

УДК 581.522.4+581.95]:51-7

П.Є. Булах

Формалізація знань в інтродукції рослин як необхідний етап її розвитку

*Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАНУ,
вул. Тімірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна*

Проаналізовано стан інтродукції рослин як науки. Показано, що існуючі теорії та концепції розроблені стосовно вивчення певних груп рослин у конкретних природних та соціально-економічних умовах. Звертається увага на відсутність формалізованої загальної теорії інтродукції, яка передбачає логічний зв'язок окремих узагальнень, гіпотез та законів. Пропонуються шляхи інтенсифікації інтродукційних досліджень на підставі розвитку уявлень про складні взаємовідносини в системі "організм-середовище" (системний аналіз) та втілення ідей оптимізації експерименту з переселення рослин. Означення "оптимізація" розглядається у строгому розумінні з позиції пошуку екстремальних значень цільової функції. Наводяться приклади оптимізації інтродукційного процесу на етапах прогнозування адаптаційної здатності рослин, інтродукційного експерименту та підведення підсумків успішності інтродукції. Показана можливість математичного моделювання в інтродукції рослин з позиції теорії оптимізації. Розглядаються основні системні означення: "системний аналіз", "теорія систем" і "системний підхід", коректність їх застосування та особливості використання в інтродукції рослин.

Ключові слова: алгоритм, інтродукція рослин, кількісні методи, оптимізація досліджень, моделювання штучних екосистем, системний аналіз.

P.Ye. Bulakh

Formalization of Knowledges in Introduction of Plants as Necessary Stage of its Development

*M.M. Gryshko National Botanic Garden NASU,
1, Timiryazevska Str., Kyiv, 01014, Ukraine*

The state of plant introduction as science is analysed. It is shown that existent theories and conceptions are developed in relation to the study of certain groups of plants in concrete natural and socio-economic conditions. Attention applies on absence of the formalized general theory of introduction, which foresees logical link of certain generalizations, hypotheses and laws. The ways of intensification of researches on plant introduction are offered on the basis of development of notions of difficult mutual relations in the system "organism-environment" (system analysis) and realization of ideas of optimization of plant migration experiments. A concept "optimization" is examined in the strict understanding from positions of search of extreme values of desired function. Examples of optimization of the process of introduction are made on the stages of prognostication of adaptation ability of plants, experiment of plant introduction and working out the results of progress of introduction. The possibility of mathematical design in plant introduction is shown from the position of theory of optimum. Basic system concepts are examined: "system analysis", "theory of the systems" and "systems approach", correctness of their application and features of their use in introduction of plants.

Key words: algorithm, introduction of plants, quantitative methods, optimization of researches, simulation of artificial ecological systems, system analysis.

Стаття постуила до редакції 10.06.2014; прийнята до друку 15.12.2014.

Вступ

В Україні та за її межами дослідження з інтродукції рослин проводяться масштабно, але практична діяльність з переселення рослин значно випереджає теоретичні розробки. Це спричиняє втрати часу і коштів на пошук і випробування вихідного матеріалу, знижує ефективність збагачення місцевих флор та раціонального використання рослинних ресурсів і в підсумку гальмує подальший розвиток досліджень. Разом з тим, великий обсяг досліджень і наявність щільної мережі інтродукційних центрів зумовлюють перспективу розвитку науки про переселення рослин. Накопичено величезну кількість фактів і емпіричних закономірностей, деякі теоретичні положення представлені у формалізованому вигляді, але незважаючи на це, теорія – в тому строгому сенсі, в якому розуміється цей термін у "точних" науках, – відсутня. Встановлені закономірності розрізнені, не утворюють системи, не пов'язані один з одним логічно і не є наслідком більш загальних принципів. Недостатньо розроблені теоретичні узагальнення, що пояснюють отримані результати.

