



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.01.050>

RESEARCH ARTICLE

Перші верифіковані знахідки в Україні гриба *Diaporthe caulivora* (*Diaporthales, Ascomycota*) — збудника північного раку стебла сої

Валентин А. КРАСНОПІРКА * , Анастасія С. ЗАБОЛОТНЯ , Олександр Ю. АКУЛОВ 

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, кафедра мікології та фітоімунології, майдан Свободи 4, Харків 61077, Україна

*Автор для листування: krasnopirko@gmail.com

Реферат. Соя є однією з найважливіших сільськогосподарських культур України, і в умовах війни площі під її посіви навіть збільшилися. Ця культура походить із Південно-Східної Азії і вирощується в Україні відносно нетривалий час. Більшість збудників хвороб сої є адвентивними видами, і деякі з них потрапили до країни лише нещодавно. На основі молекулярно-генетичних досліджень двох чистих культур, ізольованих із ураженого насіння сої, вирощеного в західних регіонах України, було ідентифіковано *Diaporthe caulivora* — збудника північного раку стебла сої. Це перша верифікована знахідка виду в Україні. У статті описано морфолого-культуральні характеристики цього гриба та особливості його діагностики у зразках насіння. Особливу увагу приділено історичному розвитку вивчення роду *Diaporthe*, починаючи від його виокремлення у XIX ст. і дотепер. Проаналізовано видовий склад збудників фомопсидозу сої, наведено інформацію про реєстрацію окремих представників у Європі та обговорено перспективи їх виявлення в Україні.

Ключові слова: *Glycine max*, *Phomopsis*, діагностика, культури, насіннева інфекція, ПЛР

Вступ

Diaporthe Nitschke — великий рід фітотрофних сумчастих грибів, що включає фітопатогенні, ендоефітні та сапротрофні види. Представники цього роду трапляються на всіх континентах, причому деякі з них мають глобальне поширення. Серед них є багато збудників небезпечних хвороб культурних рослин, які мають велике господарське значення. Види роду часто виявляються під час аналізу рослинного

матеріалу. Однак надійна ідентифікація видів, визначення їхньої субстратної спеціалізації та потенційної небезпеки для рослин є складним завданням, що потребує використання культуральних і молекулярно-генетичних методів дослідження (Gomes et al., 2013; Hongsanan et al., 2023).

Серед видів *Diaporthe*, що викликають захворювання сільськогосподарських рослин, найліпше дослідженими на сьогодні є збудники хвороб винограду та цитрусових. Однак для багатьох

ARTICLE HISTORY. Submitted 22 September 2024. Revised 10 February 2025. Published 27 February 2025

CITATION. Krasnopirka V.A., Zabolotnia A.S., Akulov O.Yu. 2025. First verified records in Ukraine of *Diaporthe caulivora* (*Diaporthales, Ascomycota*), a causal agent of northern stem canker of soybean. *Ukrainian Botanical Journal*, 82(1): 50–59. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.01.050>

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2025

© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2025

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

інших культурних рослин інформація про видовий склад, географічне поширення та стратегії живлення представників цього роду грибів досі залишається недостатньою (Udayanga et al., 2015). Зокрема, це стосується видів, які викликають ураження стебел і бобів сої (*Glycine max* (L.) Merr.) — однієї з найпоширеніших сільськогосподарських культур у світі, в тому числі в Україні.

Для позначення хвороб рослин, збудниками яких є гриби роду *Diaporthe*, традиційно використовують термін "фомопсидози". Це пов'язано з тим, що протягом тривалого часу для найменування нестатевої стадії спороношення цих грибів використовувалась родова назва *Phomopsis* (Levchuk et al., 2022).

На сьогодні на сої зареєстровано близько 20 видів роду *Diaporthe*, які відрізняються біологічними властивостями, патогенністю, чутливістю до фунгіцидних препаратів та іншими важливими ознаками. Деякі з цих видів мають карантинне значення (Petrović, 2012; Hosseini et al., 2020; Hongsanan et al., 2023). Однак в Україні питання видового складу *Diaporthe* на сої досі не було предметом цілеспрямованого наукового дослідження. У науковій літературі нами не знайдено відомостей щодо верифікованих (тобто підтверджених молекулярно-генетичним аналізом) знахідок представників цього роду на території України. Вітчизняні фітопатологічні джерела часто не містять інформації про збудників фомопсидозу сої, а в тих випадках, коли вони згадуються, визначення патогенів зазвичай обмежується рівнем роду (<https://www.syngenta.ua/klyuchovi-khvoroby-soyi-v-sezoni-2022>; Kyrychenko et al., 2016; Markov et al., 2019; Levchuk et al., 2022). Тому метою проведеного нами дослідження було уточнення видового складу і поширення *Diaporthe* spp. на сої в Україні.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження слугували зразки насіння сої, вирощеної в західних областях України (Івано-Франківська, Львівська та Тернопільська обл.). Експериментальна частина роботи була розпочата у 2021 р. на базі кафедри мікології та фітоімунології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (Zabolotnia, 2022). Внаслідок

повномасштабного вторгнення РФ в Україну всі культури були втрачені, а дослідження призупинені. У 2023–2024 рр. роботу вдалося відновити у науково-дослідному відділі агрохолдингу "Контінентал Фармерз Груп". Для досліджень застосовувались вегетаційні, культуральні та молекулярно-генетичні методи.

