

ВОВЧОК (*OROBANCHE CUMANA* WALLR.): БІОЛОГІЯ РОЗВИТКУ, ПОШИРЕННЯ ТА СЕЛЕКЦІЯ СОНЯШНИКА НА СТІЙКІСТЬ

Білик Вадим Віталійович

аспірант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID: 0009-0008-6800-9251

vadimbilyk998@gmail.com

Чуйко Дмитро Вікторович

доктор філософії з агрономії

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID: 0000-0002-9271-6334

chuiiko93ua@gmail.com

Стаття присвячена дослідженню вовчка соняшникового (*Orobanche cumana* Wallr.) – паразитичної рослини, яка спричиняє значні втрати врожаю соняшника в багатьох країнах світу. Висвітлено біологічні особливості цього виду, його морфологічні характеристики та механізм паразитизму. Описано специфіку взаємодії вовчка з рослиною-хазяїном, зокрема роль гаусторій, за допомогою яких паразит отримує поживні речовини. Розглянуто ключові фактори проростання насіння вовчка, такі як температура, вологість ґрунту та речовини-інгібітори проростання, що виділяються кореневою системою соняшника. У статті проаналізовано сучасний стан поширення вовчка соняшникового в Європі, Азії та Африці, зокрема у країнах Східної та Центральної Європи, Туреччині, Казахстані та Китаї. Розглянуто систематику цього виду, відзначено наявність кількох різновидів, серед яких *Orobanche cumana* var. *cumana* та *Orobanche cumana* var. *helianthi*, та їх географічне поширення. Окрему увагу приділено методам боротьби з вовчком. Зокрема, розглянуто основні напрями селекційної роботи, спрямованої на створення стійких до паразита гібридів соняшника. Визначено роль домінантних генів Or1–Or7 у забезпеченні стійкості до різних рас вовчка. Висвітлено значення молекулярно-генетичних технологій у виявленні нових генів стійкості та їх використанні в селекції. Також розглянуто історію еволюції рас вовчка від перших виявлених рас A і B у XX столітті до сучасних агресивних рас E, F, G, H, що значно ускладнюють вирощування соняшника. Проаналізовано ефективність лабораторних та польових методів оцінки стійкості рослин до вовчка, зокрема використання фенольних сполук, які змінюються у відповідь на зараження паразитом. Проаналізовано ефективність гербіцидних технологій Clearfield та Clearfield Plus у контролі вовчка. Описано механізм їх дії, переваги та потенційні ризики, зокрема негативний вплив на довкілля та можливість розвитку стійкості паразита до гербіцидів. У висновках підкреслено важливість селекційної роботи як основного екологічно безпечного методу боротьби з вовчком соняшниковим. Відзначено необхідність подальших досліджень у напрямку розробки нових методів селекції, молекулярно-генетичного аналізу та екологічно безпечних стратегій контролю поширення *Orobanche cumana* Wallr.

Ключові слова: селекція, соняшник, *Orobanche Cumana* Wallr., стійкість до захворювань.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.1.4>

Вступ. *Orobanche cumana* Wallr. є облигатною голопаразитичною рослиною, що сильно уражує посіви соняшника і поширилась зі збільшенням посівних площ під даною культурою на території більшості країн Європи, Азії та навіть Африки (Ivanović et al., 2021; Shi et al., 2015; Dor et al., 2020). Вовчок соняшниковий на сьогодні є головною перешкодою у поширенні та насиченні сівоzmіни соняшником у країнах Східної та Центральної Європи, Іспанії, Туреччині, Казахстані, Китаї та низки інших країн (Fernández-Martínez et al., 2015; Calderón-González et al., 2019; Lyakh et al., 2019; Kasasian, 1971).

Ботанічна систематика роду *Orobanche*. Вид *Orobanche cumana* Wallr. за біологічним систематичним поділом належить до родини вовчкові (Orobanchaceae), триби Orobancheae та роду вовчка (*Orobanche*). Рід *Orobanche* згідно з одним найбільш авторитетних та повних джерел номенклатури таксонів WFO Plant List на сьогодні налічує 230 сталих видів, які поділя-

ються на чотири секції: *Orobanche* Wallr., *Trionychon* Wallr., *Gymnocaulis* Nutt. та *Myzorrhiza* Beck (Manen et al., 2004). Одним з найбільш шкодочинних серед них є вовчок соняшниковий (*Orobanche cumana* Wallr.). Він своєю чергою поділяється на дві різновидності *Orobanche cumana* var. *cumana*, яка є найбільш поширеною у світі (Govaerts et al., 2021; Krupp et al., 2015) та *Orobanche cumana* var. *helianthi* Tzvelev, яка була вперше описана у 2015 році та офіційно прийнята у світі, як систематичний інфравидовий таксон виду *O. cumana* Wallr. і на сьогодні даний різновид поширений лише на території південноєвропейської частини Росії (Uhlich & Rätzel, 2024; Sharma et al., 2021; Pineda-Martos et al., 2014; Höniges et al., 2008) (рис. 1).

Біологія розвитку виду *O. cumana* Wallr. Вид *O. cumana* Wallr. має певний ряд біологічних морфологічних особливостей, що дозволяють йому ефективно паразитувати на рослинах. Стебло – пряме, без

додаткових гілочок, висотою до 50 см, із характерним потовщенням біля основи. Поверхня стебла має борошно-золотистий колір, а іноді з бурими лусочками, які є так званими рудиментарними листками (Косолап et al., 2004; Кириченко et al., 2012).

Як і для більшості представників родини Orobanchaceae має суцвіття, квітки у якому формуються в пазухах лусочок, утворюючи суцвіття циліндричної форми. Трубочастий віночок квіток білуватий біля основи, з фіолетово-блакитним відгином на кінці (Косолап et al., 2004) (рис. 2).

Після запліднення у них формуються плоди – коробочки неправильної форми, у яких знаходиться дрібне пілоподібне насіння 0,2–0,4 мм у довжину, що легко поширюється вітром (Benharrat et al., 2002; Sharma et al., 2021).

Замість звичайних коренів у вовчкових утворюються гаусторії, за допомогою яких рослина прикріплюється до кореня рослини-хазяїна, отримуючи з нього поживні речовини (Швиденко & Заярна, 2024; Косолап et al., 2004; Кириченко et al., 2010; Eizenberg et al., 2005) (рис. 3).

