

СТРУКТУРА ФІТОПАТОГЕННОГО КОМПЛЕКСУ РЕДИСКИ ЗА ВИРОЩУВАННЯ У ВІДКРИТОМУ ҐРУНТІ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С.В. Щетина

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

e-mail: sv_shetina@ukr.net;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8504-2944>

Проаналізовано особливості формування фітопатогенного фону в посівах редиски за вирощування у відкритому ґрунті на території Правобережного Лісостепу України за 2008–2022 рр. Визначено фітосанітарний стан посівів редиски як екологічно небезпечний, що потребує жорсткого контролю збудників хвороб. На рослині виявлено та ідентифіковано 48 видів фітопатогенів, серед яких були 4 види вірусів, 11 видів бактерій, 25 видів грибів і 8 видів оомицетів, які спричиняли 24 види хвороб. Відповідно в структурі фітопатогенного комплексу гриби займали 52%, бактерії — 23%, оомицети — 17%, віруси — 8%. Серед ідентифікованих фітопатогенів виявлено сім видів, які визнано як найбільш небезпечні у світі: *Cucumber mosaic virus*, *Tomato spotted wilt virus*, *Ralstonia solanacearum*, *Botrytis cinerea* Fr., *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Albugo candida*. З високою частотою трапляння в посівах редиски виявляли збудників чорної ніжки (*Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Pythium debaryanum*, *Rhizoctonia solani*), фузаріозу (*Fusarium avenaceum*, *F. graminearum*, *F. moniliforme* Schw., *F. oxysporum* f. sp. *raphani*) і фомозу (*Phoma exigua*, *P. lingam* (Tode) Desm.). Домінуючими хворобами редиски впродовж 2008–2022 рр. були переноспороз і борошніста роса, які в середньому уражували 5–16% (тах 20%) площ посівів. Найбільш поширеними хворобами на рослинах були борошніста роса (21–30%), переноспороз (18–28%), різні види гнилі (15–26%), бактеріоз листя (18–22%) і фузаріоз (15–23%), симптоми яких виявляли майже на всіх етапах органогенезу рослин редиски. Встановлено, що особливо критичними є початкові фази (ВВСН 0–9, ВВСН 10–11) та період формування і росту коренеплоду (ВВСН 41, ВВСН 42–48).

Ключові слова: фітопатогенні мікроорганізми, домінантні види, поширення хвороб, розвиток хвороб.

ВСТУП

Види рослин родини *Brassicaceae* є найбільш поширеними овочевими культурами в Україні та в усьому світі. До них належить різні види капусти, зокрема капуста головчаста (білоголова та червоноголова) (*Brassica capitata* (L.) Litzg.), капуста савойська (*Brassica sabauda* (L.) Litzg.), капуста кольрабі (*Brassica gongylodes* (L.) Mill.), капуста цвітна (цвітна та броколі) (*Brassica cauliflora* (Mill.) Litzg.), капуста пекінська (*Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr.), капуста китайська (*Brassica chinensis* Jusl.) та ін., гірчиця (*Brassica juncea*), редиска (*Raphanus sativus* L.), дайкон (*Raphanus sativus* L. convar. *acanthiformis* (Morel)) та ін., які містять значну кількість корисних для організму людей речовин, зокрема глюкозинолати, фенольні сполуки, токофероли, каротиноїди, аскорбінову кислоту та ін. [1–3]. Ці овочеві культури мають комерційне значення як компоненти щоденного раціону людини, так і сировина для виробництва рослинної олії [4–6].

Водночас під час вирощування овочевих культур значний вплив на врожайність та якість продукції мають біотичні чинники, зокрема шкідлива дія шкідників і фітопатогенів [7]. Збудники хвороб овочевих культур є одним із ключових чинників недобору врожаю та зниження показників якості плодів, а їх накопичення в агроценозах впливає на загальний фітосанітарний стан і несе небезпеку для інших сільськогосподарських культур.

Переважає більшість видів збудників хвороб рослин має високий ступінь вірулентності, що дає змогу розвиватися на різних сортах та гібридах і в короткі терміни долати селекційну стійкість сортів культурних рослин. Крім того, на розвиток фітопатогенів впливає низка агротехнологічних та екологічних чинників, загальну дію яких на онтогенез збудників хвороб спрогнозувати доволі складно. Водночас застосування хімічних засобів захисту рослин на овочевих культурах є обмеженим і жорстко контрольованим, а на низці культур взагалі заборонено.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Редиска (*Raphanus sativus* L.) є представником родини *Brassicaceae*, яку широко вирощують і споживають в усьому світі, і запити на цю культуру постійно зростають [8], оскільки плоди є цінним харчовим продуктом із лікувальними і профілактичними властивостями [9; 10].

Нині ця культура набуває дедалі більшого значення серед овочів завдяки своїй простоті вирощування та короткому вегетаційному періоду [11], що ідеально підходить для малих та середніх агропромислових і фермерів, а за правильно підібраних технологічних прийомів ще має високу економічну вигоду [12].

Для українців редиска — це ранній сезонний овоч, який асоціюється з приходом весни та переважно вирощується в господарствах населення або фермерських господарствах. Однак, незважаючи на біологічну унікальність і поживність редиски, широку розповсюдженість на всій території України, науковим дослідженням редиски майже не приділяється увага порівняно з іншими культурами роду *Brassica*. Про це свідчить аналіз вітчизняних наукових фахових видань і відсутність комплексних досліджень.

Водночас гостро стоїть питання наукового обґрунтування екологічно безпечних технологій вирощування ранніх овочів, зокрема редиски, як у відкритому, так і закритому ґрунті та отримання високоякісної і безпечної продукції.

Овочеві культури, які вирощують в умовах відкритого ґрунту, зазнають впливу низки абіотичних і біотичних чинників, серед яких важливе місце займають родючість ґрунту, несприятливі кліматичні умови, шкідники, хвороби та бур'яни [13]. Варто зазначити, що в останні два десятиліття проблема бактеріозів на овочевих культурах є однією з ключових проблем через їхні швидкі темпи та інтенсивність поширення. Бактеріальні хвороби вражають майже всі культурні види рослин, чим спричиняють великі економічні збитки сільському господарству. Накопичення інфекції щороку зумовлює високу вірогідність інтенсивного поширення хвороб наступного року за сприятливих погодних умов вегетаційного періоду [14].

