



ІНТРОДУКЦІЯ ЯК ФАКТОР ЗБАГАЧЕННЯ
РОСЛИННИХ РЕСУРСІВ І ЗБІЛЬШЕННЯ
ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ

Д.Б. Рахметов, П.А. Мороз

Національний ботанічний сад
ім. М.М. Гришка НАН України, Україна, Київ

Розглядається роль інтродукції рослин як важливого фактора збагачення рослинних ресурсів і збільшення видового різноманіття культурфітоценозів. Представлені дані про інтродукцію і селекцію кормових рослин в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України. Показано значення екологічно пластичних високопродуктивних інтродуцентів для підвищення стійкості і продуктивності культурфітоценозів. Визначені перспективні напрямки вирощування і використання сортів 26 одно- і багаторічних інтродуцентів в одновидових і багатоконпонентних змішаних агрофітоценозах. Теоретично обґрунтоване конструювання агрофітоценозів шляхом інтродукції нових видів і їх комбінування із традиційними культурами.

INTRODUCTION AS A FACTOR OF PLANT RESOURCES
ENRICHMENT AND INCREASE OF SPECIES DIVERSITY
OF CULTURAL PHYTOCENOSSES

D.B. Rakhmetov, P.A. Moroz

M.M. Grishko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv

The role of plant introduction as the most important factor of plant resources enrichment and of the rise of species diversity in cultural phytocenoses are observed. The data of introduction and selection of forage plants in the M.M. Grishko National Botanical Gardens are cited. The importance of ecologically plastic and high-productive introduced plants in the increase of their hardiness and cultural phytocenosis productivity are shown. We have determined perspective directions of cultivation and use of 26 introduced species in one-species and mixed agrophytocenoses with many components. Theoretical substantiation of agrophytocenoses construction by introduction of new species and by their combination with traditional cultures is presented.

УДК 632.1:631.524.01

УСТОЙЧИВОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ РАСТЕНИЙ С ПОЗИЦИИ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ

П.Е. БУЛАХ

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины
Украина, 01014 Киев, ул. Тимирязевская, 1

Рассматриваются теоретические аспекты устойчивости интродуцированных растений с позиций системного анализа. Развиваются представления о комбинированной устойчивости. Предлагаются методические принципы ее определения. Описывается математическая модель зависимости устойчивости растений от одновременного действия двух и более факторов внешней среды.

Из комплекса проблем, связанных с подведением итогов интродукции растений и оценкой адаптационной способности организмов, следует выделить наиболее важную в теоретическом аспекте — проблему устойчивости растений к разнообразным абиотическим и биотическим факторам среды. Ее общебиологический характер, приори-

тетное значение в интродукции растений и возможность системного подхода в ее изучении с позиций теории устойчивости в “точных” науках показаны Н.В. Трулевич [24]. Автор разработала понятие интродукционной устойчивости растений, подчеркнула универсальный и междисциплинарный характер теории устойчивости, ее прикладное значение, возможность заимствования кибернетических подходов и теории надежности в упругих системах.

© П.Е. БУЛАХ, 2000

Проблема устойчивости в ботанике имеет свои традиции и рассматривается на разных иерархических уровнях. Л.Г. Раменский [22] освещает вопрос об относительной устойчивости ценозов, А.П. Шенников [27] обращает внимание на устойчивость вида в ценозе. Факторы устойчивости наземных фитоценозов исследует Т.А. Работнов [21]. Актуальность этой проблемы в геоботанике подчеркивают Б.А. Быков [8] и Ю.А. Злобин [17]. Такое направление становится приоритетным в экологических исследованиях [4]. Различные аспекты устойчивости естественных и искусственных экологических систем приобретают все большее значение в связи с урбанизацией окружающей среды и служат предпосылкой создания новых методических приемов моделирования и использования математического и кибернетического аппарата [23].