Вовчок соняшниковий, представляє собою перехреснозапильну рослину, але може проявляти й часткове



Рис. 1. Географія поширення різновидів *O. cumana*: А – *O. cumana* var. *cumana*, В – *O. cumana* var. *helianthi* (дані WFO Plant List)

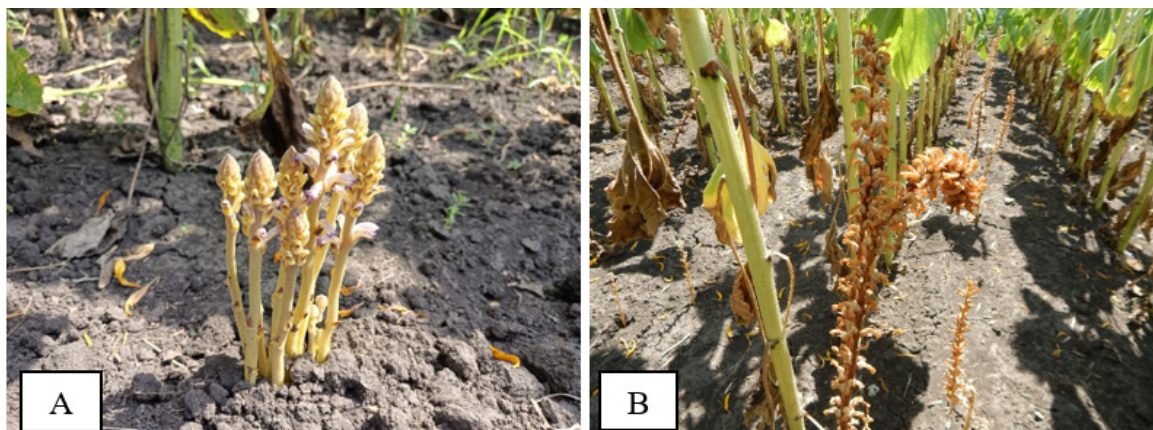


Рис. 2. Рослини *O. cumana* у посівах соняшника: А – початок розвитку та цвітіння, В – ураження посівів (Фото Чуйка Д.В., липень 2024 р.)

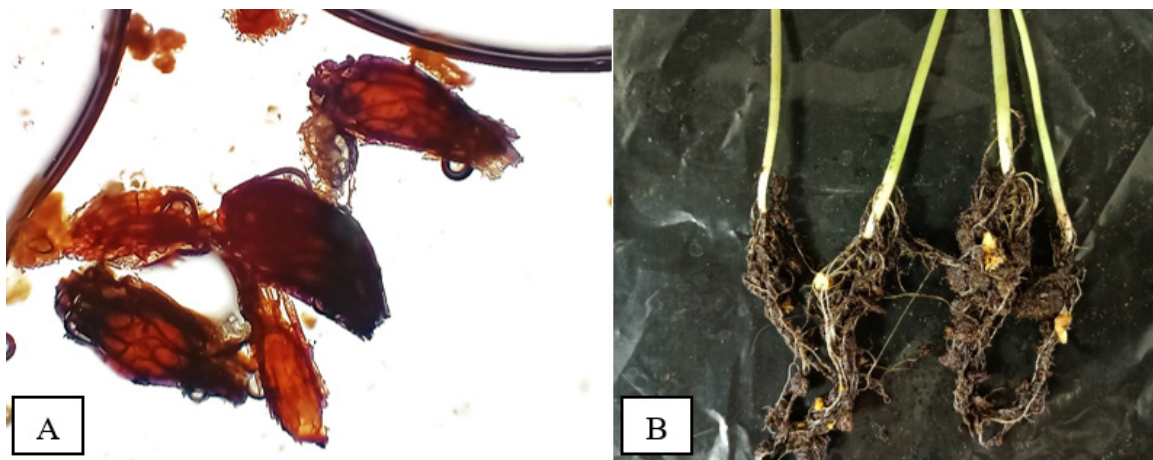


Рис. 3. *O. cumana*: А – насіння при збільшенні мікроскопа 160 разів, В – гаусторії на корінні соняшника (Фото Чуйка Д.В., вересень 2024 р.)

самозапилення. Запилення зазвичай відбувається переважно за допомогою комах, таких як бджоли та джмелі (Макляк & Кириченко, 2012; Кириченко et al., 2012; Демченко, 2020; Larose et al., 2022).

Для представників родини *Orobanchaceae* характерним є наявність у їх соматичних клітинах залежно від виду від 24 до 38 хромосом. Вид вовчок соняшниковий (*O. cumana* Wallr.) містить 38 хромосом, що підтверджується рядом цитогенетичних досліджень з вивчення їх каріотипу (Schneeweiss et al., 2004; Sharawy et al., 2015; Piednoël et al., 2015; Zare et al., 2014; Choi et al., 2020).

Біологічною особливістю проростання насіння вовчка соняшникового є наявність температурних режимів у межах 15–25°C та достатньої кількості вологи у ґрунті. Ці умови потрібні саме для проростання насіння та закріплення гаусторій на корінні соняшника. Втім, проростання насіння представників родини *Orobanchaceae* не відбудеться без наявності кореневих виділень рослини господаря. Ці речовини, що відносяться до тритерпенових лактонів, а саме групи гормонів стріголактонів, які стимулюють проростання мікоризних грибів (Xie et al., 2010; Waters et al., 2017; Ivashchenko, 2020; Gomez-Roldan et al., 2008).

Закріплення на рослині господарі можливе лише за умови, що відстань між корінням та насінням вовчка буде складати до трьох міліметрів. Після закріплення на корені господаря, через 45–60 днів на поверхні ґрунту з'являються пагони вовчка, які позбавлені можливості процесу фотосинтезу і напряду залежать від рослини господаря. Кожна така рослина *O. cumana* формує до 84 тис. і більше насінин (Ivashchenko, 2020; Кириченко et al., 2012; Kurylych & Makliak, 2024).

Такі особливості розвитку вовчка соняшникового дають йому можливість швидко накопичуватися у ґрунті, що призводить до появи на полях високих інфекційних фонів, де через зберігання насіння у ґрунті протягом 8–12 років стає майже не можливим вирощування соняшнику (An et al., 2015; Müller-Stöver et al., 2004; Кохан et al., 2016). Одним із найбільш ефективних методів боротьби з хворобами та шкідниками є селекція (Кириченко et al., 2010).

Стійкість соняшника до вовчка: генетика, технології, практика. Промислова селекція соняшнику триває уже понад століття і за цей час, було досягнуто колосальних результатів з підвищення продуктивності, якості насіння та стійкості до хвороб і шкідників. Перші промислові сорти соняшнику, що вирощувалися для отримання олії були представлені місцевими лузальними сортами-популяціями – Фуксинка, Зеленка, Масленок та Пузанок. Такі сорти характеризувалися досить низькими показниками вмісту олії (до 37 %), відсутністю панцерного шару і головний недолік це сильне ураження посівів хворобами, які почали активно поширюватися через збільшення посівних площ під культурою (Макляк et al., 2009; Васильківський & Кочмарський, 2016; Кириченко et al., 2010; Chuiko, 2021).