Створено багато регіональних теорій інтродукції, що містять ідеї і практичні дії стосовно переселенню певних груп рослин у конкретних природних і соціально-економічних умовах. Відсутня формалізована загальна теорія інтродукції, в якій встановлювався б логічний зв'язок між окремими узагальненнями, гіпотезами та законами, що перешкоджає розвитку дедуктивного методу в інтродукції рослин і призводить до неефективності вирішення певних практичних завдань. З іншого боку, існуючий комплекс регіональних теорій сприяє побудові загальної теорії інтродукції рослин (індуктивний метод). Таким чином, індуктивне узагальнення як перехід від знань поодинокого до знань загального і розробка відповідного понятійного апарату на даному етапі розвитку інтродукції рослин є актуальним завданням.

Терміни та означення

1. Більшість досліджень в інтродукції рослин здійснюється емпіричним способом за допомогою традиційного методу "проб і помилок". Необхідна розробка нових методологічних підходів, нових методів інтенсифікації інтродукційної роботи і прийомів підвищення її ефективності. Актуальним є застосування кількісних методів, математичного апарату та обчислювальної техніки. Невипадково А.М. Маурінь, аналізуючи основні етапи розвитку теорії інтродукції рослин, називав останній з них етапом моделювання [16]. Все це є важливою складовою об'єктивності досліджень і має бути спрямоване на оптимізацію рішення загальних і регіональних завдань інтродукції рослин.

2. Означення "оптимізація" наразі широко використовується в екології, охороні природи, географії та інших науках і має безліч визначень і неоднозначне тлумачення. Найбільш чітко його сутність і обсяг визначаються в кібернетиці у зв'язку із завданнями управління різними процесами. Саме в цій дисципліні розроблені одиниці виміру та розмірність для оцінки ефекту оптимізації певних параметрів системи. Мабуть, означення "оптимізація" може бути віднесено тільки до керованих явищ або процесів. Функція управління властива інтродукційному процесу, а його оптимізація в кібернетичному розумінні цього терміну відноситься до актуальних завдань інтродукції рослин. Оптимізація інтродукційного процесу передбачає підвищення його ефективності за такими показниками, як стійкість рослин у нових умовах і прояв їх корисних якостей (декоративність, продуктивність, вихід біологічно-активних речовин тощо), а її результатом буде наближення цих показників до максимально високим значенням.

Таким чином, оптимізацію будь-яких процесів, зокрема пов'язаних з переселенням рослин, ми розуміємо не як "покращення" деяких показників, а в кібернетичному сенсі з позицій пошуку екстремальних значень функції цілі, функції відгуку, параметра оптимізації. Досягнення мінімуму або максимуму досліджуваного параметра оптимізації, що характеризує корисні якості рослин, ототожнюється з рішенням завдання оптимізації розглянутого процесу. Поряд з означенням "оптимізація" вживаються і близькі за значенням означення: "раціоналізація", "гармонізація", "окультурення" тощо, що несуть в собі інший зміст.

3. Прикладом оптимізації інтродукційного процесу є використання математичної теорії оптимуму, розробленої на кількісних статистичних методах [11]. Її концептуальною основою є правило оптимуму в біологічних явищах, сформульоване П.В. Терентьевим [22]. Теорія оптимуму застосовується для визначення меж зони оптимуму за комплексом екологічних чинників для видів – кандидатів в інтродуценти [10]. Використана нами графічна методика знаходження меж оптимуму і песимуму (метод зустрічних логістичних кривих) заснована на концепції кліматичної аналогії і передбачає порівняння між собою основних параметрів вегетаційного періоду в регіоні, що є джерелом інтродукційного матеріалу і інтродукційному центрі за двома провідними екологічними чинниками [3, 7].

Теорія оптимуму є теоретичною основою запропонованої нами моделі залежності стійкості рослин від дії двох і більше чинників середовища. Вона уявляє собою систему регресійних рівнянь і дозволяє не тільки характеризувати стійкість рослин в нових умовах, але й здійснювати підбір такого поєднання чинників середовища, при якому стійкість рослин буде максимальною [5].

4. Розглядаючи інтродукційний процес загалом, всі його складові етапи можна звести до трьох основних блоків: наукове прогнозування (діагностика), експеримент (моделювання) і оцінка результатів або успішності культури [21].