У ґрунті можуть накопичуватись і тривалий час зберігатись інфекційні структури багатьох видів фітопатогенів, які в подальшому визначають загальний фітопатогенний фон агроценозів, впливають на біологічну безпеку агроєкосистем [15]. Крім того, для виробництва редиски та інших культур короткого вегетаційного періоду зростатиме проблема ураження хворобами, що передаються через ґрунт, через

скорочення сівозмін, що сприяє накопиченню інфекцій [16].

Аналіз доступних наукових джерел дав змогу узагальнити основні хвороби рослин роду *Brassica*, які мають значне економічне значення для насінневих і овочевих посівів. Поширеними хворобами листя рослин роду *Brassica* у світі є: альтернаріозна плямистість (збудник *Alternaria brassicicola*), сіра плямистість листя (*Alternaria brassicae*), антракнозна плямистість листя (*Colletotrichum higginsianum*), бактеріальний опік (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*), плямистість листя (*Alternaria raphani*, *A. matthiolae* і *Xanthomonas campestris* pv. *raphani*), чорна гниль (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) і пероноспороз (*Peronospora parasitica*). Хворобами, які уражують кореневу і прикореневу зону, є: чорна гниль (*Aphanomyces raphani*, *Gibberella avenacea*), чорна ніжка (*Rhizoctonia solani*, *Leptosphaeria maculans*), кила хрестоцвітих (*Plasmodiophora brassicae*), фузаріоз (*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*) [17].

Так, *Plasmodiophora brassicae*, ґрунтовий і облігатний біотрофний внутрішньоклітинний патоген, що належить до *Plasmodiophorales*, порушує розвиток кореня та утворення пальчастих, стрижневих або сферичних коренів і пригнічує поглинання води та мінералів рослинами-господарями. *P. brassicae* є збудником хвороби кили — однієї з найбільш поширених і небезпечних хвороб хрестоцвітих [18], яка безпосередньо впливає на склад метаболітів і зовнішній вигляд плодів редиски. Спори *P. brassicae* можуть виживати в ґрунті до 20 років [19], і їх важко контролювати [18; 20]. Зважаючи на складність взаємодії між *P. brassicae* і рослинами-господарями, вирощування стійких сортів нині є найбільш ефективною стратегією боротьби з хворобою кили хрестоцвітих [21].

Патоген *Rhizoctonia solani*, що передається через ґрунт, завдає неабиякої шкоди вирощуванню редьки й редиски в усьому світі, негативно впливаючи на появу сходів та ріст рослин [22]. *R. solani* викликає гниття та розтріскування коренеплодів редьки, загибель сходів і коричнево-червону гниль на покручених стеблах. Також важливе місце у фітопатогенному фоні редиски займає збудник пероноспорозу ооміцет *Peronospora parasitica*, який спричиняє втрати врожаю до 39,6% за поширення хвороби на рівні 48,6% [23].

Останніми роками важливого значення набуває поширення хвороб, спричинених фітопатогенами роду *Sclerotinia*, яких ще називають космополітичним фітопатогеном [24]. Зокрема, *Sclerotinia sclerotiorum* вважається одним із найбільш руйнівних і космополітичних патогенів рослин. Склеротиніозні гнилі можуть

бути спричинені трьома близькими видами: *S. sclerotiorum*, *Sclerotinia trifoliorum* і *Sclerotinia minor*. Відомо, що в сукупності вони вражають понад 500 видів рослин [25]. Дослідники зазначають, що збудники, які передаються через ґрунт *Rhizoctonia solani* та *Sclerotium rolfsii*, стали основними патогенами редиски (*Raphanus sativus*) в усьому світі [26].

Варто зазначити, що зміни умов навколишнього середовища, пов'язані зі зміною клімату, підвищують екологічні ризики в агро-екосистемах, зокрема сприяють поширенню фітопатогенів у нові географічні зони, розширенню спектру рослин-господарів та підвищують їх агресивність [27]. Наприклад, фітопатогени *Alternaria* spp., *Fusarium equiseti* та *Myrothecium* spp. нещодавно були виявлені на салаті, корн-салаті, базиліку та шпинаті [28].

Для овочів, їстівні частини яких ростуть під землею, ґрунт відіграє визначальну роль у гігієнічних характеристиках продуктів [29]. Ґрунт може містити кілька мікроорганізмів, включно з видами бактерій, які є патогенними для людини, наприклад види родини *Enterobacteriaceae*, *Listeria monocytogenes* або *Stenotrophomonas maltophilia*. Деякі види мікроорганізмів ґрунтового походження, наприклад *Pseudomonas putida*, можуть бути причиною псування овочів під час зберігання [30].

Тому моніторинг збудників хвороб рослин, виявлення домінуючих видів та рівня шкідливості фітопатогенів значною мірою визначає розроблення прогнозів, ефективність застосування превентивних методів захисту рослин та поліпшення фітосанітарного стану агроценозів. А при вирощуванні овочевих культур — ще й отримання якісної і безпечної продукції.

Мета — дослідити структуру фітопатогенного комплексу редиски (*Raphanus sativus* L. convar. *radicula* Pers Sazon.) за вирощування в умовах відкритого ґрунту в Правобережному Ліссестепу України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Моніторинг фітосанітарного стану посівів редиски в умовах відкритого ґрунту проводили впродовж 2008–2022 рр. на території Черкаської області. Щороку обстежували приблизно 20 га посівів на присадибних ділянках та у фермерських господарствах.

Обліки хвороб у посівах редиски проводили за загальноприйнятими методиками [31; 32]. Під час проведення фітопатологічних обліків визначали площу уражених посівів, поширення хвороби і ступінь розвитку хвороби або середню ураженість окремих органів у відсотках за методиками Інституту захисту рослин НААН [32]. Вірусні хвороби рослин обліковували відповідно до модифікованих методик Ж. Шевченко [33]. Ідентифікували збудників хвороб редиски за відповідними визначниками.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали з використанням сучасних комп'ютерних програм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У посівах редиски впродовж вегетаційних періодів 2008–2022 рр. було виявлено широкий спектр збудників хвороб грибної, бактеріальної та вірусної етіології. Загалом виявлено та ідентифіковано 48 видів фітопатогенів, які спричиняли 24 види хвороб (табл. 1).