Поширення соняшника, як сільськогосподарської культури призвело до збільшення інфекційних фонів, що виникали в посівах. Першою загрозою для культури стало масове ураження посівів соняшника молю та соняшниковою вогнівкою на початку XX століття. Тоді, селек-

ціонерами були створені панцерні сорти Зельонка 76, Саратовський 169 та інші. Частина з них були створені на Харківській дослідній станції (нині Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН) (Кохан et al., 2016;). Починаючи з тридцятих років минулого століття вирощування соняшника стало під великою загрозою, через поширення у посівах перших рас вовчка (А та В), які спустошували посіви. Ураження посівів соняшнику вовчком призводило до сильного зниження, а іноді й повної втрати урожаю. У 1926 році був зафіксований масовий спалах вовчка раси В. На той, час наявні сорти були стійкими тільки до першої раси А (Агроексперт-Трейд, 2025). Ситуацію було врятовано завдяки селекційним досягненням академіка Жданова Л.О., який разом з колегами створили стійкі сорти Ждановський 8281, Ждановський 6432 та інші.

У 70-х роках минулого століття була відкрита нова раса (С) вовчка соняшникового, що масово уражувала посіви культури. У цей час уже було відкрито, явище цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС), що дозволило почати перехід від вирощування сортів-популяцій до гетерозисних гібридів. Це суттєво підвищило стійкість до хвороб, продуктивність, якість насіння (Leclercq, 1969; Vear, 2016; Bohra et al., 2016; Ullah et al., 2024; Chuiko, 2021). Це своєю чергою частково сприяло боротьбі з вовчком раси С. На початку 90-х років були виявлені раси D та E, а з 1995 року і по сьогоднішній день були знайдені та підтверджені раси вовчка соняшникового F, G і H. Також, є згадки появи нової раси I, яка була знайдена в тому числі і на території України. Таким чином, сьогодні відомі вісім рас вовчка соняшникового А, В, С, D, E, F, G, H (Ярошенко & Вердиш, 2014; Tsyliuryk et al., 2018; Кириченко et al., 2012; Маслійов et al., 2018; Jan et al., 2002; Pérez-Vich et al., 2004; Khablak et al., 2024; Li et al., 2024).

Селекція є одним з основних напрямків покращення ряду цінних господарських ознак сільськогосподарських культур, у тому числі і підвищення їх стійкості до ряду абіотичних та біотичних факторів (Криворученко et al., 2024). Стійкість соняшнику до представників виду *O. cumana* у першу чергу контролюється рядом окремих домінантних детермінантних генів *Or*. Серія генів *Or* (*Or1*, *Or2*, *Or3*, *Or4*, *Or5*, *Or6*, *Or7*) забезпечує саме расову стійкість до вовчка (Velasco et al., 2007; Солоденко, 2011; Domínguez, 1999). Відкриті нові гени *HaOr*, що досліджуються сьогодні для додаткового захисту соняшнику від *O. Cumana* (Pubert et al., 2024; Cvejić et al., 2020; Duriez, 2019). Виявлені кількісні локуси *QTL* (Quantitative Trait Loci), що приймають участь у поліпшенні загальної стійкості рослин (Kumar et al., 2017; Tshikunde et al., 2019; Xu et al., 2017).

Сучасні гібриди соняшника окрім високих продуктивних характеристик мають підвищену стійкість до ураження вовчком соняшниковим. Більшість гібридів української та закордонної селекції мають стійкість до найбільш агресивних рас Е, F та G (Čuk et al., 2024; Хаблак & Спичак, 2024; Dedić et al., 2024; Шугурова et al., 2016; Макляк & Кириченко, 2012; Molinero Ruiz et al., 2009; Marinković et al., 2013; Кутіщева et al., 2022). Широким рядом з високою екологічною пластичністю та стабільністю характеризуються гібриди селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, серед яких Ясон, Златсон,

Драйв, Блиск та інші (Макляк & Кириченко, 2012; Кириченко et al., 2010). Втім, лідерами за популярністю на ринку гібридів соняшника за даними сайту SuperAgronom залишається селекція іноземних компаній Pioneer, Lidea, Syngenta та Limagrain з їх гібридами НК Неома, НК Конді, ЕС Белла, П64ЛЕ25, ЛГ 50510 та інші.

Пошук генів стійкості та їх вивчення до нових вірулентних рас вовчка соняшникового відбувається з залученням широких можливостей селекції, генетики, біотехнології, біохімії та інших наук. Досить ефективним є залучення до селекційного процесу представників диких видів соняшника, що у своєму генотипі можуть містити гени стійкості до нових рас вовчка та інших захворювань соняшника (Onisan & Botău, 2022; Akhtouch et al., 2002; Seiler & Jan, 2014; Velasco et al., 2012; Seiler et al., 2017; Vischi et al., 2001; Whelan, 1979; Terzić et al., 2010; Lumbroso et al., 2016).

На сьогодні, оцінка ступеня стійкості генотипів до вовчка соняшникового може проводитися за різними класичними методиками, які ґрунтуються на підрахунку уражених рослин у польових умовах та кількості квітконосів на рослину з присвоєнням їм відповідних балів. Втім даний метод не є надійним через сильну залежність досліджуваних генотипів від умов середовища та інфекційного фону у ґрунті вовчка (Шарипіна et al., 2023 (а); Шарипіна et al., 2023 (б)). Більш надійними є лабораторні методи оцінки стійкості в умовах контрольованого середовища. Такі методики розроблялися і удосконалювалися українськими науковцями в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Інституті олійних культур НААН та інших установах і дозволяють отримати результати стійкості протягом 21–30 днів (Кириченко et al., 2012; Боровська et al., 2012; Шугурова et al., 2016).

Значних успіхів було досягнуто у розробці молекулярних методів аналізу стійкості соняшника до представників *O. cumana*. Цьому передувала повна розшифровка геному виду *Helianthus annuus* L. (Gill et al., 2014; Baute et al., 2016; Neupane et al., 2018; Солоденко, 2011; Fernández-Aparicio et al., 2021).

Окрім, вище згаданих методів сьогодні вивчаються можливості проведення оцінки стійкості соняшнику до вовчка методами фізіологічних реакцій шляхом фенольних сполук, що мають тенденцію до збільшення або зменшення у насінні та вегетативній масі рослин при ураженні *O. cumana*. Серед одних з таких ферментів є хлорогенова кислота, що міститься у досить значній частині у насінні соняшника, кавових зерен, корінні цикорію та листі тополі білої (Naveed et al., 2018; Clifford, 1999; Wang et al., 2022).

