



УДК 582. 675. 3 (477.63)

СТІЙКІСТЬ ІНТРОДУКОВАНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *Berberis* ДО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

О.М. Боброва, Ю.В. Лихолат, доктори біологічних наук
Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

І.П. Григорюк, член-кореспондент НАН України
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Встановлено видові особливості стійкості рослин роду *Berberis* до забруднення важкими металами. Розраховано кореляційний зв'язок і побудовано математичні моделі між вмістом важких металів та ростовими показниками рослин.

Вступ. Екологічна проблема в промислово розвинутих містах України найбільше пов'язана із надмірною концентрацією в навколишньому природному середовищі викидів автотранспорту та промислових підприємств, що призводить до утворення антропогенних ландшафтів з обмеженим асортиментом рослин. Посилення екологічного напруження здатне спричиняти зниження процесів фотосинтезу, росту і розвитку, що в подальшому стає причиною пригнічення функціонування систем життєдіяльності зелених насаджень.

За умов озеленення міст надзвичайно важливо використовувати найстійкіші до екологічної нерівноваги (забруднення на фоні посухи) види рослин, які успішно проходять онтогенетичні фази розвитку і характеризуються стабільними ростовими показниками. Порівняльна оцінка ростових показників дозволяє визначити ступінь адаптації кожного виду рослин до умов довкілля та встановлювати їх придатність для вирощування в промислових містах [1, 7]. У цих умовах збагачення ви-

дового складу можливе шляхом використання інтродуцентів, зокрема чагарникових рослин, що досліджуються в Ботанічних садах України [3, 7, 8]. Доцільність подальшого вирощування інтродукованих рослин у місцевих умовах базується на основі встановлених інтегральних морфологічних та фізіолого-біохімічних показників. При проведенні інтродукційної роботи нами показано, що в умовах степової зони України досить перспективними є рослини роду *Berberis*, які вирізняються високою декоративністю та швидкими темпами росту.

З огляду на це, метою нашої роботи було виявити найперспективніші види рослин роду *Berberis*, що характеризуються стабільними ростовими показниками для подальшого використання в озелененні територій, забруднених важкими металами.

Матеріали і методика. Дослідження проводили в умовах Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету (ДНУ) ім. Олеся Гончара. Об'єктами дослідження слугували один



вид рослин місцевої флори барбарис звичайний (*Berberis vulgaris* L.) та 8 видів інтродукованих з інших географічних зон: барбарис видовжений (*Berberis oblonga* (Rgl.) Schneid.); барбарис звичайний форма круглолиста (*Berberis vulgaris* f. *rotundifolia*); барбарис звичайний форма пурпурова (*Berberis vulgaris* f. *atropurpurea*); барбарис великоколючковий (*Berberis macrocantha*); барбарис амурський (*Berberis amurensis* Hupr.); барбарис корейський (*Berberis coreana* Palib.); барбарис ліциум (*Berberis lycium* Royle); барбарис канадський (*Berberis canadensis* Mill.).

Інтенсивність росту видів рослин барбарису та площу листків визначали за методикою [9]. Дослідження вмісту важких металів в листках проводили на атомно-абсорбційному спектрометрі "AAS-30" за методикою [11]. Повний кореляційний аналіз отриманих даних здійснювали згідно методик [4].

Результати досліджень. Рослини, які зростають у Ботанічному саду ДНУ зна-

ють шкідливого впливу органічних і неорганічних поллютантів, що містяться у викидах автотранспорту та промислових підприємств. Найпоширенішими з них є важкі метали, а отже, у процесі інтродукційної роботи було встановлено рівні їх накопичення в органах досліджуваних видів рослин барбарису в порівнянні з видом місцевої флори *Berberis vulgaris* (рис.). Встановлено вірогідно підвишене нагромадження важких металів у листках. Найбільший вміст Cd, Pb і Ni зафіксовано у *B. coreana* і *B. oblonga*, Zn — у *B. coreana* і *B. amurensis*, Mn — у *B. oblonga* і *B. canadensis*. Найменшу кількість важких металів накопичували *B. macrocantha*, *B. vulgaris* f. *rotundifolia* і *B. vulgaris* f. *atropurpurea*.

Відомо, що розміри асиміляційних органів рослин змінюються залежно від умов довкілля і відображають стан рослинного організму [8]. В наших дослідженнях визначалась площа листків на одному погонному метрі модельної гілки рослин (табл. 1).

