14% до 25,46%. Це говорить про їхню середню агресивність і стабілізуючий добір у популяції гриба. Встановлено, що екзометаболіти досліджених сортів сої, що вирощені за вищезгаданими технологіями, призводять до зниження інтенсивності спорудляції ізолятів гриба *Fusarium graminearum*, як порівняти з контролем. Так, на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я індекс ураження проростків коливався від $5,7 \cdot 10^6$ клітин/мл до $12,11 \cdot 10^6$ клітин/мл, а на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Кент — від $4,25 \cdot 10^6$ клітин/мл до $10,2 \cdot 10^6$ клітин/мл. Це свідчить про їхню середню агресивність і стабілізуючий добір у популяції гриба за цією ознакою.

Отже, отримані результати досліджень говорять про суттєвий вплив продуктів метаболізму рослин різних сортів сої та технологій їхнього вирощування на фізіолого-біохімічні властивості фітопатогенного гриба *Fusarium graminearum*.

Ключові слова: соя, фузаріоз, фітопатогенні мікроміцети, метаболіти, біобезпека, ізолят.

ВСТУП

За даними статистики, площі, що відведені під виробництво сої, за останні роки істотно збільшуються [1]. Наразі йдеться про можливе зростання площ до 2,4 млн га, для порівняння: у структурі посівів станом на 2005 р. соя становила 0,4 млн га. Відповідно зростає частка цієї культури в сівозмінах. Це спричиняє значне підвищення чисельності фітопатогенних мікроміцетів, зокрема видів роду *Fusarium*, та призводить до спалахів хвороб рослин, а саме: кореневих гнилей та фузаріозів зерна в агроценозах. Нині розвиток фузаріозів рослин у окремі роки сягає 30%. А відомо, що розвиток хвороби сходів сої на рівні 37%–43% призводить до зниження вмісту білка на 4%–18% та жиру — на 1,6%–5,6% [2].

Алелопатичні властивості рослин значно впливають на важкорозчинні мінеральні речовини ґрунту [3]. Вони беруть участь у біодинаміці органічної речовини, впливають на груповий склад ризосферної мікрофлори та можуть істотно змінювати склад і структуру біогеоценозу. До екзометаболітів належать виділення живих непошкоджених корінців, реагентна здатність яких вища, ніж сапролінів (виділення відмерлих частин корінців). Ця особливість пов'язана з якісним складом органічних речовин. Серед органічних сполук у сапролінах переважають феноли й вуглеводи, крім цього, у них зафіксовано більше органічних кислот [4; 5].

Значну роль у співіснуванні організмів у біогеоценозах і створенні між ними алелопатичної взаємодії відіграють водорозчинні екзометаболіти, які вимиваються опадами з коренів рослин. Водорозчинні речовини надходять у навколишнє середовище впродовж усього онтогенезу рослин. Проте якісний та кількісний склад корневих виділень нестабільний. Він залежить від періоду вегетації рослин, абіотичних чинників, забезпеченості ґрунту мінеральними речовинами, а також добових коливань температури. Відомо, що в період цвітіння в багатьох видів бобових рослин утворюється максимальна кількість корневих екзометаболітів [6].

Здебільшого водорозчинні сполуки належить до речовин фенольної природи. На відміну від хімічних фунгіцидів, екзометаболіти є природними сполуками, яким властива висока біологічна активність і водночас нетривалий період напіврозпаду. Усе вищесказане дає змогу припустити використання водорозчинних речовин як альтернативи фунгіцидам.

Нааявність у корневих виділеннях специфічних сполук є причиною різноманітності

видового та кількісного складу ризосферної мікрофлори. Екзометаболіти можуть впливати на мікроорганізми: позитивно — через накопичення агрономічно корисної мікробіоти та негативно — через активування розвитку мікроорганізмів, які продукують токсини. Так, виділення коренів трьох видів роду чорнобривці (*Tagetes* L.) позитивно впливають на такі ґрунтові мікроорганізми, як азотфіксувальні, споротвірні й неспоротвірні бактерії та актиноміцети. Екзометаболіти нагідок (*Calendula*), ромашки (*Matricaria*) пригнічують міцелій гриба *Bothrytis cinerea*. Крім того, багато рослин (шавлія мускатна (*Salvia sclarea*), м'ята перцева (*Mentha piperita*) тощо) можуть накопичувати в ґрунті метаболіти фенольної природи. За такої умови зростає чисельність мікроорганізмів з активним ферментативним апаратом, які самі слугують джерелом фітотоксичних сполук і разом із рослинними екстрактами можуть посилювати несприятливий фон для подальшого вирощування цих рослин [7].