5. Прогноз, як невід'ємна частина кожної науки, в інтродукції рослин займає особливе місце. Це та теоретична база, яка визначає успіх переселення рослин і розглядається як необхідний елемент системи планування дій людини з переселення рослин. Цей важливий початковий етап інтродукції наразі не отримав необхідного розвитку. Основу прогнозів становлять методи, які супроводжують будь-яке наукове дослідження: аналіз і синтез, дедукція та індукція, спостереження, експеримент, систематизація і класифікація, інтуїтивне передбачення і гіпотеза, аналогія, екстраполяція та моделювання, теорія.

Прогноз – це системне поняття і головним його принципом є системний підхід. Існує багато синонімів цього означення (передбачення, пророкування, антиципація, екстраполяція, поняття та ін.). Однак суті проблеми відповідають визначення "прогноз" і "прогнозування". Виділяють чотири основні способи прогнозування: екстраполяція, інтерполяція, моделювання та експертні оцінки. Вони включають у себе всю сукупність відомих методів інтродукційного прогнозу. На жаль, в інтродукції рослин досі переважає метод "проб і помилок" і не отримали розвитку кількісні методи прогнозу, пошук і розробка яких є актуальним завданням. Інтродукційний прогноз розглядається як самостійний науковий напрямок, що перебуває на шляху свого формування [4, 8, 12].

6. Інтродукційний експеримент має на меті порівняльне вивчення рослин в умовах культури. При цьому використовуються найрізноманітніші методи досліджень і проводиться статистична обробка результатів. Обов'язковим у даному випадку є порівняння між собою за комплексом ознак об'єктів дослідження, виділення в межах досліджуваної сукупності споріднених груп, виявлення в них типових, ординарних і екстраординарних (виняткових) об'єктів. Ці операції проводяться переважно на підставі суб'єктивних уявлень про подібність об'єктів за певними ознаками. Відсутність об'єктивних поглядів на класифікацію в інтродукції рослин істотно гальмує її розвиток.

7. Існує потреба у створенні теорії подібності зі спеціальним методичним апаратом для вирішення конкретних практичних завдань. Формалізація і вдосконалення уявлень про подібність, узагальнення та аналіз існуючих методів класифікації об'єктів у інтродукції рослин можливі тільки на підставі цієї теорії. Аналіз існуючих алгоритмів подібності, їх втілення в гармонійну систему поглядів і її використання в інтродукції рослин – це одне з важливих завдань науки про переселення рослин [1, 2].

Практичне втілення основних положень теорії подібності пов'язано з реалізацією у ботанічних садах і дендропарках методу філогенетичних комплексів Ф.Н. Русанова [19, 20]. Його суть полягає в мобілізації якомога більшої кількості видів певного роду (або інших таксономічних одиниць) та їх порівняльному вивченні. Використання теорії подібності в інтродукції рослин пов'язане з означенням "біологічна відстань". Наразі воно не отримало чіткої формалізації і трактується довільно.

8. Підведення підсумків інтродукції пов'язано з визначенням стійкості рослин в умовах культури. Використовуючи відповідні критерії стійкості, можна дати об'єктивну оцінку інтродукційної здатності рослин. Означення "інтродукційна стійкість" дано Н.В. Трулевич [23] і розглядається нами з позицій системного аналізу [1, 2, 6]. Існує багато близьких означень: "стабільність", "інваріантність", "надійність", "толерантність", "гомеостаз", "гомеорез" та ін. Кожне з них несе своє смислове навантаження і використовується для характеристики різних форм стійкості (інертність, здатність до відновлення і пластичність). У зв'язку з використанням в інтродукції рослин системного означення "стійкість" набуває актуальності і аналіз відповідного понятійного апарату: "система", "загальна теорія систем", "цільова функція", "комбінована стійкість", "зворотній зв'язок" та ін. Визначення стійкості функціонування рослин (особини, популяції, фітоценози) в нових екологічних умовах є одним з основних завдань інтродукції рослин на її завершальних етапах, а до основних методів оцінки стійкості інтродуцентів необхідно віднести методи системного аналізу, які широко використовуються в екології.

