



УДК 635.92; 57.0852

Использование биотехнологий для размножения декоративных растений

Т. И. Новикова

Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск
E-mail: nta_plant@nsk.ru

Аннотация. Биотехнологические методы, основанные на тотипотентности растительных клеток, являются важнейшим инструментом для размножения декоративных растений. Представлен краткий обзор технологий *in vitro*, включая размножение через меристемные культуры, тонкие слои клеток, регенерацию путём органогенеза и соматического эмбриогенеза. Обсуждается инновационная роль ботанических садов в развитии и практическом использовании названных биотехнологических подходов.

Ключевые слова: биотехнология, клональное микроразмножение, декоративные растения, ботанические сады, биоразнообразие, инновации.

Введение

В современных условиях неуклонно возрастающей антропогенной нагрузки на природную среду и резких изменений климата становится актуальной разработка новых подходов к решению проблем озеленения урбанизированных территорий. Зелёные насаждения, как важный компонент структуры городов, способствуют снижению действия техногенных факторов (поллютантов, шума, электромагнитного излучения) и природно-климатических явлений (инсоляции, эрозий, наводнений и др.). Помимо экологической и экономической составляющих, направленных на улучшение качества жизни горожан, значимым является эстетический аспект предлагаемых ландшафтных проектов. Разработка комплексного решения этих сложных задач невозможна без привлечения высоких технологий, в частности – биотехнологий.

С тех пор, как более века назад Г. Хаберландт в 1902 г. впервые выдвинул гипотезу о тотипотентности любой растительной клетки, ставшую концептуальной основой методов культуры ткани, в этой области достигнут огромный успех. Одним из перспективных направлений использования биотехнологий является размножение широкого круга видов и форм декоративных растений, используемых для зелёного строительства. В настоящем обзоре обсуждаются результаты, достигнутые в мире в разработке технологий клонального микроразмножения декоративных растений за

последние десятилетия и роль ботанических садов в развитии этих исследований.

Размножение декоративных растений *in vitro*

В отличие от сельскохозяйственных культур, декоративные растения обычно размножают вегетативным путем для исключения нежелательной вариабельности семенного потомства [18]. С развитием методов клонального микроразмножения, являющегося одним из способов вегетативного размножения, появился мощный инструмент для массового воспроизводства декоративных растений. В качестве объектов этой технологии *in vitro* могут быть использованы виды, сорта, гибриды, формы как имеющие затруднения при размножении традиционными методами, так и нуждающиеся в массовом тиражировании ввиду их высоких декоративных качеств [5]. Существуют различные приёмы клонального микроразмножения. Согласно классификации Н. В. Катаевой и Р. Г. Бутенко [2], отражающей принципиальные различия морфогенетических путей, в результате которых получены растения-регенеранты, выделяются два типа микроразмножения: 1) активация уже существующих в растении меристем (апекс стебля, пазушные и спящие почки стебля); 2) индукция возникновения почек или эмбриоидов *de novo*, которая включает: а) образование адвентивных побегов непосредственно тканями экспланта; б) индукция прямого или непрямого соматического эмбриогенеза; в) дифференциация ад-

вентивных почек в первичной и пересадочной каллусной ткани.

Так как целью микроразмножения является получение клонов, идентичных материнскому растению (*true-to-type*), традиционно используются технологии, основанные на активации уже существующих меристем [7; 15]. Этот путь позволяет избежать соматической изменчивости, поскольку регенерация побегов происходит минуя промежуточную фазу каллусообразования. Подход основан на снятии апикального доминирования, что достигается или удалением верхушечной меристемы стебля и последующим микрочеренкованием побега *in vitro* на безгормональной среде, или применением цитокининов, индуцирующих развитие многочисленных пазушных побегов. Впервые роль цитокининов в снятии апикального доминирования и морфогенезе побегов была установлена Ф. Скугом и С. О. Миллером [29]. Их открытие, позволившее выводить пазушные почки из состояния покоя, стало прорывом в технологии микроразмножения [28]. В качестве цитокининов чаще всего используют 6-бензиламинопурин (БАП), 6-фурфуриламинопурин (кинетин), зеатин, 2-изопентениладенин (2iP).

