

**ЦЕНТРАЛЬНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ЛЕСНАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ
Филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного хозяйства»**

*Памяти академика ВАСХНИЛ А. С. Яблокова
и его ученика – заслуженного лесовода России,
кандидата сельскохозяйственных наук С. Н. Багаева*

Е. С. Багаев, С. С. Макаров, С. С. Багаев, С. А. Родин

**ИПОЛИНСКАЯ ОСИНА:
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ**

Монография

Пушкино
2021

УДК 630.2
ББК 43.8
И88

Исполинская осина: биологические особенности и перспективы плантационного выращивания : моногр. / Е. С. Багаев, С. С. Макаров, С. С. Багаев, С. А. Родин. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2021. – 72 с.

Рис. 18. Табл. 13. Библиография 96 наименований.

ISBN 978–5–94219–267–9

Рецензенты:

- В. В. Шутов** доктор биологических наук, профессор кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, ФГБОУ ВО Костромской государственной университет;
- С. А. Бородий** доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и селекции, ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия;
- Д. Н. Клевцов** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии, экологии и биотехнологии, ФГАОУ ВО Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова.

В монографии представлены данные о биологических особенностях уникальных исполинских триплоидных клонов осины (*Populus tremula gigas*), обладающих высокими продуктивностью и устойчивостью к стволовой гнили, а также физико-механическими качествами древесины. Кратко описаны история изучения исполинской осины, ареал ее произрастания, наиболее характерные отличительные особенности, основные способы семенного и вегетативного размножения. Особое внимание уделено перспективам плантационного выращивания древесины осины с коротким циклом ротации с использованием высокопродуктивных триплоидных форм и достижений биотехнологии, в частности методом микроклонального размножения *in vitro*. В сжатой и доступной форме представлены современные методы выращивания ее посадочного материала. Даны практические рекомендации по размножению триплоидной осины и закладке лесосырьевых плантаций.

Монография предназначена для широкого круга специалистов лесного хозяйства, лесопромышленного и агропромышленного комплексов, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов специальностей, связанных с отраслями сельского и лесного хозяйства, лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, а также биологов и экологов.

© ФБУ ВНИИЛМ, 2021
© Е. С. Багаев, С. С. Макаров, С. С. Багаев, С. А. Родин, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1 Эколого-биологические особенности исполинской осины.....	6
1.1. Биологические особенности, распространение	6
1.2. Структура и физико-механические свойства древесины	9
Глава 2 История изучения, особенности роста и продуктивности исполинской осины	11
2.1. Краткая история изучения	11
2.2. Особенности роста и продуктивности исполинской осины в условиях Костромской области	15
2.3. Обобщение опыта создания клоновых лесосеменных плантаций с использованием посадочного материала исполинской осины	20
Глава 3 Основные способы размножения исполинской осины	24
3.1. Семенное размножение	24
3.2. Вегетативное размножение.....	25
3.2.1. Вегетативное размножение в природных условиях	25
3.2.2. Искусственное вегетативное размножение	26
Глава 4 Микроклональное размножение исполинской осины <i>in vitro</i> и выращивание посадочного материала.....	44
4.1. Общие сведения и методология микроклонального размножения древесных растений.....	44
4.2. История микроклонального размножения осины	46
4.3. Результаты исследований и методические рекомендации по микроклональному размножению исполинской осины в Костромской области	47
Глава 5 Перспективы плантационного выращивания триплоидной осины	54
5.1. Опыт плантационного лесовыращивания	54
5.2. Перспективы плантационного выращивания триплоидной осины	55
5.3. Практические рекомендации по плантационному выращиванию триплоидной осины	57
Заключение.....	59
Список использованной литературы	60
Обозначения и сокращения	66
Словарь терминов и определений.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Мировой опыт свидетельствует о широких возможностях ускоренного промышленного выращивания быстрорастущих насаждений плантационного типа для целей предприятий перерабатывающей промышленности и топливно-энергетических комплексов. Важные преимущества плантационного лесовыращивания – ускоренное получение целевой древесины (в 1,5–3 раза быстрее, чем традиционным способом) и возможность закладки плантаций в непосредственной близости от лесоперерабатывающих предприятий, благодаря чему снижаются транспортные издержки по доставке древесного сырья производителям.

В России одной из перспективных пород – продуцентов сырья и биотоплива для плантационного выращивания является осина (*Populus tremula* L.), одна из самых быстрорастущих и скороспелых древесных пород. Осина является одной из главных лесообразующих пород в Костромской области: общие площади и запасы осинников составляют около 10% всех лесов области и около 20% всех мягколиственных лесов, уступая первое место березе. За последние полвека общие запасы осинников возросли в 2,5 раза, а запасы перестойной осины – в 1,5 раза.