Особенно остро стоит проблема формализации термина *устойчивость*, который употребляется во многих значениях и сильно перегружен в смысловом отношении [28]. Различные варианты определения устойчивости приведены в работе А.Д. Арманда [2]. Неоднозначность его понимания можно объяснить тем, что термин *устойчивость* заимствован биологами из учения о сопротивлении материалов. Перенос оправдавшего себя в технической сфере понятия в сферу сложных взаимоотношений в системе организм — среда связан с проблемами методологического характера. Стратегия и тактика исследования физических систем оказалась неприемлемой даже к простейшим самоорганизующимся биологическим системам. Не существует простой преемственности, на которую рассчитывали биологи, пришедшая из физики теория оказалась ограниченно пригодной. Многочисленные попытки ее интерпретации к гораздо более сложной открытой системе привели к разному толкованию понятия *устойчивость*.

Применительно к биологическим системам *устойчивость*, вероятно, следует рассматривать как *способность организма выполнять присущие ему функции в опреде-*

ленном диапазоне параметров окружающей среды. В этом отношении устойчивость противоположна понятию *стабильность*, которое предполагает постоянство основных признаков организма. Стабильность — качество пассивной системы, тогда как устойчивость предполагает активную реакцию на внешние воздействия. В связи с этим уместно вспомнить сформулированный Э.С. Бауэром принцип неустойчивого равновесия, который отличает живую систему от неживой: “Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии...” [3, с. 43]. По существу, это есть признание способности живых, и только живых, организмов к адаптации, и чем выше эта способность, тем устойчивее состояние неустойчивого равновесия, тем выше жизнеспособность организма.

Принимаемое нами определение устойчивости предполагает соотносить ее с конкретными воздействиями. Нельзя говорить об устойчивости вообще, без детализации. В зависимости от характера воздействия один и тот же организм может быть более устойчив, менее устойчив или неустойчив, т. е. устойчивость характеризует реакцию организма на действие отдельных факторов среды и относится к той или иной форме приспособления данного организма к конкретному ее фактору. Подобные взгляды давно сформировались в физиологии растений, а методические положения, основанные на диагностике определенных видов устойчивости, широко используются в интродукции и селекции растений.

Устойчивость растений можно рассматривать на разных иерархических уровнях применительно: к целостному организму на всех этапах онтогенеза; к определенному этапу его индивидуального развития; к какой-либо из его подсистем (дыхание, фотосинтез и т. д.). Только в первом случае можно применить классическое определение П.А. Генкеля: засухоустойчивость растений — способность организма противо-



стоять засухе, осуществляя свой рост, развитие и воспроизводство благодаря свойствам, возникшим в процессе филогенеза под влиянием условий существования и естественного отбора [9], в остальных случаях (устойчивость организма на определенном этапе его развития, устойчивость отдельных подсистем организма) — это определение неприемлемо.

Изложенные взгляды на устойчивость растений в значительной степени ограничены отсутствием системных представлений о функционировании живых организмов. Принцип системности в биологии, как и любой другой метод, отражает определенный подход к объекту исследования. Он позволяет рассматривать организм как сложную систему связей между его частями и между ним и средой обитания, т. е. при этом обязательно наличие взаимодействующих элементов. Системный анализ в нашем понимании представляет собой широкую стратегию научного поиска, необходимую для выяснения сложных взаимодействий в системе организм — среда, стремление построить целостную картину рассматриваемого явления.

Все проявления живого организма, по своей сути, являются системными, ибо весь смысл жизнедеятельности состоит в преобразовании наследственной информации в систему жизненных связей организма с внешней средой. Развитие организма всегда идет при активном участии большого разнообразия экологических факторов (информационных сигналов), которые играют роль необходимых условий развития. Наши представления о роли вертикальной (генетической) и горизонтальной (экологической) составляющих информационного потока в системе организм — среда отражает информационно-энергетическая концепция интродукции растений [5].

Согласно современным представлениям жизнедеятельность организма рассматривается как проявление функций целеустремленной системы, находящейся в динамическом пространстве факторов внешней среды [13]. Стратегия жизнедеятельности про-

является в индивидуальном развитии организма и тесно связана с понятием о целевой функции. Для растений, находящихся в пределах нормы реакции на факторы внешней среды, целевой функцией является структурообразование, направленное на сохранение вида. При выходе за пределы нормы реакции ведущей целевой функцией становится сохранение устойчивости структуры растений как целостной системы [14]. В связи с этим анализ понятия *устойчивость* и поиск его достоверных критериев на разных этапах индивидуального развития организмов представляют собой одну из актуальных задач интродукции растений.

