

І.О. СИДОРЕНКО

Національний аграрний університет
Україна, 03041 м. Київ, вул. Генерала Родимцева, 19

ОЦІНЮВАННЯ АДАПТАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СХІДНОАЗІЙСЬКИХ ВИДІВ РОДУ RHODODENDRON L. В УМОВАХ м. КИЄВА

На основі порівняльного аналізу за допомогою вдосконалених і апробованих методик багатокритеріального оцінювання визначено рівні адаптаційних можливостей східноазійських видів роду Rhododendron L. в умовах м. Києва.

Використання інтродукованих деревних і кущових рослин для озеленення великою мірою залежить від точної оцінки їхньої перспективності в нових умовах вирощування, тому розробка і вдосконалення методик оцінювання перспективності рослин має велике теоретичне і практичне значення. Найбільш відомими методиками є методики, розроблені В.П. Малєєвим (1933) [8], А.Л. Липою (1953) [7], С.Я. Соколовим (1957) [10], Н.А. Базилевською (1964) [1], П.І. Лапіним і С.В. Сидневою (1973) [6], О.А. Калініченком (1978) [4], М.О. Кохном (1983) [5], які дають змогу оцінити ступінь акліматизації рослин і містять шкали для порівняння успішності акліматизації рослин. У цих методиках використовуються різні критерії, за якими оцінюють успішність акліматизації рослин, що дає можливість зробити загальний висновок про їхні адаптаційні можливості.

П.І. Лапін і С.В. Сиднева [6] запропонували метод інтегральної числової оцінки життєздатності й перспективності інтродукції дерев та кущів на основі візуальних спостережень. Для оцінювання використовують сім показників: ступінь щорічного визрівання пагонів, зимостійкість, збереження габітусу, пагоноутворююча здатність, регулярність приросту пагонів, здатність до генеративного розвитку, способи розмноження рослин у районі інтродукції. Для кожного із показників розроблена шка-

ла, за якою оцінюють рослини, а інтегральну оцінку інтродукції визначають як суму одержаних балів.

На думку М.А. Кохна [5], цей метод містить зайві критерії (регулярність приросту пагонів), показник способів розмноження в районі інтродукції є досі суперечливим. Такий важливий показник (зокрема, для рододендронів), як посухостійкість рослин, у цій методиці не враховано. Зважаючи на це, М.А. Кохном, О.М. Курдюком для одержання кількісної оцінки успішності акліматизації було запропоновано використовувати акліматизаційне число (А), яке визначають як зважену оцінку за такими критеріями: ріст (Р), генеративний розвиток (ГР), зимостійкість (Зм) та посухостійкість (Пс), за формулою:

$$A = \alpha P + \beta ГР + \gamma Зм + \phi Пс,$$

де $\alpha = 2$ — ваговий коефіцієнт Р; $\beta = 5$ — ваговий коефіцієнт ГР; $\gamma = 10$ — ваговий коефіцієнт Зм; $\phi = 3$ — ваговий коефіцієнт Пс.

За величиною акліматизаційного числа М.А. Кохно визначає ступінь акліматизації рослин: $A = 100$ — повна акліматизація, $80 \leq A < 100$ — гарна акліматизація, $60 \leq A < 80$ — задовільна акліматизація, $40 \leq A < 60$ — слабка акліматизація, $A < 40$ — відсутність акліматизації.

У наведених вище методиках використовується багатокритеріальний аналіз з визначенням вагових коефіцієнтів критеріїв та оцінюванням досліджуваних видів рослин за кожним з цих критеріїв з виведенням

інтегрального показника. Такий підхід має низку недоліків:

1) суб'єктивний характер процедури визначення критеріїв та їхніх вагових коефіцієнтів;

2) проблематичність або навіть неможливість застосування запропонованих шкал оцінювання через відсутність певних ознак у рослин;

3) складність одночасного оцінювання великої кількості видів рослин, що призводить до значних похибок у кінцевих результатах;

4) компенсаційний характер інтегральних оцінок, тобто низькі оцінки за одними критеріями можуть компенсуватися високими оцінками за іншими критеріями;

5) відсутність процедури перевірки результатів експертного оцінювання для визначення їхньої достовірності.

Таким чином, методики багатокритеріального оцінювання потребують удосконалення.

На рис. 1 наведено схему оцінювання адаптаційної здатності видів рододендронів.

