



ТЕОРІЯ, МЕТОДИ І ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ІНТРОДУКЦІЇ РОСЛИН

УДК 631.524+001

П.Е. БУЛАХ

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

ПОНЯТИЕ "НАДЕЖНОСТЬ" В ИНТРОДУКЦИИ РАСТЕНИЙ

Рассмотрена возможность использования теории надежности в интродукции растений. Отмечены существенные различия между понятиями "устойчивость" и "надежность". Обсуждаются системы и механизмы надежности растений на разных уровнях их организации.

Проблема устойчивости растений к разнообразным факторам внешней среды на разных уровнях их организации всегда была одной из актуальных задач, связанной с подведением итогов интродукции и оценкой адаптационной способности организмов. Развитие методов системного анализа явилось мощным стимулом к созданию теории устойчивости, которая имеет универсальный (междисциплинарный) характер, и все шире используется в интродукции растений [8, 31].

Эффект воздействия суммы новых многообразных внешних факторов среды требует поиска интегральных методов оценки устойчивости растений, базирующихся на системном подходе. Их применение должно, с одной стороны, адекватно характеризовать состояние целостного организма в новых условиях, иначе говоря, его устойчивость ко всем видам стойкости, а с другой — носить количественный характер. Как справедливо отмечает В.И. Некрасов [29, с. 9], "только методы количественной оценки итогов ин-

тродукции и степени акклиматизации могут послужить фундаментом для дальнейшего развития теории акклиматизации по пути предвидения результатов интродукции".

Упомянутое выше выражение "устойчивость ко всем видам стойкости" не корректно сформулировано с позиций физиологии растений. В строгом понимании устойчивость характеризует реакцию организма на действие отдельных факторов среды и относится к той или иной форме приспособления данного организма к конкретному фактору. Различают зимо-, морозо-, засухо-, жаро-, холодо-, соле-, кислото-, газо-, радио- и другие виды устойчивости.

Устранить это противоречие и рассмотреть проблему устойчивости в интродукции растений с количественных позиций возможно путем заимствования методологических положений теории надежности. Она получила самостоятельное развитие в 40-е годы XX ст., когда стали интенсивно разрабатываться сложные комплексы электронного оборудования, предназначенные в основном для военных целей. Эти исследо-

© П.Е. БУЛАХ, 2002



вания явились толчком к выявлению количественной зависимости между надежностью электронной аппаратуры и ее сложностью (конструктивная и эксплуатационная). Разработаны чрезвычайно эффективные подходы к исследованию надежности функционирования технических устройств и математические методы ее оценки. Наиболее важной характеристикой надежности в технике принято считать способность системы сохранять и длительное время поддерживать устойчивость нормального функционирования. Это отражено в определении, принятом в "Государственном стандарте СССР (Раздел "Надежность в технике. Термины и определения") [28, с. 21]: "Надежность — свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортировки". Таким образом, изучение устойчивости сложных технических систем привело к созданию теории надежности и математически обоснованной системы ее понятий.

Успехи в этой области были замечены и по достоинству оценены биологами различных специальностей. Сформировался новый подход к изучению растительных организмов, основанный на принципах теории надежности [2–4, 6, 14, 16–19, 26 и др.]. Эти исследования убедительно доказали правомочность применения теории надежности в биологии. Но это заимствование не должно быть чисто механическим. Теория, созданная на базе технических задач, непосредственно не может быть применена в других областях и особенно в биологии. Любой из живых организмов представляет собой самоорганизующуюся систему, которая по многим показателям: помехоустойчивость, избыточность элементов, интенсивность отказов и др. (технические термины, приня-

тые в теории надежности) значительно превосходит все то, что создано человеком. Необходима некоторая доработка этой теории в связи с потребностью и особенностью тех отраслей биологии, где она используется.