Процесс микроразмножения состоит из четырёх стадий: 1 – введение в культуру *in vitro*; 2 – массовое размножение; 3 – укоренение микропобегов; 4 – акклиматизация или адаптация к условиям *ex vitro* [15]. Для успешной инициации культуры необходима подготовка исходного материнского растения, которую выделяют в нулевую стадию. Она включает селекцию исходного генотипа и предобработку физическими (свет, температура) или химическими факторами для снижения контаминации, что способствует лучшему развитию эксплантов *in vitro* [15]. Практически для всех типов эксплантов необходимо удаление микроорганизмов с их поверхности. Это достигается с помощью использования различных стерилизующих агентов (гипохлорита натрия, хлорида ртути, перекиси водорода и др.). На первой стадии асептические экспланты помещают на питательные среды. Далее подбирают условия для индукции массового побегообразования (стадия 2). Успешность и эффективность прохождения этой стадии зависит от различных факторов, таких как особенности генотипа исходного растения, состав сред, выбор регуляторов роста (ауксинов, цитокининов) и их концентраций, физических условий культивирования (свет, температура, влаж-

ность). Последующая стадия укоренения также во многом определяется указанными выше факторами. Важно, чтобы на этой стадии микропобеги имели определенную высоту, так как интенсивное размножение приводит к образованию массы укороченных микропобегов. По этой причине стадию укоренения разделяют на этапы: 3а – элонгация побегов и 3б – укоренение [11]. Для стимуляции корнеобразования используют ауксины (ИМК, ИУК или НУК).

Заключительная четвёртая стадия – адаптация регенерантов к условиям *ex vitro* является наиболее сложной и трудоёмкой при коммерческом использовании технологии клонального микроразмножения [17]. Пробирочные растения развиваются в уникальной микросреде, специально подобранной для обеспечения минимального стресса и оптимальных условий для мультипликации. Эти условия характеризуются стерильностью, высокой влажностью, низким уровнем освещенности, значительным содержанием сахаров и питательных веществ, обеспечивающим гетеротрофное питание побегов. Для успешного прохождения акклиматизации растений *ex vitro* постепенно снижают влажность и одновременно повышают интенсивность освещения. Положительное воздействие на адаптацию микроклонов оказывает обогащение атмосферы CO₂, что позволяет снизить потерю влаги растениями путём закрытия устьиц [22].

Второй тип клонального микроразмножения – индукция возникновения почек или эмбрионов *de novo*. Соответственно регенерация в этом случае может идти либо путём органогенеза с формированием монополярных структур, либо путём соматического эмбриогенеза (эмбриоидогенеза), при котором образуются биполярные структуры – соматические эмбриониды [30]. Соматические эмбриониды проходят в своём развитии все стадии, соответствующие стадиям развития зиготических зародышей (глобулярную, сердечковидную и торпедовидную) и далее развиваются в проросток [30]. Процессы органогенеза и соматического эмбриогенеза могут происходить прямым или косвенным – через образование каллуса. При этом регенеранты, полученные из соматических эмбрионидов имеют преимущество перед регенерантами, развившимися из адвентивных почек, так как имеют и побег, и корень, а их развитие находится под контролем собственной гормональной системы [1]. Процесс регенерации растений через соматический эмбриогенез включает следующие ста-

дии: 1) скрининг эмбриогенных генотипов; 2) индукцию соматических эмбриоидов; 3) развитие эмбриоидов; 4) созревание эмбриоидов; 5) превращение эмбриоидов в растения; 6) развитие растений [12]. Успешность прохождения каждой стадии зависит от многих факторов – состава сред (включая регуляторы роста и желирующие агенты), действия физических факторов (света, температуры), продолжительности культивирования. Оптимизация протоколов способствует улучшению качества соматических эмбриоидов и определяет успех микроразмножения ценных генотипов. Эти технологии успешно используются для массового тиражирования высокопродуктивных, устойчивых к патогенам чистых линий растений для создания лесосеменных плантаций [6]. Важным преимуществом подхода является возможность получения искусственных семян (synseeds) – соматических эмбриоидов, заключенных в гелевую оболочку с питательными веществами, защищающую их от пересыхания. Следует заметить, что в настоящее время разрабатываются эффективные технологии инкапсулирования не только эмбриоидов, но и апикальных или пазушных почек различных декоративных кустарников, например сирени (*Syringa vulgaris* L.) [24].