Кореневі екзометаболіти захищають проростаюче насіння, проростки й рослини від збудників хвороб, виявляють фунгіцидні та бактерицидні властивості [8]. Екsudати рослин інактивують токсини та екзоферменти, які виділяються грибами в оточуюче середовище, гальмують спороношення грибів, зокрема збудників фузаріозу бобових культур. Це дає можливість використовувати екзометаболіти проростаючого насіння-донора для поліпшення посівних якостей насіння, їх росту й розвитку, підвищення стійкості до несприятливих умов середовища та захворювань, покращення врожайності та якості сільськогосподарських рослин-акцепторів.

Кореневі екзометаболіти беруть участь у біодинаміці органічної речовини, впливають на груповий склад ризосферної мікрофлори, визначають алелопатичні взаємовідносини у фітоценозі, чим впливають на склад і структуру біогеоценозу. Тому було припущено, що екзометаболіти можуть характеризуватись антифунгальною дією щодо представників роду *Fusarium*. У зв'язку з цим перевіряли кореневі екзометаболіти рослин сої сортів Сузір'я та Кент, вирощених за різних технологій. Дослідження показали, що виділені екзометаболіти характеризуються антифунгальною активністю. На підставі отриманих результатів було припущено, що антифунгальна дія екзометаболітів рослин сої щодо *Fusarium graminearum* у значній мірі зумовлена технологіями вирощування рослин і їхніми сортовими відмінностями. Тому робочою гіпотезою подальших досліджень були біологічні технології, що можуть поси-

лювати антифунгальні властивості корневих екзометаболітів рослин сої.

Метою досліджень стало визначення впливу екзометаболітів різних сортів сої на фізіолого-біохімічні властивості ізоляту гриба *Fusarium graminearum* з ціллю його регуляції в агрофітоценозах.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Незважаючи на значний обсяг теоретичних і методологічних досліджень, низка проблем щодо екологічної безпеки в аграрній сфері досі залишається невирішеною. Недостатньо вивчені особливості та характеристика загроз і ризиків, формування стратегії екологічної безпеки в аграрному секторі.

У численних дослідженнях вітчизняних та зарубіжних науковців [9–13] практичне значення та інтерес приділяється вивченню фізіологічних та екологічних механізмів алелопатії культурних рослин, зокрема і сої [14–20].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріали досліджень: сорти сої Кент (селекція компанії Saatbau Linz, Австрія) та Сузір'я (селекція ННЦ «Інститут землеробства» НААН), вирощені в умовах органічного виробництва в Центральному Лісостепі України (Сквирська дослідна станція ІАП НААН) за технологіями ТОВ «Філазоніт Україна», ПП «БТУ — Центр», «Сучасні аграрні технології» та ТОВ «А — Райс».

Для дослідження впливу екзометаболітів рослин сортів сої на агресивність та інтенсивність споруюлції гриба *Fusarium graminearum* використовували: методи мікологічної експертизи [21]; визначали інтенсивність спорутворення мікроміцетів, виділених ізолятів, застосовуючи лічильну камеру Горяєва–Тома [22]; агресивність виділених ізолятів оцінювали за методикою [23]; для виділення ізолятів гриба з проростків різних сортів сої та для отримання спорової суспензії застосовували методи мікологічного аналізу [24]; насіння інокулювали суспензією спор за методикою Гешеле [25].

Для оцінювання агресивності виділених ізолятів використовували проростки різних сортів сої.