С точки зрения интродуктора растений особый интерес представляет общая теория систем, разработанная Ю.А. Урманцевым, и его подход к проблеме устойчивости растений [25]. Если существуют убедительные доказательства того, что устойчивость живого организма — системное понятие, то вполне обоснованным будет использование комплекса системных методов исследования устойчивости. Рассмотрим систему, в которой реализуется устойчивость растений. Известно, что генетически обусловленный, наследуемый растениями уровень устойчивости является потенциальной возможностью организма адаптироваться к экстремальным условиям. В оптимальных условиях эта возможность остается нереализованной, поэтому степень устойчивости растений не может быть выявлена. Для этого обязательны длительные экстремальные условия. Сила их и продолжительность должны быть достаточны для проявления всего потенциального диапазона уровня устойчивости растений. Поэтому вполне правомерно говорить об устойчивости растений как системном понятии еще и потому, что она реализуется в системе растение — экстремальная среда.

Если следовать системным представлениям и опираться на следствия синтетической теории эволюции [18], то необходимо признать, что любая устойчивость растения, как и любое его свойство, должна форми-



роваться под давлением не одного, а системы ограничивающих факторов, которые взаимодействуют между собой по определенным законам. Это означает, что любой вид устойчивости, даже в принципе, невозможно понять с точки зрения лишь одного экстремального фактора, без учета формирующего влияния совокупности остальных факторов среды.

Обобщение данных о комбинированном действии экологических факторов показывает, что существуют только три основных типа эффектов от их совместного действия: аддитивность, синергизм и антагонизм. Очевидно, эти термины могут достаточно полно отражать сущность эффектов при действии на организм факторов различной природы [26]. Комбинированное действие факторов может проявляться в одновременном воздействии двух и более экстремальных факторов и в последовательном их действии на организм. Выяснение механизмов одновременного воздействия представляет собой более сложную задачу. Конечный эффект будет определяться соотношением и взаимодействием большого числа физиологических реакций. Можно сказать, что комбинированная устойчивость — это способность растений вопреки одновременному действию разных экстремальных факторов сохранять свои основные качества относительно неизменными. Идеи о комбинированной устойчивости близки, но не совпадают с концепцией П.А. Генкеля о сопряженной устойчивости, где речь идет о способности растения в ответ на действие какого-либо одного экстремального фактора изменять сразу несколько видов устойчивости [25].

Вероятно, устойчивость растений к комплексному воздействию множества экологических факторов зависит также и от состояния самого организма в момент их действия, от того, на каком этапе своего развития он находится. Поэтому уместно представить процесс развития организма как слагаемое двух качественно противоположных и последовательно сменяющих друг друга преобразований [12]. Первое — эволюционные изменения — плавное, посте-

пенное накопление некоторых качеств живого; второе — революционные перемены — резкие скачкообразные изменения организма, «катастрофы», связанные с его переходом в новое качество. Эволюционные изменения являются количественными, так как происходит количественное накопление веществ. Революционные перемены относятся к качественным, так как накопившееся количество веществ скачкообразно переходит в новое качество. Последовательная смена эволюционных и революционных преобразований в онтогенезе ярко иллюстрирует переход количественных изменений в качественные.

При исследовании процессов развития живых организмов обычно остаются открытыми вопросы о том, насколько специфичны моменты наступления новых этапов онтогенеза и существуют ли общие закономерности их смены. Вероятно, межэтапные скоротечные революционные периоды онтогенеза — наиболее уязвимые или критические в жизни организмов, так как период формирования новых структур всегда связан с затратой большого количества энергии, несравненно большего, чем требуется на последующем, очередном, этапе онтогенеза. От степени энергообеспечения в этот период зависит устойчивость организмов: прервется ли цепочка сменяющих друг друга этапов или останется целой. Таким образом, актуальными задачами познания устойчивости интродуцированных растений являются изучение методических особенностей определения энергетического потенциала и регистрация критических этапов онтогенеза организмов [6].

