РИЗИКИ РОЗВИТКУ ІРЖАСТИХ ГРИБІВ (*PUCCINIA GRAMINIS* PERS.) НА КУЛЬТИВОВАНИХ БАРБАРИСАХ (РІД *BERBERIS* L.)

О. В. РЕШЕТЮК, кандидат біологічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0001-6620-5437>, e-mail: o.reshtyuk@chnu.edu.ua
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

А. Б. ФІЛІПЕНКО, кандидат біологічних наук, доцент
e-mail: filipter@rambler.ru

Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки

Види роду *Berberis* L. – перспективні плодові, лікарські, медодайні та декоративні рослини, які донедавна широко культивували в Україні та світі. Виявлення причетності цих рослин до поширення іржастих грибів (*Puccinia graminis* Pers.) призвело до різкого скорочення культури барбарисів. Однак ступінь ризиків розвитку іржастих грибів на різних за походженням видах культивованих барбарисів досі залишається невизначеним. Ми дослідили ризики розвитку *Puccinia graminis* на культивованих видах барбарисів різного географічного походження в умовах ботанічного саду Чернівецького національного університету та в деяких інших колекціях інтродуцентів на території Чернівецької області. Розвиток іржастих грибів вивчали за ступенем ураження листків барбарисів, відповідно до рекомендацій В. М. Андросової, В. К. Купріянової та О. Н. Антонової. За період спостережень ступінь ураження листків барбарисів не перевищував 12–15 %. Встановлено залежність розвитку грибів на барбарисах від географічного походження видів і погодних умов квітня–травня, коли *Puccinia graminis* активно розвивається і поширюється. Найбільш стійкими до іржастих грибів є види південнокитайського (східноазіатського) регіону. Найбільшу уразливість встановлено у видів барбарисів із Гімалаїв, Середньої Азії та Європи. Визначено три групи видів за показником стійкості до іржастих грибів: цілком стійкі (*B. beaniana*, *B. brachypoda*, *B. dasystachya*, *B. dielsiana*, *B. gagnepainii*, *B. gilgiana*, *B. holstii*, *B. thunbergii*), порівняно стійкі (*B. aetnensis*, *B. aggregata*, *B. angulosa*, *B. circumscissata*, *B. lycium*, *B. oblonga*, *B. orthobotrys*, *B. spathulata*) та нестійкі до ураження (*B. aemulans*, *B. alksuthiensis*, *B. amurensis*, *B. aristata*, *B. coreana*, *B. dielsiana*, *B. edgeworthiana*, *B. giraldii*, *B. integerrima*, *B. laxiflora*, *B. notabilis*, *B. regeliana*, *B. reticulata*, *B. vulgaris*). 16 видів барбарисів рекомендовано впроваджувати в культуру, використовувати в декоративному озелененні та створювати спеціалізовані плантації сировинного призначення. Культивування інших видів потребує певних обмежень (наприклад, лісопаркового оточення) для захисту зернових ланів.

Ключові слова: іржасті гриби, телеїтоспори, базидіоспори, барбариси, озеленення, хлібні злаки.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Для вирощування сільськогосподарських злаків надзвичайно важливо не допустити їх ураження небезпечними хворобами, зокрема іржастими грибами, які поширюються в середовищі спорами від барбарисів. Разом з тим, представники роду *Berberis* L. (*Berberidaceae* Juss.) надзвичайно перспективні як цінні плодові, лікарські, медодайні, а також декоративні

чагарникові рослини (Vinogradova, 1988; Kohno, & Kurdiuk, 1994; Reshetyuk, & Filipenko, 2018). Центром родового ареалу барбарисів є китайсько-тібетський рослинно-кліматичний район, де зосереджено найбільшу кількість видів цих рослин (Vinogradova, 1988). У помірних широтах Євразії та Америки трапляються до 175 видів барбарисів, культивування яких у Європі починалось ще у XIV–XV ст.