У дослідженнях Сахно Т. В. та Петренкової В. П. при вивченні вмісту хлорогенової кислоти на різних генотипах соняшника відмічається суттєве перевищення її вмісту

у рослинах стандартів стійкості та її суттєве зменшення при сильному ураженні коріння гаусторіями вовчка. Разом з цим встановлені суттєві зміни у активності каталази у листі на 14 день після зараження вовчком (Сахно & Петренкова, 2016; Сахно, 2016; Чигрин & Задорожна).

Через швидку появу декількох нових агресивних рас вовчка Е, F, G та Н, вирощування соняшнику стало проблемним. Так, як селекційний процес створення стійких генотипів до нових рас є досить тривалим процесом, що може тривати десять та більше років, були розроблені технології боротьби з бур'янами та в тому числі з вовчком соняшниковим за допомогою гербіцидів групи імідазолінонів і сульфонілсечовини. Така технологія вирощування отримала назву Clearfield, а її покращена модель Clearfield Plus. Внесення таких гербіцидів дозволяє пригнічувати розвиток рослин *O. cumana*. Насіння вовчка проростає та кріпиться на коренях рослин господаря, формуючи гаусторії, які надалі після внесення гербіцидів не розвиваються (Sudianto et al., 2013; Pfenning et al., 2008; Weston et al., 2012; Kotoula & Syka et al., 1993; Bozic et al., 2012; Cvejić et al., 2016; Jocić et al., 2011; Kolkman et al., 2004; Bozic et al., 2015; Лебеденко, 2019).

Втім, розвиток таких технологій вирощування соняшнику завдає значної шкоди навколишньому середовищу, та призводить до накопичення гербіцидів у ґрунті, рослинних залишках та продукції, що споживається людиною (Brown, 1990; Sarmah & Sabadie, 2002; Campillo-Cora et al., 2022; Bourdineaud, 2022).

Також, слід враховувати ризики для природи та подальшого ведення сільського господарства пов'язаних з активним використанням гербіцидів. Доведено, що майже всі групи гербіцидів можуть проявляти мутагенну і канцерогенну дію на живі організми (Andersen et al., 1972; Saleh, 1980; Kale et al., 1995; Gupta, 2018). Таким чином, активне використання гербіцидів може призвести до стрімкої появи нових, ще більш агресивних рас вовчка соняшникового та інших злісних бур'янів.

Висновки. У статті наведено аналіз літературних джерел, присвячених вивченню особливостей розвитку, систематичного стану виду *Orobanche cumana* Wallr. Розглянуто генетичні, молекулярні та інші особливості контролю і вивчення вовчка соняшникового. Відмічено, що селекція на сьогодні є одним з головних та екологічно чистих методів контролю поширення *Orobanche cumana* у посівах соняшника. Поява нових високо агресивних рас вовчка призводить, до постійного селекційного процесу з пошуку генів стійкості. Таким чином, створення нового вихідного матеріалу соняшника та на його основі сучасних гетерозисних гібридів зі стійкістю до останніх рас вовчка Е, F, G та нової раси Н, є важливим етапом розвитку української селекції соняшника.

Бібліографічні посилання:

1. Ahroekspert-Treid. (2025). Vovchok sonyashnykovy v 2025: opys, istoriia, mify u pravda pro noho [Sunflower broomrape in 2025: description, history, myths, and truth about it]. (in Ukrainian). Access mode: https://agroexp.com.ua/uk/zaraziha-podsolnechnika-opisanie-istoriya-mifyi?utm_source=chatgpt.com
2. Akhtouch, B., Muñoz-Ruz, J., Melero-Vara, J., Fernández-Martínez, J., & Domínguez, J. (2002). Inheritance of resistance to race F of broomrape in sunflower lines of different origins. Plant Breeding, 121(3), 266–268.
3. An, Y., Ma, Y., Shui, J., & Zhong, W. (2015). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) has ability to induce germination of *Orobanche cumana*. Journal of Plant Interactions, 10(1), 142–151. doi: <https://doi.org/10.1080/17429145.2015.1039614>