Таблиця 1

Видовий склад фітопатогенів і частота їх трапляння на рослинах редиски, 2008–2022 рр.

Назва збудника хвороб	Назва хвороби	Частота трапляння виду*
Віруси:		
<i>Cucumber mosaic virus</i>	Огіркова мозаїка	+
<i>Tomato mosaic tobamovirus</i>	Вірус мозаїки томата	++
<i>Tomato spotted wilt virus</i>	Бронзовість томата	+
<i>Turnip mosaic virus</i>	Мозаїка турнепсу	+
Бактерії:		
<i>Bacillus mycoides</i> Flugge	Бактеріальна плямистість	++
<i>Bacillus mesentericus</i> v. <i>vulgatus</i> Flugge	Бактеріальна плямистість	++
<i>Bacillus butiricus</i> v. <i>betae</i> Koczura	Бактеріальна плямистість	++
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>	Бактеріальний рак	+
<i>Corynebacterium michiganensis</i> Jensen.	Бактеріальний рак	+
<i>Erwinia carotovora</i> Holl.	Мокра гниль	++

Назва збудника хвороб	Назва хвороби	Частота трапляння виду*
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>maculicola</i>	Бактеріоз листя	++
<i>Pseudomonas tumefaciens</i> Stew.	Бактеріальний рак	+
<i>Ralstonia solanacearum</i>	Бактеріальне в'янення	+
<i>Xanthomonas campestris</i> Dows.	Судинний бактеріоз	++
<i>Xanthomonas vesicatoria</i> Dows.	Бактеріальна плямистість	++
Гриби:		
<i>Alternaria alternata</i>	Альтернаріоз	++
<i>Alternaria brassicae</i> (Berk.) Sacc.	Альтернаріоз	++
<i>Alternaria oleraceae</i> Milb.	Чорна гниль	+
<i>Alternaria raphani</i> Groves et Skolko	Чорна гниль	+
<i>Alternaria radicina</i> M.D.	Чорна гниль	+
<i>Alternaria tenuis</i> Nees.	Чорна гниль	+
<i>Aphanomyces raphani</i>	Чорна гниль	+
<i>Botrytis cinerea</i> Fr.	Біла гниль	+
<i>Cercospora beticola</i> Sacc.	Церкоспороз	+
<i>Cystopus candidus</i>	Біла іржа	+
<i>Erysiphe communis</i> Grew. f. <i>brassicae</i> Hamm.	Борошниста роса	++
<i>Erysiphe umbelliferarum</i> DB.	Борошниста роса	++
<i>Erwinia carotovora</i> Holl.	Мокра гниль	+
<i>Fusarium avenaceum</i>	Фузаріоз	+++
<i>Fusarium graminearum</i>	Фузаріоз	+++
<i>Fusarium moniliforme</i> Schw.	Фузаріоз	+++
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>	Фузаріоз	+++
<i>Fusarium</i> spp.	Чорна ніжка	+++
<i>Phoma exigua</i>	Фомоз	+++
<i>Phoma lingam</i> (Tode) Desm.	Фомоз	+++
<i>Plasmodiophora brassicae</i> Wor.	Кила хрестоцвітих, або кила	+
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> Kort.	Біла гниль	+
<i>Thanatephorus cucumeris</i> Tul.	Ризоктоніоз, або червона гниль	+
<i>Uromyces betae</i> Lev.	Іржа	+
<i>Whetzelinia sclerotiorum</i> (dBy.) Korf. et Dumont	Біла гниль	+
Ооміцети:		
<i>Albugo candida</i>	Біла іржа	+
<i>Hyaloperonospora brassicae</i> (ex <i>Peronospora</i> / <i>Hyaloperonospora parasitica</i>)	Переноспороз, або несправжня борошниста роса	++
<i>Peronospora brassicae</i> Gaeum.	Переноспороз, або несправжня борошниста роса	++
<i>Phytophthora</i> spp.	Чорна ніжка	+++
<i>Pythium debaryanu</i>	Чорна ніжка	+++
<i>Pythium</i> spp.	Пітіозна гниль	++
<i>Rhizoctonia solani</i>	Чорна ніжка	+++
<i>Rhizoctonia violaceae</i> Tul.	Ризоктоніоз, або червона гниль	++

Примітка: *частота трапляння виду: "+" — низька; "++" — середня; "+++ — висока.
Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

На рослинах на різних етапах органогенезу було виявлено 4 види вірусів, 11 видів бактерій, 25 видів грибів і 8 видів ооміцетів. Серед ідентифікованих фітопатогенів виявлено види, які визнано як найбільш небезпечні у світі [34]. До них належать два види вірусів (*Cucumber mosaic virus*, *Tomato spotted wilt virus*), один вид бактерій (*Ralstonia solanacearum*), три види грибів (*Botrytis cinerea* Fr., *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*) та один вид ооміцетів (*Albugo candida*). Усе це визначає фітосанітарний стан посівів редиски як екологічно небезпечний, що потребує жорсткого контролю збудників хвороб і застосування відповідних екологічно безпечних заходів зменшення їх чисельності та шкідливості. Більшість цих видів характеризуються широкою спеціалізацією, що становить небезпеку і для інших сільськогосподарських культур, та можуть накопичувати інфекційні структури в ґрунті.

З високою частотою трапляння (50% і більше) впродовж досліджуваного періоду в посівах редиски виявляли збудників чорної ніжки (*Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Pythium debaryanu*, *Rhizoctonia solani*), фузаріозу (*Fusarium avenaceum*, *F. graminearum*, *F. moniliforme* Schw., *F. oxysporum* f. sp. *raphani*) і фомозу (*Phoma exigua*, *P. lingam* (Tode) Desm.).

У структурі фітопатогенного комплексу редиски домінували збудники грибних хвороб, які становили 52% (рис. 1). Найменшу частку в структурі патогенного комплексу займали віруси, які спричиняли переважно мозаїку на листі рослин і симптоми яких виявляли майже кожного року.

Серед виявлених грибів є збудники, що спричиняли альтернаріоз (*Alternaria* spp.), борошністу росу (*Erysiphe* spp.), фузаріоз (*Fusarium* spp.), фомоз (*Phoma* spp.), чорну ніжку (*Fusarium* spp.), церкоспороз (*Cercospora beticola* Sacc.), іржу (*Cystopus candidus*, *Uromyces betae* Lev.), килу хрестоцвітих (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). Також ключову роль відігравали різні види гнилей, зокрема чорна (*Alternaria* spp., *Aphanomyces raphani*), біла (*Sclerotinia sclerotiorum* Kort., *Whetzelinia sclerotiorum* (dBy.) Korf. et Dumont), мокра (*Erwinia carotovora* Holl.), червона, або ризоктоніоз (*Thanatephorus cucumeris* Tul.).