Полагают, что эффекты комбинированного действия экстремальных факторов прогнозировать невозможно. Мы придерживаемся противоположного мнения и считаем, что при знании природы, силы, продолжительности, последовательности действия и других характеристик экстремальных факторов, а также исходного состояния организма (этапа его онтогенеза) можно с большой степенью вероятности прогнозировать эффект комбинированного действия, по крайней мере, двух-трех экстремальных факторов.



Большое значение в составлении прогноза имеет системный подход, а также характер взаимоотношений между реакциями организма на действие конкретных экстремальных факторов (синергизм, антагонизм, аддитивность).

В настоящее время получены многочисленные данные о зависимости устойчивости не от множества, а от какого-либо одного экстремального фактора. Они ограничены и не отражают сути взаимодействий в системе растение — экстремальная среда. Поэтому развитие теории устойчивости необходимо связывать с многофакторным подходом к изучению растений.

Рассмотрим методические аспекты построения многофакторных экспериментов применительно к проблеме устойчивости организмов. Основные их принципы, вероятно, заключаются в разработках по математическому планированию экспериментов. Эта область исследований наиболее подходит для решения поставленной задачи [1, 19]. Преимущество планируемого эксперимента мы видим в строгой соизмеримости количества поставленных опытов и сложности задачи исследований, в возможности изучения совокупности разнообразных факторов во всей полноте существующих между ними взаимодействий. Результат такого подхода к изучению устойчивости растений может быть выражен в виде математического вероятностного уравнения, выражающего количественно степень зависимости данной устойчивости как от действия каждого фактора порознь, так и от одновременного совместного их действия: по 2, 3, ..., n факторов. Если графическим выражением однофакторной зависимости является кривая в двухмерной декартовой системе координат, то аналогичным выражением многофакторного представления об устойчивости должна быть $(n-1)$ -мерная поверхность отклика в n -мерной декартовой системе координат. Одна из ее осей будет выражать изучаемую устойчивость (функцию), а $(n-1)$ других осей — определяющие ее факторы.

Для построения математической модели исследования зависимости устойчивости растений от двух и более факторов внеш-

ней среды необходимо выполнить два условия: 1) выбрать один или несколько критериев устойчивости; 2) определиться, как минимум, с двумя наиболее важными в данных условиях и для данного организма экологическими факторами.

Критерии устойчивости могут быть самыми разнообразными. В практике интродукционных исследований обычно используются показатели жизнеспособности растений. Воспользуемся одним из них — показателем σ (среднее квадратическое отклонение от средних сроков наступления фенофаз) и возьмем его за основу разрабатываемой модели. По мнению Б.Н. Головкина [10], этот показатель позволяет сравнить размах вариации фенодата у интродуцированных видов и оценить амплитуду их изменчивости в новых условиях. Большая стабильность этого показателя свидетельствует о высоком консерватизме растений, меньшей их адаптационной способности. Проверка показателя устойчивости σ осуществлена нами в процессе работы с интродуцированными видами рода *Allium* L. природной флоры Средней Азии и подтвердила целесообразность его использования [7].

Второе условие построения модели многофакторной зависимости устойчивости растений состоит в отборе лимитирующих в данных условиях экологических факторов. Это методически достаточно сложная задача даже при работе с родовым комплексом или его фрагментом. Она может быть решена либо трудоемким экспериментально-эмпирическим путем, либо с помощью построения математической модели критических порогов экологических факторов, предложенной Г.Е. Пospelовой [20]. Целесообразно также принять во внимание и мнение Г.Н. Зайцева [15, 16] о существовании двух важнейших экологических факторов, с которыми коррелятивно связаны многие остальные: среднемесячная температура воздуха и долгота дня. Именно они позволяют определить основные параметры вегетационного периода (начало, конец и общую продолжительность) в районе — источнике интродукционного материала и интродукционном пункте. Сходство этих параметров может



быть использовано для интродукционного районирования растений. Апробация предлагаемого метода осуществлена нами на примере западнояньшаньских луков [7] и подтвердила значение указанных факторов.