4. Andersen, K. J., Leighty, E. G., & Takahashi, M. T. (1972). Evaluation of herbicides for possible mutagenic properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 20(3), 649–656.
5. Baute, G. J., Owens, G. L., Bock, D. G., & Rieseberg, L. H. (2016). Genome-wide genotyping-by-sequencing data provide a high-resolution view of wild *Helianthus* diversity, genetic structure, and interspecies gene flow. *American journal of botany*, 103(12), 2170–2177. doi: <https://doi.org/10.3732/ajb.1600295>
6. Benharrat, H., Véronési, C., Theodet, C., & Thalouarn, P. (2002). *Orobanche* species and population discrimination using intersimple sequence repeat (ISSR). *Weed Research*, 42(6), 470–475. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00305.x>
7. Bohra, A., Jha, U. C., Adhimoolam, P., Bisht, D., & Singh, N. P. (2016). Cytoplasmic male sterility (CMS) in hybrid breeding in field crops. *Plant Cell Rep*, 35: 967–993. doi: <https://doi.org/10.1007/s00299-016-1949-3>
8. Borovska, I. Yu., Petrenkova, V. P., Riabchun, V. K., Leonova, N. M., & Kryvoruchko, T. M. (2012). Sorty sonyashnyku – dzherela stiikosti do shkidlyvykh orhanizmv [Sunflower varieties as sources of resistance to harmful organisms]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriya "Fitopatolohiia ta entomolohiia"*, 11, 34–40 (in Ukrainian).
9. Bourdineaud, J. P. (2022). Toxicity of the herbicides used on herbicide-tolerant crops, and societal consequences of their use in France. *Drug and Chemical Toxicology*, 45(2), 698–721. doi: <https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1770781>
10. Bozic, D., Pavlovic, D., Bregola, V., Di Loreto, A., Bosi, S., & Vrbnicanin, S. (2015). Gene flow from herbicide-resistant sunflower hybrids to weedy sunflower. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 122, 183–188. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03356548>
11. Bozic, D., Saric, M., Malidza, G., Ritz, C., & Vrbnicanin, S. (2012). Resistance of sunflower hybrids to imazamox and tribenuron-methyl. *Crop Protection*, 39, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.04.009>
12. Brown, H. M. (1990). Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science*, 29(3), 263–281.
13. Calderón-González, Á., Pouilly, N., Muñoz, S., Grand, X., Coque, M., Velasco, L., & Pérez-Vich, B. (2019). An SSR-SNP linkage map of the parasitic weed *Orobanche cumana* Wallr. Including a gene for plant pigmentation. *Frontiers in Plant Science*, 10, 797. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00797>
14. Campillo-Cora, C., Santás-Miguel, V., Nuñez-Delgado, A., Arias-Estevez, M., & Fernández-Calviño, D. (2022). Presence, fate, and transport of sulfonylurea herbicides in soils. In *Pesticides Remediation Technologies from Water and Wastewater* (23–53). Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90893-1.00002-7>
15. Choi, B., Jang, T.S., Park, J.M., Kim, J.H., Sim, S., Hyun, C.W., Park, S., Yang, S., Kim, S.H., & Lee, D.K. (2020). Cytotaxonomy of endangered species *Orobanche filicicola* in Korea and its closely related species, *Orobanche coerulescens* (Orobanchaceae)(I). *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 13(3), 438–442. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2020.06.004>
16. Chuiko, D. (2021). Plant growth regulator effects on sunflower parents and F1 hybrids. *Žemės ūkio mokslai*, 28(2), 34–44. doi: <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v28i2.4508>
17. Clifford, M. N. (1999). Chlorogenic acids and other cinnamates—nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(3), 362–372.
18. Čuk, N., Cvejić, S., Radanović, A., Jocić, S., Miladinović, D., Miklič, V., Hladni, N., Jocković, M., Balalić, I., Jovanović, D., & Dedić, B. (2024). Genetic and molecular characterization of charcoal rot resistance in sunflower. In *Proceedings, 21st International Sunflower Conference, 20–24 August 2024, Wuyuan, China* (p. 8). International Sunflower Association (ISA).
19. Cvejić, S., Jocić, S., Malidža, G., Radeka, I., Jocković, M., Miklič, V., & Stojanović, D. (2016). New sunflower hybrids tolerant to tribenuron-methyl. *Selekcija i semenarstvo*, 22(2), 61–68.
20. Cvejić, S., Radanović, A., Dedić, B., Jocković, M., Jocić, S., & Miladinović, D. (2020). Genetic and genomic tools in sunflower breeding for broomrape resistance. *Genes*, 11(2), 152. doi: <https://doi.org/10.3390/genes11020152>
21. Dedić, B., Miladinović, D., Jocić, S., Miklič, V., Radanović, A., Cvejić, S., Hladni, N., Jocković, M., Balalić, I., Jovanović, D., & Molinero-Ruiz, L. (2024). Resistance of IFVCNS inbred lines to race F with origin from Spain. In *Proceedings, 21st International Sunflower Conference, 20–24 August 2024, Wuyuan, China* (pp. 92–92). International Sunflower Association (ISA).
22. Demchenko, N. (2020). Vovchok sonyashnykovyi 2020: prychny rozpovsiudzhennia, borotba ta profilaktyka [Sunflower broomrape 2020: causes of spread, control, and prevention]. *SuperAgronom*. Access mode: <https://superagronom.com/articles/424-vovchok-sonyashnikoviy-2020-prichini-rozpovsyudjennya-borotba-ta-profilaktika> (in Ukrainian).
23. Domínguez, J. (1999). Inheritance of the resistance to *Orobanche cumana* Wallr. In *Resistance to broomrape: The state of the art. Congresos y Jornadas* (51, 99, 139–141).
24. Dor, E., Plakhine, D., Joel, D. M., Larose, H., Westwood, J. H., Smirnov, E., Eizenberg, H., Aly, R., & Hershenhorn, J. (2020). A new race of sunflower broomrape (*Orobanche cumana*) with a wider host range due to changes in seed response to strigolactones. *Weed Science*, 68(2), 134–142. doi: <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.73>
25. Duriez, P. (2019). Caractérisation génétique, moléculaire et physiologique du locus Or7 de résistance à *Orobanche cumana* chez le tournesol (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).
26. Eizenberg, H., Shtienberg, D., Silberbush, M., & Ephrath, J. E. (2005). A new method for in-situ monitoring of the underground development of *Orobanche cumana* in sunflower (*Helianthus annuus*) with a mini-rhizotron. *Annals of Botany*, 96(6), 1137–1140.
27. Fernández-Aparicio, M., Masi, M., Cimmino, A., & Evidente, A. (2021). Effects of benzoquinones on radicles of *Orobanche* and *Phelipanche* species. *Plants*, 10(4), 746. doi: <https://doi.org/10.3390/plants10040746>
28. Fernández-Martínez, J. M., Pérez-Vich, B., & Velasco, L. (2015). "Sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.)," in *Sunflower Oilseed. Chemistry, Production, Processing and Utilization*, eds E. Martínez-Force, N. T. Dunford, and J. J. Salas (Champaign, IL: AOCS Press), 129–156. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50011-8>
29. Fernández-Melero, B., Del Moral, L., Todesco, M., Rieseberg, L. H., Owens, G. L., Carrère, S., Namias, A., Rodríguez-Ojeda, M. I., Fernández-Martínez, J. M., & Pérez-Vich, B. (2024). Development and characterization of a new

sunflower source of resistance to race G of *Orobanche cumana* Wallr. derived from *Helianthus anomalus*. Theoretical and Applied Genetics, 137(3), 56. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-024-04558-4>

30. Gill, N., Buti, M., Kane, N., Bellec, A., Helmstetter, N., Berges, H., & Rieseberg, L. H. (2014). Sequence-based analysis of structural organization and composition of the cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.) genome. *Biology*, 3(2), 295–319. doi: <https://doi.org/10.3390/biology3020295>

31. Gomez-Roldan, V., Feras, S., Brewer, P. B., Puech-Pagès, V., Dun, E. A., Pillot, J. P., Letisse, F., Matusova, R., Danoun, S., Portais, J. C., Bouwmeester, H., Bécard, G., Beveridge, C. A., Rameau, C., & Rochange, S. F. (2008). Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature*, 455(7210), 189–194. doi: <https://doi.org/10.1038/nature07271>

32. Govaerts, R., Nic Lughadha, E., Black, N., Turner, R., & Paton, A. (2021). The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. *Scientific data*, 8(1), 215. doi: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.15035046>

33. Gupta, P. K. (2018). Toxicity of herbicides. In *Veterinary toxicology* (pp. 553–567). Academic Press.

34. Höniges, A., Wegmann, K., & Ardelean, A. (2008). *Orobanche* resistance in sunflower/resistencia a *Orobanche* en girasol/résistance à l'orobanche chez le tournesol. *Helia*, 31(49), 1–12. doi: <https://doi.org/10.2298/hel0849001h>

35. Ivanović, Ž., Marisavljević, D., Marinković, R., Mitrović, P., Blagojević, J., Nikolić, I., & Pavlović, D. (2021). Genetic diversity of *Orobanche cumana* populations in Serbia. *The Plant Pathology Journal*, 37(6), 512. doi: <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.04.2021.0066>

36. Ivashchenko, O. (2020). Broomrape in sunflower crops and control methods. *Quarantine and plant protection*, (2–3), 13–16. doi: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.2-3.13-16>

37. Jan, C. C., Fernández-Martínez, J. M., Ruso, J., & Muñoz-Ruz, J. (2002). Registration of four sunflower germplasm with resistance to *Orobanche cumana* Race F. (Registrations Of Germplasm). *Crop Science*, 42(6), 2217–2219.