(Filipenko, 1979; Kohn, & Kurdiuk, 1994). Але наприкінці XVII ст. було виявлено причетність цих рослин до поширення іржастих грибів (*Puccinia graminis* Pers.), які паразитують на хлібних злаках, що стало причиною різкого скорочення культури барбарисів (Slizik, 1964; Dzhiyembayev, Bubentsov, & Turapin, 1974). При дозріванні базидіоспори гриба відкидаються увсебіч і розносяться потоками повітря. Так базидіоспори потрапляють на листки барбарисів, де формується весняна фаза розвитку збудника стеблової іржі злаків. Сучасні відомості щодо поширення та культивування видів роду *Berberis* в Україні наведено у публікаціях і звітах провідних ботанічних установ (Kohn, & Kurdiuk, 1994), поглиблене вивчення біологічних особливостей видів роду проведено в умовах Передкарпаття (Filipenko, 1979), Західного Лісостепу (Jakobchuk, & Parhomenko, 2013) та Південного берега Криму (Galushko, Isikov, & Gerasimchuk, 2005). Разом з тим, було встановлено (Golovin, 1960; Chumakov, 1972; Krizhanovskaya, 1980; Androsova, 1989), що небезпеку для вирощування злакових культур барбариси становлять лише тоді, коли деякі з видів зростають у безпосередній близькості до ланів із хлібними злаками. Однак ступінь ризиків розвитку іржастих грибів на різних за походженням видах культивованих барбарисів досі залишався невизначеним, тому це є надзвичайно актуальною проблемою для культивування цих рослин у зоні вирощування сільськогосподарських злаків.

Мета дослідження. Метою нашого дослідження була оцінка ризиків розвитку іржастих грибів на культивованих видах барбарисів, що дало можливість виявити найбільш стійкі до таких захворювань види та рекомендувати їх для використання у декоративному озелененні, а також для створення спеціалізованих плантацій сировинного призначення. Об'єктами досліджень упродовж 2014–2018 рр. стали 30 видів барбарисів різного географічного походження, культиво-

ваних в умовах ботанічного саду Чернівецького національного університету та в деяких інших колекціях інтродуцентів на території Чернівецької області.

Матеріали і методи дослідження. Розвиток іржастих грибів на барбарисах вивчали за ступенем ураження листків (методики Androsova, 1989; Kupriyanova, & Antonova, 1980). Для аналізу відбирали модельні кущі барбарисів у колекціях ботанічного саду Чернівецького національного університету (по два кущі кожного виду барбарису). Ступінь розвитку іржастих грибів (%) установлювали за кількістю уражених листків на модельних кущах і за покриттям листків грибами (гіфовими) виразками. Ці показники обробляли за формулою:

$$R = (S_1 + S_2)/2,$$

де S_1 – кількість уражених грибноцею листків куща (%);

S_2 – пересічна ступінь ураженості листів грибноцею (%).

При аналізі ступеня ураженості листків урахували географічне походження барбарисів, що дало можливість виявити певні закономірності стійкості окремих видів до ураження іржастими грибами. Щоб оцінити рівень залежності розвитку іржастих грибів від погодних умов року, порівнювали ступінь розвитку грибів із показниками погоди (температурний режим і кількість опадів). Виконаний аналіз погодних показників квітня–травня за період спостережень також підтвердив залежність від них активності проростання телейтоспорів *Puccinia graminis* та утворення базидій із базидіоспорами.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті польових обстежень ми встановили, що вже на початку травня на листках деяких видів барбарисів з'являються жовтогарячі плями, створені гіфами пукції, яка починає розвиватися, утворюючи своєрідні переплетення міцелію. Ці структури називають спермогоніями, або пікнідами. Вони утворюють піконоспори, після дозрівання яких з отворів

спермогоніїв виділяється солодкувата рідина, що приваблює комах. На нижній поверхні листків закладаються інші спорношення – еції, де формуються двоядерні еціоспори у вигляді ланцюжків. На листках барбарису з верхнього боку *P. graminis* утворює поодинокі спермогонії або невеликі їх групи. Вони кулясті, 120–130 мкм у діаметрі, темно-жовтого забарвлення. У них формується велика кількість дрібних, світлих, одноклітинних спор – спермацій, за допомогою яких відбувається запліднення інших спермогоніїв. Цим і пояснюється утворення нових біологічних форм і рас гриба. Встановлено, що деякі іржасті гриби можуть розвиватись на дуже

складних штучних середовищах. Через 2–5 діб після спермогоніїв із нижнього боку листків барбарису, а іноді на черешках і молодих пагонах утворюються еції, які розміщуються округлими або довгастими групами. Еції циліндрично-чашоподібні, з відігнутими краями, білувато-жовті, 2–3 мм у діаметрі. Клітини перидію щільно з'єднані, прямокутні, мають зовнішню стінку оболонки завтовшки 7–13 мкм із бородавками.