Об'єктом наших досліджень є види роду *Rhododendron* L., природними ареалами яких є північна Японія, Північно-Східний і Центральний Китай, Корея та Далекий Схід. Ці території за результатами порівняльного аналізу природних умов і ареалів деревних рослин за вологістю клімату і режимом зим, з урахуванням інтродукційного районуван-

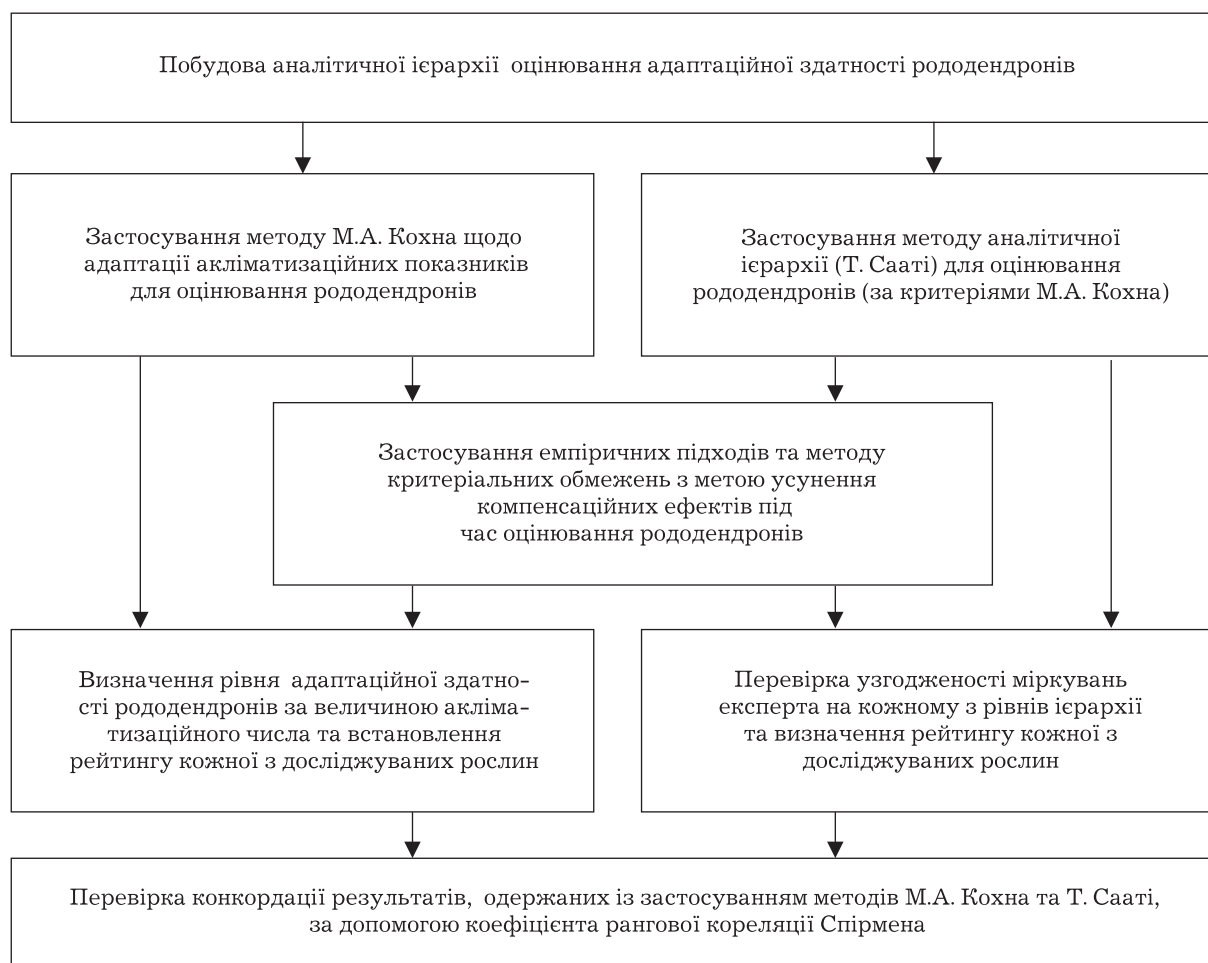


Рис. 1. Схема оцінювання адаптаційної здатності рододендронів

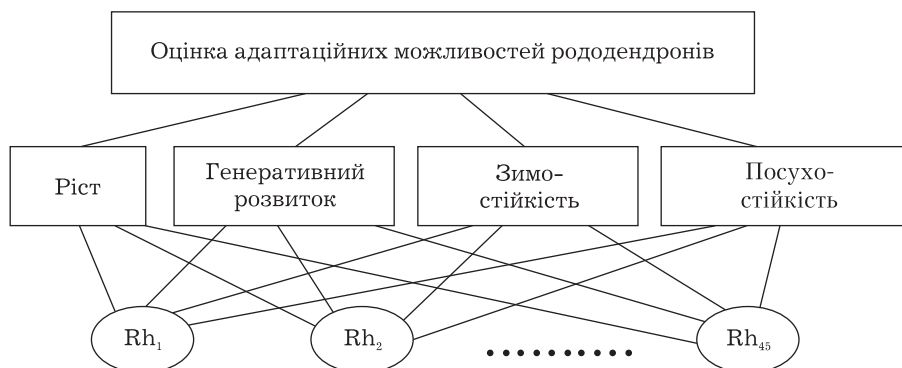


Рис. 2. Схема ієрархії оцінювання адаптаційних можливостей рододендронів

Таблиця 1. Шкали ступенів успішності адаптації рододендронів

Характеристика показника	Оцінка
Ріст (Р)	
Інтенсивний ріст, збереження форми габітусу, висока пагоноутворююча здатність	5
Менш інтенсивний ріст, збереження форми габітусу, середня пагоноутворююча здатність	4
Помірний ріст, обмерзання однорічних пагонів	3
Слабкий ріст, обмерзання пагонів до рівня снігового покриву	2
Дуже слабкий ріст, рослина змінює життєву форму, слабо відновлюється після обмерзання	1
Генеративний розвиток (ГР)	
Плодоносить щорічно, інтенсивно	5
Плодоносить щорічно, менш інтенсивно	4
Плодоносить нерегулярно, слабо	3
Цвіте, проте плоди відсутні або майже відсутні	2
Відсутнє цвітіння	1
Зимостійкість (Зм)	
Цілковим зимостійкі	5
Обмерзання бруньок і частково однорічних пагонів	4
Обмерзання одно- і дворічних пагонів	3
Обмерзання до кореневої шийки з відновленням	2
Рослина обмерзає й не відновлюється	1
Посуhostійкість (Пс)	
Цілковим посуhostійкі	5
Відносно посуhostійкі	4