Для дезінфекції поверхні насіння зразки занурювали на 3 хв у 0,5%-ний розчин гіпохлориту натрію, після чого тричі промивали дистильованою водою. Потім насіння розкладали у стерильні чашки Петрі на підкислений картопляно-декстрозний агар (PDA) з рН 4,5. Чашки з насінням інкубували в термостаті при температурі 25 °C, і з розвитком міцелію патогенних грибів його пересівали у чисті культури. Для ідентифікації отриманих культур використовували молекулярно-генетичний аналіз.

Екстрагування геномної ДНК проводили з культур грибів за допомогою набору NeoPrep100 DNA plant reagent kit (Neogen, Україна). Ампліфікацію ITS-регіону рибосомальної ДНК здійснювали з використанням пар праймерів ITS1 (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') та ITS4 (5'-CAGGAGACTTGTACACGGTCCAG-3') (Vilgalys, Hester, 1990; White et al., 1990).

Реакційна ПЛР-суміш (12,5 мкл) складалася з 6,25 мкл OneTaq® Quick-Load® 2X Master Mix (New England BioLabs), 0,25 мкл прямого та зворотного праймерів, 4,75 мкл води та 1 мкл екстракту ДНК. ПЛР проводили в ампліфікаторі Biometra thermal cycler із стандартними для реакцій умовами (White et al., 1990). Продукти ПЛР об'ємом 2 мкл візуалізували за допомогою електрофорезу в 1% агарозному гелі з додаванням Tris-acetate-EDTA (TAE) буферу з бромистим етидієм (0,1 мг/мл). Секвенування продуктів ПЛР здійснювали на комерційній основі в компанії MacroGen Inc. (Нідерланди).

Для перевірки якості хроматограм та їхнього редагування (обрізання неякісних початку та кінця послідовності) використовували програму MEGA X (Kumar et al., 2018). Пошук схожих нуклеотидних послідовностей у базі даних GenBank проводили за допомогою алгоритмів BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). Нуклеотидні послідовності ITS-регіону рибосомальної ДНК для досліджених культур було депоновано в базі даних GenBank (NCBI) під реєстраційними номерами PQ877696 та PQ877669 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Результати

У результаті проведених досліджень нами було доведено, що *Diaporthe* sp. є складовою частиною насінневої інфекції сої в Україні, однак ураженість насіння цим патогеном зазвичай не перевищує 5%. Винятком було насіння врожаю 2022 р., коли через надлишок опадів під час дозрівання сої збір врожаю затримався майже на місяць. У таких випадках ураженість насіння фомосидозом перевищувала гранично допустимі 15%, досягаючи в окремих зразках 27,4–39,8%.

Кількісну діагностику представників роду *Diaporthe* значно ускладнює наявність супутніх насінневих інфекцій. Варто зазначити, що іноді на одній насінині можуть одночасно розвиватися кілька видів грибів. Наприклад, з насіння сорту Адеса (Saatbau, 1 репродукція) було виділено 39,8% *Diaporthe* spp., 38,3% *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. та 33,0% *Fusarium* spp. Крім того, 19,3% насінин були заражені бактеріозом, а на 6,7% насінин, незважаючи на використання поверхневих дезінфектантів, розвивалися сапротрофні гриби, такі як *Aspergillus* spp., *Epicoosium nigrum* Link та *Penicillium* spp. (рис. 1).

Ми підтвердили літературні дані, що види роду *Diaporthe* здатні колонізувати різні частини насінини — тканини оболонки, сім'ядолі та навіть зародок. Інфіковане насіння зазвичай є недорозвиненим, зі зморщеними тьмяно забарвленими, часто вдавленими покривами, але за незначного ураження інфікування може бути безсимптомним (Li, 2011). Залежно від ступеня ураження, хворе насіння або не проростає, або проростає повільніше і формує аномальні проростки (рис. 2), значна частина яких швидко гине. Наприклад, у зразку сорту Адеса, що був наведений вище, 19,6% насінин виявилися нежиттєздатними, а 22,5% проростків були аномальними і невдовзі загинули, що призвело до зниження польової схожості до 57,8%.

У серпні 2024 р. на окремих полях Кременецького р-ну Тернопільської обл. нами було зафіксовано передчасне всихання сої (до 12% рослин в посіві). Після розміщення фрагментів інфікованих стебел на поживне середовище PDA, на них масово розвивалися колонії представника роду *Diaporthe*. Ідентифікація цих культур на видовому рівні ще триває. Зазначимо, що на уражених рослинах не було виявлено

пікнід гриба, тому без використання культуральних методів хворобу можна помилково ідентифікувати як склеротиніоз. На даному етапі досліджень уже можна констатувати наявність фомосидозу стебла сої в західних областях України та його шкідливість у цьому регіоні.

Для проведення молекулярно-генетичного аналізу нами було відібрано дві типові культури з ураженого насіння: ZA4 (зі Львівської обл.) та Kh6 (з Тернопільської обл.). Аналіз послідовностей ITS-регіону рибосомальної ДНК впевнено підтвердив їхню належність до *Diaporthe caulivora*. Отримані нуклеотидні послідовності зазначених культур зареєстровані в базі даних GenBank (NCBI) під номерами PQ877696 і PQ877669, відповідно.