Введение понятия "надежность" в биологию должно помочь выявлению новых подходов к биологическим проблемам, а не сводиться к замене существующих терминов. Задача теории надежности возникает в том случае, если определены элементы системы, особенности их функционирования, связи между элементами, их взаимодействия и введено понятие отказа [24]. Если в такую схему вписывается какое-нибудь биологическое явление, то можно считать, что поставлена задача изучения надежности. Нетрудно заметить, что данное условие выполняется в экологической системе, теория надежности вполне применима в интродукции растений, которую мы рассматриваем как эколого-географическую проблему.

Определение надежности в технике подразумевает изучение сложной системы связей в исследуемом устройстве, выявление зависимости надежности устройства от его сложности, познание характера связей между отдельными элементами устройства. Поэтому можно утверждать, что надежность — это системное понятие. Живой организм в отличие от технического устройства представляет собой значительно более сложную систему, в которой существуют определенные взаимоотношения между частями и между организмом и средой обитания, т.е. проявляются эффекты взаимодействия внутренних и внешних компонентов, так называемые эмерджентные свойства системы. Они возникают, как правило, на достаточно высоком уровне организации и не существуют на более элементарных уровнях. Например, способность реагировать на длину светового периода присуща растению в целом и не свойственна клеткам, тканям и органам. Свойство засухоустойчивости не



имеет специфического выражения на уровне клетки и проявляется лишь на тканевом уровне. Вероятно, все биологические системы характеризуются эмерджентными свойствами. Они возникают на клеточном, организменном и популяционном уровнях, совершенствуют их организацию и способны сами эволюционировать. По своей сути все проявления живого организма являются системными, ибо весь смысл жизнедеятельности состоит в преобразовании наследственной информации в систему жизненных связей организма с внешней средой. В связи с этим изучение надежности функционирования живых организмов предполагает использование системных методов анализа. Принцип системности, как и любой другой метод, отражает определенный подход к объекту исследования, это стратегия научного поиска, необходимая для выяснения взаимодействий в системе организм — среда.

Надежность растительного организма Д.М. Гродзинский [19] понимает как его способность выполнять физиологические и биохимические функции, обеспечивающие его нормальную жизнедеятельность на протяжении онтогенеза в определенных экологических условиях. Аналогичная идея находит свое отражение и в следующих определениях: надежность биологической системы — это способность выполнять присущие ей функции в определенном диапазоне заданных условий [22]; надежность биологических систем — это способность функционировать в случайно варьирующих условиях среды и во времени [20]. Эти определения почти идентичны определению понятия "устойчивость", которую мы применительно к биологическим системам рассматриваем как способность организма выполнять присущие ему функции в определенном диапазоне параметров окружающей среды [8]. Формализация этих двух понятий подразумевает, что высокие показатели и устойчивости, и надежности системы характерны при ма-

лом отклонении ее свойств от нормы при внешних воздействиях. Анализ литературных данных показывает, что критерии устойчивости и надежности в большинстве случаев совпадают. За реальную меру устойчивости часто принимают либо изменение продуктивности (агрономическая мера), либо выживаемость растений (биологический показатель устойчивости). Воспользовавшись технической терминологией теории надежности, можно утверждать, что надежность биологической системы характеризуется вероятностью безотказного функционирования в течение заданного срока или средним числом отказов за единицу времени. За отказ можно принять гибель организмов или снижение продуктивности за определенный период времени. Эти показатели обычно выражают в процентах. Большинство интегральных (неспецифических) показателей устойчивости (включая термодинамические и гомеостатические критерии) также являются и характеристикой надежности. В связи с этим могут возникнуть сомнения в целесообразности замены одного понятия другим.

Отметим те существенные различия двух близких понятий "устойчивость" и "надежность", которые не нашли отражения в приведенных выше формулировках.

Такие фундаментальные и близкие понятия биологии, как "надежность" и "устойчивость" не являются синонимами. Введение понятия "надежность" связано с необходимостью поиска новых интегративных подходов к биологическим проблемам. "Устойчивость" — это более частное понятие, определяемое как ответная реакция организма на действие какого-то определенного фактора. Надежность — значительно более широкое понятие, это общее свойство организма, которому подчинен частный случай — устойчивость к конкретному воздействию. С позиций принципа надежности можно объяснить множество биологических явлений.