У засуху скидають велику кількість листя	3
Листя в засуху втрачає тургор, який потім відновлюється	2
Відсутність посуhostійкості	1

ня України [5], приблизно аналогічні фізико-географічній зоні м. Києва. Ця група рослин відрізняється надзвичайною декоративністю, довговічністю в посадках та здатністю закріплювати ґрунт, що робить їх перспективними для впровадження як на об'єктах ландшафтного будівництва загального користування, так і у приватному садівництві. Оскільки декоративний потенціал рослин виявляється тільки у випадку успішної акліматизації їх у нових умовах вирощування, актуальним є визначення їхньої перспективності в умовах інтродукції.

Як видно з рис. 2, для оцінювання перспективності рододендронів в умовах інтродукції у пропонуваній методиці використано показники, визначені М.А. Кохном [5], з певною адаптацією характеристики критеріїв оцінювання для аналізу досліджуваних рослин (табл. 1).

У табл. 2 наведено результати експертного оцінювання 45 видів східноазійських рододендронів за кожним з виділених критеріїв, для розрахунку акліматизаційного числа використані вагові коефіцієнти показників за М.А. Кохном [5] ($\alpha = 2, \beta = 5, \gamma = 10, \phi = 3$).

Згідно з отриманими результатами (рис. 3), до групи рослин з гарною акліматизацією можна віднести такі види рододендронів: *Rh. albrechtii*, *Rh. brachycarpum*, *Rh. cuneatum*, *Rh. dauricum*, *Rh. insigne*, *Rh. japonicum*, *Rh. keleticum*, *Rh. ledebourii*, *Rh. metternichii*, *Rh. micranthum*, *Rh. molle*, *Rh.*