Современные технологии глубокой переработки древесины открывают новые направления использования древесины осины: производство древесного биотоплива, экологически чистых прессованных и композитных материалов, наноцеллюлозы, сырья для фармацевтической, пищевой, парфюмерной промышленности и т.д. Однако широкому использованию ее препятствует массовая повреждаемость стволов к возрасту спелости сердцевинной гнилью, вызываемой ложным осиновым трутовиком (*Phellinus tremulae* (Bond.) Bond. Et. Boris.). Таких осинников в Костромской области более 70%, а средний выход деловой древесины не превышает 30% [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014], в связи с чем необходима организация работ по селекции осины на устойчивость к гнилям с отбором и размножением перспективных форм.

Культуры осины плантационного типа целесообразно создавать с использованием высокопродуктивных форм, отличающихся не только быстрым ростом, но и высоким качеством древесины и устойчивостью к гнилевым болезням. Особое лесоводственное значение в селекционной работе имеет отбор триплоидных или полиплоидных (с набором хромосом в соматических клетках $3n = 57$) исполинских форм осины, которые в природных популяциях значительно превосходят диплоидные ($2n = 38$) по росту в высоту и по диаметру.

В сравнении с типичными (диплоидными) экземплярами триплоидная форма осины характеризуется увеличенным размером клеток различных тканей, в том числе и волокон либриформа, высокой продуктив-

ностью вегетативной массы и хорошим качеством древесины. Наиболее важным свойством деревьев триплоидной осины считается их бóльшая гнилеустойчивость в сравнении с диплоидными деревьями. Поэтому селекционеры проявляют особый интерес к триплоидным формам породы.

В Костромской области имеются уникальные по продуктивности триплоидные формы осины (*Populus tremula gigas*), впервые в нашей стране отобранные в Шарьинском районе в 1938 г. академиком ВАСХНИЛ А. С. Яблоковым [Яблоков, 1941; 1963]. За быстроту роста и высокую продуктивность триплоидную осину называют исполинской, или гигантской. Продуктивность такой осины достигает 500 м³/га и выше, она устойчива к стволовой гнили. На базе исполинских клонов в 1989 г. создан генетический резерват исполинской осины на площади 119 га, а в 2008 г. – государственный природный заказник регионального значения «Исполинские осины». В резерват включены эталонные по скорости роста и продуктивности генетически ценные насаждения осины, включая исполинские формы.

Уникальные лесоводственные качества как триплоидных, так и быстрорастущих диплоидных клонов осины, отобранных (по скорости роста, устойчивости к гнилям, высокому качеству древесины) в Шарьинском лесничестве, обуславливают важность сохранения и воспроизводства их ценного генофонда.

На базе генетического резервата может быть реализовано плантационное выращивание элитных клонов осины. Это приобретает актуальное значение в условиях возрастающего спроса на древесину лиственных пород в связи с развитием плитного производства и перспективами внедрения инновационных технологий глубокой механической, химической и энергетической переработки древесины. Создание быстрорастущих плантаций осины особенно актуально в зоне деятельности современных предприятий лесопромышленного комплекса, использующих древесину мягколиственных пород.

Плانتации исполинской осины заложены в различных регионах России: в Ленинградской, Воронежской, Московской областях, республиках Марий Эл и Татарстан. Учеными установлено, что в возрасте 30 лет запас осины на плантациях достигает 400 м³/га. Промышленное выращивание осины наиболее целесообразно на неиспользуемых сельскохозяйственных землях с достаточно плодородными почвами.

При формировании устойчивого спроса на осину как целевую породу возникает вопрос о целесообразности использования современных биотехнологических методов размножения ее триплоидной формы на промышленной основе для закладки лесосырьевых плантаций, где она может быть рассмотрена как наиболее перспективный продуцент сырья и биотоплива.

ГЛАВА 1

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛИНСКОЙ ОСИНЫ

1.1. Биологические особенности, распространение

Осина, или тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), – дерево рода тополей, семейства ивовых. Это листопадные, быстрорастущие «пионерные» виды, размножающиеся преимущественно вегетативным путем. Корневая система осин после полной гибели надземной части способна давать обильные корневые отпрыски. Большинство близкорасположенных осин на вырубках и гарях генетически являются клонами единого организма, который может существовать «вечно». Осина быстро растет, в том числе, благодаря способности коры дерева к фотосинтезу, о чем свидетельствует зеленоватый оттенок ствола [Михайлов, 1985; Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987].