Широкие возможности этого подхода с его специфическим методическим аппаратом нашли отражение еще в работах И.И. Шмальгаузена, рассматривавшего надежность как общее свойство организации живых организмов. В последние годы несомненный приоритет в этой области принадлежит школе академика НАН Украины Д.М. Гродзинского, по инициативе которого проведено целый ряд международных совещаний по проблеме надежности организмов разного уровня организации.

Из всего множества фундаментальных биологических явлений, которые можно объяснить с помощью теории надежности, выделим одно, наиболее важное с точки зрения интродуктора растений. Это — познание механизмов адаптации растений. Если в медицине, физиологии человека и животных существует теория адаптации, то в интродукции растений это явление рассматривается очень фрагментарно. На сегодняшний день теории адаптации в интродукции растений не существует [1], выявлено много частных закономерностей приспособления растений к новым условиям, которые на роль теории претендовать не могут.

Результатом интродукции является появление новых культурных растений, а в ряде случаев — выведение новых сортов. Известно, что культурные растения характеризуются значительно более низкой устойчивостью [19] и требуют дополнительных мер по уходу, особенно в "критические" периоды их индивидуального развития. Однако культивирование растений — это весьма длительный процесс, который заканчивается акклиматизацией растений, связанной с генотипической изменчивостью, и введением их в промышленную культуру. В основе этих процессов лежит естественный и искусственный отбор, который длится годами и представляет собой чередование смены поколений. Многочисленные наблюдения в ботанических садах и дендропарках убедительно

показывают, что устойчивость интродуцентов последующего поколения всегда выше, чем предыдущего. По нашим данным, это находит отражение в постепенном снижении энергетического обмена (показатель энергоемкости семян) в череде поколений у среднеазиатских видов р. *Allium* L. в условиях культуры. Аналогичные примеры повышения устойчивости интродуцентов при смене поколений древесных растений приводит В.И. Некрасов [30]. Эти результаты вполне соответствуют широко известному принципу экономии энергии.

Обратим внимание на следующее обстоятельство. С одной стороны, мы приводим известный факт снижения устойчивости растений при введении их в культуру, а с другой — утверждаем, что устойчивость интродуцентов повышается при смене поколений. Вероятно, здесь нет противоречий. Достигнутый уровень устойчивости интродуцентов даже в течение многих поколений вряд ли превысит устойчивость тех же видов в природных местообитаниях, где в процессе исторического развития складываются генетически закрепленные отношения в системе "организм — среда". Исключение составляют некоторые погранично-ареальные виды, требующие особой охраны, и виды урбанизированных территорий с повышенной рекреационной нагрузкой. Только в сравнительно редких случаях интродуцированный за пределы своего естественного ареала вид находит оптимальные для себя условия. В исключительных случаях некоторые виды за пределами ареала находят более благоприятные условия, чем у себя на родине. Это, вероятно, можно объяснить естественной изоляцией их природных местообитаний, что не позволяет растениям в полной мере проявить свои потенциальные возможности. Искусственный отбор связан не только с повышением устойчивости растений в условиях культуры (при выращивании из семян растений нового поколения интродукторы обычно

отбирают по признакам устойчивости более перспективные особи), но в значительно большей степени с отбором особей, отвечающих хозяйственным требованиям. При этом весьма вероятно потеря ряда аллелей, ответственных за устойчивость к неблагоприятным факторам среды, что приводит к обеднению генофонда и ослаблению устойчивости растений нового поколения.