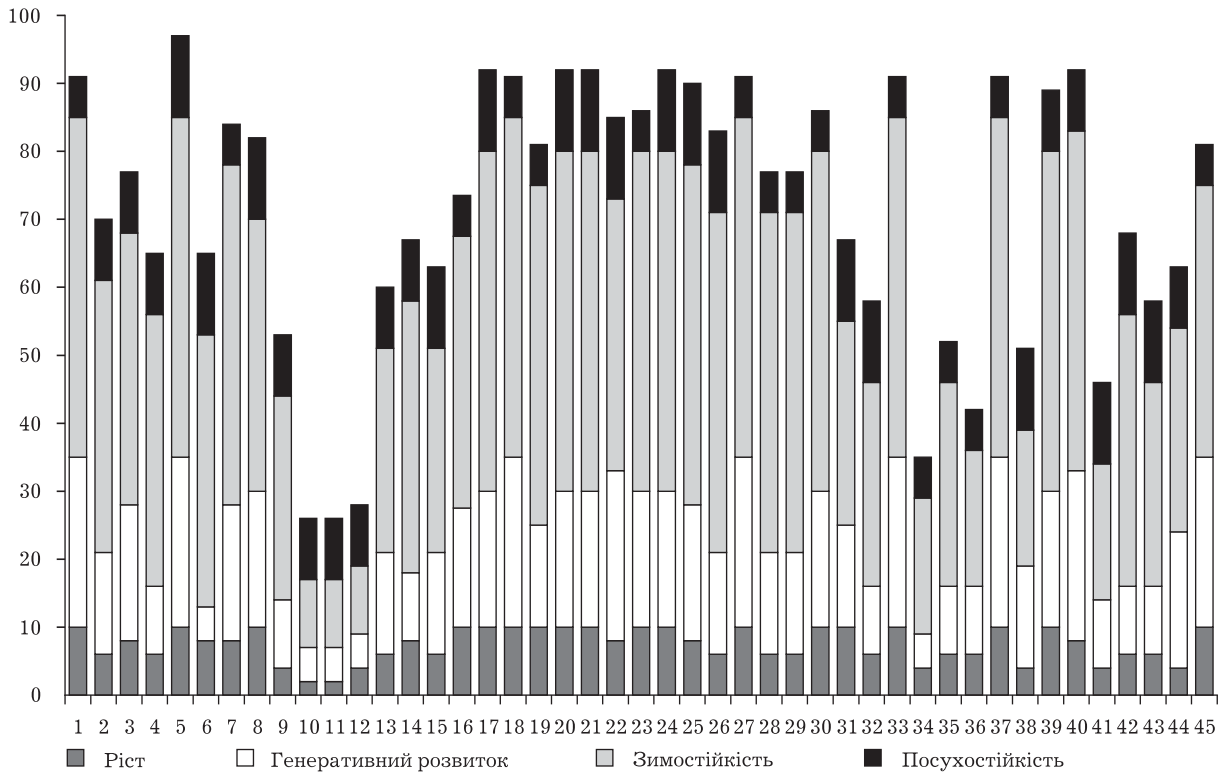


Рис. 3. Рівні успішності адаптації рододендронів в умовах м. Києва (цифри 1—45 відповідають таким у табл. 2):

mucronulatum, *Rh. mucronulatum* v. *ciliatum*, *Rh. mucronulatum* v. *pentamerum*, *Rh. obtusum*, *Rh. obtusum* Planch. 'Hinodegiri', *Rh. poukhanense*, *Rh. schlippenbachii*, *Rh. sichotense*, *Rh. simsii*, *Rh. yedoense*.

Серед рододендронів з високим акліматизаційним числом ($A > 80$) є рослини, які мають низьку оцінку за показником посухостійкості ($Пс \leq 2$): *Rh. albrechtii*, *Rh. cuneatum*, *Rh. japonicum*, *Rh. keleticum*, *Rh. molle*, *Rh. obtusum*, *Rh. obtusum* 'Hinodegiri', *Rh. poukhanense*, *Rh. schlippenbachii*, *Rh. yedoense*. Це свідчить про те, що ці види рододендронів мають високі потенційні можливості за умови спеціального догляду (підтримання достатнього рівня зволоження ґрунту), проте їх широке використання на садово-паркових об'єктах без застосування певних агротехнічних заходів є обмеженим. Ці рослини належать до виділеної нами групи з "умовно" доброю акліматизацією.