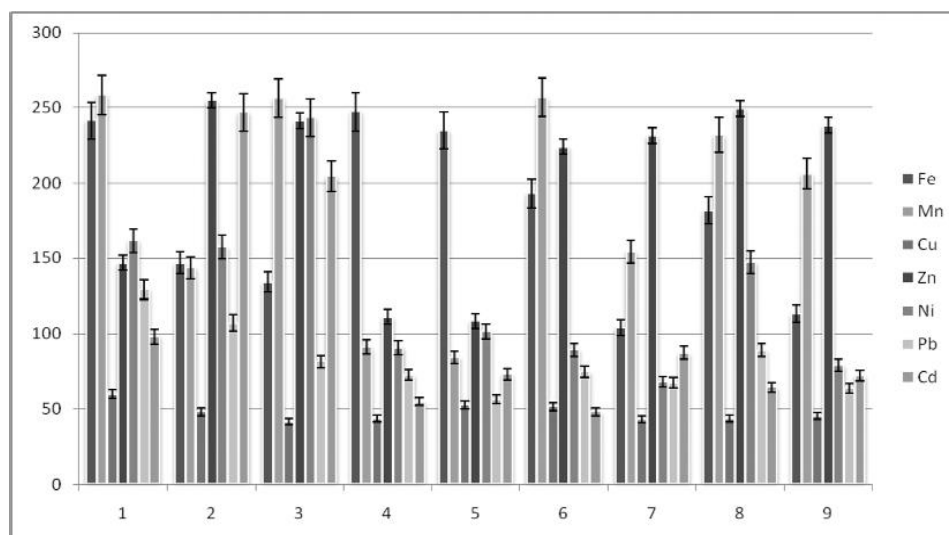


Рис. Вміст важких металів в листках рослин барбарису, % від контролю:

1. *Berberis vulgaris*; 2. *Berberis coreana* Palib.;
3. *Berberis oblonga*; 4. *Berberis vulgaris* f. *atropurpurea*; 5. *Berberis macrocantha*; 6. *Berberis canadensis* Mill.;
7. *Berberis rotundifolia*; 8. *Berberis amurensis*; 9. *Berberis lycium* Royle



Таблиця 1. Особливості ростових показників основних представників роду *Berberis*

Вид	Приріст пагонів, см	Площа листка, см ²
<i>B. vulgaris</i>	27,5±0,1	9,0±0,1
<i>B. canadensis</i>	25,1±0,8	11,0±0,3
<i>B. amurensis</i>	20,0±0,4	8,1±0,1
<i>B. vulgaris f. rotundifolia</i>	25,2±1,1	5,2±0,01
<i>B. macrocantha vulgaris f. atropurpurea</i>	31,4±0,07	11,0±0,03
<i>B. atropurpurea</i>	21,1±0,02	7,2±0,1
<i>B. lycium</i>	24,0±0,05	13,0±0,1
<i>B. coreana</i>	20,1±1,10	9,0±0,3
<i>B. oblonga</i>	18,2±1,12	10,1±1,2

Проведені спостереження показали, що середній приріст у досліджуваних видів рослин барбарису складав 27,9 см. Найменший приріст зафіксовано у рослин *B. oblonga* (18,2±1,12 см), а найбільший – у *B. macrocantha* та *B. vulgaris* (31,4±0,07 та 27,5±0,11 см відповідно). Мінімальна площа листка спостерігалась у рослин *B. vulgaris f. rotundifolia* (5,2±0,01 см), а максимальна – у *B. lycium* (13,0±0,11 см).

За екологічними характеристиками види рослин барбарису відзначаються

багатьма спільними ознаками, хоча в природних умовах займають різні екологічні ніші. Підтвердженням цього є аналіз їх екоморфічних характеристик (табл. 2), проведений за методом [2, 10].