Предположим, что имеются все необходимые условия построения модели многофакторной зависимости устойчивости растений (критерий устойчивости — показатель σ и существенные экологические факторы — среднемесячная температура воздуха T_i и долгота дня — D_i) и соответствующая методическая база теории математического планирования эксперимента. Наш вариант модели представляет собой систему уравнений регрессии и является двухфакторным.

Зависимость изучаемого свойства растений (y) от ряда факторов (x_1, x_2, \dots, x_n) можно записать в виде функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. В нашем случае y — выбранный нами критерий устойчивости, x_1 и x_2 — два из наиболее существенных экологических факторов. Функциональную зависимость для двухфакторного эксперимента можно записать следующим образом:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{1,2} x_1 x_2, \quad (1)$$

где $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_{1,2}$ — коэффициенты регрессии при переменных, которые количественно оценивают действие каждого фактора порознь и совместно. Адекватность реальности этого уравнения регрессии экспериментально доказана Ю.А. Урманцевым [25].

Для практического использования уравнения (1) необходимо вычислить коэффициенты регрессии по следующим выведенным формулам:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 1/4 (y_1 + y_2 + y_3 + y_4), \\ \beta_1 &= 1/4 (-y_1 + y_2 - y_3 + y_4), \\ \beta_2 &= 1/4 (-y_1 - y_2 + y_3 + y_4), \\ \beta_{1,2} &= 1/4 (y_1 - y_2 - y_3 + y_4), \end{aligned} \quad (2)$$

где y_1, y_2, y_3 и y_4 — результаты опытов по определению критерия устойчивости растений.

При строгом подходе к вычислению коэффициентов регрессии (β) следует признать существование экспериментальных

ошибок [25]. Поэтому на практике мы находим не истинные значения β_i , а некоторые близкие величины: $B_i (B_i \rightarrow \beta)$. В связи с этим уравнение регрессии (1) должно быть записано в таком виде:

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_{1,2} x_1 x_2. \quad (3)$$

Однако вполне приемлемо значения величины B_i определять по формулам (2).

Выбрав критерий устойчивости растений и факторы, его характеризующие, можно получить систему регрессионных уравнений, решение которых дает представление о функциональной зависимости изучаемого свойства растений от определяющих его факторов. Если критерием устойчивости является показатель σ , характеризующий степень стабильности сроков наступления фаз у растений, а существенно влияющие экологические факторы — среднемесячная температура воздуха T_i и долгота дня D_i , — то формула (3) будет выглядеть следующим образом:

$$\sigma = B_0 + B_1 T + B_2 D + B_{1,2} TD. \quad (4)$$

Величина σ определяется по результатам многолетних фенологических наблюдений [10, 11], величины T и D — по климатологическим данным, а коэффициенты $B_i (B_i \rightarrow \beta)$ по формулам (2).

Воплощение предложенной модели на практике представляет собой решение уравнения (4) и его всесторонний анализ. Это предполагается сделать в последующих статьях на эту тему. Надеемся, что основные идеи модели, ее смысловое содержание могут найти широкое применение в практике интродукционных исследований при подведении итогов переселения растений и характеристики их устойчивости в новых условиях среды.

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Изд. 2-е. — М.: Наука, 1976. — 279 с.
2. Арманд А.Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий // Устойчивость геосистем. — М.: Наука, 1983. — С. 14—32.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. — М.: Изд-во Всесоюз. ин-та эксперимент. медицины, 1935. — 207 с.