Чисті культури *D. caulivora* добре розвиваються на картопляно-декстрозному агарі з рН 5,5–6,5, але для пригнічення розвитку конкурентних грибів під час виділення з хворого насіння середовище закислюють до рН 4,5. Колонії зазвичай швидко розростаються, досягаючи діаметра 5–7 см за 7–10 діб при температурі 25 °С. Культури мають характерний габітус, що дозволяє провести первинну ідентифікацію гриба принаймні на рівні роду без залучення додаткових методів аналізу. Колонії мають щільну консистенцію, у молодому стані гладеньку або злегка зернисту поверхню, з віком — виразні радіальні міцеліальні тяжі, забарвлення від білого до кольору слонової кістки. Краї колоній рівні або злегка хвилясті, добре окреслені, з чіткою межею між міцелієм і поживним середовищем. Реверс колоній спочатку світлий, але в старих культурах поступово набуває темно-коричневого забарвлення. Протягом тривалого часу міцелій гриба залишається стерильним, і лише в старих культурах спостерігається утворення пікнід (рис. 3).

Обговорення

Культурна соя (*Glycine max*) походить із Південно-Східної Азії. Сьогодні вона є однією з найпоширеніших сільськогосподарських культур у світі, посідаючи третє місце після кукурудзи та пшениці. Попри своє азійське походження, сучасні центри вирощування сої розташовані у всьому світі. Найбільшими її виробниками є Бразилія, Аргентина та США, які разом забезпечують близько 80% світового



Рис. 1. Розвиток міцелію гриба *Diaporthe* sp. (окреслено червоним колом) під час фітопатологічного аналізу зразків насіння з використанням картопляно-декстринового агару

Fig. 1. Mycelium growth of *Diaporthe* sp. (outlined in red) during the phytopathological analysis of seed samples using potato dextrose agar

виробництва. Найбільшим виробником сої в Європі є Україна (Hartman et al., 2011; SoyStats, 2024; FAS USDA, 2024).

Варто зазначити, що на початку ХХ ст. соя в Україні була майже невідомою культурою, і її вирощування обмежувалося експериментальними ділянками. Лише в середині ХХ ст. вона почала впроваджуватися в сільськогосподарське виробництво, проте площі посівів залишалися незначними. На початку 1990-х рр. площа посівів сої в Україні становила близько 50 тис. га, а відтоді стрімко зроста, досягнувши у 2022 р. 1,82 млн. га (Kyrychenko et al., 2016; FAS USDA, 2024).

В умовах війни значення сої для економіки України значно зросло. Незважаючи на втрату частини придатних для господарювання земель, площі під цією культурою в Україні суттєво збільшилися, досягнувши у 2024 р. 2,3 млн га. Таке зростання відбулося переважно за рахунок

скорочення площ під кукурудзою. Врожайність сої в Україні варіює залежно від регіону та агротехнічних умов, але в середньому становить 2,5–3 т з гектара, тоді як кукурудза може давати близько 10 т з гектара. При цьому ціна на сою більш ніж вдвічі перевищує ціну на кукурудзу. Крім того, вирощування кукурудзи потребує більших витрат на її живлення, а також сушіння, зберігання і транспортування зерна, що робить часткове заміщення кукурудзи соєю законним процесом (FAS USDA, 2024).

В Україні соя вирощується переважно у центральних і західних регіонах. Насиченість сівозмін та кліматичні особливості цих регіонів сприяють розвитку численних захворювань, зокрема фомопсидозів, що спричиняються сумчастими грибами з роду *Diaporthe*. Ці хвороби негативно впливають на врожай сої та його якість.



Рис. 2. Зовнішній вигляд насінин (А–D) і проростків (В–D) сої, уражених фомосидозом
Fig. 2. External appearance of soybean seeds (A–D) and seedlings (B–D) affected by *Phomopsis* blight