Виявилось, що види рослин барбарису є сільвантами або лісовими (Sil.). Стосовно до світлових умов серед них можна виділити геліосціофіти, або факультативно тіньові рослини (символ HeSc), сциогеліофіти, або факультативно світлові рослини (символ ScHe), геліофіти або світловибаг-

Таблиця 2. Екоморфічна характеристика видів рослин барбарису

Види	Клімато-морфи	Трофо-морфи	Гігро-морфи	Геліо-морфи	Цено-морфи
<i>B. vulgaris</i>	nPH	MsTr	KsMs	ScHe	Sil
<i>B. canadensis</i>	nPH	MsTr	Ms	HeSc	Sil
<i>B. amurensis</i>	nPH	MsTr	Ks	HeSc	Sil
<i>B. vulgaris f. rotundifolia</i>	nPH	MsTr	Ks	ScHe	Sil
<i>B. macrocantha vulgaris f. atropurpurea</i>	nPH	MsTr	KsMs	ScHe	Sil
<i>B. atropurpurea</i>	nPH	MsTr	Ks	He	Sil
<i>B. lycium</i>	nPH	MsTr	KsMs	ScHe	Sil
<i>B. coreana</i>	nPH	MsTr	KsMs	ScHe	Sil
<i>B. oblonga</i>	nPH	MsTr	Ks	ScHe	Sil

Примітка: nPH. – низькі дерева та кущі, MsTr. – мезотрофи, Ks. – ксерофіти – посухостійкі, Ms – мезофіти – рослини помірного зволоження, He – геліофіти, світлолюбні рослини, HeSc, ScHe – види рослин, які частково вимогливі до світла (у символі друга частина основна, а перша – уточнююча), Sil. – сільвант (лісова рослина)



ливі рослини (символ He). Трофоморфи представлені переважно мезотрофами (символ Mstr), тобто видами, які зростають на відносно багатих та бідних ґрунтах. Гігроморфи, які характеризують відношення рослин до вологи, представлені мезофітами (символ Ms), ксеромезофітами (символ KsMs), мезоксерофітами (символ MsKs) і ксерофітами (символ Ks) з різним ступенем посухостійкості.

Використовуючи отримані результати, проведено кореляційний аналіз за морфологічними (площа листка, приріст пагонів) та біохімічними (вміст важких металів) показниками і побудовано математичну модель.

Слід зазначити, що при створенні математичних моделей складних багатомірних систем важливо встановити зв'язок і взаємодію між декількома факторами. Найпростішою формою зв'язку в таких випадках є лінійна. Прикладом множинної кореляції може бути модель, де одна з перемінних є функцією, а інші виступають як аргумент. Лінійне рівняння має такий вигляд:

$$Y = b_0 + b_{1x_1} + b_{2x_2} + \dots + b_{ix_i},$$

де b_i ($i=0, n$) – пошукові параметри.

Представлене рівняння не має вільного члена b_0 і не є рівнянням регресії в стандартному вигляді. Оскільки всі параметри виражені в порівняльних (безрозмірних) одиницях, то коефіцієнти b_i показують порівняльний вплив змін кожного фактора на зміни вихідної перемінної, тобто на яку частину змінилось би значення функції відгуку за умов зміни відповідного аргументу та постійних інших аргументах.

Для видів рослин барбарису середньоазіатського ареалу (*B. vulgaris f. rotundifolia*, *B. vulgaris f. atropurpurea*, *B. macroantha*, *B. oblonga*, *B. vulgaris*) ($n=30$).

1. Приріст пагонів (P) = $3,327Cd + 0,1275Zn + 0,0885Fe$.

($R^2 = 89,3\%$; рівень значимості коефіцієнтів Cd та Fe менш 0,001, Zn = 0,004).

На ступінь приросту пагонів рослин статистично суттєво впливають Cd, Zn і Fe. За умов зростання їх концентрації (в обумовленому інтервалі) приріст пагонів збільшується. Статистично достовірного впливу Cu, Mn, Ni і Pb на даний показник не виявлено. Оскільки вплив на залежну змінну (приріст) пропорційний коефіцієнту в рівнянні множинної регресії, то можна констатувати щодо суттєвішої участі Cd та найменшої Fe в прирості пагонів видів рослин барбарису, які відносять до групи середньоазіатських.

2. Площа листка (S) = $3,327Cd + 0,1275Zn + 0,0885Fe$

($R^2 = 89,3\%$; рівень значимості коефіцієнтів Cd і Fe – менше 0,001, Zn = 0,004), де Cd, Fe і Zn – вміст металів в листках, мг/кг.

Аналогічну закономірність (як і для приросту пагона) виявлено в мінливості площі листків видів рослин, об'єднаних у групу середньоазіатських. За умов статистично суттєвого сукупного впливу Cd, Zn і Fe змінюється лише величина їх коефіцієнтів в математичній моделі. Апроксимація даних, запропонованих у рівнянні регресії, достатньо висока, коефіцієнт детермінації наближається до 90%.