Одной из проблем, возникающих при клональном микроразмножении растений, является сложность управления морфогенетическими процессами *in vitro*. Поскольку используемые экспланты состоят из нескольких типов клеток, различающихся по форме, размеру, положению, функциям, содержанию ДНК, их реакция на воздействие регуляторов роста, условия среды и культивирования часто не поддается контролю. Результатом клеточной гетерогенности эксплантов является сложный органогенный ответ, когда из одного экспланта одновременно формируются каллус, побеги, корни и соматические эмбриониды [27]. Технологии с использованием тонких слоёв клеток (thin cell layers, TCL), разрабатываемые последние 30 лет, нацелены на управление процессами морфогенеза и регенерации растений *in vitro* путём координации условий культивирования и используемых в этой системе экзогенных регуляторов роста [34]. Небольшие по размеру экспланты, содержащие ограниченное число клеток тканей определённого типа могут быть получены за счёт поперечных или продольных срезов из различных органов, начиная от частей цветка и заканчивая корнями растений. Продольные срезы содержат только

один тип, например, монослой эпидермальных клеток, в то время как поперечные – небольшое число клеток из разных типов тканей (эпидермальной, субэпидермальной, камбиальной и др.) [36]. Такой подход решает в первую очередь проблемы, связанные с начальными этапами культивирования и регенерации. Кроме того, методика позволяет освободиться от вирусов и других инфекций [27]. Показано успешное применение этой системы для клонирования роз, пеларгоний, ирисов, гладиолусов, петуний, дендрантем, тополей и ряда хвойных, причём коэффициент размножения существенно выше, чем при использовании других технологий *in vitro* [16; 27; 35]. По мнению исследователей, возможности применения TCL-методов не ограничены их использованием для массового размножения декоративных и садовых культур, но и являются инструментом для обогащения генотипов ценными признаками с помощью молекулярно-генетических подходов [34; 35]. Пока работы по использованию TCL-систем для введения новых генов единичны, но они показывают эффективность использования эксплантов с определенной клеточной структурой и контролируемой системой регенерации для получения нехимических трансгенных растений [33].

Усовершенствование технологий клонального микроразмножения

Несмотря на существенные преимущества, которые имеют методы клонального микроразмножения (идентичность родительскому генотипу, освобождение от инфекций, высокий коэффициент размножения, круглогодичный цикл выращивания, незначительные производственные площади) эти технологии не всегда являются коммерчески выгодными из-за высокой стоимости ручного труда на всех этапах культивирования. По оценкам специалистов затраты на ручной труд составляют более 70 % конечной стоимости продукта [37]. Для преодоления этих проблем разработано несколько стратегических подходов. В ряде работ предложено использование культивирования в жидких средах или, комбинируя жидкие среды с агаризованными, в цикле культивирования [23]. В жидкой среде достигается лучший контакт между тканями экспланта и питательными элементами среды, включая регуляторы роста, что способствует улучшению роста побегов и корней [38]. В условиях постоянного встряхивания жидких культур эффект апикального доминирования существ-