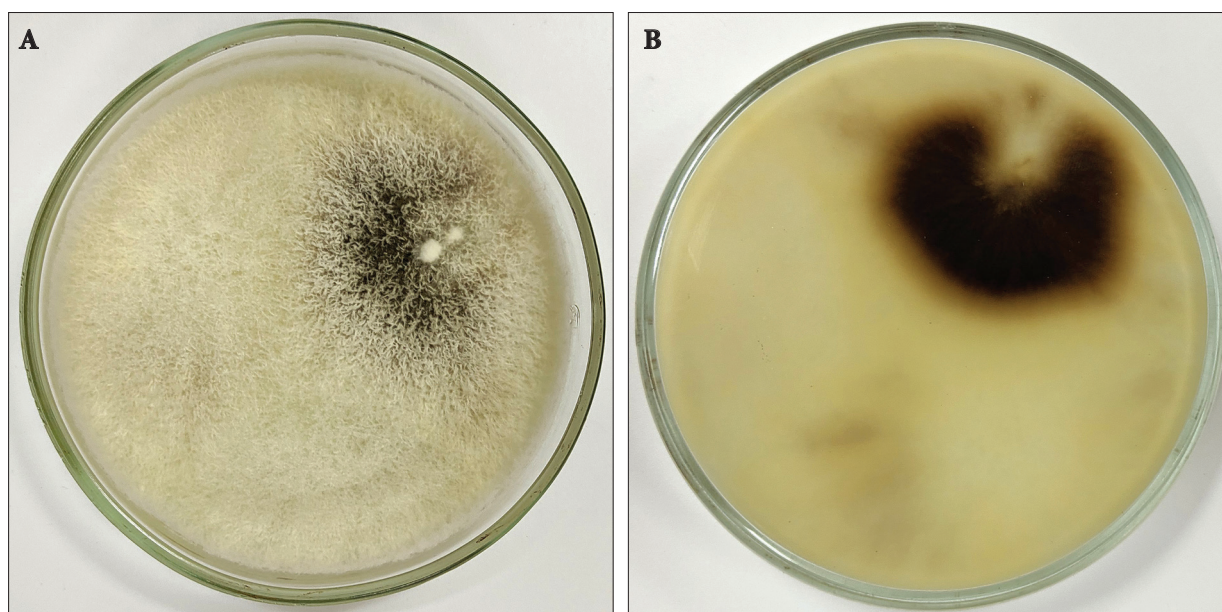


Рис. 3. Чиста культура *Diaporthe caulivora* ZA4 на картопляно-декстрозному агарі через 12 діб. А: поверхня колонії; В: реверс
Fig. 3. Pure culture of *Diaporthe caulivora* ZA4 on potato dextrose agar after 12 days. A: colony surface; B: reverse

Родову назву *Diaporthe* вперше використав Л. Фукель у 1867 р., розмістивши у п'ятому томі мікологічних ексикатів "Fungi Rhenani Exsiccati" гербарний зразок нового для науки виду *D. alnea*

Fuckel. Однак детальний морфологічний опис роду та характеристики 70 його представників трьома роками пізніше надав Т. Ніцшке у другому томі монографії "Pyrenomycetes Germanici"

(Nitschke, 1870). Автор зазначив, що види роду *Diaporthe* розвиваються переважно у стеблах вищих рослин і характеризуються двома типами спороношення: нестатевим із простими або багатоканалними пікнідами, що містять два типи спор — овално-веретеноподібні та ниткоподібні, і статевим, представленим перитеціями, зануреними в тканини рослини або строми, які прориваються назовні короткими або подовженими остіолями. Сумки містять 8 спор, розташованих в один ряд; спори безбарвні або слабо забарвлені, овалні або веретеноподібні, в зрілому стані септовані, зазвичай з 2–4 великими краплями олії; парафізи відсутні (Nitschke, 1870).

Хоча запропонована Т. Ніцшке назва роду не є пріоритетною, саме він першим надав його детальну характеристику. У зв'язку з цим, назву *Diaporthe* Nitschke було законсервовано, і вона наразі вважається відправною точкою у вивченні роду (Rossman et al., 2015). Оскільки в оригінальній роботі типовий вид роду не був виокремлений, у 1931 р. ним було обрано одного з найпоширеніших представників — *Diaporthe eres* Nitschke (Clements, Shear, 1931).

Протягом 60 років після виокремлення роду *Diaporthe* різні автори трактували його по-різному, що призвело до опису понад 600 видів, які не завжди відповідали оригінальній концепції Т. Ніцшке. Першу ревізію роду в 1933 р. здійснив Л. Вемайер, який запропонував залишити в складі *Diaporthe* s. str. лише ті види, які утворюють чіткі чорні зони на межі між здоровою й ураженою тканиною рослини та мають двоклітинні рівнобічні сумкоспори. На основі перегляду численних гербарних матеріалів Л. Вемайер залишив у складі роду 70 видів, тоді як багато раніше запропонованих назв було зведено до синонімів. Крім того, багато видів, раніше описаних як представники роду *Diaporthe*, були перенесені до інших родів або визнані сумнівними (Wehmeyer, 1933).

Варто зазначити, що протягом тривалого часу в мікології була поширена практика надання окремих родових назв статевим і нестатевим стадіям спороношення грибів. Для позначення анаморф роду *Diaporthe* використовували назву *Phomopsis* Sacc., яку запропонував П. Саккардо в 1884 р. На початок ХХІ ст. було відомо близько 1000 видів *Diaporthe* та приблизно стільки ж видів під назвою *Phomopsis*. При цьому деякі види були відомі лише

в анаморфній стадії, деякі — в телеоморфній, але чимало видів мали різні наукові назви для їхньої статевої і нестатевої морфи (Rossman et al., 2016). Обидві родові назви *Diaporthe* (статева морфа) і *Phomopsis* (нестатева морфа) регулярно використовувалися мікологами та фітопатологами. Після запровадження принципу "Один вид — одна назва" (Norvell, 2011) постало питання, яку з двох назв залишити. У 2015 р. Міжнародна мікологічна асоціація створила робочу групу з упорядкування номенклатури, в т.ч. представників діапортових грибів, яка запропонувала надати перевагу назві *Diaporthe*. Відповідно, для всіх видів, які раніше були відомі виключно під назвою *Phomopsis*, були створені нові комбінації в межах роду *Diaporthe* (Rossman et al., 2016).

Також зауважимо, що більшість видів *Diaporthe* або *Phomopsis* було описано на основі комбінації двох критеріїв: унікальна рослина-господар та унікальні мікроморфологічні особливості. Однак останні молекулярно-генетичні дослідження показали, що в межах роду існують як дуже спеціалізовані види, так і ті, що мають широкий спектр господарів. Статус багатьох видів *Diaporthe*, які були виокремлені на основі субстратної спеціалізації, після додаткових генетичних досліджень не був підтверджений. Водночас чимало морфологічно подібних видів виявилися генетично відмінними (Dissanayake et al., 2017; Dangal, 2022). Наразі переконливо доведено, що більшість видів *Diaporthe* неможливо впевнено ідентифікувати без аналізу послідовностей нуклеотидів у маркерних генах. Парадоксально, але навіть збудників захворювань поширених сільськогосподарських рослин часто не вдається точно ідентифікувати лише на основі морфологічних ознак (Udayanga et al., 2012, 2015).