Індекс ураження проростків (n), за яким визначали ступінь агресивності штаму, розраховували за формулою 1 [26]:

$$n \cong \frac{\sum(k \times a) \oplus \sum(k \times b) \oplus \sum(b \times c)}{k \times i} \times 20, \quad (1)$$

де k — кількість проростків, a — ураженість проростків, b — інтенсивність спорутворення (бал), c — кількість спор, що проросли (бал), i — інкубаційний період (днів), 20 — постійний коефіцієнт.

Виявляли екзометаболіти сортів сої, які призводять до збільшення агресивності грибів. Визначали ступінь агресивності штамів гриба залежно від індексу ураження, що наведено в таблиці 1.

Інтенсивність споруюлції обчислювали за формулою 2 [27]:

$$N = (a \times 1000 / h \times S) \times n, \quad (2)$$

де N — кількість клітин в одному мл суспензії, a — середня кількість клітин у квадраті решітки, h — глибина камери (0,1 мм), S — площа квадрата сітки (0,04 мм²), n — розведення вихідної суспензії.

Інтенсивність ураження визначали на п'яту добу після інокуляції проростків сої за шкалою: 0 — ураження немає; 1 — ураження поверхневих тканин до 20%; 2 — інтенсивність ураження до 50%; 3 — інтенсивність ураження понад 50%. Після обліку проростки залишали у вологих камерах на 7 діб до максимальної споруюлції гриба.

Життєздатність спор ізолятів визначали за кількістю їх проростання (в балах): 0 — пророслих спор немає; 1 — проросли поодинокі спори; 2 — проросло <50% спор; 3 — >50% спор.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Встановлено, що екзометаболіти досліджених сортів сої, які вирощені за вказаними технологіями, призводять до підвищення агресивності ізолятів гриба *Fusarium grami-*

Таблиця 1

Ступінь агресивності ізолятів гриба залежно від індексу ураження

Індекс ураження	Ступінь агресивності	Група
Нижче 10	Слабкий	I
10–35	Середній	II
Вище 36	Сильний	II

Джерело: [27].

nearum. Найвищий індекс ураження проростків сої сорту Сузір'я спричинювали ізоляти гриба *Fusarium graminearum*, виділені з рослин зазначеного сорту, вирощені за технологіями № 3 (29,8%) та № 4 (28,7%). Це свідчить про високий рівень їхньої агресивності. Ізоляти, що були виділені з проростків і отримані за технологіями № 1 та 2, характеризувалися нижчою агресивністю. Інокуляція цими ізолятами призводила до індексу ураження проростків сої, який коливався в межах 21,3%–22,1% відповідно (рис. 1).

Ізоляти гриба *Fusarium graminearum*, що виділені з рослин сої сорту Кент, які вирощені за технологією № 4, спричинювали найвищий індекс ураження проростків (25,46%), що свідчить про високий рівень агресивності гриба *Fusarium graminearum*. Індокси ураження проростків сої ізолятами *Fusarium graminearum*, що виділені з рослин сої сорту Кент, які були вирощені за технологіями № 1, № 2 та № 3, коливались у межах 21,14% і 22,8% відповідно та були на рівні контролю.

Отже, було встановлено, що вплив екзометаболітів рослин сої на агресивність гриба *Fusarium graminearum* залежить від сорту та технології його вирощування. Кількісним показником патогенності мікроміцетів є їх агресивність щодо рослин, які вони вражають. За результатами досліджень, усі ізоляти належать до 2 групи — середнього рівня агресивності.

Упродовж вегетації рослин сої мікроміцети формують кілька генерацій конідіального спорношення. Це сприяє накопиченню спор на вегетативних органах рослин і поширенню

патогенів у агрофітоценозах. Досліджували інтенсивність споруляції гриба *Fusarium graminearum* за впливу екзометаболітів рослин сої сортів Сузір'я і Кент. Встановлено, що екзометаболіти рослин сої сорту Сузір'я й Кент, вирощені за різних досліджуваних технологій, пригнічують споруляцію гриба *Fusarium graminearum* (рис. 2).