В лесной зоне Российской Федерации осина является одной из основных лесообразующих пород, произрастает практически по всей ее территории – от Северного полярного круга до границ лесостепной зоны. Входит в состав хвойных и широколиственных лесов, чистые насаждения формирует на ограниченных площадях [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014]. Осинники представляют собой в основном вторичные производные насаждения, возникающие на месте коренных хвойных и твердолиственных лесов в результате их рубки или гибели.

Данный вид широко распространен в районах с умеренным и холодным климатом Европы и Азии. За пределами России встречается в Казахстане, Европе, Китае, Монголии и Корее. Порода весьма морозоустойчивая и переносит морозы до -50°C и более [Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987].

Осина достигает 35 м в высоту и до 1 м в диаметре. Средняя продолжительность жизни осины – 60–90 лет; не пораженные гнилью деревья доживают до 150 лет. Растет очень быстро, но подвержена заболеваниям древесины. Старые крупные и при этом здоровые особи – большая редкость.

Для осины характерен полиморфизм – наличие разных форм по цвету, характеру трещиноватости коры и другим морфологическим показателям. Встречаются формы с зеленой или серой корой. У последних основание стволов обычно значительно темнее, чем у зеленокорых. Отдельные деревья осины различаются по срокам распускания листьев, поэтому весной можно заметить «ранние» и «поздние» по времени появле-

ния листьев экземпляры [Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987]. Также выделяется много форм осины и по скорости роста. Встречаются быстрорастущие и устойчивые к гнилевым болезням и неблагоприятным факторам среды формы, в частности исполинские триплоидные. Триплоидная осина в 50-летнем возрасте дает запас древесины до 500 м³/га и более. Появление триплоидных деревьев (клонов) время от времени происходит в природе в результате нарушения нормальных процессов расщепления хромосом и рекомбинации генов во время деления клетки (митоза), что приводит к триплоидности (57 хромосом) и реже к тетраплоидности (76 хромосом). Кроме того, известно, что у древесных покрытосеменных растений в меристематических тканях встречается явление миксоплоидии. Миксоплоидия обусловлена наличием клеток, как с нормальным количеством хромосом, так и полиплоидным набором. Полиплоидия осины может быть вызвана искусственно для разведения данного вида.

В целом биологические особенности исполинской осины близки к обычной осине, ее встречаемость установлена в различных районах ареала диплоидной осины. Поэтому ниже дано описание общих биологических особенностей и ареала осины триплоидной и диплоидной.

Кора молодых деревьев гладкая, светло-зеленая или зеленовато-серая, ближе к комлю с возрастом растрескивается и темнеет. Листорасположение – очередное. Листья округлые или ромбические длиной 3–7 см, острые или тупые на вершине, с округлым основанием, края городчатые, жилкование перистое (рис. 1). У порослевых побегов листья могут иметь более крупные размеры (до 15 см) и почти сердцевидную форму. Черешки листьев сплюснуты с боков в верхней части, длинные, поэтому листья легко колеблются при движении воздуха. Осенью листья окрашиваются в различные тона – от золотистых до красных [Михайлов, 1985; Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987].

Осина двудомна. В природных условиях осина довольно редко размножается семенами. Семена созревают в среднем через 35 суток и начинают рассеиваться. Начало рассеивания семян совпадает по времени с началом цветения сирени обыкновенной [Шиманюк, 1964]. Цветение и плодоношение ежегодное, обильное. Семена мелкие, желтовато-серые или черные, сохраняют высокую всхожесть при хранении в сухом помещении в течение 2–6 месяцев. В условиях влажной минерализованной почвы проростки осины могут появиться через 1,5 дня после посева. Сеянцы в первый год могут вырастать до 20–30 см [Михайлов, 1985].

Растения раздельнополые. Цветки мелкие, невзрачные, собраны в свисающие сережки. Мужские сережки красноватые, длиной до 15 см, женские – зеленоватые и тоньше мужских. Цвести осина начинает с 10–12 лет.

Цветет и плодоносит обычно каждый год (в апреле–мае), до распускания листьев. Плод – мелкая коробочка; семена снабжены пучком волосков [Михайлов, 1985].

Осина размножается не только семенным, но и вегетативным способом – корневыми отпрысками из придаточных почек. Корневые отпрыски образуются на горизонтальных корнях, расположенных в верхних слоях почвы. Порослевая способность осины ограничена и наблюдается только в молодом возрасте. Корневые отпрыски могут появляться на расстоянии до 35 м от ствола материнского дерева. В первый год жизни они отличаются продолжительным и интенсивным ростом, достигая высоты 2 м. Корневая система осины располагается глубоко под землей. Горизонтальные корни могут срастаться между собой, что приводит к созданию единой корневой системы клона [Гулисашвили, 1928; Михайлов, 1985].