Результати наших досліджень, якщо їх аналізувати в сукупності, виявили порівняно невисокі показники інтенсивності ураження листків барбарисів іржастими грибами (таблиця).

Ступінь ураження листків барбарисів іржастими грибами (%)

№	Види барбарисів	Роки спостережень				
		2014	2015	2016	2017	2018
1	<i>B. aemulans</i> Schneid.	10	10	12	10	6
2	<i>B. aetnensis</i> Presl.	10	8	10	10	6
3	<i>B. aggregata</i> Schneid.	9	8	10	8	4
4	<i>B. alksuthiensis</i> Usteri.	12	10	12	10	8
5	<i>B. amurensis</i> Rupr.	15	12	15	12	10
6	<i>B. angulosa</i> Wall.	10	6	8	10	5
7	<i>B. aristata</i> D. C.	10	10	12	10	8
8	<i>B. beaniana</i> Schneid.	-	-	-	-	-
9	<i>B. brachypoda</i> Maxim.	-	-	-	-	-
10	<i>B. circumserrata</i> Schneid.	6	5	5	4	2
11	<i>B. coreana</i> Palib.	14	10	15	9	8
12	<i>B. dasystachya</i> Maxim.	-	-	-	-	-
13	<i>B. declinata</i> Schrad.	15	10	12	10	8
14	<i>B. dielsiana</i> Fedde.	-	-	-	-	-
15	<i>B. edgeworthiana</i> Schneid.	12	8	10	12	6
16	<i>B. gagnepainii</i> Schneid.	-	-	-	-	-
17	<i>B. gilgiana</i> Fedde.	-	-	-	-	-
18	<i>B. giraldii</i> Hesse	12	10	12	10	8
19	<i>B. holstii</i> Engl.	-	-	-	-	-
20	<i>B. integerrima</i> (Reg.)Schneid.	12	8	10	10	5
21	<i>B. laxiflora</i> Schrad.	15	10	12	12	10
22	<i>B. lycium</i> Roule	10	6	10	8	5
23	<i>B. notabilis</i> Schneid.	15	10	10	12	8
24	<i>B. oblonga</i> (Reg.)Schneid.	10	5	8	10	5
25	<i>B. orthobotrys</i> Bien.	6	4	5	5	2
26	<i>B. regeliana</i> Koehe	10	6	10	12	5
27	<i>B. reticulata</i> B. Kochne	10	5	12	10	4
28	<i>B. spathulata</i> L.	10	8	10	10	6
29	<i>B. thunbergii</i> D. C.	-	-	-	-	-
30	<i>B. vulgaris</i> L.	15	12	15	10	8

За весь період спостережень ступінь ураження листків барбарисів не перевищувала 12–15 %. Разом із тим, вісім видів барбарисів виявились абсолютно стійкими проти іржастих грибів, а тому ознак ураження на них не було виявлено зовсім. Якщо порівняти ці показники з відомостями про походження окремих видів барбарисів, то можна зазначити, що найбільш стійкими до іржастих грибів є група видів, які походять із південнокитайського (східноазіатського) регіону. Більшість із них взагалі не виявили ознак ураження іржастими грибами за весь період спостережень (5 років). Найбільшу уразливість від іржастих грибів виявлено у видів барбарисів, які походять із Гімалаїв, Середньої Азії та Європи. Види китайсько-тибетського походження уражаються іржастими грибами значно менше, а чимало таких видів залишаються цілком стійкими й тому можуть бути успішно культивовані у безпосередній близькості від злакових посівів. Отже, при плануванні барбарисових культур доцільно брати до уваги походження окремих видів і, відповідно, визначати ризики їх впровадження в культуру.