Як видно з результатів досліджень, що представлені на рис. 2, інтенсивність споруляції гриба складала $12,11 \cdot 10^6$ клітин/мл та $10,38 \cdot 10^6$ клітин/мл на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я, які вирощено за технологіями №№ 1 та 2. Водночас інтенсивність споруляції сягала $4,98 \cdot 10^6$ клітин/мл та $4,25 \cdot 10^6$ клітин/мл на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Кент, що вирощені за тими ж технологіями. Це свідчить про більш високі антифунгальні властивості екзометаболітів рослин сорту Кент, як порівняти із сортом Сузір'я. Інтенсивність споруляції гриба *Fusarium graminearum* під впливом екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я, вирощених за технологією № 4, була істотно нижчою ($5,7 \cdot 10^6$ клітин/мл), порівнюючи з показниками, що представлені на фоні екзометаболітів рослини сої сорту Кент ($10,2 \cdot 10^6$ клітин/мл).

Інтенсивність споруляції гриба *Fusarium graminearum* під впливом екзометаболітів рослин сої сорту Кент, що були вирощені за технологією № 3, була нижчою, як порівняти із сортом сої Сузір'я, і складала $8,42 \cdot 10^6$ клітин/мл.

Отже, встановлено, що екзометаболіти досліджених сортів сої, вирощених за вказаними технологіями, призводять до зниження

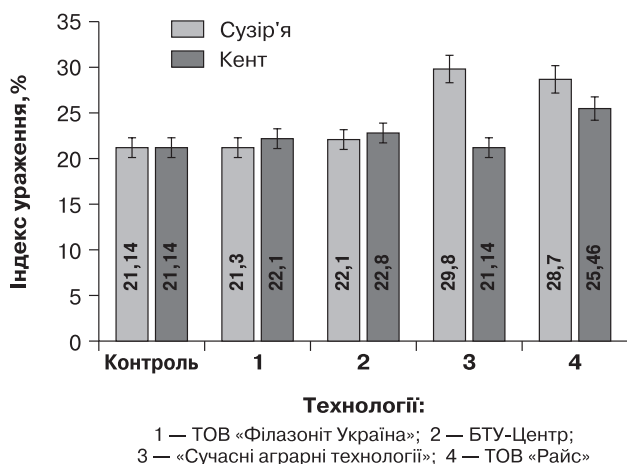


Рис. 1. Вплив екзометаболітів, виділених із вирощених за різних технологій рослин сої сортів Сузір'я та Кент, на зміну агресивності ізоляту *Fusarium graminearum*

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

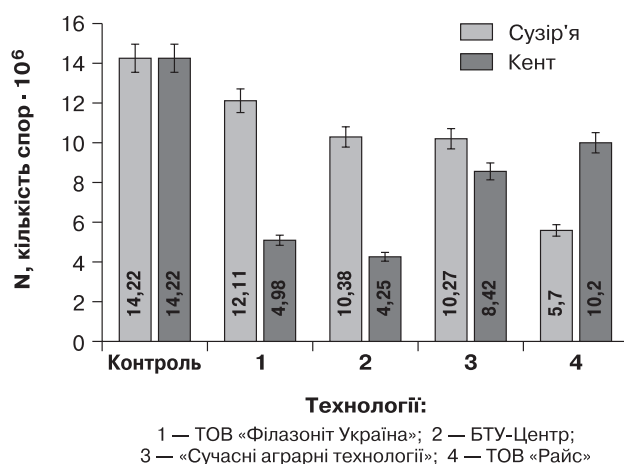


Рис. 2. Вплив екзометаболітів, виділених із вирощених за різних технологій рослин сої сортів Сузір'я та Кент, на інтенсивність споруляції ізоляту *Fusarium graminearum*

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

інтенсивності споруляції ізолятів гриба *Fusarium graminearum*. Це забезпечує зниження фітопатогенного фону в агроценозах, що зумовлено зменшенням чисельності фітопатогенних мікроміцетів як у ґрунті, так і на вегетативних органах рослин упродовж вегетації. Це призводить до підвищення біобезпеки в агроценозах та покращення якості врожаю сої.