венно снижен, поэтому отмечается индукция и пролиферация множества пазушных почек. Это приводит к формированию кластеров, в которых побеги редуцированы до почек. Такие кластеры представляют собой плотно упакованные, активно делящиеся меристематические очаги, формирующие новые меристематические очаги на внешней поверхности [40]. Условия постоянного встряхивания улучшают аэрацию сред, что также способствует быстрому росту культур. Так, коэффициент размножения некоторых сортов рододендронов в жидкой среде был в 10 раз выше по сравнению с размножением на агаризованных средах [13]. Культивирование *Rosa chinensis* в жидких средах было более эффективным, чем в системе жидкая среда/агаризованная среда и в варианте только с агаризованной средой [9]. Несмотря на многообещающие результаты, этот подход не нашёл широкого применения для массового размножения декоративных культур, поскольку основной проблемой культивирования в жидких средах является гипергидратация (витрификация) побегов. Это явление возникает при микроразмножении как травянистых, так и древесных видов не только в жидких средах, но и при использовании твёрдых сред с низким содержанием агара [19]. Для преодоления гипергидратации используют ретарданты, ингибиторы биосинтеза гиббереллина, снижающие рост побегов [38; 39]. Однако ряд видов при выращивании в жидких средах не проявляют признаков гипергидратации и могут успешно культивироваться в этих условиях [23]. Примером может служить размножение орхидей: по данным В. Пайпер и К. Зиммер за 98 дней культивирования в жидкой среде удаётся получить более 1,1 кг протокормов *Cymbidium* [26].

Следующий шаг в направлении снижения затрат и усовершенствования технологий клонального размножения декоративных растений, позволяющий осуществить механизацию и автоматизацию процессов при выращивании в жидких средах – использование биореакторов. Ранее биореакторы в биотехнологии растений использовали, главным образом, для получения вторичных метаболитов в суспензионных культурах или в культурах «бородатых» (hair) корней. Эти приборы представляют собой строго контролируруемую замкнутую систему, в которой в жидкой среде поддерживаются стерильность и оптимальные условия для выращивания культур. Биореакторы оснащены специальной аппаратурой для перемешивания, аэрации, контроля температуры, рН

и др. [25]. Впервые С. Такаяма и М. Мисава использовали биореакторы для микроразмножения бегоний в 1981 г. [31]. С тех пор появилось много данных по применению этого подхода для размножения меристем, органогенных и эмбриогенных культур различных видов растений, включая филодендроны, папоротники, спатифилумы, лилии, тополя, а также для ранних стадий соматического эмбриоидогеза хвойных [14; 32]. Опубликованы несколько обзорных статей, освещающих различные аспекты применения биореакторов [25; 32; 40]. По оценкам специалистов за счёт использования биореакторов можно снизить стоимость единицы продукции при размножении клонов через органогенез на 35 % [40]. Применение полуавтоматических систем при получении соматических эмбриоидов сокращает затраты на 24 % [10]. Значительное внимание уделяется возможности автоматизации повторяющихся процедур: изоляции, отделения и переноса почек, побегов, растеньиц в процессе мультипликации и др. [40]. Однако разработка и внедрение новых роботизированных систем и приборов визуального контроля может привести к существенному увеличению стоимости конечной продукции [40].

Эффективные подходы к оптимизации затрат от использования технологии фотоавтотрофного микроразмножения до создания специальных «закрытых систем» представлены в обзорах Т. Козай [20; 21]. Автором показана возможность коммерческого производства растений высокого качества, используя минимум электричества, воды, CO₂, ручного труда на ограниченных площадях, не загрязняя окружающую среду.

Развитие биотехнологических подходов к размножению растений в ботанических садах

Ботанические сады в современном урбанизированном обществе выполняют множество функций, важнейшей из которых является сохранение биоразнообразия [3; 4; 8]. Собранные богатейшие коллекции растений, адаптированных к местным климатическим условиям, являются не только основой для развития ботанических исследований, но и служат источниками пополнения ассортимента для озеленения городов. Согласно современным тенденциям ботанические сады, постоянно пополняя ресурсы и расширяя используемые технологии, становятся важными элементами национального природного и культурного наследия [3].

Во многих ботанических учреждениях (академических, университетских, региональных) созданы лаборатории биотехнологии. В их задачи, наряду с сохранением и размножением *in vitro* редких исчезающих растений, входит воспроизводство высоко декоративных видов, сортов, гибридов и форм [5]. Важно заметить, что залогом успеха этих исследований является тесное сотрудничество биотехнологов и ботаников, а также селекционеров, хорошо знающих биологические особенности интродуцентов, новых гибридов и форм, вводимых в культуру *in vitro*.