Наразі не існує однозначного ставлення до цього поняття, що фактично визначає підсумок багатогранної діяльності людини з переселення рослин. В інтродукції рослин ще не сформувалося чітких уявлень про те, по відношенню до якого (або яких) чинника (чинників) середовища слід розглядати стійкість. У цьому відношенні панує суб'єктивний підхід, тобто відсутня об'єктивна оцінка дії всього комплексу нових екологічних чинників на живий організм. Аналіз критеріїв стійкості показує, що характер залежності між екологічними чинниками, внесок кожного з них у загальну оцінку інтродукційної здатності рослин, можуть бути різними. Тому, спочатку доцільно виділяти лімітуючі, активно діючі на інтродуценти чинники середовища, а вже потім вивчати стійкість рослин вже до обмеженого кола реально діючих чинників. У методичному відношенні цей шлях передбачає проведення багаточинникового експерименту на підставі системних уявлень.

9. Інтродукція рослин займається вивченням взаємовідносин у системі "організм/середовище". Тому, основним методом її досліджень є системний аналіз. У спеціальній літературі зустрічається не завжди коректне формулювання основних "системних" понять. Існують три поширених вислови: "системний аналіз", "теорія систем" і "системний підхід", які зазвичай розглядаються, як синоніми, що, на нашу думку, не відповідає дійсності. Кожне з цих понять несе своє смислове навантаження, відповідно з яким і може бути використано.

10. Означення "система" (і пов'язані з ним терміни) набули останнім часом широкого поширення, що пояснюється необхідністю вивчення складних комплексів (систем). Одним з них є система "організм/середовище" – основний об'єкт інтродукції рослин. Вивченням складних систем займається "системний аналіз". В її межах мають розвиток методичні принципи (переважно моделювання) дослідження систем, засновані, переважно, на використанні комп'ютерної техніки. Поряд з цим велике поширення отримав й інший термін "теорія систем". Незважаючи на широке його використання, єдиного розуміння цього терміну немає. Також не вдається чітко визначити і сам термін "система" [25].

11. Появу "теорії систем" зазвичай пов'язують з ім'ям Людвіга фон Бергаланфі [26], який у п'ятдесятих роках ХХ ст. у Канаді організував центр системних досліджень і намагався знайти те спільне, що притаманне будь-яким складним організаціям матерії як біологічної, так і суспільної природи. Однак, задовго до Л. Бергаланфі, на початку двадцятого століття А.А. Богданов поклав початок створенню теорії організації [17]. Саме його погляди з'явилися прообразом теорії систем. Ймовірно, на відміну від системного аналізу, дисципліни прикладної, орієнтованої на вирішення конкретних практичних завдань, теорія систем відноситься скорше до методології науки.

12. Поява терміну "системний підхід" пов'язане з потребою не просто вивчати явище чи факт, але й встановлювати його зв'язок з іншими явищами чи фактами, тобто системний підхід вимагає аналізу міждисциплінарних проблем.

13. В інтродукції рослин нами використовується означення "системний аналіз", що припускає використання системних методів дослідження. У цьому відношенні прикладом є дослідження А.А. Уранова [24], який заклав основи системного аналізу в фітоценології. Багато в чому завдяки його роботам фітоценологія від аналітичного етапу свого розвитку перейшла до найвищого – синтетичного [15].

14. Означення "система" в біології використовується у двох значеннях. З одного боку система розглядається як сукупність елементів, реально взаємодіючих між собою і навколишнім середовищем [14]. Середовище в цьому визначенні є необхідним елементом організації системи. Таке трактування поняття "система" найкращим чином відповідає еколого-географічній сутності інтродукції рослин.

Система розглядається також і як, виділена з навколишнього середовища, цілісна сукупність елементів, що об'єднана між собою внутрішніми зв'язками та відносинами [13], при цьому сила і характер зв'язку елементів усередині системи повинні бути сильнішими (або якісно іншими) за зв'язок елементів різних систем [9, 18]. Таке формулювання поняття "системи" не враховує зовнішніх зв'язків, тобто середовище, як елемент системи, не розглядається. В інтродукції рослин останнє визначення системи є неприйнятним, тому що не враховує всього різноманіття зв'язків не тільки природних, але і штучних елементів у системі "людина/інтродуцент/нове екологічне середовище."