Для видів рослин барбарису північнокитайського ареалу (*B. coreana*, *B. amurensis*, *B. lycium*) ($n = 12$).

1. Приріст пагонів (P) = $1,092Ni + 1,087Pb$ ($R^2 = 97,7\%$; рівень значимості коефіцієнтів Ni і Pb – менше 0,001).

Аналіз даних засвідчує, що з семи хімічних елементів саме Ni та Pb рівною мірою обумовлюють майже 98% у дисперсію приросту пагона видів рослин барбарису, які відносять до північнокитайського ареалу.

2. Площа листка (S) = $0,5194Ni + 0,1478Zn$.

($R^2 = 97,1\%$; рівень значимості коефіцієнтів Ni і Zn – менше 0,001),

де Ni, Pb та Zn – вміст металів в листках, мг/кг.



Зміна площі листків рослин барбарису на 97% статистично пов'язана з вмістом Ni та Zn. Сила впливу Ni в декілька разів перевищує аналогічну Zn, що видно з величин коефіцієнтів у рівняннях регресії. Запропоновані нами математичні моделі для оцінки приросту і площі листків видів барбарису, об'єднаних у групу північно-китайського ареалу, дають цілісну інформацію щодо змін ростових показників у конкретних екологічних умовах.

Висновки

1. Встановлено достовірний взаємозв'язок між приростом, площею і вмістом важких металів у листках видів рослин барбарису, об'єднаних у групу північно-китайського ареалу.

2. Найстійкіші до забруднення важкими металами види рослин барбарису (*B. vulgaris*, *B. lycium*, *B. coreana*) можна рекомендувати для озеленення міст.

Література

1. Безулая Э.Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город. — Л.: Гидрометеоздат, 1991. — 256 с.
2. Бельгард А.Л. Лесная растительность юговостока УССР. — К.: КГУ, 1950. — 264 с.
3. Буторова О.Ф., Янкж Ю.В. Интродукция видов барбариса в Ботаническом саду им. В.М.Крутовского // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск, 2000. — С. 24—25.
4. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. — М.: Наука, 1990. — 294 с.
5. Косаківська І.В. Екологічний напрям у фізіології рослин: досягнення й перспективи // Физиология и биохимия культ. растений. — 2007. — 39, №4. — С. 279—288.
6. Малюгін І. Ю., Панов М. М., Рубцов А. Ф. Интродукція видів роду барбарису в Донецькому ботанічному саду АН УРСР // Интродукція та акліматизація рослин на Україні. — 1980. — Вып. 17. — С. 19—22.
7. Мазур А.Е. Использование растений для оптимизации техногенных ландшафтов Кривбасса // Растения и промышленная среда. — 1990. —13. — С. 130—139.
8. Маркелова Н.В., Бордзыко Е.В. Комплексное использование показателей растений при оценке воздействия некоторых тяжелых металлов на биоту // Экологическая безопасность региона: Сборник статей II Международной научно-практической конференции естественно-географического факультета. — Брянск: Курсив, 2010. — С. 129—133.
9. Молчанов А.А. Методика изучения прироста древесных растений. — М.: Наука, 1967. — 100 с.
10. Тарасов В.В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біологічна характеристика видів: Монографія. — Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2005. — 276 с.
11. Хаведов І., Цалев Д. Атомно-абсорбційний аналіз. — С.-П.: Хімія, 1993. — 144 с.

АННОТАЦИЯ

Боброва О.М., Лихолат Ю.В., Григорюк И.А. Устойчивость интродуцированных представителей рода *Berberis* к загрязнению среды тяжелыми металлами // Биоресурсы и природопользование. — 2012. — 4, № 3–4. — С. 39–43.

Установлены видовые особенности устойчивости растений рода *Berberis* к загрязнению тяжелыми металлами. Рассчитано корреляционную связь и построены математические модели между содержанием тяжелых металлов и показателями роста растений.

SUMMARY

O. Bobrova, Yu. Licholat, I. Grigoryuk. Stability of introductive representatives of sort *Berberis* to contamination of environment by heavy metals // *Biological Resources and Nature Management*. — 2012. — 4, № 3–4. — P. 39–43.

Specific features of stability representatives of the genus *Berberis* to the action of heavy metals were found. Cross-correlation connection was determined and mathematical models between content of heavy metals and the plants growth indexes were built.