ВИСНОВКИ

Агресивність ізолятів гриба *Fusarium graminearum* істотно контролюється екзометаболітами сортів сої та значною мірою залежить від технологій вирощування рослин. Так, на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я індекс ураження проростків коливається від 21,3% до 29,8%, а на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Кент — від 21,14% до 25,46%.

Інтенсивність споруляції ізолятів гриба *Fusarium graminearum* також значно контролюється екзометаболітами сортів сої та технологіями їх вирощування. Так, на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я інтенсивність споруляції коливається від $5,7 \cdot 10^6$ клітин/мл до $12,11 \cdot 10^6$ клітин/мл, а на фоні екзометаболітів рослин сої сорту Кент — від $4,25 \cdot 10^6$ клітин/мл до $10,2 \cdot 10^6$ клітин/мл.

Екзометаболіти сортів сої призводять до зниження інтенсивності споруляції ізолятів гриба *Fusarium graminearum*. Це забезпечує зниження фітопатогенного фону в агроценозах, що зумовлено зменшенням чисельності фітопатогенних мікроміцетів як у ґрунті, так і на вегетативних органах рослин упродовж вегетації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопенко О. Рослинництво України: Статистичний збірник 2017. Київ: Державна служба статистики України, 2018. 222 с.
2. Лукомец В.М., Пивень В.Т., Тишков Н.М. Болезни бобовых. Агрорус. 2011. 210 с.
3. Schandry N., Becker C. Allelopathic plants: models of studying plant interkingdom interactions. *Trends Plant Sci.* 2019. Vol. 25(2). P. 176–185.
4. Iqbal A., Hamayun M., Khan Z.H. Plant sare the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin.* 2019. Vol. 28 (2 A). P. 1040–1049.
5. Muhammad Z., Inayat N., Majeed A. Allelopathy and Agricultural Sustainability: Implication in weed management and crop protection. *European Journal of Ecology.* 2019.
6. Бочкарев С.В., Зеленцов Т.П., Шуваева А.П. Современное состояние таксономии, морфологии и селекции лаванды. *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур.* 2013. № 2. С. 155–156.
7. Юрчак Л.Д. Еколого-алелопатичні аспекти взаємодії ароматичних рослин і мікроорганізмів в агрофітоценозах. Х з'їзд Товариства мікробіологів України: тези доп. Одеса: Астропринт, 2004. 316 с.
8. Патика В.П. Біологічний азот. Київ: Світ, 2003. 424 с.
9. Cheng F. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science.* 2015. Vol. 6. P. 1020.
10. Демиденко О.В. Фізіологічна активність сільськогосподарських культур та відтворення родючості чорноземів в агроценозах. *Фізіологія і біохімія культурних рослин.* 2013. № 45, (3). С. 213–221.
11. Елланська Н.Е., Скрипка Г.І., Юношева О.П. Мікробні угруповання та біологічна активність прикореневого ґрунту рослин *Phlox paniculata* L. *Вісник Одеського національного університету.* 2017. № 22. (2). С. 67–75.
12. Юношева О.П., Елланська Н.Е. Специфіка мікробних угруповань інтродукованих рослин *Lavandula angustifolia* Mill. *Ґрунтознавство.* 2015. № 16. (1–2). С. 66–74.
13. Iqbal A., Hamayun M., Khan Z.H. Plant sare the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin.* 2019. Vol. 28 (2 A). P. 1040–1049.
14. Mugabo J., Tollens E., Chianu J. Resource Use Efficiency in Soybean Production in Rwanda. *Journal of Economics and Sustainable Development.* 2014. Vol. 5 (6). P. 116–122.
15. Бабич А.О. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ: Аграрна наука, 2011. 548 с.
16. Чехова І.В. Основні тенденції розвитку ринку олійних культур в Україні. *Продуктивність агропромислового виробництва.* 2014. № 25. С. 71–78.
17. Личук М.М., Коновал І.А., Колос З.В. Виробництво сої в Україні та його ресурсне забезпечення на перспективу. *Біоресурси і природокористування.* 2014. № 6 (1–2). С. 131–137.
18. Парфенюк А.І., Волощук Н.М. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах. *Агроекологічний журнал.* 2016. № 4, 106–111.