4. Большаков В.Н., Кражимский Ф.В., Павлов Д.С. Перспективные направления развития экологических исследований в России // Экология. — 1993. — № 3. — С. 3—16.
5. Булах П.Е. Информационно-энергетическая теория интродукции растений // Интродукция рослин. — 1999. — № 3/4. — С. 22—29.
6. Булах П.Е. Критические этапы в онтогенезе живых организмов // Изучение онтогенеза растений природных и культурных флор в ботанических учреждениях Евразии. Материалы 9 Междунар. конф. — Мухачево, 1997. — С. 24—25.
7. Булах П.Е. Луки природной флоры Средней Азии и их культура в Украине. — Киев: Наук. думка, 1994. — 124 с.
8. Быков Б.А. Геоботаника. — Алма-Ата: Наука, 1978. — 287 с.
9. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. — М.: Наука, 1982. — 280 с.
10. Головкин Б.Н. Переселение травянистых многолетников на Полярный Север: Эколого-морфологический анализ. — Л.: Наука, 1973. — 266 с.
11. Головкин Б.Н. Зависимость сроков фенофаз интродуцированных растений от метеорологических условий вегетационного периода // Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1972. — С. 73—89. — Деп. в ВИНТИ, 1973, № 5494-73.
12. Жирмунский А.В., Кузьмин В.И. Критические уровни в процессах развития биологических систем. — М.: Наука, 1982. — 180 с.
13. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. — Кишинев: Штиинца, 1988. — 588 с.
14. Заименко Н.В. Структурно-функциональные основы конструирования заменителей почвы. — Киев: Б.и. 1998. — 216 с.
15. Зайцев Г.Н. Определение параметров вегетационного периода // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. — 1979. — Вып. 3. — С. 24—26.
16. Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений. — М.: Наука, 1983. — 269 с.
17. Злобин Ю.А. Фитоценотическая обусловленность морфогенеза растений // Биология, экология и взаимоотношение ценопопуляций растений. — М.: Наука, 1982. — С. 17—21.
18. Майр Э. Популяции, виды и эволюция. — М.: Мир, 1974. — 460 с.
19. Максимов В.Н. Многофакторный эксперимент в биологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. — 280 с.
20. Поспелова Г.Е. Методика определения критических порогов экологических факторов // Оптимизация, использование и воспроизводство лесов СССР. — М.: Б.и., 1977. — С. 37—42.
21. Работнов Т.А. Факторы устойчивости наземных фитоценозов // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 1973. — 78, вып. 4. — С. 67—76.

22. Раменский Л.Г. Основные закономерности растительного покрова. — Воронеж: Б. и., 1925. — 37 с.
23. Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. — М.: Наука, 1978. — 352 с.
24. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценотические основы интродукции растений. — М.: Наука, 1991. — 216 с.
25. Урманцев Ю.А. Системный подход к проблеме устойчивости растений (на примере исследования зависимости содержания пигментов в листьях фасоли от одновременного действия на нее засухи и засоления) // Физиология растений. — 1979. — 26, вып. 4. — С. 762—777.
26. Фурдуй Ф.И., Хайдарлиу С.Х., Мамалыга Л.М. Комбинированные воздействия на организм экстремальных факторов. — Кишинев: Штиинца, 1985. — 142 с.
27. Шенников А.П. Природные факторы распределения растений в экспериментальном освещении // Журнал общей биологии. — 1942. — 3, № 5. — С. 331—361.
28. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. — М.: Изд-во иностр. лит., 1959. — 432 с.

Поступила 03.04.2000

СТІЙКІСТЬ ІНТРОДУКОВАНИХ РОСЛИН З ПОЗИЦІЙ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СИСТЕМ

П.Е. Булах

Національний ботанічний сад
ім. М.М. Гришка НАН України, Україна, Київ

Розглянуто теоретичні аспекти стійкості інтродукованих рослин з позицій системного аналізу. Розширені погляди на комбіновану стійкість. Запропоновано методичні принципи її визначення. Описано математичну модель залежності стійкості рослин від одночасної дії двох і більше факторів зовнішнього середовища.

HARDINESS OF INTRODUCED PLANTS FROM A POSITION OF GENERAL THEORY OF SYSTEMS

P.E. Bulakh

M.M. Grishko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv

Theoretical aspects of hardiness of introduced plants are considered from a position of system analysis. The conception of complex hardiness is developed. Some methods for this conception determination are proposed. A mathematical model of plant dependence on simultaneous effect of two and more factors of the environment is described.