На рослинах редиски впродовж років досліджень виявляли 6 видів хвороб бактеріальної природи, а фітопатогенні види бактерій у структурі патогенного комплексу займали 23%. Було виявлено ураження рослин бактеріальним раком (*Pseudomonas* spp., *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*, *Corynebacterium michiganensis* Jensen.), бактеріальним в'яненням (*Ralstonia solanacearum*), бактеріаль-

ною плямистістю (*Bacillus* spp., *Xanthomonas vesicatoria* Dows.), мокрою гниллю (*Erwinia carotovora* Holl.), бактеріозом листя (*Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*) і судинним бактеріозом (*Xanthomonas campestris* Dows.). Зважаючи на швидкі темпи та інтенсивність поширення бактеріальних хвороб на овочевих культурах, необхідно приділяти особливу увагу та запроваджувати превентивні заходи контролю чисельності цих збудників хвороб рослин.

Серед фітопатогенних видів ооміцетів, які в структурі патогенного комплексу займали 17%, виявлено збудників, що спричиняють білу іржу (*Albugo candida*), переноспороз, або несправжню борошністу росу (*Hyaloperonospora brassicae* (ex *Peronospora* / *Hyaloperonospora parasitica*), *Peronospora brassicae* Gaeum.), чорну ніжку (*Phytophthora* spp., *Pythium debaryanu*, *Rhizoctonia solani*), пітіозну гниль (*Pythium* spp.) та ризоктоніоз, або червону гниль (*Rhizoctonia violaceae* Tul.).

Поширення та розвиток основних хвороб рослин редиски за вирощування у відкритому ґрунті наведено в табл. 2. Встановлено, що впродовж вегетаційних періодів 2008–2022 рр. на рослинах редиски домінувала борошніста роса та переноспороз, якими було уражено в середньому 5–16% площ насаджень, а у деякі роки сягало 20%. Симптоми цих хвороб виявляли в усі роки досліджень, поширення яких становило 21–30% і 18–28% відповідно з максимумом 35%, а розвиток — 11–20% (max 23–25%). Шкідливість борошністої роси спричиняє зменшення асиміляційної поверхні та передчасне засихання листків, а за епіфітотійного розвитку збудників продуктивність рослин може знижуватися до 50%. Інтенсивне ураження рослин переноспорозом відбувалося за різних перепадів добових температур і підвищеної вологості повітря.

До другої групи за величиною уражених площ посівів редиски (у середньому 1–9%, (max 9–12%)) належать такі хвороби, як фузаріоз, альтернаріоз і фомоз. Проте поширення хвороб у середньому становило 10–23% з максиму-

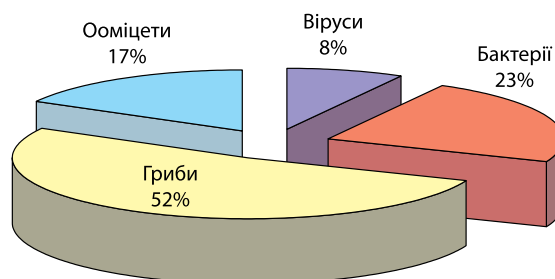


Рис. 1. Структура патогенного комплексу посівів редиски, середнє за 2008–2022 рр., %
Джерело: розроблено на основі власних досліджень.

Таблиця 2

Поширення та розвиток основних хвороб рослин редиски, середнє за 2008–2022 рр., %

Назва хвороби	Площа уражених посівів	Поширення хвороб	Розвиток хвороб
Борошнеста роса	5–12 (20)*	21–30 (35)	15–20 (25)
Переноспороз (несправжня борошнеста роса)	6–16 (20)	18–28 (35)	11–16 (23)
Фузаріоз	4–9 (12)	15–23 (25)	11–15 (18)
Альтернаріоз	1–9 (11)	10–13 (14)	13–17 (21)
Фомоз	3–5 (9)	14–18 (23)	6–12 (14)
Чорна ніжка	1–2 (7)	10–15 (26)	9–14 (17)
Біла іржа	1–4 (7)	9–14 (15)	11–14 (15)
Судинний бактеріоз	2–4 (7)	11–17 (19)	12–16 (20)
Гнилі (біла, мокра, чорна (альтернаріоз), червона (ризоктоніоз), пітіозна)	3–5 (7)	15–26 (30)	9–14 (15)
Бактеріальний рак	2–4 (6)	5–15 (19)	11–15 (18)
Бактеріальна плямистість	1–3 (5)	11–13 (15)	12–16 (18)
Мозаїка вірусна	0,5–2 (4)	2–15 (17)	4–11 (15)
Бактеріоз листя	1–2 (3)	18–22 (25)	12–14 (18)
Кила хрестоцвітних (кила)	1 (2)	7–13 (17)	10–13 (15)

Примітка: * у дужках — максимальне значення показника.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Фази розвитку