В лаборатории биотехнологии Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН создана и постоянно пополняется коллекция *in vitro* декоративных растений, включающая 25 видов, сортов и гибридов зарубежной и отечественной селекции рода *Rhododendron* (сем. Ericaceae), 11 сортов сирени (сем. Oleaceae), 3 сорта клематисов (сем. Ranunculaceae), декоративные гибриды и формы ольхи (сем. Betulaceae), а также лилейники, лилии, хосты, гейхеры, декоративные луки и др. Многие виды и сорта из коллекции являются новыми объектами для зелёного строительства. Так, например, рододендроны, отличающиеся высочайшей декоративностью, практически не используются в нашей стране для озеленения, поскольку недостаточно изучена биология их развития и отсутствуют питомники для размножения. Основой нашей коллекции рододендронов являются дикорастущие виды, хорошо адаптированные к местным условиям, а также морозостойчивые сорта и гибриды финской и североамериканской селекции.

Большинство объектов введены в культуру *in vitro* путём активации развития существующих меристем, как наиболее надёжным способом воспроизведения растений, генетически идентичных исходным формам. Проводятся исследования по определению морфогенетического потенциала и особенностей регенерации видов, оценивается влияние на процессы микроразмножения генетических особенностей материнского растения типа экспланта и сроков его изоляции, условий культивирования (состава сред, регуляторов роста и их концентраций), а также физических факторов. Полученные растения-регенеранты проходят адаптацию к условиям *ex vitro* в теплице, а затем – в открытом грунте. В дальнейшем они могут быть использованы для доращивания в специализированных питомниках. Полученный посадочный материал высокого качества

имеет преимущества перед растениями, поставляемыми в Сибирь из Западной Европы, так как в качестве маточных растений используются отборные морозостойчивые сорта и формы, а растения-регенеранты проходят адаптацию в суровых сибирских условиях.

Заключение

Развитие технологий культивирования изолированных органов, тканей и клеток в ботанических садах открывает принципиально новые возможности для решения фундаментальных и прикладных задач. Исследования процессов пролиферации, клеточной дифференцировки, органогенеза, соматического эмбриогенеза и регенерации растений имеют теоретическое значение для познания основ морфогенеза и биологии развития в целом. Инновационный аспект биотехнологических исследований заключается в разработке эффективных технологий массового размножения наиболее перспективных видов и сортов, обладающих не только высокой декоративностью, но и способностью к адаптации в сложных экологических условиях урбанизированных территорий Сибири.

Исследования выполнены при поддержке гранта № 23 по Программе Президиума РАН «Биологическое разнообразие».

Литература

1. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе / Р. Г. Бутенко. – М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.
2. Катаева Н. В. Клональное микроразмножение растений / Н. В. Катаева, Р. Г. Бутенко – М.: Наука, 1983. – 96 с.
3. Кузеванов В. Я. Ботанические сады как экологические ресурсы / В. Я. Кузеванов, С. В. Сизых // Вестн. ИРГСХА. – 2010. – Вып. 40. – С. 24–36.
4. Международная программа ботанических садов по охране растений. – М.: Междунар. совет ботан. садов по охране растений. Botanic Gardens Conserv. Intern, 2000. – 57 с.
5. Новикова Т. И. Сохранение редких и полезных растений в коллекции Центрального Сибирского ботанического сада / Т. И. Новикова, А. Ю. Набиева, Т. В. Полубоярова // Вестн. ВОГиС. – 2008. – Т. 12, № 4. – С. 564–572.
6. Перспективы применения методов биотехнологии для размножения генетически ценных форм лесных древесных видов / И. Н. Третьякова [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – Т. 24, № 2–3. – С. 309–318.
7. Сельскохозяйственная биотехнология / В. С. Шелуха [и др.]. – М.: Высш. шк., 2008. – 710 с.