Ми пропонуємо також виділити в окрему групу рослини з "умовно" задовільною акліматизацією, які мають $60 \leq A < 80$ та досить стабільні показники зимостійкості впродовж багатьох років, проте в окремі зими існує ризик серйозних ушкоджень, які можуть призвести до повної втрати або часткової зміни габітусу рослини або до загибелі рослини. Такими рослини є: *Rh. ambiguum*, *Rh. amesiae*, *Rh. fastigiatum*, *Rh. fortunei*, *Rh. searsiae*, *Rh. oreotrephes*, *Rh. williamsianum*, *Rh. wardii*, *Rh. souliei*.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження можна виділити такі групи рослин (табл. 3).

Одним із способів вирішення проблеми компенсаційних ефектів є застосування методу критеріальних обмежень, згідно з яким для кожного з показників чи критеріїв оцінювання рослин встановлюють нижню межу успішності адаптації.

Таблиця 2. Бальні оцінки
східноазійських рододендронів

Назва виду	Р	ГР	Зм	Пс	А
1. Rh. albrechtii Maxim.	5	5	5	2	91
2. Rh. ambiguum Hemsl.	3	3	4	3	70
3. Rh. amesiae Rehd. et Wils.	4	4	4	3	77
4. Rh. augustinii Hemsl.	3	2	4	3	65
5. Rh. brachycarpum D. Don	5	5	5	4	97
6. Rh. clementinae Forrest.	4	1	4	4	65
7. Rh. cuneatum W.W. Smith	4	4	5	2	84
8. Rh. dauricum L.	5	4	4	4	82
9. Rh. davidsonianum Rehd.	2	2	3	3	53
10. Rh. decorum Franch.	1	1	1	3	26
11. Rh. desquamatum Balf.	1	1	1	3	26
12. Rh. discolor Franch.	2	1	1	3	28
13. Rh. fargesii Franch.	3	3	3	3	60
14. Rh. fastigiatum Franch.	4	2	4	3	67
15. Rh. fortunei Lindl.	3	3	3	4	63
16. Rh. impeditum Balf.	5	3	4	2	71
17. Rh. insigne Hemsl. et Wils.	5	4	5	4	92
18. Rh. japonicum Suring.	5	5	5	2	91
19. Rh. keleticum Balf.	5	3	5	2	81
20. Rh. ledebourii Pojark.	5	4	5	4	92
21. Rh. metternichii Sied.	5	4	5	4	92
22. Rh. micranthum Turcz.	4	5	4	4	85
23. Rh. molle (Blume) G. Don	5	4	5	2	86
24. Rh. mucronulatum Turcz.	5	4	5	4	92
25. Rh. mucronulatum Turcz. var ciliatum Nakai	4	4	5	4	90
26. Rh. mucronulatum Turcz. var pentamerum Nakai	3	3	5	4	83
27. Rh. obtusum Planch.	5	5	5	2	91
28. Rh. obtusum Planch. 'Album'	3	3	5	2	77
29. Rh. obtusum 'Amoenum'	3	3	5	2	77
30. Rh. obtusum 'Hinodegiri'	5	4	5	2	86

Продовження табл. 2

Назва рослин	Р	ГР	Зм	Пс	А
31. Rh. orbicuiare Decne.	5	3	3	4	67
32. Rh. oreotrepes W.W. Smit	3	2	3	4	58
33. Rh. poukhanense Levl.	5	5	5	2	91
34. Rh. quinquefolium Bisset	2	1	2	2	35
35. Rh. racemosum Franch.	3	2	3	2	52
36. Rh. rubiginosum Franch.	3	2	2	2	42
37. Rh. schlippenbachii Maxim.	5	5	5	2	91
38. Rh. searsiae Rehd. et Wils.	2	3	3	4	61
39. Rh. sichotense Pojark.	5	4	5	3	89
40. Rh. simsii Planch.	4	5	5	3	92
41. Rh. souliei Franch.	2	3	3	4	61
42. Rh. sutchuenense Franch.	3	2	4	4	68
43. Rh. wardii W.W. Smith	3	3	3	4	63
44. Rh. williamsianum Rehd.	2	4	3	3	63
45. Rh. yedoense Maxim.	5	5	4	2	81

Для підтвердження достовірності одержаних результатів ми застосували метод аналізу ієрархій, запропонований Т. Сааті [9].