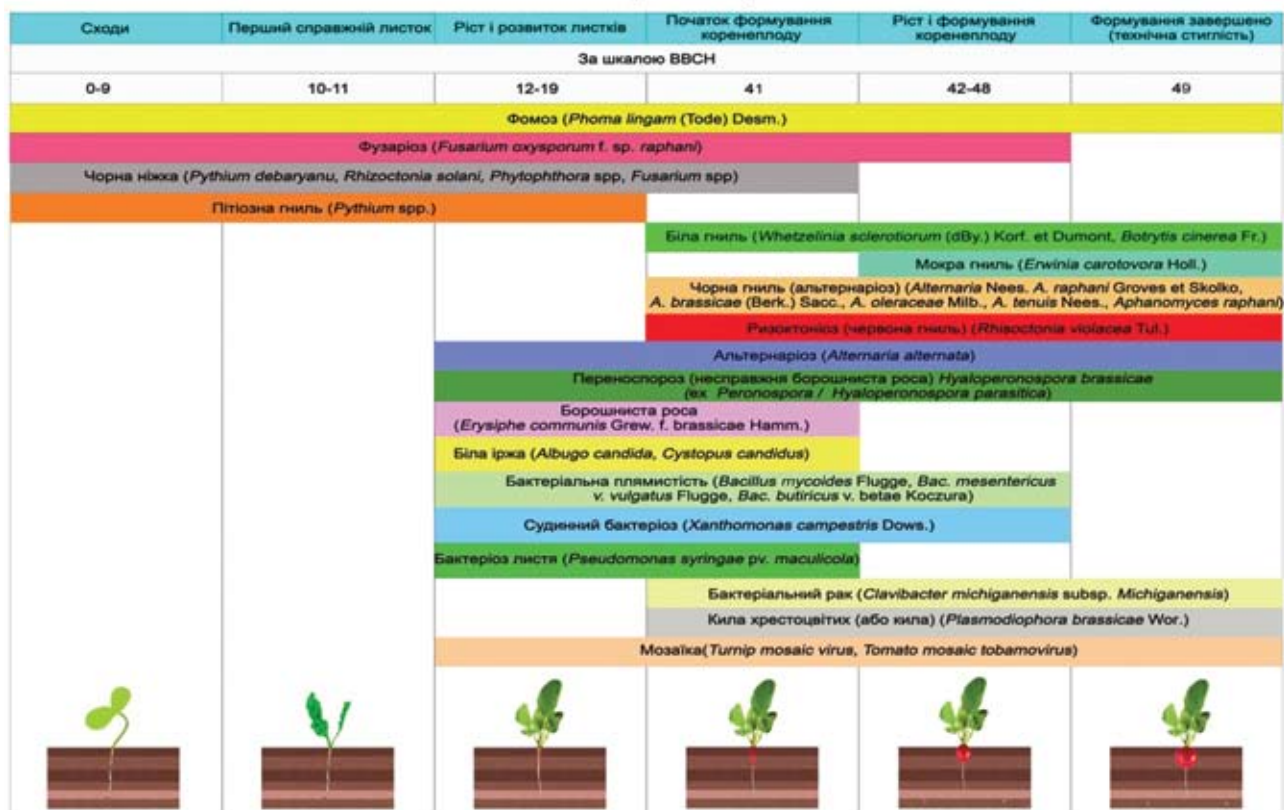


Рис. 2. Періоди шкідливості основних збудників хвороб рослин редиски, середнє за 2008–2022 рр. Джерело: розроблено на основі власних досліджень.

мом на рівні 23–25% в окремі роки для фомозу і фузаріозу. Однак більш активний розвиток фіксували для альтернативіозу — 13–17% (макс 21%). Достатня кількість тепла й суха погода впродовж вегетаційного періоду сприяли розвитку альтернативіозу і фузаріозу.

Деяко менші площі посівів були уражені судинним бактеріозом, чорною ніжкою, білою іржею, різними видами гнилей та бактеріальним раком — у середньому 1–5%, (макс 6–7%). Однак поширення хвороб у середньому сягало 5–26% із максимумом 15–30%, а розвитку хвороб становив 9–16% (макс 15–20%). Варто зазначити про значне поширення різних видів гнилей (15–26% (макс 30%)) та бактеріозу листя (18–22% (макс 25%)), симптоми яких виявляли майже на всіх етапах органогенезу рослин редиски.

Виявлено незначні площі ураження посівів бактеріальною плямистістю та бактеріозом листя — 1–3% (макс 3–5%). Але поширення хвороб становило в середньому 11–22% із максимумом 15–25%, розвиток хвороб — 4–16% із максимумом 18%.

Розвиток і поширення вірусної мозаїки та кили хрестоцвітних (або кили) були депресивними та господарського значення не мали, а симптоми цих хвороб виявляли на площі 0,5–2% (макс 4%) та 1% (макс 2%) відповідно.

Багаторічні моніторингові дослідження дали змогу визначити основні періоди шкідливості основних збудників хвороб рослин редиски впродовж вегетаційного періоду (див. рис. 2). Встановлено, що критичними етапами для рослин редиски є початкові фази (ВВСН 0–9, ВВСН 10–11), коли висока ймовірність ураження рослин збудниками грибної природи, інфекційні структури яких накопичуються і зберігаються в ґрунті, та період формування і росту коренеплоду (ВВСН 41, ВВСН 42–48), коли погодні умови сприяють активному розвитку та поширенню збудників листових і кореневих хвороб. Саме в цей період на рослинах редиски виявляли по 13–16 збудників хвороб.

Встановлено, що погодні умови впродовж вегетації редиски сприяли інтенсивному поширенню фомозу. Збудники цієї хвороби уражува-

ли рослини редиски на всіх стадіях розвитку, починаючи від сходів і закінчуючи технічною стиглістю плодів. Також у першій половині вегетаційного періоду на рослинах виявляли чорну ніжку, фузаріоз і пітиозну гниль. Розвитку збудників цих хвороб сприяє підвищена вологість, температура повітря та недостатнє провітрювання посівів.

У другій половині вегетації редиски набувають поширення листові хвороби бактеріальної та вірусної природи, а також гнилі. Цей комплекс фітопатогенів має значний вплив як на формування врожайності, так і якості плодів.

ВИСНОВКИ

Фітопатогенний комплекс редиски представлено широким видовим складом збудників хвороб, який налічував 48 видів (4 види вірусів, 11 видів бактерій, 25 видів грибів і 8 видів ооміцетів).

На рослинах редиски у відкритому ґрунті формується фітопатогенний комплекс збудників різної природи з домінування грибів (52%). Рослини впродовж вегетації уражуються не одним видом патогена, а їх комплексом. Домінуючими хворобами редиски впродовж 2008–2022 рр. були переноспороз і борошніста роса, які в середньому уражували 5–16% (макс 20%) площ посівів.

Найбільше поширення хвороб на рослинах виявлено для борошністої роси (21–30%), переноспорозу (18–28%), різних видів гнилей (15–26%), бактеріозу листя (18–22%) і фузаріозу (15–23%), симптоми яких виявляли майже на всіх етапах органогенезу рослин редиски.

Особливо критичними є початкові фази (ВВСН 0–9, ВВСН 10–11) та період формування і росту коренеплоду (ВВСН 41, ВВСН 42–48), що вимагає особливої уваги та застосування екологічно безпечних заходів захисту рослин.