В подавляющем большинстве случаев интродукция дикорастущих видов природной флоры сопровождается высокой активностью организма, направленной на стремление выжить в необычных и часто экстремальных для него условиях. Вероятно, эта активизация всех функций растений в новой среде обитания, связанная с мобилизацией энергетических ресурсов, является эволюционно запрограммированным явлением и отражает высокую надежность функционирования видов природной флоры. Об этом свидетельствуют многочисленные литературные источники [15, 32 и др.] и данные наших наблюдений в условиях культуры (виды родов *Allium* L., *Berberis* L., *Rosa* L., *Lonicera* L.). Ускорение и интенсификация всех жизненных функций в условиях культуры (увеличение общих размеров, вегетативных и генеративных органов; повышение репродуктивного усилия; тенденция к снижению апикального доминирования и, следовательно, повышение роли пазушных и придаточных почек; сокращение продолжительности отдельных возрастных периодов и проявление неотении; сокращение сроков сезонного цикла развития и продолжительности жизни особей; увеличение семенной продуктивности; явления вивипарии и разнообразные по форме тератологические изменения цветка, способствующие ускорению темпов онтогенеза и усилению вегетативного размножения и др.) и, как следствие, уровня энергетических процессов носит всеобщий характер, проявляется как у травянистых, так и древесных расте-

ний, и является одной из форм проявления систем надежности интродуцентов. Последние имеют ярко выраженный адаптивный характер и наиболее отчетливо проявляются в первый год интродукции в несвойственной виду среде обитания. В последующие годы в результате адаптации растений эти формы надежности утрачивают свое значение и проявляются в значительно меньшей степени. Это особенно заметно при выращивании растений из семян в течение ряда поколений.

Такая особенность поведения интродуцированных растений позволяет сделать важный вывод: формы проявления и функционирования систем надежности у растений можно наблюдать только при создании в отдельные моменты их жизни экстремальных условий. Переселение растений за пределы их естественного ареала — это в большинстве случаев и есть искусственное создание экстремальных условий и время "включения" разнообразных механизмов надежности растений. Диапазон нормы реакций растений зависит от генетически запрограммированных систем надежности организма на разных уровнях его организации.

В интродукции растений на организменном и популяционном уровнях организации, вероятно, наибольшую роль играют следующие системы и механизмы надежности:

- *Высота порога физиологических реакций.* Она определяет чувствительность растений к действию наиболее существенных экологических факторов в новых условиях. Естественно, высота порогов в онтогенезе растений меняется и является генетически закрепленной величиной;

- *Объем дублирующих механизмов или, выражаясь языком теории надежности, степень резервирования элементов.* Эту систему надежности функционирования растений можно рассматривать в генетическом аспекте, т.е. связывать ее с дубликциями в геноме растений. Широко известны факты



повышения устойчивости растений к разнообразным экологическим факторам при увеличении их плоидности. Такие растения обычно отличаются повышенной интродукционной способностью [5 и др.]. Однако дублирование (проявление избыточности) можно рассматривать и в морфологическом, и в физиологическом аспектах. Вероятно, сюда можно отнести все случаи метамерии у растений. Известны многочисленные примеры избыточного накопления дублирующих элементов у растений в условиях культуры на разных уровнях их организации [7]. Эта избыточность элементов направлена на поддержание функционирования организма в новых условиях и реализуется при воздействии экстремальных факторов. В оптимальных для интродуцента местообитаниях она может остаться невостребованной.

• *Многовариантность решения целевой программы.* Переселение растений обычно связано с их пребыванием за пределами "нормы реакций". В этом случае ведущей целевой функцией растений является сохранение устойчивости их структуры как целостной системы [23]. Существуют различные механизмы ее обеспечения, на разных иерархических уровнях проявляются свои специфические способы защиты организма от повреждающего агента. Так, на клеточном уровне проявляется широкая возможность комбинаторики функционирования различных компартментов, существует и особый метаболический резерв (депо), используемый по мере необходимости в зависимости от силы внешнего воздействия. Можно привести многочисленные примеры фактов поливариантного обеспечения нормальной жизнедеятельности в экстремальных или новых условиях существования, они "включаются" по принципу обратных связей и в нужный момент: существование различных метаболических циклов, разных типов фотосинтеза, наличие изоферментов, способность к "закаливанию" и т.д.