Висновки

1. Згадані вище та інші математичні методи широко впроваджуються в екології, систематиці та фізіології рослин. Інтродукція рослин у цьому відношенні знаходиться на шляху до використання кількісних методів у інтродукційному прогнозуванні, побудови моделей штучних екосистем і підведення підсумків інтродукції з позицій системних уявлень про стійкість рослин.

2. Резюмуючи літературні відомості про стан розвитку теорії інтродукції рослин, можна відзначити, що ця наука наразі переживає черговий етап свого формування. Вона базується на фундаментальних досягненнях різних напрямків природознавства. Тому, необхідна загальна методична основа для об'єднання в єдину систему різних наукових підходів. Її формуванню сприятимуть теорія оптимуму, системні принципи досліджень і методи математичного моделювання. На жаль рівень формалізації накопичених знань залишається низьким. Розглянуті методичні підходи та принципи дослідження рослин є засобом формалізації знань, але в теорії інтродукції вони не отримали необхідного розвитку.

Література

1. П.Е. Булах, Інтродукція рослин, № 3-4, 31 (2002).
2. П.Е. Булах, Інтродукція рослин, № 2, 43 (2002).
3. П.Е. Булах, Луки природной флоры Средней Азии и их культура в Украине (Наук. думка, Київ, 1994).
4. П.Е. Булах, Інтродукція рослин, № 1, 30 (1999).
5. П.Е. Булах, Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы междунар. науч.-практ. конф. (Тирасполь, 28-30 марта 2001 г.), С. 46.
6. П.Е. Булах, Інтродукція рослин, № 1, 13 (2000).
7. П.Е. Булах, Р.В. Козлов, Бюл. Никит. ботан. Сада, Вып. 88, 92 (2003).
8. П.С. Булах, Вісник Київського ун-ту ім. Т. Шевченка. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття, Вып. 1, 34 (1999).
9. В.И. Василевич, Очерки теоретической фитоценологии (Наука, Ленинград, 1983).
10. Г.Н. Зайцев, Бюл. ГБС АН СССР, Вып. 3, 24 (1979).
11. Г.Н. Зайцев, Оптимум и норма в интродукции растений (Наука, Москва, 1983).
12. С.Е. Коровин, А.С. Демидов, Журн. общ. биологии, XLII (5), 673 (1981).
13. А.С. Кравец, Вероятность и системы (Книжн. изд-во, Воронеж, 1970).
14. В.И. Кремянский, Вопросы философии, № 2, 90 (1975).
15. К.А. Куркин, Бюл. МОИП. Отд. биологии, 82 (3), 66 (1977).
16. А.М. Мауринь, Основные этапы развития теории интродукции растений (Из-во Черновицкого ун-та, Черновцы, 1977).
17. Н.Н. Моисеев, Неформальные процедуры и автоматизация проектирования (Знание, Москва, 1979).
18. Б.Н. Норин, Ботан. журн., 65 (4), 478 (1980).
19. Ф.Н. Русанов, Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР, Вып. 81, 15 (1971).
20. Ф.Н. Русанов, Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР, Вып. 7, 27 (1950).
21. В.Г. Собко, М.Б. Гапоненко, Інтродукція рослин, № 1, 21 (1999).
22. П.В. Терентьев, Вестник ЛГУ. Сер. Биол., № 9, вып. 2., 137 (1959).
23. Н.В. Трулевич, Эколого-фитоценологические основы интродукции растений (Наука, Москва, 1991).
24. А.А. Уранов, Науч. докл. высш. школы. Биол. науки, 2 (134), 7 (1975).
25. G.I. Agren, E. Bossata, Theoretical ecosystem ecology. Understanding element cycles (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1996).
26. L. Bertalanffy, General Systems Theory: Foundations, Development, Application (George Braziller, New York, 1973).

Булах Петро Євгенович – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії екології та захисту рослин відділу ландшафтного будівництва.