Для первинної ідентифікації більшості представників роду зазвичай достатньо аналізу нуклеотидів ITS-регіону рДНК. Однак для реконструкції філогенії та розпізнавання споріднених видів доцільно проводити мультигенний аналіз із залученням генів *TEF* (translation elongation factor 1- α), *TUB* (β -tubulin), *CAL* (calmodulin) та *HIS* (histone) (Gomes et al., 2013; Gao et al., 2017; Norphanphoun, 2022). У 2024 р. методи мультигенної філогенії GCPSR були застосовані для дослідження 82 ізолятів *Diaporthe* з Китаю. У результаті рід був розділений на сім секцій,

при цьому були запропоновані межі для 13 видів і 15 комплексів видів. Наразі найбільшими за кількістю відомих видів є секції *Sojae* та *Foeniculina* (Dissanayake et al., 2024).

Рід *Diaporthe* містить кілька економічно важливих патогенів сої, які викликають загнивання бобів і насіння, а також гниль та рак стебел, що призводять до значних втрат врожаю як у кількісному, так і в якісному відношенні. Загнивання насіння (*Phomopsis seed decay*, PSD) є однією з найбільш шкідливих хвороб сої. За умов теплої та вологої погоди фомопсидози сої можуть спричинити втрати врожаю до 40% (Li, Chen, 2013; Rossman et al., 2015).

У 1920 р. американські фітопатологи Ф. Вольф і С. Леман вперше повідомили про плямистість стебел і бобів сої, викликану невизначеним видом роду *Phoma*. У 1922 р. С. Леман описав цей вид під назвою *Phomopsis sojae* Lehman, а у 1923 р. переописав як *Diaporthe sojae* Lehman. Під час ревізії Л. Вемайер понизив статус *D. sojae* до рівня різновиду і запропонував комбінацію *D. phaseolorum* var. *sojae* (Lehman) Wehm. (Hobbs et al., 1985). Однак, на сьогодні цей таксон знову розглядають як вид під назвою *Diaporthe sojae* Lehman (<https://www.mycobank.org>, accessed August 30, 2024). У 1954 р. К. Етоу та Р. Колдуелл досліджували рак стебел сої на півночі США і визначили збудника хвороби як новий різновид — *D. phaseolorum* var. *caulivora* Athow & Caldwell. (Hobbs et al., 1985). У 2011 р. цей таксон отримав статус самостійного виду — *Diaporthe caulivora* (Athow & Caldwell) J.M. Santos, Vrandečić & A. J.L. Phillips (<https://www.mycobank.org>, accessed August 30, 2024). У 1974 р. К. Кметц зі співавторами виділили ізолят *Phomopsis* із насіння сої, який морфологічно та патогенетично відрізнявся від *D. phaseolorum* var. *sojae* та var. *caulivora*. Цей ізолят виявляв високу агресивність до проростків, що призводило до їхньої швидкої загибелі після штучної інокуляції. У 1985 р. Т. Хоббс зі співавторами запропонував для цього гриба назву *Phomopsis longicolla* Hobbs, який наразі відомий як *Diaporthe longicolla* (Hobbs) J.M. Santos, Vrandečić & A.J.L. Phillips (Hobbs et al., 1985; <https://www.mycobank.org>, accessed August 30, 2024). Варто зазначити, що всі три згадані вище види були описані з території США, але згодом їх виявили й в інших регіонах, зокрема в Європі (Petrović et al., 2018; Hosseini et al., 2020). Також було встановлено, що ці види не є

хазяїн-специфічними паразитами, але їхня взаємодія з різними рослинами може суттєво відрізнятися. Наприклад, *D. caulivora* можна виділити зі стебел соняшника, але він розвивається в них переважно як ендофіт (Dangal, 2022).

Найглибші дослідження різноманіття *Diaporthe* на сої в Європі проводилися на території колишньої Югославії. У 1980 р. там уперше за межами Північної Америки був виявлений розвиток північного раку стебла сої. Спочатку хворобу назвали чорною плямистістю стебла сої, а пізніше за симптомами ураження та морфологічними особливостями спороношення збудника ідентифікували як *D. caulivora* (Jasnić, Vidić, 1981, 1983). З території Сербії та Хорватії, завдяки використанню молекулярно-генетичних маркерів, було підтверджено наявність у Європі трьох "американських" видів: *D. caulivora*, *D. longicolla* і *D. sojae* (Santos et al., 2011; Vidić et al., 2011). У 2011 р. звітти описали новий для науки вид патогенного гриба *D. novem* J.M. Santos, Vrandečić & A.J.L. Phillips, відомий також як *D. pseudolongicolla* K. Petrović, L. Riccioni & M. Vidić (Santos et al., 2011; Petrović et al., 2018). Кілька років по тому було вперше встановлено, що хвороби насіння сої можуть спричиняти і представники комплексу видів *D. eres* (Petrović et al., 2015).