За показником стійкості до іржастих грибів ми виділили серед барбарисів три групи видів:

- 1) цілком стійкі види, які не вражаються іржастими грибами за будь-яких погодних умов (*B. beaniiana*, *B. brachypoda*, *B. dasystachya*, *B. dielsiana*, *B. gagnepainii*, *B. gilgiana*, *B. holstii*, *B. thunbergii*) – 8 видів;
- 2) порівняно стійкі види, рівень ураження яких іржастими грибами не перевищує 10 % поверхні листків (*B. aetnensis*, *B. aggregata*, *B. angulosa*, *B. circumserrata*, *B. lycium*, *B. oblonga*, *B. orthobotrys*, *B. spatulata*) – 8 видів;
- 3) нестійкі до іржастих грибів види, в яких ураження перевищує 10 % листової поверхні (*B. aemulans*, *B. alksuthiensis*, *B. amurensis*, *B. aristata*, *B. coreana*, *B. dielsiana*, *B. edgeworthiana*, *B. giraldii*, *B. integerrima*,

B. laxiflora, *B. notabilis*, *B. regeliana*, *B. reticulata*, *B. vulgaris*) – 14 видів.

Як видно з таблиці, інтенсивність розвитку іржастих грибів на листках барбарисів в окремі роки змінюється. За нашими спостереженнями, погодні умови року істотно впливають на ступінь ураження іржастими грибами барбарисів. У літературі теж стверджується (Dzhiyembayev, Bubentsov, & Turapin, 1974; Kupriyanova, & Antonova, 1980), що активність поширення телеїтоспорів, розвиток грибних гіфів з утворенням базидій і базидіоспорів, а також поширення останніх залежить від погодних умов квітня–травня, тобто періоду, коли вони розвиваються та переносяться вітром і комахами, уражаючи листки барбарисів.

Ми порівняли показники ураження листків із пересіченими показниками суми середньодобових температур і опадів у квітні–травні за період спостереження, і виявили між ними певну залежність (рисунок).

Зокрема, ступінь розвитку іржастих грибів на листках барбарисів прямо пропорційний динаміці наростання середньодобових температур повітря і обернено пропорційний зростанню кількості опадів у цей період. Отже, розвиток іржастих грибів на листках барбарисів різко знижується із пониженням температури повітря і зростає за підвищеної кількості опадів. Перевірка отриманих показників за поданою нижче формулою довела, що розвиток спор у *P. graminis* спостерігається за підвищення середньодобових температур понад суму 700–720°C, а зростання активного спороншення гриба відбувається вище порогу 780–820°C.

$$R = \frac{\sum V_1 V_2 - \frac{(\sum V_1)(\sum V_2)}{N}}{\sqrt{C_1 C_2}}$$

де $V_1 V_2$ – середньодобові температурні показники температури повітря за певний період (N) днів;

$C_1 C_2$ – сума опадів за цей самий період.

Рисунок. Залежність розвитку *Puccinia graminis* від погодних умов травня (2014, 2016, 2018 рр.): 1 – сума середньодобових температур повітря (°C); 2 – сума опадів у травні (мм); 3 – розвиток іржастих грибів на листках барбарисів (% проективного покриття поверхні листків)

Отже, в умовах вологого та теплого клімату Буковини барбариси не становлять значної небезпеки для злакових культур. Тому культивувати їх (барбариси) можна навіть у тих випадках, коли посіви злакових перебувають у безпосередній близькості з цими рослинами. Найбільш безпечними для злакових ланів є названі вище цілком стійкі види барбарисів першої групи, які можна впроваджувати у культури різного призначення: декоративні посадки, плантації лікарського, харчового або медодайного призначення. Найбільш перспективні для цього зимостійкі види (*B. brachypoda*, *B. dasystachya*, *B. gilgiana*, а також слабо уражені *B. aggregata*, *B. dielsiana*).

Деякі обмеження доцільні при плануванні культур із групи порівняно стійких видів (друга група), які не повинні зростати у безпосередній близькості до зер-

нових ланів. На нашу думку, достатнім бар'єром для них можуть бути захисні смуги з деревних порід завширшки 10–15 м. Нарешті, нестійкі до іржастих грибів види барбарисів (третя група) можна вирощувати поблизу зернових ланів лише в лісопарковому (деревному і чагарниковому) оточенні, яке повинно мати 50–100 м, завширшки або культивувати їх там, де не передбачено вирощування хлібних злаків. Крім того, відомо, що застосування калійних добрив, особливо у суміші з фосфорними, підвищують стійкість рослин до ураження іржастими грибами (Filipenko, 1979).