Отже, фітопатогенний комплекс редиски у відкритому ґрунті є динамічним, що визначає необхідність постійного моніторингу збудників хвороб і проведення превентивних та захисних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Soundararajan P., Kim J. Anticarcinogenic glucosinolates in cruciferous vegetables and their antagonistic effects on prevention of cancer. *Molecules*. 2018. Vol. 23. 2983. DOI: 10.3390/molecules23112983
2. Beevi S.S., Mangamoori L.N., Gowda B.B. Polyphenolics profile and antioxidant properties of *Raphanus sativus* L. *Nat. Prod. Res.* 2012. Vol. 26. P. 557–563. DOI: 10.1080/14786419.2010.521884
3. Castro-Torres I.G., De la O-Arciniega M., Gallegos-Estudillo J., Naranjo-Rodríguez E.B., Domínguez-Ortiz M.A. *Raphanus sativus* L. var. *Niger* as a source of phytochemicals for the prevention of cholesterol gallstones. *Phytother. Res.* 2014. Vol. 28. P. 167–171. DOI: 10.1002/ptr.4964
4. Park C.H., Ki W., Kim N.S., Park S.-Y., Kim J.K., Park S.U. Metabolic Profiling of White and Green Radish Cultivars (*Raphanus sativus*). *Horticulturae*. 2022. Vol. 8 (4). 310. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040310>
5. Björkman M., Klinge I., Birch A.N. et al. Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and hu-

- man health — Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*. 2011. Vol. 72. P. 538–556. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.01.014
6. Domínguez-Perles R., Mena P., García-Viguera C., Moreno D. Brassica foods as a dietary source of vitamin C: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2014. Vol. 54. P. 1076–1091. DOI: 10.1080/10408398.2011.626873
 7. Щетина С.В. Оцінка стану вирощування овочевих культур в умовах відкритого ґрунту в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 144–152. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287829
 8. Nishio T. Economic and Academic Importance of Radish. In: Nishio, T., Kitashiba, H. (Eds). *The Radish Genome*. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59253-4_1
 9. Manivannan A., Kim J.H., Kim D.S., Lee E.S., Lee H.E. Deciphering the Nutraceutical Potential of *Raphanus sativus* — A Comprehensive Overview. *Nutrients*. 2019. Vol. 11 (2). 402. DOI: 10.3390/nu11020402
 10. Saha S., Paul S., Afroz A., Dey A., Chatterjee A., Khanra R. *Raphanus sativus* — a review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Asian J Pharm Clin Res*. 2023. Vol. 16 (7). P. 7–12. DOI:10.22159/ajpcr.2023.v16i7.47468
 11. Zhang L., Zhu Z., Chen F., Zhu Y., Guo X., Fu M., Zhu Z. Production and identification of × *Brassicoraphanus* distant hybrids between radish (*Raphanus sativus* L.) and kohlrabi (*Brassica oleracea* L. var. *Caulorapa* DC.). *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 2023. Vol. 51 (3). P. 341–354. DOI: 10.1080/01140671.2021.1971267
 12. Santos P.A.B., Carvalho L.G., Schwerz F., Baptista V.B.S., Monti C.A.U. Economic viability and development of radish (*Raphanus sativus* L.) under different soil water tensions and mulching types. *Adv. Hort. Sci.* 2022. Vol. 36 (3). P. 227–237. DOI: 10.36253/ahsc12552
 13. Kumar S., Layek S., Upadhyay A. Potential impact of climate changes on quality, biotic and abiotic stresses in vegetable production — A Review. *Int. J. Chem. Stud.* 2019. Vol. 7. P. 636–643.
 14. Ткаленко Г. Хвороби овочевих культур. *Пропозиція*. 2020. № 1. URL: <https://propozitsiya.com/ua/hvorobi-ovochevih-kultur> (дата звернення: 10.07.2023).
 15. Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С., Бородай В.В. Особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201266>
 16. Hampton J.G., Rolston M.P., Pyke N.B., Green W. Ensuring the long term viability of the New Zealand seed industry. *Agronomy New Zealand*. 2012. Vol. 42. P. 129–140.
 17. Lee J. Bio-control of the soil-borne pathogen *Rhizoctonia solani* of radish (*Raphanus sativus* L.) by *Trichoderma* species. New Zealand: Lincoln University, 2018. 194 p.
 18. Yang H., Zheng J., Fu Y.D. et al. Specific genes and sequence variation in pathotype 7 of the clubroot pathogen *Plasmodiophora brassicae*. *Eur. J. Plant Pathol.* 2020. Vol. 1. P. 1–12. DOI: 10.1007/s10658-020-01968-0
 19. Kageyama K., Asano T. Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *J. Plant Growth Regul.* 2009. Vol. 28. P. 203–211. DOI: 10.1007/s00344-009-9101-z
 20. Kowata-Dresch L.S., Mio M.D. Clubroot management of highly infested soils. *J. Crop Prot.* 2012. Vol. 35. P. 47–52. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.12.012
 21. Li J., Huang T., Lu J., Xu X., Zhang W. Metabonomic profiling of clubroot-susceptible and clubroot-resistant radish and the assessment of disease-resistant metabolites. *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. 1037633. DOI: 10.3389/fpls.2022.1037633
 22. Kareem T.A., Hassan M.S. Comparison of *Rhizoctonia solani* isolated from soil in Baghdad — Iraq genetically with world isolates. *Donnish Journals of Agricultural Research*. 2015. Vol. 2 (3). P. 20–26.
 23. Lakra B.S. Epiphytology and losses of downy mildew (*Peronospora parasitica*) of radish (*Raphanus sativus*) seed crop. *Indian J. Agric. Sci.* 2001. Vol. 71. P. 321–324.
 24. O'Sullivan C.A., Belt K., Thatcher L.F. Tackling Control of a Cosmopolitan Phytopathogen: Sclerotinia. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. 707509. DOI: 10.3389/fpls.2021.707509
 25. Saharan G.S., Mehta N. Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management. Berlin: Springer, 2008.
 26. Elsharkawy M.M., Kuno S., Hyakumachi M., Mostafa Y.S., Alamri S.A., Alrumman S.A. PCR-DGGE Analysis Proves the Suppression of Rhizoctonia and Sclerotium Root Rot Due to Successive Inoculations. *J Fungi* (Basel). 2022. Vol. 8 (2). 133. DOI: 10.3390/jof8020133
 27. IPPC Secretariat. 2021. Scientific review of the impact of climate change on plant pests — A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb4769en>
 28. Gilardi G., Garibaldi A., Gullino M.L. Emerging pathogens as a consequence of globalization and climate change: Leafy vegetables as a case study. *Phytopathologia Mediterranea*. 2018. Vol. 57. P. 146–152. DOI: https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-21899
 29. Settanni L., Miceli A., Francesca N., Cruciata M., Moschetti G. Microbiological investigation of *Raphanus sativus* L. grown hydroponically in nutrient solutions contaminated with spoilage and pathogenic bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 2013. Vol. 160 (3). P. 344–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.11.011>
 30. Magnuson J.A., King Jr., Torok T. Microflora of partially processed lettuce. *Applied and Environmental Microbiology*. 1990. Vol. 56. P. 3851–3854. DOI: 10.1128/aem.56.12.3851-3854.1990
 31. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / В.П. Омелюта, І.В. Григорович, В.С. Чабан та ін. Київ: Урожай, 1986. 292 с.
 32. Трибель С.О., Гетьман М.В., Андрущенко А.В. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб. Київ: Колобіг, 2010. 392 с.
 33. Шевченко Ж.П. Вірусні та мікоплазмові хвороби зернових колосових культур (рекомендації). Кіровоград, 1996. 78 с.