Как отмечено выше, осина является породой-пионером, быстро поселяется на вырубках, гарях и других не занятых лесными насаждениями землях. Ее нередко считают деревом-«нянькой» по отношению к ели: под ажурной кроной осины происходит быстрое возобновление ели и рост ее подроста. Осина – почвоулучшающая порода: ее листья быстро разлагаются и обогащают почву питательными веществами. Корни ели нередко углубляются в почву по ходам, образовавшимся от сгнивших корней осины.

Осина хорошо растет на разных почвах, но предпочитает богатые суглинистые. Светолюбива, под пологом леса ее подроста почти не бывает. Образует как чистые лесные сообщества, так и смешанные с елью, березой и реже с сосной [Михайлов, 1985].

Осиновые насаждения нередко поражаются различными вредителями и болезнями листьев, стволов и корней. К числу наиболее распространенных вредителей, повреждающих листья, семена и древесину осины, относятся такие виды, как ивовая волнянка, кисточница ржаво-бурая, осиновая минирующая моль, осиновый волосистый пилильщик, осиновый краснокрылый листоед, осиновый трубноверт, тополевая сережковая моль (моль-лягушка), большая тополевая стеклянница, большой осиновый и малый осиновый усачи, зеленая узкотелая златка. Осина подвержена многим болезням семян, листьев, коры и луба, древесины стволов и корней, среди которых наиболее распространенными являются черный рак осины и заболевания, вызванные грибами *Taphrina sohansoni* Sad., *Gloeosporium tremulae* Pass., *Melampsora pinitorqua* Rostz., *Didymosphaevia populina* Vuill. Важнейшими возбудителями корневых, комлевых и стволовых гнилей являются такие дереворазрушающие грибы, как ложный осиновый, ложный и плоский трутовики, опенок осенний [Ермилова, 1939; Борисов, 1941; Бондарцев, 1953; Кочановский, 1976; Демиденко, 1978]. Гнилевые болез-

ни наносят огромный ущерб лесному хозяйству, переводя деловую осиную древесину в дрова. В связи с этим важной задачей является определение способов разделения осиновых насаждений по генетической устойчивости к гнилевым болезням. На этой основе создаются предпосылки для организации осиновых хозяйств на принципах разделения древостоев по степени устойчивости к гнилям.

1.2. Структура и физико-механические свойства древесины

Структура древесины. Древесина осины белая, легкая, умеренно мягкая, с тонкой структурой волокна, иногда с ложным красновато-бурым ядром [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014]. Недорогой и доступный материал. Имеет мало сучков в массиве, легка в обработке, мало подвержена растрескиванию и короблению, не боится влаги и имеет низкую плотность.

Средняя сухая масса осины составляет 540 кг/м³. Древесина осины отличается рядом уникальных качеств. Она имеет самый белый оттенок из всех древесных пород, произрастающих на территории средней полосы России, находится рядом с древесиной дуба по характеристикам прочности, хорошо подвергается обработке на токарном станке и легко режется. Равномерная структура древесины осины способствует разрезанию в любую сторону, не скалывается и не мнется. Осина длительное время может находиться в воде, а при понижении уровня влажности не коробится и не растрескивается.

Отрицательные качества осины – большой коэффициент усыхания и склонность к растрескиванию под воздействием внешних сил.

Текстура древесины осины невыразительна (рис. 2). В результате того что поздняя и ранняя древесина годовых слоев почти не отличается по свойствам, при отделке изделий из осины с применением тонирующих и красящих составов не происходит проявления элементов текстуры. Цвет древесины осины характеризуется следующими параметрами: цветовой тон – 578,2 нм; чистота – 38,6%; светлота – 68,7%. Среднее число годовых слоев на 1 см поперечного разреза деревьев – 5,4. Древесина осины обладает высокой равноплотностью. Размеры микронеровностей (при отделке) составляют от 30 до 100 мкм. У осины иногда встречаются так называемые сердцевинные повторения – желтые узкие полосы. Чаще всего они бывают в нижней части ствола. В периферической зоне ствола их меньше, чем в центральной. Серцевинные повторения ухудшают качество шпона и изготавливаемой из него фанеры, поэтому их относят к порокам древесины. Встречается ложное ядро буроватого цвета.