Висновки і перспективи. В умовах вологого і теплого клімату Чернівецької області культивування більшості барбарисів (16 видів першої та другої груп) не становить істотної загрози для вирощування хлібних злаків навіть тоді, коли

останні перебувають у безпосередній близькості до цих культур. Ризики розвитку іржастих грибів на культивованих барбарисах залежать від погодних умов квітня–травня, коли *Puccinia graminis* активно розвивається і поширюється, та географічного походження видів. Найбільш стійкими до іржастих грибів є

види південно-китайського (східноазійського) регіону. Найбільшу уразливість виявлено у видів барбарисів із Гімалаїв, Середньої Азії та Європи. Тому при плануванні барбарисових культур доцільно брати до уваги походження окремих видів і, відповідно, визначати ризики їх впровадження в культуру.

Список літератури

- Androsova, V. M. (1989). *Structural organization of the host plant and pathogen in wheat stem rust*. (Abstract of Doctoral Dissertation). Krasnodar [in Russian].
- Chumakov, A. Ye. (1972). The current state of the study of cereal rust in the USSR. *Proceedings of the All-Union Research Institute of ZR*, 33, 98–102 [in Russian].
- Dzhiyembayev, ZH. T., Bubentsov, S. T., & Turapin, V. P. (1974). Barberry and its role as a cereal stem rust intermediate. *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*, 7, 110–112.
- Filipenko, A. B. (1979). Biological features of promising species of the genus *Berberis* L. introduced in Bukovina. (Abstract of Doctoral Dissertation). Kyiv [in Ukrainian].
- Galushko, R. V., Isikov, V. P., & Gerasimchuk, V. N. (2005). *Genus Berberis L. in Crimea*. Kyiv: Aharna nauka [in Ukrainian].
- Golovin, P. N. (1960). *Powdery mildew fungi parasitizing cultivated and useful wild plants*. Moskva; Leningrad: Izd-vo AN SSSR [in Russian].
- Jakobchuk, O. M., & Parhomenko, L. I. (2013). Use in culture and modern state of introduction of East Asian species of the genus *Berberis* L. under conditions of Right-Bank of Forest-Steppe of Ukraine. *Introduction of plants*, 1, 41–45 [in Ukrainian].
- Kohn, N. A., & Kurdiuk, A. M. (1994). *Theoretical bases and experience of introduction of woody plants in Ukraine*. Kyiv: Nauk. dumka [in Ukrainian].
- Krizhanovskaya, M. S. (1980). Barberry as a source of stem rust renewal in the central regions of Ukraine. *Bulletin of Kiev University "Biology"*, 22, 106–110 [in Ukrainian].
- Kupriyanova, V. K., & Antonova, O. N. (1980). Barberry as a source of cereal stem rust. *Mycology and phytopathology*, 14, 7–14.
- Movseyan, M. I., & Rotova, Ye. G. (1972). Barberry fungal diseases. *Floriculture*, 2, 17 [in Ukrainian].
- Reshetiuk, O. V., & Filipenko, A. B. (2018). Genus *Berberis* L. in decorative landscaping. *Scientific Bulletin of UNFU of Ukraine*, 28 (2), 64–67 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/4028021>
- Slizik, L. N. (1964). On some critical species of barberry from Central Asia. *News of the taxonomy of higher plants*, 79–89 [in Russian].
- Vinogradova, O. N. (1988). *Barberry*. Moskva: Lesn. prom-st' [in Russian].

Reshetiuk, O. V., Filipenko, A. B. (2020). The growth of rusty mushrooms (*Puccinia graminis* Pers.) on barberries (genus *Berberis* L.). *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (3), 55–61. <https://doi.org/10.31548/forest2020.03.006>

Formulation of the problem. Representatives of the genus Berberis L. (Berberidaceae Juss.) are extremely promising as valuable medicinal, melliferous, fruitful and also decorative shrubs. But rusty mushrooms (Puccinia graminis Pers.) are progressing, which are parasitizing on cereals. The danger for growing cereal crops, barberries have when some of their species are growing close to the field.