19. Парфенюк А.І., Мінералова В.В., Безноско І.В., Бородай В.В. Мікобіота ризосфери рослин малини (*Rubus idaeus* L.) під впливом сортів та нових добрив в умовах органічного виробництва. *Журнал агрономічних наук*. 2020. № 18 (4). С. 2550–2557.
20. Парфенюк А.І., Стерлікова О., Благініна А., Горган Т.М., Безноско І.В. Екологічна оцінка сортів пшениці за впливом на формування популяцій фітопатогенних грибки. 2014. Київ, 39 с.
21. Кирик М., Парфенюк А., Псковський М. Методи мікологічної експертизи підкарантинних матеріалів. *Державний стандарт України 4180-2003. Карантин рослин. Держспоживстандарт України*. 2003.
22. Аникиєв В.В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. Москва: Просвещение, 1983. 52 с.
23. Лемеза Н.А., Сидорова С.Г. Иммуниетет растений. Практикум для студентов биол. фак. Минск: БГУ, 2008. 96 с.
24. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. Думка. 1982. 548 с.
25. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке в селекции растений. 1978. 206 с.
26. Комарова Е.Н., Выскребенцева Е.И., Трунова Т.И. Изменения лектиновой активности меристим узла кушцення озимой пшеницы при закаливании к морозу. *Физиология растений*. 1995. 42 (8). С. 612–616.
27. Парфенюк А.І., Безноско І.В., Туровнік Ю.А. Екологічне оцінювання впливу гібридів сояшнику на формування фону в умовах органічного виробництва. Методичні рекомендації. 2020. С. 13–16.

INFLUENCE OF PLANT EXOMETABOLITES OF DIFFERENT SOYBEAN VARIETIES ON AGGRESSIVENESS AND INTENSITY OF SPORULATION OF FUSARIUM GRAMINEARUM SCHWABE

Parfenuk A.

Doctor of Biological Sciences, Professor

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: vereskpar@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>

Havryliuk L.

Graduate student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: 410agroeco@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>

Kosovska N.

Graduate student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: nadejdagirl29@gmail.com

Beznosko I.

Candidate of Biological sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: beznoskoirina@gmail.com

Draga M.

Candidate of Biological Sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: m_draga@hotmail.com

The article presents the results of studies of the influence of exometabolites in plants of different soybean varieties and technologies of their cultivation on the aggressiveness and intensity of sporulation of fungi isolates Fusarium graminearum Schwabe.

The object of the study were plant exometabolites of soybean varieties: Suzirya of selection of National Research Center of the Institute of Agriculture of NAAS of Ukraine and Kent of selection of Saatbau Linz in Austria. Since organic production denies the use of mineral fertilizers and chemical plant protection

products, an alternative to them is the use of technologies with biological products of different action. Therefore, of these varieties of soybean plants were grown according to the technologies developed in the companies: Filazonit Ukraine LLC, Modern Agricultural Technologies LLC, A-Rice LLC, as well as in the company BTU-Center, PE.

Found that exometabolites of studied soybean varieties, grown on listed technologies, lead to increased aggressiveness of isolates of the fungus *F. graminearum*. Thus, against the background of exometabolites of soybean plants of the Suzirya variety, the index of seedling damage ranged from 21.3% to 29.8%, and against the background of exometabolites of soybean plants of the Kent variety — from 21.14% to 25.46%. This indicates their medium aggressiveness and stabilizing selection in the fungus population.

It is established that the exometabolites of the studied soybean cultivars grown by the listed technologies lead to a decrease in the intensity of sporulation of fungus isolates *F. graminearum* compared to control. Thus, against the background of exometabolites of soybean plants of the Suzirya variety, the index of seedling damage ranged from $5,7 \cdot 10^6$ cells/ml to $12,11 \cdot 10^6$ cells/ml, and against the background of exometabolites of soybean plants of the Kent variety — from $4,25 \cdot 10^6$ cells/ml to $10,2 \cdot 10^6$ cells/ml. This indicates their average aggressiveness and stabilizing selection in the population of the fungus on this basis.

