

УДК 630*181.51:630*232.411.4:631.53.033:630*228.7

М. А. Кодун-Иванова, научный сотрудник (Институт леса НАН Беларуси)

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА БЕРЕЗЫ И ОСИНЫ ДЛЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВОДСТВА

В некоторых странах СНГ еще недостаточно полно разработана и используется на производстве технология массового выращивания микроклонально размноженного посадочного материала для создания целевых плантаций. В силу этого не рассчитана себестоимость такого посадочного материала и целесообразность его выращивания. В данной статье определены затраты на выращивание микроклонально размноженного посадочного материала березы и осины для нужд плантационного лесовыращивания в Беларуси, начиная от этапа *in vitro* и заканчивая готовыми к посадке растениями, прошедшими адаптацию *ex vitro* и доращивание в теплице на производстве.

In some CIS countries are not fully developed and used in the production technology of mass cultivation micropropagation of planting stock to forest plantations. Because of this, do not calculate the costs of the seed and the feasibility of its cultivation in the CIS countries. This article assumes that the cost of cultivation of micropropagation planting birch and aspen for the needs of plantation forest growing in Belarus of *in vitro* to *ex vitro* conditions and planted in the greenhouse.

Введение. Плантационное лесовыращивание имеет огромное значение в лесном хозяйстве разных стран мира, так как специализированные плантации получают множество преимуществ по сравнению с многоцелевыми лесами искусственного и естественного происхождения, обеспечивающие более низкую себестоимость получения сырья при интенсивных технологиях. Для создания специализированных плантаций необходимо использовать генетически улучшенный посадочный материал (формы древесных пород с повышенной продуктивностью), что позволяет формировать древостой с необходимой сортовой структурой и сокращенными сроками лесовыращивания.

Улучшение признаков древесных растений длительное время было основано на традиционных методах селекции, которые включают отбор плюсовых деревьев и контролируемые скрещивания между ними, однако применение таких методов ограничивается большой длительностью репродуктивного цикла, а высокий уровень гетерозиготности лесных древесных видов является препятствием для сохранения ценных гибридных деревьев в ходе семенного размножения.

В настоящее время в процессе сортовой селекции древесных растений традиционные методы селекции дополнены новыми биотехнологическими методами. Удобным вариантом для получения генетически однородного селекционного посадочного материала является метод микроклонального размножения. В Республике Беларусь разрабатывается технологический регламент выращивания микроклонально раз-

множенного посадочного материала наиболее перспективных местных быстрорастущих древесных пород – представителей родов *Populus* и *Betula*.

Ограничивающим фактором развития растений при промышленном выращивании микроклональных растений являются трудности адаптации *ex vitro*. Возврат растений в естественные нестерильные условия сопровождается значительным стрессом, так как регенеранты должны приспособиться к новому режиму влажности, освещения и питания, а также к высокой патогенной нагрузке. Адаптация растений к нестерильным условиям является обязательным этапом клонального микроразмножения. На этом этапе часто погибает значительная часть (80–95%) посадочного материала [1], так как растения *in vitro* представляют собой специфический морфотип растений, которые должны адаптироваться к нестерильным условиям *ex vitro* (пониженная влажность, более высокая интенсивность света, новые условия получения источника углерода, патогенная микрофлора почвы и окружающей среды), существенно отличающимся от условий культивирования в пробирке (повышенная влажность, дефицит углекислого газа, все питательные вещества в агарозном субстрате, в том числе источник углерода – сахароза). Кроме того, в нестерильных условиях транспирация микрорастений должна стать контролируемой, тургор должен поддерживаться налаженными процессами верхнего и нижнего концевых двигателей, и, в целом, растение должно осуществлять свои жизненные процессы, сформировавшиеся в течение миллиардов лет эволюции. Поэтому при

выращивании микроклонально размноженного посадочного материала следует учитывать необходимость проведения контролируемых мероприятий по адаптации растений к новым условиям роста, что, несомненно, повлияет на себестоимость выращенного растения.

Основная часть. Для начала следует определить себестоимость пробирочных растений *in vitro*, требующих соблюдения особых условий: стерильность, постоянные оптимальные условия влажности и освещенности воздуха, а также продолжительность каждого пассажа (перенос или трансплантация клеток из одного культурального сосуда в другой). В общем, расчеты, проведенные в лаборатории генетики и биотехнологии Института леса НАН Беларуси, показывают, что основную долю затрат на выращивание микрорастений составляет стоимость электроэнергии, необходимой для проведения всех технологических операций при микроразмножении (табл. 1). Одно микрорастение березы или осины исходя из этих расчетов стоит 450 руб., или 0,05 дол. США (курс Национального банка Республики Беларусь от 20.12.2012), а тысяча растений, соответственно, стоит 50 дол. США.