На першому етапі необхідно провести парне порівняння критеріїв і побудувати матрицю $A = \|a_{ij}\|$ бінарних зіставлень. Для цього використовують шкалу, запропоновану Сааті [9], оцінки якої формулюються на основі якісних порівнянь об'єктів x_i та x_j таким чином: 1, якщо x_i та x_j рівноцінні; 3, якщо x_i помірно переважає x_j ; 5, якщо x_i сильно переважає x_j ; 7, якщо x_i дуже сильно переважає x_j ; 9, якщо x_i абсолютно переважає x_j . Значення 2, 4, 6, 8 використовують як проміжні.

Виконується співвідношення $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$.

На основі цих даних можна розрахувати коефіцієнти відносної важливості критеріїв, які є компонентами власного вектора матриці A , що відповідає найбільшому власному числу матриці $A = \|a_{ij}\|_{m \times m}$. Один із способів наближеного обчислення цих показників полягає у використанні формули:

$$w_k = \frac{\sqrt[m]{a_{k1} \cdot a_{k2} \cdot \dots \cdot a_{km}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{im}}}, \quad (1)$$

де m — розмірність матриці $A = \|a_{ij}\|_{m \times m}$, а w_k — відносна важливість k -го критерію. Зрозуміло, що $\sum_{k=1}^m w_k = 1$.

Зазначимо, що процедура обчислення вагових коефіцієнтів передбачає перевірку правильності експертних суджень за допомогою індексу узгодженості матриці $A = \|a_{ij}\|_{m \times m}$, який визначають за такою формулою $J = \frac{|\lambda_{\max} - m|}{m - 1}$ (λ_{\max} — максимальне власне число матриці $A = \|a_{ij}\|_{m \times m}$), причому J не повинен перевищувати $0,1 J^*$, де J^* — еталонний показник [9].

На другому етапі порівнюють за кожним з критеріїв види рододендронів, побудувавши відповідні матриці їх парних порівнянь. На основі цих матриць за допомогою співвідношень, аналогічних (1), розраховують для кожного виду рододендронів відносні значення рівня їхніх адаптаційних можливостей за визначеними критеріями (P^* , GP^* , Zm^* , Pc^*) та обчислюють індекс узгодженості.

Для визначення інтегрального показника рівня адаптації (U) кожного виду рододендронів використовують формулу:

$$U = w_1 P^* + w_2 GP^* + w_3 Zm^* + w_4 Pc^*.$$

Для перевірки узгодженості результатів, одержаних за допомогою методу М.А. Кохна і методу аналізу ієрархій ми використовуємо коефіцієнт рангової кореляції Спірмена [2]

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot S_\rho}{n(n^2 - 1)}, \quad (2)$$

Таблиця 3. Класифікація східноазійських видів рододендронів за рівнем успішності акліматизації

Рівень успішності акліматизації	Вид
Добра акліматизація ($A > 80$)	Rh. brachycarpum, Rh. dauricum, Rh. insigne, Rh. ledebourii, Rh. metternichii, Rh. micranthum, Rh. mucronulatum, Rh. mucronulatum v. ciliatum, Rh. mucronulatum v. pentamerum, Rh. sichotense, Rh. simsii
Умовно добра акліматизація ($A > 80$ в окремі роки $Pc = 2$ або 3)	Rh. albrechtii, Rh. cuneatum, Rh. japonicum, Rh. keleticum, Rh. molle, Rh. obtusum, Rh. obtusum 'Hinodegiri', Rh. poukhanense, Rh. schlippenbachii, Rh. yedoense.
Задовільна акліматизація ($60 \leq A < 80$)	Rh. augustinii, Rh. clementinae, Rh. fargesii, Rh. impeditum, Rh. obtusum 'Album', Rh. obtusum 'Amoenum', Rh. orbiculaire, Rh. sutchuenense.
Умовно задовільна акліматизація ($60 \leq A < 80$, в окремі роки $Zm = 2$ або 3)	Rh. ambiguum, Rh. amesiae, Rh. fastigiatum, Rh. fortunei, Rh. searsiae, Rh. williamsianum, Rh. wardii, Rh. souliei
Слабка акліматизація ($40 \leq A < 60$)	Rh. davidsonianum, Rh. oreotrepes, Rh. racemosum, Rh. rubiginosum
Відсутність акліматизації ($A < 40$)	Rh. decorum, Rh. desquamatum, Rh. discolor, Rh. quinquefolium

де $S_\rho = \sum_{j=1}^n (r_{1j} - r_{2j})^2$, причому r_{1j} , r_{2j} — ранги j -го виду рододендронів за методом М.А. Кохна і Т. Сааті відповідно, n — кількість видів рододендронів. Ранги рододендронів за кожним з методів задаються їхнім рейтингом у загальному переліку рослин, який у методі М.А. Кохна визначається

акліматизаційним числом, а в методі аналізу ієрархій — місцем у загальному рейтингу, причому рододендрони розміщують у порядку зменшення рівня їх адаптації. Якщо декілька видів мають однакову оцінку, то їхній ранг дорівнює середньому арифметичному місць, на яких вони розміщені.