38. Jocić, S., Malidža, G., Cvejić, S., Hladni, N., Miklič, V., & Škorić, D. (2011). Development of sunflower hybrids tolerant to tribenuron methyl. *Genetika-Belgrade*, 43(1), 175–182.

39. Kale, P. G., Petty Jr, B. T., Walker, S., Ford, J. B., Dehkordi, N., Tarasia, S., Pardini, R. S., Khudabux, R. M., & Sohni, Y. R. (1995). Mutagenicity testing of nine herbicides and pesticides currently used in agriculture. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 25(2), 148–153.

40. Kasasian, L. (1971). *Orobanche* spp. *PANS Pest Articles & News Summaries*, 17(1), 35–41. doi: <https://doi.org/10.1080/09670877109413248>

41. Khablak Sr, S., Bondareva, L., Dolia, M., Blume, Y., Tymoshchuk, T., Mrynskyi, I., ... & Sychak, V. (2024). Control of orobanche cumana wallr: research on sustainability of sunflower hybrids and strategies for parasite protection. *bioRxiv*, 2024–10. doi: <https://doi.org/10.1101/2024.10.12.617968>

42. Kokhan, A. V., Len, O. I., & Tsiliuryk, O. I. (2016). Naslidky nasychennia sivozmin sonyashnykom [Consequences of crop rotation saturation with sunflower]. *Naukovo-tehnichniy biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*, (23), 131–136. (in Ukrainian).

43. Kolkman, J. M., Slabaugh, M. B., Bruniard, J. M., Berry, S., Bushman, B. S., Olungu, C., Maes, N., Abratti, G., Zambelli, A., Leon, A., & Knapp, S. J. (2004). Acetohydroxyacid synthase mutations conferring resistance to imidazolinone or sulfonylurea herbicides in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 1147–1159. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1716-7>

44. Kosolap, M. P., Bondarchuk, I. L., & Storchoius, I. M. (2004). Vovchok sonyashnykovyi [Sunflower broomrape]. *Zakhyst roslyn*, (6), 29–32 (in Ukrainian).

45. Kotoula-syka, E. L. E. N. I., Eleftherohorinos, I. G., Gagianas, A. A., & Sficas, A. G. (1993). Phytotoxicity and persistence of chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. *Weed Research*, 33(5), 355–367.

46. Krupp, A., Rücker, E., Heller, A., & Spring, O. (2015). Seed structure characteristics of *Orobanche cumana* populations. *Helia*, 38(62), 1–14. doi: <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0034>

47. Kryvoruchenko, R. V., Rozhkov, R. V., Turchynova, N. P., Kravchenko, A. I., Chuyko, D. V., Mykhailenko, V. O., Hoptsi, T. I., Lymanska, S. V., Hudym, O. V., & Duda, O. M. (2024). Naukovo-metodychni aspekty selektsii silskohospodarskykh kultur u skhidnii chastyni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: kolektyvna monohrafiia [Scientific and methodological aspects of breeding agricultural crops in the eastern part of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine: collective monograph]. Kharkiv: Pravo, 496 p. (in Ukrainian).

48. Kumar, J., Gupta, D. S., Gupta, S., Dubey, S., Gupta, P., & Kumar, S. (2017). Quantitative trait loci from identification to exploitation for crop improvement. *Plant cell reports*, 36, 1187–1213. doi: <https://doi.org/10.1007/s00299-017-2127-y>

49. Kurylych, D. V., & Makliak, K. M. (2024). Genetic Analysis of The Inheritance of Sunflower Resistance to Broomrape by Dialel Method. *Selektsiia i nasinnytstvo*, (126), 6–20. doi: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2024.318739>

50. Kutishcheva, N. M., Shudria, L. I., Odynets, S. I., Sereda, V. O., & Bezsusidni, O. V. (2022). Hibridy sonyashnyku Tur i Vilnyi [Sunflower hybrids Tur and Vilnyi]. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, (33), 56–64. (in Ukrainian).

51. Kyrychenko, V. V. (2010). Spetsialna selektsiia i nasinnytstvo polovykh kultur: navchalnyi posibnyk [Special breeding and seed production of field crops: textbook]. Kharkiv: IR im. V. Ya. Yuriieva NAAN Ukrainy, 462 (in Ukrainian).

52. Kyrychenko, V. V., Kolomatska, V. P., Makliak, K. M., & Sivenko, V. I. (2010). Vyrobnnytstvo sonyashnyku v Ukraini: stan i perspektyvy [Sunflower production in Ukraine: state and prospects]. *Visnyk TsNZAPV Kharkivskoi oblasti*, (7), 281–287 (in Ukrainian).

53. Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Cherniaieva, I. M. (2012). Osnovy selektsii polovykh kultur na stiikist do shkidlyvykh orhanizmiv [Fundamentals of breeding field crops for resistance to harmful organisms]. Kharkiv: Instytut roslinnytstva, 320 (in Ukrainian).