Thus, the obtained results of studies point to a significant influence of metabolic products of plants of different varieties of soybean and their cultivation technology on physiological and biochemical properties of pathogenic fungi *F. graminearum*.

Keywords: soybean, fusarium wilt, phytopathogenic micromycetes, exometabolites of plants, aggressiveness of fungal isolates, intensity of fungal sporulation.

REFERENCES

1. Prokopenko, O. (2018). *Roslynnystvo Ukrainy. Statystychnyi zbirnyk 2017. [Crop production of Ukraine. Statistical yearbook, 2017]*. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny [in Ukrainian].
2. Lukomets, V. M., Piven, V.T. & Tishkov, N. M. (2011). *Bolezni bobovyih. [Legume diseases]*. Agrorus. 210 [in Russian].
3. Schandry, N., & Becker, C. (2019). Allelopathic plants: models of studying plant interkingdom interactions. *Trends Plant Sci*, 25(2), 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.11.004>. [in English].
4. Iqbal, A., Hamayun, M., Khan, Z.H. et al. (2019). Plant sare the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (2 A), 1040–1049 [in English].
5. Muhammad, Z., Inayat, N., Majeed, A. et al. (2019). Allelopathy and Agricultural Sustainability: Implication in weed management and crop protection. *European Journal of Ecology* [in English].
6. Bochkarev, S.V., Zelentsov, T.P., & Shuvaeva, A.P. (2013). Sovremennoye sostoyaniye taksonomii, morfologii i selektsii lavandy. [The current state of the taxonomy, morphology and selection of lavender]. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur*, 2, 155–156 [in Russian].
7. Yurchak, L.D. (2005). *Allelopatiya v ahrobioheotsenozakh aromatychnykh roslyn. [Allelopathy in agrobiogeocenoses of aromatic plants]*. Naukova dumka. 411 [in Ukrainian].
8. Patika V.P. (2003). *Biologichnyy azot. [Biological nitrogen]*. Monohrafiya. Svit, 424 [in Ukrainian].
9. Cheng, F. (2015). Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>. [in English].
10. Demydenko, O.V. (2013). Fiziologichna aktyvnist silskohospodarskykh kultur ta vidtvorennia rodiuchosti chornozemiv v ahrotsenozakh [Physiological activity of crops and reproduction of chernozem fertility in agrocenoses]. *Fyziologiya y byokhymiya kulturnykh rastenyi — Physiology and biochemistry of crops*, 45 (3), 213–221 [in Ukrainian].
11. Ellanska, N.E., Skrypka, O.P., & Yunosheva, H.I. (2017). Mikrobni uhrupovannia ta biologichna aktyvnist prykorenevoho gruntu Roslyn Phlox paniculata L. [Microbial grouping and biological activity of rootstock of plants Phlox paniculata L.]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu — Bulletin of the Odessa National Universit*, 22 (2), 67–75 [in Ukrainian].
12. Yunosheva, O.P., & Ellanska, N.E. (2015). Spetsyfika mikrobnnykh uhrupovan introdukovanykh Roslyn *Lavandula angustifolia* Mill. [Specificity of microbial groups of introduced plants *Lavandula angustifolia* Mill.]. *Hruntoznavstvo*, 16 (1–2), 66–74 [in Ukrainian].
13. Iqbal, A., Hamayun, M., Khan, Z.H. et al. (2019). Plants are the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (2A), 1040–1049 [in English].
14. Mugabo, J., Tollens, E., Chianu, J., Obi, A., & Vanlauwe, B. (2014). Resource Use Efficiency in Soybean Production in Rwanda. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(6), 116–122 [in English].