Нещодавнє дослідження 32 ізолятів *Diaporthe*, виділених із ураженого насіння сої німецькими вченими, дозволило ідентифікувати чотири види: *D. caulivora*, *D. eres*, *D. longicolla* та *D. novem*, причому найчастіше траплявся *D. longicolla* (Hosseini et al., 2020).

На основі літературних даних наводимо узагальнену інформацію про підтвержені знахідки небезпечних видів роду *Diaporthe* на сої в Європі: *D. caulivora* (Австрія, Італія, Молдова, Сербія, Хорватія), *D. eres* (Австрія, Сербія), *D. longicolla* (Австрія, Греція, Німеччина, Сербія, Хорватія), *D. novem* (Австрія, Іспанія, Італія, Португалія, Румунія, Сербія, Франція) та *D. sojae* (Італія, Сербія, Угорщина, Франція). Варто зазначити, що за поодинокими знахідками в Європі на сої також відомі *D. citri* (H.S. Fawc.) F.A. Wolf, *D. endophytica* R.R. Gomes, Glienke & Crous, *D. foeniculina* (Sacc.) Udayanga & Castl., *D. infertilis* Guarnaccia & Crous, *D. lusitanicae* A.J.L. Phillips & J.M. Santos, *D. masirevicii* R.G. Shivas, L. Morin, S.M. Thomps. & Y.P. Tan, *D. melonis* Beraha & M.J. O'Brien, *D. neotheicola*, *D. rudis* (Fr.) Nitschke, *D. sparsa* Niessl, *D. ueckeri* Udayanga & Castl. та *D.*

viticola Nitschke. Однак поки немає підстав вважати їх поширеними і небезпечними збудниками хвороб цієї культури (Petrović, 2012; Hongsanan et al., 2023).

У країнах Африки, Південної Америки та Азії відомі інші небезпечні паразити сої, такі як *Diaporthe aspalathi* E. Jansen, Castl. & Crous (= *D. phaseolorum* var. *meridionalis* F.A. Fernández). В Австралії був описаний *D. gulyae* R.G. Shivas, S.M. Thomps. & A.J. Young, який пізніше виявили на території Китаю (Hongsanan et al., 2023). Але оскільки жоден із цих видів поки не виявлений на території Європи, ми не приділяємо їм особливої уваги у нашій статті.

В Україні збудники фомопсидозу сої *Diaporthe caulivora* та *D. phaseolorum* var. *sojiae* до недавнього часу входили до переліку небезпечних карантинних об'єктів. Однак у 2023 р. карантинні вимоги щодо цих видів були пом'якшені, і тепер допускається максимальний рівень зараження насіння цими збудниками до 15%. Водночас варто зазначити, що критерії ідентифікації цих видів, а також інформація про їхнє виявлення в Україні в офіційних документах Державної служби з карантину рослин не наведені (Methodychni vumohy..., 2023).

Висновки

Соя відіграє стратегічну роль в економіці України, а в умовах війни її значення ще більше зростає. Фомопсидози сої є поширеною та небезпечною групою хвороб, збудниками яких можуть бути різні види роду *Diaporthe*. За результатами аналізу літературних джерел нами було

укладено список видів, зареєстрованих на цій культурі в країнах з помірним кліматом, який нараховує майже 20 видів; з них у Європі офіційно визнані сім. В Україні питання видового складу *Diaporthe* на сої досі не було предметом цілеспрямованих наукових досліджень, а значення фомопсидозів як збудників хвороб цієї культури залишається значно недооціненим.


Завдяки застосуванню культуральних і молекулярно-генетичних методів, на культурах гриба зі Львівської та Тернопільської областей нами вперше в Україні було задокументовано наявність виду *Diaporthe caulivora* — збудника північного раку стебла сої. Наразі отриманих даних недостатньо для того, щоб робити висновки про видовий склад і поширення видів роду *Diaporthe* на насінні сої у західних регіонах України. Проте, це перше задокументоване повідомлення про виявлення збудника північного раку сої в Україні.

Враховуючи досвід інших європейських країн, можна очікувати на значно більше різноманіття збудників фомопсидозів сої в Україні. Тому продовження досліджень у цьому напрямку залишається актуальним науковим завданням.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

В. Краснопірка:  <https://orcid.org/0009-0001-3417-7731>
 А. Заболотня:  <https://orcid.org/0009-0003-9392-5482>
 О. Акулов:  <https://orcid.org/0000-0002-8191-3957>

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Clements F.E., Shear C.L. 1931. *The Genera of Fungi*. 2nd ed. Minneapolis: H.W. Wilson, 496 pp.
- Dangal N.K. 2022. *Phomopsis stem canker of sunflower (Helianthus annuus L.): etiology and epidemiological conditions affecting endophytic population of Diaporthe spp., and fungicide efficacy*. PhD Thesis. South Dakota State University, 175 pp. Available at: <https://openprairie.sdstate.edu/etd2/337/>
- Dissanayake A.J., Phillips A.J.L., Hyde K.D., Yan J.Y., Li X.H. 2017. The current status of species in *Diaporthe*. *Mycosphere*, 8: 1106–1156. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/5/5>
- Dissanayake A.J., Zhu J.T., Chen Y.Y., Maharachchikumbura S.N., Hyde K.D., Liu J.K. 2024. A re-evaluation of *Diaporthe*: refining the boundaries of species and species complexes. *Fungal Diversity*, 126: 1–125. <https://doi.org/10.1007/s13225-024-00538-7>
- FAS USDA Report. 2024. *Ukraine Soybean Area, Yield and Production*. Available at: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Soybean>
- Gao Y., Liu F., Duan W., Crous P.W., Cai L. 2017. *Diaporthe* is paraphyletic. *IMA Fungus*, 8: 153–187. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.01.11>
- Gomes R.R., Glienke C., Videira S.I.R., Lombard L., Groenewald J.Z., Crous P.W. 2013. *Diaporthe*: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi. *Persoonia*, 31: 1–41. <https://doi.org/10.3767/003158513X666844>