54. Larose, H., Plakhine, D., Wycoff, N., Zhang, N., Conn, C., Nelson, D. C., Becerra, J. X., Rojas, E. S., Smith, L., & Westwood, J. H. (2022). An *Orobancha cernua* x *Orobancha cumana* segregating population provides insight into the regulation of germination specificity in a parasitic plant. *bioRxiv*, 2022–03. doi: <https://doi.org/10.1101/2022.03.22.485355>
55. Lebedenko, Ye. O. (2019). Seleksiia vykhidnoho materialu dlia stvorennia hibrydiv sonyashnyku, stiikykh do herbitsydiv hrupy sulfonilmochevyn [Breeding of initial material for creating sunflower hybrids resistant to sulfonyleurea herbicides]. *Dysertatsiia na zdobuttia stupenia k. s.-h. n.: 06.01.05. KhDAU. Kherson.* (in Ukrainian).
56. Leclercq, P. (1969). Une stérilité mâle cytoplasmique chez le tournesol. *Ann. Amélior. Plant*, 19: 99–106.
57. Li, J., Pan, T., Xu, L., Najeeb, U., Farooq, M. A., Huang, Q., Zhang, X., Wang, Y., Wang, Z., & Zhou, W. (2024). Monitoring of parasite *Orobancha cumana* using Vis–NIR hyperspectral imaging combining with physio-biochemical parameters on host crop *Helianthus annuus*. *Plant Cell Reports*, 43(9), 220.
58. Lumbroso, A., Villedieu-Percheron, E., Zurwerra, D., Screpanti, C., Lachia, M., Dakas, P. Y., Brun, J. S., Yoder, J. I., & De Mesmaeker, A. (2016). Simplified strigolactams as potent analogues of strigolactones for the seed germination induction of *Orobancha cumana* Wallr. *Pest Management Science*, 72(11), 2054–2068.
59. Lyakh, V. A., Kostyuchenko, N. I., & Shevchenko, I. A. (2019). Broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) can influence the Microbial Cenosis in Sunflower Rhizosphere. *Helia*, 42(71), 145–159. doi: <https://doi.org/10.1515/helia-2018-0014>
60. Makliak, K. M., & Kyrychenko, V. V. (2012). Stiikist vykhidnoho materialu sonyashnyku do novykh ras vovchka (*Orobancha cumana* Wallr.) [Resistance of sunflower breeding material to new races of broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.)]. *Seleksiia i nasinnystvo*, (102), 16–21. (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59808>
61. Makliak, K. M., Kyrychenko, V. V., & Brahyn, O. M. (2009). Seleksiia novykh liniy-zakripluvachiv sterylnosti sonyashnyku [Breeding of new lines of sunflower sterility maintainers]. *Seleksiia i nasinnystvo*, (97), 13–19. (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2009.77036>
62. Manen, J. F., Habashi, C., Jeanmonod, D., Park, J. M., & Schneeweiss, G. M. (2004). Phylogeny and intraspecific variability of holoparasitic *Orobancha* (*Orobanchaceae*) inferred from plastid *rbcl* sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 33(2), 482–500. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2004.06.010>
63. Marinković, R., Jocković, M., Marjanović-Jeromela, A., Marisavljević, D., & Sakač, Z. (2013). Resistance evaluation of different inbreds and hybrids of sunflower to broomrape (*Orobancha cumana* wallr.). *Ratarstvo i povrtarstvo*, 50(3), 53–59. doi: <http://dx.doi.org/10.5937/ratpov50-4648>
64. Masliiov, S. V., Stepanov, V. V., & Yarchuk, I. I. (2018). Osoblyvosti vyroshchuvannia sonyashnyka inozemnoi selektsii v umovakh Luhanskoi oblasti [Features of growing foreign-bred sunflower in the conditions of Luhansk region]. *Scientific Progress & Innovations*, (2), 11–16. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.01> (in Ukrainian).
65. Molinero-Ruiz, M. L., Garcia-Ruiz, R., Melero-Vara, J. M., & Dominguez, J. (2009). *Orobancha cumana* race F: performance of resistant sunflower hybrids and aggressiveness of populations of the parasitic weed. *Weed Research*, 49(5), 469–478. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00708.x>
66. Müller-Stöver, D., Thomas, H., Sauerborn, J., & Kroschel, J. (2004). Two granular formulations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* to mitigate sunflower broomrape *Orobancha cumana*. *BioControl*, 49, 595–602. doi: <https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000036438.66150.21>
67. Naveed, M., Hejazi, V., Abbas, M., Kamboh, A. A., Khan, G. J., Shumzaid, M., Wu, Q., Iqbal, M., & XiaoHui, Z. (2018). Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 97, 67–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.064>
68. Neupane, S., Andersen, E. J., Neupane, A., & Nepal, M. P. (2018). Genome-wide identification of NBS-encoding resistance genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genes*, 9(8), 384. doi: <https://doi.org/10.3390/genes9080384>
69. Onisan, E., & Botău, D. (2022). Evaluation of inbred lines developed in infested fields of *Orobancha cumana* from interspecific sunflower populations. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 26(4), 88–93.
70. Pérez-Vich, B., Akhtouch, B., Knapp, S. J., Leon, A. J., Velasco, L., Fernández-Martínez, J. M., & Berry, S. T. (2004). Quantitative trait loci for broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) resistance in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 92–102. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1599-7>
71. Pfenning, M., Palfay, G., & Guillet, T. (2008). The CLEARFIELD® technology—A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 21, 649–654.
72. Piednoël, M., Sousa, A., & Renner, S. S. (2015). Transposable elements in a clade of three tetraploids and a diploid relative, focusing on Gypsy amplification. *Mobile DNA*, 6, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1186/s13100-015-0034-8>
73. Pineda-Martos, R., Velasco, L., & Pérez-Vich, B. (2014). Identification, characterisation and discriminatory power of microsatellite markers in the parasitic weed *Orobancha cumana*. *Weed Research*, 54(2), 120–132.
74. Pubert, C., Boniface, M. C., Legendre, A., Chabaud, M., Carrère, S., Callot, C., Dufour, M., Boivin, S., & Muñoz, S. (2024). A cluster of putative resistance genes is associated with a dominant resistance to sunflower broomrape. *Theoretical and Applied Genetics*, 137(5), 103. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-024-04594-0>
75. Saleh, M. A. (1980). Mutagenic and carcinogenic effects of pesticides. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 15(6), 907–927.
76. Sarmah, A. K., & Sabadie, J. (2002). Hydrolysis of sulfonyleurea herbicides in soils and aqueous solutions: a review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(22), 6253–6265.
77. Schneeweiss, G. M., Palomeque, T., Colwell, A. E., & Weiss-Schneeweiss, H. (2004). Chromosome numbers and karyotype evolution in holoparasitic *Orobancha* (*Orobanchaceae*) and related genera. *American Journal of Botany*, 91(3), 439–448. doi: <https://doi.org/10.3732/ajb.91.3.439>
78. Seiler, G. J., & Jan, C. C. (2014). Wild sunflower species as a genetic resource for resistance to sunflower broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.). *Helia*, 37(61), 129–139. doi: <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0013>