Розрахований за допомогою (2) коефіцієнт рангової кореляції у нашому випадку становить 0,972, що свідчить про досить високу конкордацію рейтингів, отриманих за допомогою методів М.А. Кохна та Т. Саати, а отже, про достовірність отриманих результатів. Зазначимо також, що вони в цілому узгоджуються з результатами, отриманими в [3] за методом П.І. Лапіна і С.В. Сидневої.

Таким чином, для визначення рівня адаптаційних можливостей східноазійських видів рододендронів в умовах м. Києва запропонована методика, яка ґрунтується на застосуванні теорії багатокритеріального аналізу з урахуванням особливостей рослин роду *Rhododendron* L. На основі отриманих результатів виділено види з високим рівнем адаптації при інтродукції в умовах м. Києва: *Rh. brachycarpum*, *Rh. dauricum*, *Rh. insigne*, *Rh. ledebourii*, *Rh. metternichii*, *Rh. micranthum*, *Rh. mucronulatum*, *Rh. mucronulatum v. ciliatum*, *Rh. mucronulatum v. pentamerum*, *Rh. sichotense*, *Rh. simsii*, *Rh. albrechtii*, *Rh. cuneatum*, *Rh. japonicum*, *Rh. keleticum*, *Rh. molle*, *Rh. obtusum*, *Rh. obtusum 'Hinodegiri'*, *Rh. poukhanense*, *Rh. schlippenbachii*, *Rh. yedoense*.

1. *Базилевская Н.А.* Теория и методы интродукции растений. — М.: Изд-во МГУ, 1964. — 131 с.

2. *Головач А.В.* Статистика: Підручник. — К.: Вища шк., 1993. — 623 с.

3. *Зарубенко А.У.* Оцінка перспективності інтродукції далекосхідних видів роду Рододендрон в умовах міста Києва // Вісн. Київ. ун-ту. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. — 2001. — Вип. 4. — С. 20—23.

4. *Калиниченко А.А.* Оценка адаптации и целесообразности интродукции древесных растений // Бюл. ГБС. — 1978. — Вып. 108. — С. 3—8.

5. *Кохно Н.А., Курдюк А.М.* Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. — К.: Наук. думка, 1994. — 186 с.

6. *Лапин П.И., Сиднева С.В.* Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. — М.: Изд-во ГБС АН СССР, 1973. — С. 7—67.

7. *Лыпа А.Л.* Ступенчатая акклиматизация растений как метод географических ступеней // Тез. совещ. по теории и методам акклиматизации растений. — М.; Л., 1953. — С. 121—123.

8. *Малеев В.П.* Теоретические основы акклиматизации растений. — Л.: Сельхозиздат, 1933. — 262 с.

9. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иєрархій. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

10. *Соколов С.Я.* Современное состояние теории акклиматизации и интродукции растений // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. — 1957. — Сер. 6, вып. 5. — С. 34—42.

Рекомендував до друку
М.І. Шумик

І.О. Сидоренко

Национальный аграрный университет,
Украина, г. Киев

ОЦЕНИВАНИЕ АДАПТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ВОСТОЧНОАЗИАТСКИХ ВИДОВ РОДА RHODODENDRON L. В УСЛОВИЯХ г. КИЕВА

На основании сравнительного анализа при помощи усовершенствованных и апробированных методик многокритериального оценивания определены уровни адаптационных возможностей восточноазиатских видов рода *Rhododendron* L. в условиях г. Киева.

I.O. Sydorenko

National Agrarian University,
Ukraine, Kyiv

EVALUATION OF POSSIBILITY OF ADAPTATION OF EAST-ASIATIC SPECIES OF RHODODENDRON L. IN THE CONDITIONS OF KYIV

On the basis of comparative analysis through the methods of multicriterion evaluation the levels of possibilities of adaptations of the east-asiatic species of *Rhododendron* L. are determined in the conditions of Kyiv.