- Hartman G.L., West E.D., Herman T.K. 2011. Crops that feed the world 2. Soybean — Worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3(1): 5–17. <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x>
- Hobbs T.W., Schmitthenner A.F., Kuter G.A. 1985. A new *Phomopsis* species from soybean. *Mycologia*, 77(4): 535–544. <https://doi.org/10.1080/00275514.1985.12025139>
- Hongsanan S., Norphanphoun C., Senanayake I.C., Jayawardena R.S., Manawasinghe I.S., Abeywickrama P.D., Khuna S., Suwannarach N., Senwannana C., Monkai J., Hyde K.D., Gentekaki E., Bhunjun C.S. 2023. Annotated notes on *Diaporthe* species. *Mycosphere*, 14(1): 918–1189. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/14/1/12>
- Hosseini B., El-Hasan A., Link T., Voegelé R.T. 2020. Analysis of the species spectrum of the *Diaporthe/Phomopsis* complex in European soybean seeds. *Mycological Progress*, 19: 455–469. <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01570-y>
- Jasnić S., Vidić M. 1981. Crna pegavost stabla nova bolest soje u Jugoslaviji. *Glasnik zaštite bilja*, 2: 44–46.
- Jasnić S., Vidić M. 1983. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* – nov parazit soje u Jugoslaviji. *Zaštita bilja*, 164: 213–223.
- Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6): 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Kyrychenko V.V., Ryabukha S.S., Kobzyeva L.N., Posylayeva O.O., Chernyshenko P.V. 2016. *Soya (Glycine max (L.) Merr.)*. Monohrafiya. Kharkiv, Instytut roslinnytstva im. V. Ya. Yur'yeva NAAN, 400 pp. [Кириченко В.В., Рябуха С.С., Кобишева Л.Н., Посилаєва О.О., Чернищенко П.В. 2016. *Соя (Glycine max (L.) Merr.)*. Монографія. Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 400 с.]
- Levchuk V.D., Kolomojets B.O., Popov V.M. 2022. *Atlas-dovidnyk mikromitsetiv-kontaminantiv nasynnya*. Kharkiv: KhNAU im. V.V. Dokuchaeva, 116 pp. [Левчук В.Д., Коломоєць Б.О., Попов В.М. 2022. *Атлас-довідник мікроміцетів-контамінантів насіння*. Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 116 с.]
- Li S.X. 2011. *Phomopsis* seed decay of soybean. In: *Soybean — molecular aspects of breeding*. Ed. A. Sudaric. Austria, Vienna: InTech, pp. 277–292. <https://doi.org/10.5772/1953>
- Li S.X., Chen W.P. 2013. *Diaporthe/Phomopsis* species as pathogens of soybean. *Plant Pathology*, 62(4): 803–810. <https://doi.org/10.1111/ppa.12004>
- Markov I.L., Bashta O.V., Hentosh D.T., Hlym'yaznyy V.A., Dermenko O.P., Chernenko Ye.P. 2019. *Fitopatohiia: pidruchnyk*. Ed. I.L. Markov. Kyiv: NUBiP, 548 pp. [Марков І.Л., Башта О.В., Гентош Д.Т., Глим'язний В.А., Дерменко О.П., Черненко Є.П. 2019. *Фітопатологія: підручник*. Ред. І.Л. Марков. Київ: НУБіП, 548 с.]
- Metodychni vymohy u sferi nasynnytstva shchodo zberezhennta sortovykh ta posivnykh yakostey nasynnya soi*. Nakaz Ministerstva ahrarynoi polityky ta prodovolstva Ukrainy 26 sichnya 2023 roku № 75. [Методичні вимоги у сфері насінництва щодо збереження сортів та посівних якостей насіння сої]. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України 26 січня 2023 року № 75.] Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0266-23#Text>
- Nitschke T. 1870. *Pyrenomycetes Germanici*. 2nd ed. Germany, Breslau: Eduard Trewendt, pp. 161–320.
- Norphanphoun C., Gentekaki E., Hongsanan S., Jayawardena R., Senanayake I.C., Manawasinghe I.S., Abeywickrama P.D., Bhunjun C.S., Hyde K.D. 2022. *Diaporthe*: Formalizing species-group concepts. *Mycosphere*, 13: 752–819. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/13/1/9>
- Norvell L.L. 2011. Fungal nomenclature. 1. Melbourne approves a new Code. *Mycotaxon*, 116: 481–490. <https://doi.org/10.5248/116.481>
- Petrović K.P. 2012. *Morfološka, molekularna i patogena karakterizacija vrsta Diaporthe/Phomopsis na soji u Srbiji*. Dr. Sci. Diss. Belgrad: Univerzitet u Beogradu. Available at: <https://fiver.ifvcns.rs/handle/123456789/2098>
- Petrović K., Vidić M., Riccioni L., Đorđević V., Rajković D. 2015. First report of *Diaporthe eres* species complex causing seed decay of soybean in Serbia. *Plant Disease*, 99(8): 1188. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-15-0056-PDN>
- Petrović K., Riccioni L., Đorđević V., Balešević-Tubić S., Miladinović J., Čeran M., Rajković D. 2018. *Diaporthe pseudolongicola*: The new pathogen on soybean seed in Serbia. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 55: 103–109. <https://doi.org/10.5937/rat-pov55-18582>
- Rossmann A.Y., Adams G.C., Cannon P.F., Castlebury L.A., Crous P.W., Gryzenhout M., Jaklitsch W.M., Mejia L.C., Stoykov D., Udayanga D., Voglmayr H., Walker D.M. 2015. Recommendations of generic names in *Diaporthales* competing for protection or use. *IMA Fungus*, 6: 145–154. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2015.06.01.09>
- Rossmann A.Y., Allen W.C., Braun U., Castlebury L.A., Chaverri P., Crous P.W., Hawksworth D.L., Hyde K.D., Johnston P., Lombard L., Romberg M., Samson R.A., Seifert K.A., Stone J.K., Udayanga D., White J.F. 2016. Overlooked competing asexual and sexually typified generic names of *Ascomycota* with recommendations for their use or protection. *IMA Fungus*, 7: 289–308. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2016.07.02.09>
- Santos J.M., Vrandečić K., Čosić J., Duvnjak T., Phillips A.J.L. 2011. Resolving the *Diaporthe* species occurring on soybean in Croatia. *Persoonia*, 27: 9–19. <https://doi.org/10.3767/003158511X603719>
- SoyStats. 2024. *A Reference Guide to Important Soybean Facts & Figures*. American Soybean Association. Available at: <https://soygrowers.com/wp-content/uploads/2024/06/24ASA-001-Soy-Stats-Web.pdf>
- Udayanga D., Castlebury L.A., Rossmann A.Y., Chukeatirote E., Hyde K.D. 2015. The *Diaporthe sojae* species complex: phylogenetic re-assessment of pathogens associated with soybean, cucurbits and other field crops. *Fungal Biology*, 119: 383–407. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2014.10.009>
- Udayanga D., Liu X.Z., Crous P.W., McKenzie E.H.C., Chukeatirote E., Hyde K.D. 2012. A multi-locus phylogenetic evaluation of *Diaporthe* (*Phomopsis*). *Fungal Diversity*, 56: 157–171. <https://doi.org/10.1007/s13225-012-0190-9>