Процесс адаптации, необходимый при выращивании микроклональных растений, должен включать в себя оптимизацию состава субстрата, уровня освещенности и качества спектра света, фотопериод, уровень влажности воздуха и оптимальный полив растений. Важно выделить критические этапы адаптации растений, требующих проведения специальных технологических приемов по минимизации затрат на проведение данных этапов. Такими этапами являются,

во-первых, этап непосредственной пересадки в почвенные нестерильные условия, когда растения испытывают сложный стресс. Данный этап длится около месяца. Во-вторых, этап дозревания от одного месяца до момента пересадки растений в теплицу. В зависимости от времени года этот этап имеет разную продолжительность и свои особенности (плавное снижение влажности воздуха, искусственное введение растений в фазу покоя за счет изменения фотопериода и температуры воздуха), что, несомненно, сказывается на себестоимости выращивания микроклонального растения. Далее следует пересадка растений в теплицу, что также является стрессовым этапом в их жизни.

Адаптация регенерантов в течение первого месяца в лабораторных условиях предполагает наличие высокой влажности воздуха (90–100%), фотопериода 16/8 и постоянного ухода. Соблюдение данных условий определяет расходы в 398,3 тыс. руб./тыс. растений (табл. 2). При выращивании микрорастений березы и осины в условиях теплицы стоит учитывать, что специализированного ухода регенеранты к себе не требуют, т. е. затраты на выращивание таких растений не будут отличаться от затрат на выращивание любых лиственных пород с закрытой корневой системой. Единственное отличие – это состав субстрата, используемого для той или иной породы.

По данным Республиканского лесного селекционно-семеноводческого центра (далее РЛССЦ), прямые затраты на выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в теплице составляют 44,1 тыс. руб./тыс. растений (цена на 01.09.2011).

Таблица 1

Затраты на выращивание микроклонально размноженных растений осины (березы) в лабораторных условиях *in vitro* (цена на 01.09.2012)

Наименование и содержание работ	Количество человеко-дней	Заработная плата за 1 день, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб./тыс. растений	Сумма, тыс. руб./100 тыс. растений
Выращивание регенерантов березы или осины в пробирке (микрочеренкование растений, посадка на питательные среды в стерильных условиях, уход за микрорастениями в пробирках)	3	58,0	174,0	17 400,0
Расходы питательных субстратов и воды на этапе микроразмножения <i>in vitro</i> (питательная среда WPM, вода для мытья посуды, субстрат для последнего пассажа)			29,15	2 915,0
Затраты электроэнергии (на этапах <i>in vitro</i> и первого месяца <i>ex vitro</i>) на работу электрооборудования при микроразмножении и выращивании микрорастений в пробирках			247,25	24 725,0
<i>Всего расходов</i>			450,4	45 040,0

Таблица 2

Затраты на выращивание микроклонально размноженных растений осины (березы) за первый месяц адаптации *ex vitro* в лабораторных условиях (цены на 01.09.2012)

Наименование и содержание работ	Количество человеко-дней	Заработная плата за 1 день, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб./тыс. растений	Сумма, тыс. руб./100 тыс. растений
Посадка в субстрат и уход за регенерантами березы или осины	6	58,0	348,0	34 800,0
Расходы на приготовление субстрата и вода для полива			50,27	5 027,0
<i>Всего расходов</i>			398,27	39 827,0

В результате проведенных исследований было установлено, что для выращивания растений осины в теплице наилучшим образом подходит субстрат, состоящий из 3 частей верхового торфа и 1 части неочищенного речного песка. Для выращивания регенерантов березы подходит состав из 5 частей верхового торфа и 1 части агроперлита с добавлением доломитовой муки и комплексного удобрения (табл. 3). В данном случае обеспечивается 90–96% приживаемости регенерантов березы и 98–100% – регенерантов осины. В итоге, стоимость выращивания регенерантов осины в теплице снижается только за счет стоимости субстрата. Прямые затраты на приготовление 1 м³ субстрата без стоимости сырья и материалов составляют 48,416 тыс. руб. (РЛССЦ).

Для выращивания посадочного материала ячейка с субстратом должна иметь объем 1,5 л для березы и 2 л для осины. Таким образом, на 1 тыс. растений березы требуется 1,5 м³ субстрата, осины – 2 м³ субстрата. В итоге себестоимость посадочного материала рассчитывают с учетом стоимости прямых затрат на его выращивание и стоимости адаптированного посадочного материала, которая составит:

1) для микроклонально размноженных растений березы: 450,4 + 398,27 + 44,1 + 72,624 (затраты на приготовление 1,5 м³ субстрата) +

+ 292,2 (стоимость 1,5 м³ торфо-перлитного субстрата) = 1257,6 тыс. руб./тыс. растений;

2) для микроклонально размноженных растений осины: 450,4 + 398,27 + 44,1 + 96,832 (затраты на приготовление 2 м³ субстрата) + 147,6 (стоимость 2 м³ торфо-песчаного субстрата) = 1137,2 тыс. руб./тыс. растений.

Стоит отметить, что при создании плантационных лесных культур из микроклонально размноженного посадочного материала в Эстонии два года назад была рассчитана стоимость одного микроклонального растения гибридной осины, которая составила 0,7 евро [2].