Таким образом, в новых условиях существования работает известный принцип смены функционирования [33]. Суть его заключается в способности организма быстро изменить свое функционирование в ответ на экстремальные внешние воздействия среды, чтобы свести неблагоприятный эффект к минимуму. Эта способность позволяет организмам дожидаться возникновения и распространения полезных мутаций. Способность растений к быстрой смене функционирования, воплощенная в этом принципе, является важным фактором эволюции, включающим в виде частных случаев аннидацию, эффект Болдуина, преадаптацию и др. Универсальность принципа проявляется в его действии на различных уровнях организации материи. Если смена поведения организма (клетки, особи, популяции, фитоценоза) оказалась эффективной, т.е. обеспечила его выживаемость в ответ на "информационный удар" [25], то вновь приобретенное состояние может длиться многие поколения. На популяционном уровне смена функционирования проявляется в поливариантности онтогенеза интродуцированных растений. Известно много фактов выпадения отдельных этапов индивидуального развития в ответ на ухудшение условий существования [27]. Многовариантность решения целевой программы у растений как в природных, так и в интродукционных популяциях проявляется и в явлении квазисенильности (морфологическая имитация сенильности, возникающая у растений в фитоценотически неблагоприятных условиях) [9].

• *Гетерогенность растительных структур.* Эта система надежности растений также проявляется на разных иерархических уровнях и определяется разнообразием отдельных структур по функционированию, времени и месту формирования. Гетерогенность приводит к тому, что отдельные компоненты растений оказываются чувстви-



тельными к внешним факторам по-разному, т.к. находятся на разных стадиях формирования. Формы проявления гетерогенности растений очень разнообразны. На молекулярном уровне дублирование генетической информации не приводит к точному копированию исходного гена. Появление различающихся (гетерогенных) копий повышает адаптивные возможности организма [21]. На клеточном уровне отмечается неравномерность митотической активности. В процессе онтогенеза наблюдается чередование асинхронности функционирования клеток в апикальной меристеме с синхронизацией [3]. В данном случае асинхронность на клеточном уровне следует рассматривать как проявление надежности, повышающее приспособительные возможности организма. Синхронизация является ее антиподом и резко снижает восстановительные возможности растений. В такие периоды сильно повышается чувствительность клеток к действию разнообразных факторов. Как одно из проявлений гетерогенности растений в онтогенезе можно рассматривать и необычайно высокую способность эндосперма прорастающих семян к изменчивости. В этот период запасающий орган растений является основным буфером между средой и зародышем и выполняет стабилизирующую функцию. После прорастания функцию генетической и физиологической стабилизации выполняют зародышевые листья. Именно в этот период закладываются настоящие листья, которые при переходе организма к автотрофному образу жизни обеспечивают режим стабилизации. Эта стабилизация во многом обеспечивается явлением морфологической и функциональной гетерофилии. В случае потери листа его функцию берут на себя другие листья. Многочисленные примеры дублирующих механизмов (продуцирование избыточного количества цветков, соцветий, пыльцы, семян, плодов и др.) в той или иной степени связаны с яв-

лением гетерогенности (разнокачественности).

На популяционном уровне гетерогенность проявляется в разновозрастности особей, составляющих популяцию. Соотношение ювенильных, прематурных, вегетативных, генеративных и сенильных групп особей в природной или интродукционной популяциях определяет ее жизнеспособность. В связи с этим выделяют инвазионные, нормальные и регрессивные популяции. Как правило, чем меньше возрастных групп особей представляют популяцию, тем она менее устойчива (неполноценная популяция). Иными словами — это проявление малой гетерогенности и, следовательно, невысокой надежности функционирования популяции и, напротив, высокая гетерогенность, характерная для полночленной популяции, является проявлением высокой степени ее надежности. Естественно, такая оценка состояния популяции является очень приблизительной. Учет соотношения возрастных групп особей в популяции уточняет и детализирует эту первоначальную оценку. Например, в большинстве случаев эколого-фитоценотический оптимум вида наблюдается тогда, когда популяция характеризуется максимальным количеством генеративных особей и минимальным количеством имматурных или ювенильных и имматурных особей вместе взятых.