- Vidić M., Jasnić S., Petrović K. 2011. *Diaporthe/Phomopsis* species on soybean in Serbia. *Pesticidi i Fitomedicina*, 26(4): 301–315. <https://doi.org/10.2298/PIF1104301V>
- Vilgalys R., Hester M. 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology*, 172(8): 4238–4246. <https://doi.org/10.1128/jb.172.8.4238-4246.1990>
- Wehmeyer L.E. 1933. The genus *Diaporthe* Nitschke and its segregates. In: *University of Michigan Studies, Scientific Series*. Vol. 9. Michigan: Ann Arbor Press, 349 pp. Available at: <https://digital.library.cornell.edu/catalog/chla3057664>
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, 18(1): 315–322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- Zabolotnia A. 2022. First report of the plant pathogenic fungus *Diaporthe caulivora* in Ukraine. In: *Proceedings of the XVIII International Scientific Conference of Students and Postgraduates "Youth and Progress in Biology"*. Lviv: LNU, pp. 46–47. [Заболотня А. 2022. Перша знахідка фітопатогенного гриба *Diaporthe caulivora* в Україні. В зб.: *Матеріали XVIII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів "Молодь і поступ біології"*. Львів: ЛНУ, с. 46–47.] Available at: <https://ekhnuir.karazin.ua/items/99246747-f328-412b-b202-f9b528fb4333>

First verified records in Ukraine of *Diaporthe caulivora* (Diaporthales, Ascomycota), a causal agent of northern stem canker of soybean

V.A. KRASNOPIRKA, A.S. ZABOLOTNIA, O.Yu. AKULOV

V.N. Karazin Kharkiv National University, Department of Mycology and Plant Resistance, Svobody Square 4, Kharkiv 61077, Ukraine

Abstract. Soybean is one of the most important crops in Ukraine, and the area planted with this crop has increased since the beginning of the full-scale war. Originated in Southeast Asia, soybean is cultivated in Ukraine for a relatively short time. Most pathogens affecting soybeans here are alien species, with some of them recently introduced to the country. Based on molecular studies of two pure cultures isolated from the infected soybean seeds grown in the western regions of Ukraine, we identified *Diaporthe caulivora* causing northern stem canker in soybeans. This is the first verified record of the species in Ukraine. This article provides morphological and cultural characteristics of the fungus, along with the diagnostic methods for detection of the disease in seed samples. Special attention is paid to a brief history of studies of the genus *Diaporthe* since its description in the 19th century until present. The species composition of the *Diaporthe* pathogens of soybeans is analyzed, with information on the reports of certain species in Europe which may occur in Ukraine.

Keywords: cultures, diagnostics, *Glycine max*, *Phomopsis*, PCR, seed infection