Если учитывать, что затраты на выращивание посадочного материала в теплице РЛССЦ рассчитаны на III квартал 2011 г., то стоимость одного растения березы составляет 0,16 евро, осины – 0,15 евро (курс Национального банка Республики Беларусь от 01.09.2011), что в 3,5 раза ниже стоимости одного растения гибридной осины в Эстонии.

При создании плантационных культур из микроклонально размноженной березы или осины следует учитывать, что их приживаемость и средний прирост может намного превышать соответствующие показатели дичков, используемых для создания плантационных культур в Беларуси, к тому же качество данного посадочного материала намного превышает качество дичков.

Таблица 3

Расчет стоимости субстрата, применяемого в теплице РЛССЦ (цены на 01.09.2011)

Наименование материала	Единица измерения	Необходимое количество	Цена за единицу продукции, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
Стоимость 1 м ³ торфо-перлитного субстрата для выращивания микроклональных растений березы				
Торф верховой кипированный	м ³	1	96,0	96,0
Доломитовая мука	кг	4	4,2	16,8
Удобрение PG-Mix	кг	2	25,0	50,0
Агроперлит	м ³	0,2	160,0	32,0
<i>Всего расходов</i>				194,8
Стоимость 1 м ³ торфо-песчаного субстрата для выращивания микроклональных растений осины				
Торф верховой кипированный	м ³	0,75	96,0	72,0
Песок	м ³	0,25	7,3	1,825
<i>Всего расходов</i>				73,8

Предварительные исследования, проведенные с растениями осины в количестве 772 микроклональных растений клона белорусской селекции и 96 растений осины примерно того же возраста (местная осина семенного и порослевого происхождения), показали, что за первый год выращивания микроклональных растений осины погибло 6%, а местной (дички) – 75%.

Опытные культуры были расположены на землях, выведенных из-под сельскохозяйственного пользования, и недалеко от леса, в связи с чем в первые полгода выращивания (за зимний сезон) грызунами и дикими животными было повреждено большое количество деревьев (32% растений местного происхождения и 27% микроклонального), что могло сказаться на годовой приживаемости растений.

Аналогичные исследования были проведены и для растений рода береза в количестве 484 микроклональных растений и 203 дичков примерно того же возраста (местная береза семенного происхождения). Культуры были созданы на свежей вырубке. Березу местного происхождения в посадочные ямы высаживали без земляного кома, а так как в раннелетний период на данной территории стояла аномально жаркая погода, то это стало причиной усыхания растений (32%). За первый год выращивания микроклональных растений погибло 3%, а местного происхождения – 42%.

Такие результаты связаны со специфичностью микроклонально размноженных растений, поскольку это посадочный материал с закрытой корневой системой, то целесообразно его использование в исключительно неблагоприятных условиях, где посадка саженцев с открытыми корнями дает неудовлетворительные результаты. Таким образом, за первый год выращивания в условиях лесных культур микроклональные растения сохранили высокую приживаемость – 94–97%, в то же время отпад растений местного происхождения составил 42–75%. Данные исследования следует повторить, сравнив условия посадки (посадить все растения с закрытой корневой системой).

Следует учитывать, что расположение посадочных мест для микроклональных растений не должно быть слишком частым, как рекомендовано при создании топливно-энергетических плантаций [3], так как в данном случае для удешевления стоимости создания плантации проведение рубок ухода не требуется. Зару-

бежными авторами при создании плантаций из микроклонально размноженных растений рекомендуется размещение посадочных мест 4×4 м [4], или 1000–1400 растений/га [2]. Было отмечено, что в зависимости от плотности посадки стоимость 1 га плантации микроклонально размноженной гибридной осины может колебаться в пределах 1200–2200 евро/га [2].

Заключение Использование микроклонально размноженных растений, генетически однородных потомков селекционно отобранного материнского дерева, целесообразно при создании целевых плантаций при условии, что за ними будет проведен соответствующий уход в первые несколько лет. В дальнейшем проведение ухода экономически не выгодно – быстрорастущие древесные породы с коротким оборотом рубки через 2–3 года после посадки выйдут из-под конкурирующего действия высокой травяной растительности. Затраты на выращивание микроклонально размноженного посадочного материала березы или осины в Беларуси в несколько раз меньше, чем в странах СНГ: использование такого ценного материала в условиях республики уместно для создания специализированных плантаций.

Литература

1. Микроклональное размножение сортов и подвоев косточковых культур: метод. указания / В. Г. Трушечин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 16 с.
2. Tullus, H. Hybrid aspen plantations: a new tree for energy and pulp in boreal Estonia / H. Tullus, T. Soo, A. Tullus [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.skog.is/~skogis/images/stories/fundir/2009/estonia2.pdf>. – Date of access: 15.11.2012.
3. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь: ТКП 047-2009 (02080). – Введ. 15.08.2009 (взамен ТКП 047-2006). – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2009. – 105 с.
4. Машкина, О. С. Опыт создания плантационных культур осины на основе использования технологии *in vitro* / О. С. Машкина, Ю. Н. Исаков // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 8–10 сент. 2009 г. – Гомель, 2009. – С. 105–108.

Поступила 21.01.2013