34. Venbrux M., Crauwels S., Rediers H. Current and emerging trends in techniques for plant pathogen detection. *Front. Plant Sci.* 2023. Vol. 14. 1120968. DOI: 10.3389/fpls.2023.1120968

PHYTOPATHOGENIC COMPLEX STRUCTURE OF RADISH UNDER OPEN-GROUND CULTIVATION IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Shchetyna S.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)

e-mail: sv_shetina@ukr.net;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8504-2944>

The features of the phytopathogenic background formation in radish crops under open-ground cultivation in the territory of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine for the years 2008–2022 were analyzed. It was determined that the phytosanitary condition of radish crops is environmentally hazardous and requires strict control of disease agents. A total of 48 species of phytopathogens were identified on plants, including 4 species of viruses, 11 species of bacteria, 25 species of fungi, and 8 species of oomycetes, causing 24 types of diseases. Accordingly, in the structure of the phytopathogenic complex, fungi occupied — 52%, bacteria — 23%, oomycetes — 17%, viruses — 8%. Pathogens causing damping-off (*Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Pythium debaryanu*, *Rhizoctonia solani*), fusariosis (*Fusarium avenaceum*, *F. graminearum*, *F. moniliforme* Schw., *F. oxysporum* f. sp. *raphani*), and phomosis (*Phoma exigua*, *P. lingam* (Tode) Desm.) were identified with high frequency in radish crops. Among the identified phytopathogens, seven species were recognized as the most dangerous worldwide: Cucumber mosaic virus, Tomato spotted wilt virus, *Ralstonia solanacearum*, *Botrytis cinerea* Fr., *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Albugo candida*. The dominant diseases of radish during 2008–2022 were downy mildew and powdery mildew, affecting an average of 5–16% (max 20%) of the crop area. The most widespread diseases on plants were powdery mildew (21–30%), downy mildew (18–28%), various types of rots (15–26%), bacterial leaf spot (18–22%), and fusariosis (15–23%), with symptoms appearing at almost all stages of radish plant organogenesis. Critical stages were found to be the initial phases (BBCH 0–9, BBCH 10–11) and the period of root formation and growth (BBCH 41, BBCH 42–48).

Keywords: phytopathogenic microorganisms, dominant species, spread of diseases, development of diseases.

REFERENCES

1. Soundararajan, P., Kim, J. (2018). Anticarcinogenic glucosinolates in cruciferous vegetables and their antagonistic effects on prevention of cancer. *Molecules*, 23, 2983. DOI: 10.3390/molecules23112983 [in English].
2. Beevi, S.S., Mangamoori, L.N., Gowda, B.B. (2012). Polyphenolics profile and antioxidant properties of *Raphanus sativus* L. *Nat. Prod. Res.*, 26, 557–563. DOI: 10.1080/14786419.2010.521884 [in English].
3. Castro-Torres, I.G., De la O-Arciniega, M., Gallegos-Estudillo, J., Naranjo-Rodríguez, E.B., Domínguez-Ortiz, M.Á. (2014). *Raphanus sativus* L. var. Niger as a source of phytochemicals for the prevention of cholesterol gallstones. *Phytother. Res.*, 28, 167–171. DOI: 10.1002/ptr.4964 [in English].
4. Park, C.H., Ki, W., Kim, N.S., Park, S.-Y., Kim, J.K., Park, S.U. (2022). Metabolic Profiling of White and Green Radish Cultivars (*Raphanus sativus*). *Horticulturae*, 8 (4), 310. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040310> [in English].
5. Björkman, M., Klingen, I., Birch, A.N. et al. (2011). Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health — Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*, 72, 538–556. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.01.014 [in English].
6. Domínguez-Perles, R., Mena, P., García-Viguera, C., Moreno, D. (2014). Brassica foods as a dietary source of vitamin C: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 54, 1076–1091. DOI: 10.1080/10408398.2011.626873 [in English].
7. Shchetyna, S. (2023). Otsinka stanu vyroshchuvannia ovochevykh kultur v umovakh vidkrytoho gruntu v Ukraini [Assessment of vegetable crop cultivation in open ground conditions in Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 3, 144–152. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287829 [in Ukrainian].
8. Nishio, T. (2017). Economic and Academic Importance of Radish. In: Nishio, T., Kitashiba, H. (eds). *The Radish Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59253-4_1 [in English].
9. Manivannan, A., Kim, J.H., Kim, D.S., Lee, E.S., Lee, H.E. (2019). Deciphering the Nutraceutical Potential of *Raphanus sativus* — A Comprehensive Overview. *Nutrients*, 11 (2), 402. DOI: 10.3390/nu11020402 [in English].
10. Saha, S., Paul, S., Afroz, A., Dey, A., Chatterjee, A., Khanra, R. (2023). *Raphanus sativus* — a review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *Asian J Pharm Clin Res*, 16 (7), 7–12. DOI:10.22159/ajpcr.2023.v16i7.47468 [in English].
11. Zhang, L., Zhu, Z., Chen, F., Zhu, Y., Guo, X., Fu, M., Zhu, Z. (2023). Production and identification of × *Brassicoraphanus* distant hybrids between radish (*Raphanus sativus* L.) and kohlrabi (*Brassica oleracea*