Одной из форм проявления гетерогенности и мощным механизмом обеспечения высокой надежности функционирования популяций растительных и животных организмов является дифференциация полов. Целесообразность этого явления и его сущность, проявляющаяся в стремлении организмов выжить в неблагоприятных условиях и сохранить свое потомство, отражает генетико-экологическая теория дифференциации полов, разработанная В.А. Геодакьяном на примере животных организмов [13]. Кибернетический взгляд на проблему пола позво-



лил раскрыть механизмы проявления надежности на популяционном уровне и объяснить с единой точки зрения многие явления: необходимость дифференциации полов, избыточное зарождение и повышенную смертность мужского пола, большее разнообразие самцов, адаптивные изменения соотношения полов в популяции и др. [11, 12]. Основные положения теории имеют общеприродное значение, применимы к растительным организмам и могут быть использованы в практике интродукционных исследований [10].

Обратим внимание на еще одну форму проявления гетерогенности, вытекающую из теории дифференциации полов. В.А. Геодакян [11] предлагает альтернативную гипотезу передачи экологической информации. Автор подчеркивает роль пыльцы в осуществлении информационной связи в системе "растение — среда" и отмечает ее регуляторную функцию. Мы не видим никаких оснований для опровержения этой гипотезы и считаем справедливым утверждение о том, что опыление — это канал информационной связи отдельных особей и экологических факторов. Такой механизм передачи экологической информации дублирует классический механизм взаимодействия в системе "организм — среда", который нашел отражение в фундаментальных работах по экологии растений. Это свойственно природе и является одним из проявлений системы надежности растений.

Приведенными примерами далеко не ограничивается весь арсенал средств обеспечения надежности функционирования растений на разных уровнях их организации. Теория надежности в интродукции растений только находит свое признание. Остаются открытыми многие вопросы, в первую очередь, связанные с поиском меры надежности. Основные показатели надежности в интродукции растений — это предмет отдельного сообщения.

1. *Базилевская Н.А.* Об основах теории адаптации растений при интродукции // Бюл. ГБС АН СССР. — 1981. — Вып. 120. — С. 3–9.

2. *Базовский И.* Надежность: Теория и практика. — М.: Мир, 1965. — 373 с.

3. *Батыгин Н.Ф.* Системы надежности в онтогенезе высших растений // Системы надежности клетки. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 136–144.

4. *Батыгин Н.Ф.* Устойчивость, гомеостаз и надежность растительных систем // Надежность биологических систем. — К.: Наук. думка, 1985. — С. 196–203.

5. *Бородина Н.А.* Перспективы использования полиплоидии в интродукции древесных растений // Интродукция древесных растений. — М.: Наука, 1980. — С. 15–35.

6. *Булах П.Е.* К вопросу о количественной оценке устойчивости интродуцентов в новых условиях среды // Богатства флоры — народному хозяйству: Материалы конф. "Проблемы изучения и использования в народном хозяйстве растений природной флоры". — М., 1979. — С. 14–15.

7. *Булах П.Е.* Луки природной флоры Средней Азии и их культура в Украине. — К.: Наук. думка, 1994. — 124 с.

8. *Булах П.Е.* Устойчивость интродуцированных растений с позиции общей теории систем // Интродукция растений. — 2000. — № 1. — С. 13–19.

9. *Булах П.Е., Диденко С.Я.* Явление квазисезонности в интродукционных популяциях // Бюл. Никит. ботан. сада. — 1999. — Вып. 81. — С. 16–19.

10. *Булах П.Е., Недвига О.Н., Худченко Л.Н.* Количество пыльцы как фактор передачи экологической информации // Там же. — 2001. — Вып. 82. — С. 17–19.

11. *Геодакян В.А.* Роль полов в передаче и преобразовании генетической информации // Проблемы передачи информации. — 1965. — 1, № 1. — С. 105–112.