79. Seiler, G. J., Qi, L. L., & Marek, L. F. (2017). Utilization of sunflower crop wild relatives for cultivated sunflower improvement. *Crop science*, 57(3), 1083–1101. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0856>
80. Sharawy, S., & Karakish, E. M. A. N. (2015). Taxonomic relationships of some species of *Orobanche* L. evidence from RAPD-PCR and ISSR markers. *Pak. J. Bot.*, 47(2), 437–452.
81. Sharma, A., Singh, N., Rawat, D. S., & Sharma, S. D. (2021). *Orobanche cumana* (Orobanchaceae), an addition to the flora of India from Himachal Pradesh (Western Himalaya) with a new host record. *Jardin botanique de Guyane*, 5, 189–205.
82. Shi, B. X., Chen, G. H., Zhang, Z. J., Hao, J. J., Jing, L., Zhou, H. Y., & Zhao, J. (2015). First report of race composition and distribution of sunflower broomrape, *Orobanche cumana*, in China. *Plant disease*, 99(2), 291–291. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-14-0721-PDN>
83. Sudianto, E., Beng-Kah, S., Ting-Xiang, N., Saldain, N. E., Scott, R. C., & Burgos, N. R. (2013). Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. *Crop Protection*, 49, 40–51.
84. SuperAgronom (2024). Naipopuliarnishi 30 hibridiv sonyashnyku za 2023 rik na SuperAgronom.com [The most popular 30 sunflower hybrids in 2023 on SuperAgronom.com]. URL <https://superagronom.com/blog/1009-naypopulyarnishi-30-gibridiv-sonyashnyku-za-2023-rik-na-superagronomcom> (in Ukrainian).
85. Terzić, S., Dedić, B., Atlagić, J., Jocić, S., & Tančić, S. (2010). Screening wild sunflower species and F1 interspecific hybrids for resistance to broomrape. *Helia*, 33(53), 25–30. doi: <https://doi.org/10.2298/hel1053025t>
86. Tshikunde, N. M., Mashilo, J., Shimelis, H., & Odindo, A. (2019). Agronomic and physiological traits, and associated quantitative trait loci (QTL) affecting yield response in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. *Frontiers in plant science*, 10, 1428. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01428>
87. Uhlich, H., & Rätzel, S. (2024). Lectotypifications and taxonomic changes in *Alectra*, *Boschniakia*, *Cistanche*, *Orobanche*, *Phelipanche* and *Phelypaea* (all Orobanchaceae). *Nordic Journal of Botany*, e04155. doi: <https://doi.org/10.1111/njb.04155>
88. Ullah, I., M.A. Khan, N. Nawaz, H. Shah, A. Saleem, M.A. Khan, H. Khurshid, F. Yazdan, M. Asim & K. Khan. (2024). Breeding of elite local sunflower hybrids with high genetic yield potential and wide adaptability. *Pak. J. Bot.*, 56(1): doi: [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2024-1\(5\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2024-1(5))
89. Vasylykivskyi, S. P., & Kochmarskyi, V. S. (2016). Seleksiia i nasynnytstvo polovykh kultur [Breeding and seed production of field crops]. *Bila Tserkva: Myronivska drukarnia*, 376 (in Ukrainian).
90. Vear, F. (2016). Changes in sunflower breeding over the last fifty years. *OCL*, 23: D202. doi: <https://doi.org/10.1051/ocl/2016006>
91. Velasco, L., Pérez-Vich, B., Jan, C. C., & Fernández-Martínez, J. M. (2007). Inheritance of resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) race F in a sunflower line derived from wild sunflower species. *Plant Breeding*, 126(1), 67–71. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2006.01278.x>
92. Velasco, L., Pérez-Vich, B., Yassein, A. A., Jan, C. C., & Fernández-Martínez, J. M. (2012). Inheritance of resistance to sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in an interspecific cross between *Helianthus annuus* and *Helianthus debilis* subsp. *tardiflorus*. *Plant Breeding*, 131(1), 220–221. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2011.01915.x>
93. Vischi, M., Nonino, F., & Olivieri, A. M. (2001). A study of the introgression by AFLP markers between two wild sunflower species (*H. argophyllus* and *H. debilis*) and their relationship with *H. annuus* for breeding aims. In *Proceedings of the 5th European Conference on Sunflower Biotechnology* (7).
94. Wang, L., Pan, X., Jiang, L., Chu, Y., Gao, S., Jiang, X., Liu, Y., Wang, Y., & Peng, C. (2022). The biological activity mechanism of chlorogenic acid and its applications in food industry: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 943911. doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.943911>
95. Waters, M. T., Gutjahr, C., Bennett, T., & Nelson, D. C. (2017). Strigolactone signaling and evolution. *Annual review of plant biology*, 68(1), 291–322. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042916-040925>
96. Weston, B., McNevin, G., & Carlson, D. (2012). Clearfield® plus technology in sunflowers. In *Proc. XVIII Sunflower Conf., Mar del Plata-Balcarce, Argentina* (149–154).
97. WFO Plant List. (2024). *Orobanche cumana* Wallr. Access mode: <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000388508>
98. Whelan, E. D. (1979). Interspecific hybrids between *helianthus* Petiolaris N.utt. and *H. Annuus* L.: Effect of backcrossing on meiosis. *Euphytica*, 28, 297–308. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00056586>
99. Xie, X., Yoneyama, K., & Yoneyama, K. (2010). The strigolactone story. *Annual review of phytopathology*, 48(1), 93–117. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114453>
100. Xu, Y., Li, P., Yang, Z., & Xu, C. (2017). Genetic mapping of quantitative trait loci in crops. *The Crop Journal*, 5(2), 175–184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.003>
101. Zare, G., Dönmez, A. A., & Dönmez, E. O. (2014). Pollen morphology and evolution in the genus *Orobanche* L. sl and its allied genera (Orobanchaceae/Orobanchaceae) in Turkey. *Plant Systematics and Evolution*, 300, 783–802. doi: <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0919-2>

Bilyk V. V., PhD student, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Chuiko D. V., Doctor of Philosophy in Agronomy, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.): Biology of Development, Distribution, and Sunflower Breeding for Resistance

*This article is devoted to the study of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.), a parasitic plant that causes significant yield losses in sunflower crops in many countries worldwide. The biological characteristics of this species, its morphological traits, and parasitism mechanisms are highlighted. The specific interaction between broomrape and the host*

plant is described, particularly the role of haustoria, through which the parasite extracts nutrients. Key factors influencing broomrape seed germination, such as temperature, soil moisture, and germination inhibitors released by the sunflower root system, are examined. The article analyzes the current distribution of *Orobanche cumana* in Europe, Asia, and Africa, focusing on Eastern and Central European countries, Turkey, Kazakhstan, and China. The taxonomy of this species is reviewed, noting the presence of several varieties, including *Orobanche cumana* var. *cumana* and *Orobanche cumana* var. *helianthi*, along with their geographical distribution. Special attention is given to broomrape management methods. The main directions of breeding efforts aimed at developing sunflower hybrids resistant to this parasite are discussed. The role of dominant genes Or1–Or7 in providing resistance to different broomrape races is determined. The importance of molecular-genetic technologies in identifying new resistance genes and their application in breeding programs is highlighted. Additionally, the evolutionary history of broomrape races is examined, from the first detected A and B races in the 20th century to the modern aggressive races E, F, G, and H, which pose significant challenges for sunflower cultivation. The effectiveness of laboratory and field methods for assessing plant resistance to broomrape is analyzed, including the role of phenolic compounds that respond to parasite infection. The article also evaluates the effectiveness of Clearfield and Clearfield Plus herbicide technologies in broomrape control, describing their mechanisms of action, advantages, and potential risks, such as environmental impact and the possibility of parasite resistance development. In conclusion, the importance of breeding as the primary environmentally safe method for controlling sunflower broomrape is emphasized. The necessity of further research in the development of new breeding methods, molecular-genetic analysis, and ecologically sustainable strategies for controlling *Orobanche cumana* Wallr. spread is noted.

Key words: breeding, sunflower, *Orobanche cumana* Wallr., disease resistance.