- L. var. *Caulorapa* DC.). *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.*, 51 (3), 341–354. DOI: 10.1080/01140671.2021.1971267 [in English].
12. Santos, P.A.B., Carvalho, L.G., Scherz, F., Baptista, V.B.S., Monti, C.A.U. (2022). Economic viability and development of radish (*Raphanus sativus* L.) under different soil water tensions and mulching types. *Adv. Hort. Sci.*, 36 (3), 227–237. DOI: 10.36253/ahsc12552 [in English].
 13. Kumar, S., Layek, S., Upadhyay, A. (2019). Potential impact of climate changes on quality, biotic and abiotic stresses in vegetable production — A Review. *Int. J. Chem. Stud.*, 7, 636–643 [in English].
 14. Tkalenko, H. (2020). Khvoroby ovochevykh kultur [Diseases of vegetable crops]. *Propozytsiia — Proposal*, 1. URL: <https://propozitsiya.com/ua/hvorobi-ovochevih-kultur> [in Ukrainian].
 15. Mostoviak, I.I., Demyanyuk, O.S., Borodai, V.V. (2020). Osoblyvosti formuvannia fitopatohennoho fonu mikromitsetiv — zbudnykiv khvorob v ahrotsenozakh zernovykh zlakovykh kultur Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Formation of phytopathogenic fond in agrocenoses of cereals of the right-bank Foreststeppe of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 28–38. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201266> [in Ukrainian].
 16. Hampton, J.G., Rolston, M.P., Pyke, N.B., Green, W. (2012). Ensuring the long term viability of the New Zealand seed industry. *Agronomy New Zealand*, 42, 129–140 [in English].
 17. Lee, J. (2018). Bio-control of the soil-borne pathogen *Rhizoctonia solani* of radish (*Raphanus sativus* L.) by *Trichoderma* species. New Zealand: Lincoln University [in English].
 18. Yang, H., Zheng, J., Fu, Y.D. et al. (2020). Specific genes and sequence variation in pathotype 7 of the clubroot pathogen *Plasmodiophora brassicae*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 1, 1–12. DOI: 10.1007/s10658-020-01968-0 [in English].
 19. Kageyama, K., Asano, T. (2009). Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *J. Plant Growth Regul*, 28, 203–211. DOI: 10.1007/s00344-009-9101-z [in English].
 20. Kowata-Dresch, L.S., Mio, M.D. (2012). Clubroot management of highly infested soils. *J. Crop Prot.*, 35, 47–52. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.12.012 [in English].
 21. Li, J., Huang, T., Lu, J., Xu, X., Zhang, W. (2022). Metabonomic profiling of clubroot-susceptible and clubroot-resistant radish and the assessment of disease-resistant metabolites. *Front. Plant Sci.*, 13, 1037633. DOI: 10.3389/fpls.2022.1037633 [in English].
 22. Kareem, T.A., Hassan, M.S. (2015). Comparison of *Rhizoctonia solani* isolated from soil in Baghdad — Iraq genetically with world isolates. *Donnish Journals of Agricultural Research*, 2 (3), 20–26 [in English].
 23. Lakra, B.S. (2001). Epiphytology and losses of downy mildew (*Peronospora parasitica*) of radish (*Raphanus sativus*) seed crop. *Indian J. Agric. Sci.*, 71, 321–324 [in English].
 24. O'Sullivan, C.A., Belt, K., Thatcher, L.F. (2021). Tackling Control of a Cosmopolitan Phytopathogen: Sclerotinia. *Front. Plant Sci.*, 12, 707509. DOI: 10.3389/fpls.2021.707509 [in English].
 25. Saharan, G.S., Mehta, N. (2008). Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management. Berlin: Springer [in English].
 26. Elsharkawy, M.M., Kuno, S., Hyakumachi, M., Mostafa, Y.S., Alamri, S.A., Alrumman, S.A. (2022). PCR-DGGE Analysis Proves the Suppression of *Rhizoctonia* and Sclerotium Root Rot Due to Successive Inoculations. *J Fungi (Basel)*, 8 (2), 133. DOI: 10.3390/jof8020133 [in English].
 27. IPPC Secretariat (2021). Scientific review of the impact of climate change on plant pests — A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb4769en> [in English].
 28. Gilardi, G., Garibaldi, A., Gullino, M.L. (2018). Emerging pathogens as a consequence of globalization and climate change: Leafy vegetables as a case study. *Phytopathologia Mediterranea*, 57, 146–152. DOI: https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-21899 [in English].
 29. Settanni, L., Miceli, A., Francesca, N., Cruciat, M., Moschetti, G. (2013). Microbiological investigation of *Raphanus sativus* L. grown hydroponically in nutrient solutions contaminated with spoilage and pathogenic bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 160 (3), 344–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.11.011> [in English].
 30. Magnuson, J.A., King, Jr., Torok, T. (1990). Microflora of partially processed lettuce. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 3851–3854. DOI: 10.1128/aem.56.12.3851-3854.1990 [in English].
 31. Omeliuta, V.P., Hrihorovych, I.V., Chaban, V.S. et al. (1986). *Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur [Accounting for pests and diseases of crops]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
 32. Trybel, S.O., Hetman, M.V., & Andrushchenko, A.V. (2010). *Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti sortiv pshenytsi proty shkidnykiv i zbudnykiv khvorob. [Methodology for evaluating the resistance of wheat varieties against pests and pathogens]*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian].
 33. Shevchenko, Zh.P. (1996). *Virusni ta mikoplazmovi khvoroby zernovykh kolosovykh kultur (rekomentatsii) [Viral and mycoplasma diseases of cereal crops (recommendations)]*. Kirovohrad [in Ukrainian].
 34. Venbrux, M., Crauwels, S., Rediers, H. (2023). Current and emerging trends in techniques for plant pathogen detection. *Front. Plant Sci.*, 14, 1120968. DOI: 10.3389/fpls.2023.1120968 [in English].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Щетина Сергій Васильович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, декан факультету плодовоовочівництва, екології та захисту рослин, Уманський національний університет садівництва (вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20305; e-mail: sv_shetina@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8504-2944>)