15. Babych, A.O., & Babych-Poberezhna, A.A. (2011). *Selekciya, vyrobnyctvo, torgivlya i vykorystannya soyi u sviti [Selection, production, trade and use of soybeans in the world]*. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
16. Chexova, I.V., & Chexov, S.A. (2014). Osnovni tendenciyi rozvytku rynku olijnyx kultur v Ukraini. [Main tendencies of the market of oilseeds in Ukraine]. *Produktyvnist agropromyslovogo vyrobnyctva – Productivity of agro-industrial production*, 25, 71–78 [in Ukrainian].
17. П'чук, М.М., Ковал, І.А., & Колос, З.В. (2014). Vyrobnytstvo soyi v Ukraini ta yoho resursne zabezpechennya na perspektyvu. [Soybean production in Ukraine and its resource support for the future]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya*, 6 (1–2), 131–137 [in Ukrainian].
18. Parfenyuk, A.I., & Voloshchuk, N.M. (2016). Formuvannya fitopatohennoho fonu v ahrofitotsenozakh. Ekolohichno bezpechni ahrotekhnolohiyi. [Formation of phytopathogenic background in agrophytoecosystems. Ecologically safe agrotechnologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal*, 4, 106–111 [in Ukrainian].
19. Parfeniuk, A., Mineralova, V., Beznosko, I., & Borodai, V. (2020). Mikobiota ryzosfery roslin malyny (*Rubus idaeus* L.) pid vplyvom sortiv ta novykh dobryv v umovakh orhanichnoho vyrobnytstva. [Mycobiota of the rhizosphere of raspberry plants (*Rubus idaeus* L.) under the influence of varieties and new fertilizers in conditions of organic production]. *Zhurnal ahronomichnykh nauk*, 18 (4), 2550–2557. <http://dx.doi.org/10.15159/AR.20.182>. [in Ukrainian].
20. Parfeniuk, A., Sterlikova, O., Blaginina, A., Gorgan, T., Beznosko, I., & Sahanovskaia, V. (2014). *Ekolohichna otsinka sortiv pshenytsi za vplyvom na formuvannya populyatsiy fitopatohennykh hrybiv. [Ecological evaluation of wheat varieties by influence on the formation of populations of phytopathogenic fungi]*. Kiev, 39 [in Ukrainian].
21. Kyryk, M., Parfenyuk, A., & Pskovsky, M. (2003). *Metody mikolohichnoho doslidzhennya karantynnykh materialiv. [Methods of mycological examination of quarantine materials]*. Karantyn roslin. 6–48 [in Ukrainian].
22. Anikiev, V.V., & Lukomska, K.A. (1983). *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii. [A guide to practical exercises in microbiology]*. Prosveshcheniye. 52 [in Russian].
23. Lemeza, N.A., & Sidorova, S.G. (2008). *Imunitet Roslyn. [Plant immunity]*. Praktykum dlya studentiv biol. fak. Minsk: BSU. 96 [in Ukrainian].
24. Bilay, V.I. (1982). *Metody eksperimentalnoy mikologii. [Methods of experimental mycology]*. Kiev, 548 [in Russian].
25. Geshele, E.E. (1978). *Rukovodstvo po fitopatologicheskoy otsenke v selektsii rasteniy. [Guidelines for phytopathological assessment in plant breeding]*. 206 [in Russian].
26. Komarova, E.N., Vyskrebentseva, E.I., & Trunova, T.I. (1995). Izmeneniye lektinovoy aktivnosti meristem uzla kushcheniya ozimoy pshenitsy pri zakalivanii k moro zu. [Change in the lectin activity of the meristems of the tillering node of winter wheat when hardened to frost]. *Fiziologiya rasteniy*, 42 (8), 612–616 [in Russian].
27. Parfenyuk, A.I., Beznosko, I.V., & Turovnik, Y.A. (2020). *Ekolohichne otsinyuvannya vplyvu hibrydiv sonyashnyku na formuvannya fonu v umovakh orhanichnoho vyrobnytstva. [Ecological assessment of the influence of sunflower hybrids on the formation of the background in the conditions of organic production]*. Metodychni rekomendatsiyi. 16 [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Парфенюк Алла Іванівна, доктор біологічних наук, професор, завідувачка відділу агробіоресурсів і екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; email: vereskpar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>)

Гаврилюк Лілія В'ячеславівна, аспірантка, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: 410agroeco@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>)

Косовська Надія Анатоліївна, аспірантка, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: nadejdagirl29@gmail.com)

Безноско Ірина Володимирівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: beznoskoirina@gmail.com)

Драга Мар'яна Василівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: m_druga@hotmail.com)