12. *Геодакян В.А.* Половой диморфизм и "отцовский эффект" // Журн. общ. биологии. — 1981. — 42, № 5. — С. 657–668.

13. *Геодакян В.А.* Дальнейшее развитие генетико-экологической теории дифференциации полов // Математические методы в биологии: Тр. II республ. конф. — К.: Наук. думка, 1983. — С. 46–61.

14. Гнеденко Б.В., Сорин Я.М., Славин М.Б. За советом в природу. Заметки о надежности в технике и живом мире. — М.: Знание, 1977. — 128 с.

15. Головкин Б.Н. Феноритмические и морфологические аспекты адаптации травянистых интродуцентов в процессе акклиматизации // Экология. — 1978. — № 2. — С. 14–19.

16. Голубец М.А. Надежность и гомеостаз экосистем // Надежность и гомеостаз биологических систем. — К.: Наук. думка, 1987. — С. 181–184.

17. Гродзинский Д.М. Системы надежности растительных организмов // Системы надежности клетки. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 17–29.

18. Гродзинский Д.М. Надежность биологических систем и эволюция // Надежность клеток и тканей. — К.: Наук. думка, 1980. — С. 6–15.

19. Гродзинский Д.М. Надежность растительных систем. — К.: Наук. думка, 1983. — 368 с.

20. Гродзинский Д.М., Корогодин В.И., Кутлахмедов Ю.А. Принципы анализа надежности биологических систем // Надежность клеток и тканей. — К.: Наук. думка, 1980. — С. 19–26.

21. Груздев А.Д., Кондаков А.А. Философские и методологические проблемы надежности генетической структуры // Методологические и философские проблемы биологии. — Новосибирск: Наука, 1981. — С. 111–123.

22. Гудков И.Н. Гетерогенность образовательных тканей высших растений и ее роль в радиостойкости // Системы надежности клетки. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 118–133.

23. Заименко Н.В. Структурно-функциональные основы конструирования заменителей почвы. — К., 1998. — 216 с.

24. Коваленко И.Н. О математической теории надежности // Системы надежности клетки. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 5–17.

25. Кордюм В.А. Перенос информации в биосфере и возможное эволюционное значение этого процесса // Успехи современной биологии. — 1976. — 81, № 1. — С. 51–67.

26. Кочубинский А.И. О применении математической теории надежности к анализу биологических систем // Надежность биологических систем. — К.: Наук. думка, 1985. — С. 17–25.

27. Кричфалуший В.В., Комендар В.И. Биоэкология редких видов растений (на примере эфемероидов Карпат). — Львов: Свит, 1990. — 160 с.

28. Надежность в технике. Термины и определения // Государственный стандарт СССР. —

М.: Государственный Комитет стандартов Совета Министров СССР, 1975. — С. 21.

29. Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. — М.: Наука, 1980. — 101 с.

30. Некрасов В.И. Популяционные основы адаптивной изменчивости древесных растений при интродукции // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды. — Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1984. — С. 97–100.

31. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений. — М.: Наука, 1991. — 216 с.

32. Хохлаков А.П. Соматическая эволюция одноклеточных. — М.: Наука, 1975. — 196 с.

33. Чайковский Ю.В. Генетическая интеграция клеточных структур как фактор эволюции // Журн. общ. биологии. — 1977. — 38, № 6. — С. 823–835.

ПОНЯТТЯ "НАДІЙНІСТЬ" В ІНТРОДУКЦІЇ РОСЛИН

П.Е. Булах

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

Розглянуто можливість використання теорії надійності в інтродукції рослин. Відмічено суттєву різницю між поняттями "стійкість" і "надійність". Обговорюються системи та механізми надійності рослин на різних рівнях їх організації.

THE NOTION SAFETY IN THE PLANT INTRODUCTION

P.E. Bulakh

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

The possibility of use of the safety theory in the plant introduction is considered. Essential distinctions between notions stability and safety are marked. Systems and mechanisms of the plant safety at different levels of its organization are discussed.