8. Стратегия ботанических садов России по сохранению биологического разнообразия растений. – М. : Красная Звезда, 2003. – 32 с.
9. Chu C. Y. Effect of liquid culture on the growth and development of miniature rose (*Rosa chinensis* Jacq. 'Minima') / C. Y. Chu, S. L. Knight, M. A. L. Smith // Plant Cell Tissue Organ Cult. – 1993. – Vol. 32. – P. 329–334.
10. Cervelli R. Economic analysis of automated embryogenesis / R. Cervelli, T. Senaratna // Automation and environmental control in plant tissue culture / J. Aitken-Christie, T. Kozai, M. A. L. Smith (eds.) Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands. – 1995. – P. 29–64.
11. Debergh P. C. A scheme for a commercial propagation of ornamental plants by tissue culture / P. C. Debergh, L. J. Maene // Sci. Hortic. – 1981. – Vol. 4. – P. 335–345.
12. Denchev P. D. Somatic embryo production in bioreactors / P. D. Denchev, A. I. Kuklin, A. H. Scragg // J. Biotechnol. – 1992. – Vol. 26. – P. 99–109.
13. Douglas G.C. Propagation of eight cultivars of *Rhododendron in vitro* using agar-solidified and liquid media and direct rooting of shoots *in vivo* / G. C. Douglas // Scientia Horticulturae. – 1984. – Vol. 24. – P. 337–347.
14. Eide A. K. Liquid culture systems for plant propagation / A. K. Eide, C. Munster, P. H. Heyerdahl // Acta Hortic. – 2003. – Vol. 625. – P. 173–185.
15. George E. F. Micropropagation: uses and methods / E. F. George, P. C. Debergh // Plant propagation by tissue culture / E. F. George, M. A. Hall, G. J. De Klerk (eds.) – 3rd ed. – Dordrecht. – Netherlands : Springer, 2008. – P. 29–64.
16. Gill R. High-frequency direct embryogenesis in thin layer cultures of hybrid seed geranium (*Pelargonium*) / R. Gill, J. Gerrath, P. K. Saxena // Can. J. Bot. – 1992. – Vol. 71. – P. 408–413.
17. Hazarika B. N. Acclimatization of tissue cultured plants / B. N. Hazarika // Curr. Sci. – 2003. – Vol. 85. – P. 1705–1712.
18. Khayat E. Biotechnological approaches to breeding of ornamental crop plants / E. Khayat // Biotech. Adv. – 1990. – Vol. 8. – P. 347–357.
19. Kevers C. Huperhydricity of micropropagated shoots: a typically stress-induced change of physiological state. / C. Kevers, T. Franck, R. J. Strasser // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2004. – Vol. 77. – P. 181–191.
20. Kozai T. Photoautotrophic (sugar-free medium) micropropagation systems for large-scale commercialization / T. Kozai, Y. Xiao, Q. T. Nguyen // Propag. Ornam. Plants. – 2005. – Vol. 5. – P. 23–34.
21. Kozai T. Propagation, grafting and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan / T. Kozai // Propag. Ornam. Plants. – 2007. – Vol. 7. – P. 145–149.
22. Matysiak B. Carbon dioxide enrichment, light, and mineral nutrition for stimulation of growth of *in vitro* propagated *Gerbera* / B. Matysiak, J. Nowak // Propag. Ornam. Plants. – 2001. – Vol. 1. – P. 20–24.
23. Mehrotra S. Efficiency of liquid culture systems over conventional micropropagation: A progress towards commercialization / S. Mehrotra, M. K. Goel, A. K. Kukreja // African J. of Biotechnol. – 2007. – Vol. 6. – P. 1484–1492.
24. Ozden-Tokatli Y. Encapsulation techniques for the production and conservation of synthetic seeds in ornamental plants / Y. Ozden-Tokatli, A. De Carlo, F. Gumusel // Propag Ornam Plants. – 2008. – Vol. 8. – P. 17–22.
25. Paek K.Y. Application of bioreactors for large scale micropropagation systems of plants / K. Y. Paek, E. J. Hahn, S. H. Son // In vitro Cell Dev. Biol. Plant. – 2001. – Vol. 37. – P. 149–157.
26. Pieper W. Clonal propagation of *Phalaenopsis in vitro* / W. Pieper, K. Zimmer // Acta Hort. – 1976. – Vol. 64. – P. 21–23.
27. Rout G. R. Tissue culture of ornamental pot plant: A critical review on present scenario and future prospects / G. R. Rout, A. Mohapatra, S. M. Jain // Biotechnology Advances. – 2006. – Vol. 24. – P. 531–560.
28. Sachs T. Release of lateral buds from apical dominance / T. Sachs, K. V. Thimann // Nature. – 1964. – Vol. 201. – P. 939–940.
29. Skoog F. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro* / F. Skoog, C. O. Miller // Symp Soc Exp Biol. – 1957. – Vol. 11. – P. 118–131.
30. Steward F. C. Growth and development of totipotent cells; some problems, procedures and perspectives / F. C. Steward, P. V. Ammirato, M. O. Mapes // Ann. Bot. – 1970. – Vol. 34. – P. 761–787.
31. Takayama S. Mass propagation of *Begonia hiemalis* plantlets by shake culture / S. Takayama, M. Misawa // Plant Cell Physiol. – 1981. – Vol. 22. – P. 461–467.
32. Takayama S. Practical aspects of bioreactor application in mass propagation / S. Takayama // Ist Int. Symp. "Liquid systems for *in vitro* mass propagation of plants", 29th May – 2nd June, Norway. – Norway, 2002. – P. 60–62.
33. Teixeira da Silva J. A. Increasing transient and subsequent stable transgene expression in chrysanthemum (*Dendranthema x grandiflora* (Ramat.) Kitamura) following optimization of particle bombardment and argoinfection parameters / J. A. Teixeira da Silva, S. Fukai // Plant Biotechnol. – 2002. – Vol. 19. – P. 229–240.
34. Teixeira da Silva J. A. Thin cell layer technology in ornamental plant micropropagation and biotechnology / J. A. Teixeira da Silva // African J. of biotech. – 2003. – Vol. 2. – P. 683–691.
35. Teixeira da Silva J. A. Thin cell layers: developmental building blocks in ornamental biotechnology / J. A. Teixeira da Silva, Van K. Tran Thanh, S. Biondi // Floricultural and ornamental biotechnology. – 2007. – Vol. 1. – P. 1–13.
36. Tran Thanh Van K. Control of morphogenesis by inherent and exogenously applied factors in thin cell