The aim of the study was an estimation of risk of growth rusty mushroom on cultivated species of barberries, that gave a possibility to detect the most stable to such diseases species and to recommend them for using in decorative landscaping or in plantations of raw materials. 30 species of barberries, which are cultivating in botanical garden Yuri Fedkovych Chernivtsi National University, were exploring during 2014–2018.

The growth of rusty mushrooms on barberries was studied by degree of affected leaves. The analysis of weather indicator from April–May confirmed dependence from their active germination

taleotospores *Puccinia graminis* and formation of basidiyas with basidiospores by period of outfight. The intensity of affection barberries leaves by rusty mushrooms is comparatively not high and isn't over 12–15 %. Also 8 species of barberries are detected as absolutely resistant against rusty mushrooms, so that there were no features of affection on them. If we compare these indicators with information about origin of separate species barberries, we can mark that the most resistant to rusty mushrooms are species, which are originate from South China (East Asian) region. Most of them didn't have any features of affection by rusty mushrooms in all period of outfight at all (5 years). The biggest affection from rusty mushrooms was noticed in species of barberries which come from the Himalayas, Central Asia and Europe. Therefore, in planning barberries cultivations it is expedient to consider the origin of separate species and accordingly determine risks of their introduction in culture.

We excreted 3 groups of species among barberries by degree of fortitude to rusty mushrooms:

1. Completely resistant species, which don't affect by rusty mushrooms in different weather conditions: (*B. beaniana*, *B. brachypoda*, *B. dasystachya*, *B. dielsiana*, *B. gagnepainii*, *B. gilgiana*, *B. holstii*, *B. thunbergii*) – 8 species;
2. Relatively resistant species, the level of affection of rusty mushrooms not more than 10 % of leaf surface (*B. aetnensis*, *B. aggregata*, *B. angulosa*, *B. circumserrata*, *B. lycium*, *B. oblonga*, *B. orthobotrys*, *B. spathulata*) – 8 species;
3. Unstable to rusty mushrooms species in which the affection is more than 10% of leaf surface (*B. aemulans*, *B. alksuthiensis*, *B. amurensis*, *B. aristata*, *B. coreana*, *B. dielsiana*, *B. edgeworthiana*, *B. giraldii*, *B. integerrima*, *B. laxiflora*, *B. notabilis*, *B. regeliana*, *B. reticulata*, *B. vulgaris*) – 14 species.

The intensity of growth rusty mushrooms on the barberry's leaves are changing the separate years. The literature confirms that the activity of dissemination taleotospores, development of mushroom hyphae with formation basidiyas and basidiospores, also dissemination the last one depends on weather conditions of April-May, that is the period when they are progressing and carrying by wind and insects affecting barberries leaves. We compared the indicators of affection leaves with average indicators of total average daily temperatures and precipitations in April-May by the period of observation, and between them had been detected certain dependence. The degree of rusty mushroom growth on barberries leaves was detected proportional to dynamics of increase middle-daily temperatures of air and inversely proportional to increasing amount of precipitation at this period.

The most dangerous for cereal fields are higher named completely resistant species barberries from the first group, which we can introduce in culture for different purpose: decorative landing, plantations of medical, nutritional or melliferous purpose. Some limitations are expedient in planning cultures with groups of relatively resistant species (the second group), which don't have to grow close to the cereal fields. In our opinion, the sufficient barrier for them can be a protective zone with woods 10–15 meters wide. At last, unstable to rusty mushrooms species of barberries (the third group), we can grow nearby the cereal fields just in forestry environment (woods and shrubs), which must be 50–100 m wide or to cultivate them where will be no growing cereals.

Thereby, in terms of wet and warm climate in Chernivtsi region the cultivation of most barberries (16 species of the first and second group) don't make any significant threat for growing cereals even when the last one are close to these cultures.

Keywords: *Puccinia graminis*, teleotospores, basidiospores, barberries, planting, cornfields.

Отримано: 2020-09-15