layes / Van K. Tran Thanh // International review of Cytology. – 1980. – Vol. 32. – P. 291–311.

37. Welander M. Factors influencing conventional and semi-automated micropropagation / M. Welander, L. Zhu, X. Li // Propag. Ornamen. Plants. – 2007. – Vol. 7. – P. 103–111.

38. Ziv M. Enhanced shoot and cormlet proliferation in liquid cultured gladiolus buds by growth retar-

dants / M. Ziv // Plant Cell Tissue Organ Culture. – 1989. – Vol. 17. – P. 101–110.

39. Ziv M. The effect of growth retardants on shoot proliferation and morphogenesis in liquid cultured gladiolus plants / M. Ziv // Acta Hort. – 1990. – Vol. 280. – P. 207–214.

40. Ziv M. Bioreactor technology for plant micropropagation / M. Ziv // Hortic. Rev. – 2000. – Vol. 24. – P. 1–30.

The use of biotechnology in ornamental plant propagation

T. I. Novikova

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk

Abstract.: Biotechnical procedures based on the totipotency of cells are an important instrument for propagation of ornamental plants. An overview on the *in vitro* methods, including propagation via meristem culture, thin cell layer, regeneration via organogenesis, somatic embryogenesis is presented. The innovative role of botanical gardens in the development and practical uses of biotechnological approaches is discussed.

Key words: biotechnology, clonal micropropagation, ornamental plants, botanical gardens, biodiversity, innovation

Новикова Татьяна Ивановна
Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН
630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, д. 101
доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
тел.: (383) 330-41-01
E-mail: nta_plant@nsk.ru

Novikova Tatiana Ivanovna
Central Siberian Botanical Garden SB RAS
101, Zolotodolinskaya St., Novosibirsk, 630090
D. Sc. in Biology, senior research scientist
phone (383) 330-41-01
E-mail: nta_plant@nsk.ru