Физические свойства. Средняя влажность свежесрубленной осины – 82%. Максимальная влажность осины при водопоглощении – 185%. Осина относится к среднеусыхающим породам. Средняя плотность древесины осины при влажности 12% составляет 495 кг/м³, в абсолютно сухом состоянии – 465 кг/м³ и базисная – 410 кг/м³. По своим параметрам проницаемости жидкостями осина относится к умеренно пропитываемым породам.

Механические свойства. Древесина осины мягкая, однородная, по прочностным свойствам близка к древесине липы. Средние значения прочности: при статическом изгибе – 76,5 МПа; при растяжении вдоль волокон – 121 МПа; при сжатии вдоль волокон – 43,1 МПа; при раскалывании вдоль радиальной плоскости – 6,15 МПа; при раскалывании вдоль тангенциальной плоскости – 8,42 МПа. Модуль упругости при статическом изгибе – 11,2 ГПа. Длительное сопротивление нагрузкам достаточно хорошее. Коэффициент снижения прочностных свойств (за 104 дня) – 0,750 (сосна – 0,626, ель – 0,698).

Таким образом, древесина осины имеет ряд ценных качеств и широко применяется в различных отраслях производства – от строительства до изготовления сувениров.

ГЛАВА 2

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ИСПОЛИНСКОЙ ОСИНЫ

2.1. Краткая история изучения

Впервые о существовании в природе триплоидной исполинской формы осины стало известно в 1935 г., когда на территории южной Швеции (провинция Скания) селекционер, профессор Нильс Герман Нильсон-Эле обнаружил осиновое насаждение, деревья которого резко выделялись на фоне смежного насаждения большими размерами, а также более крупными листьями и почками [Nilsson-Ehle, 1936]. В осиннике насчитывалось несколько сотен взрослых деревьев, представляющих собой мужской клон. Стволы деревьев были прямыми, имели правильную форму и отличались от обычной осины, растущей рядом, устойчивостью к заболеванию сердцевинной гнилью, более быстрым ростом, широкими годичными кольцами. В 1936 г. шведский генетик Арне Мюнтцинг определил, что обнаруженная гигантская осина является триплоидом, поскольку число хромосом оказалось равным 57. При этом размеры клеток строго коррелировали с количеством хромосом [Müntzing, 1936]. Число хромосом у диплоидной осины – 38. В том же году в шведской провинции Норботтен ученый Й. Меландер выявил еще один мужской клон исполинской осины на небольшом участке длиной около 300 м у основания невысокой горы. В насаждении имелось около 60 старых деревьев, произрастающих совместно с молодыми и корневыми отпрысками. Самые крупные стволы имели высоту не менее 20 м и диаметр 40–60 см. Высота срубленного дерева осины (возраст 117 лет) была 19,7 м, диаметр на высоте 1,3 м – 40 см, средняя ширина годичного кольца – 2 мм. У растущей вблизи обычной осины средняя ширина годичного кольца составляла 1,4 мм [Melander, 1938].

Х. Юнссон сообщил, что к 1940 г. в Швеции было выявлено 9 клонов исполинской осины, из которых 4 мужские, 3 женские; у 2 клонов половая принадлежность не была установлена. Исполинские осины послужили исходным материалом для дальнейшей селекционной работы в Швеции и за ее пределами. В ходе цитогенетических исследований были установлены вероятные причины самопроизвольного возникновения триплоидной осины в природе и возможности ее получения при скрещивании [Müntzing, 1936; Johnsson, 1940].

Поиски гигантской осины проводились и на территории СССР. Так, в 1938 г. в квартале 133 Шекшемского лесничества Шарьинского лесхоза Костромской области академиком ВАСХНИЛ А. С. Яблоковым (рис. 3) были

отобраны два мужских клона исполинской формы осины (№ 27 и № 30). По интенсивности роста они превосходили гигантскую осину, обнаруженную в Швеции профессором Н. Г. Нильсоном-Эле [Яблоков, 1941; 1963].

На возвышенном плато с легкосуглинистой почвой на вырубленной площади 0,5 га вокруг больших пней со средним диаметром 54 см произрастали 25–30 деревьев корнеотпрыскового происхождения. Возраст срубленных деревьев – 79 лет. Ширина годичных слоев на пнях доходила до 1 см. Две пары пней были почти сросшимися, что не отразилось на высокой интенсивности роста отпрысков (клон № 27). Различия по интенсивности роста между исполинской и обычной осиной в одинаковых лесорастительных условиях были существенными. Стволы отпрысков отличались сильным опушением побегов и очень плотной древесиной. У основания листьев имелись развитые прилистники, а на коре – значительное количество белых чечевичек. Размеры почек были намного крупнее, чем у обычной осины. Клон № 30 был отобран неподалеку от местонахождения клона № 27. Возраст свежих пней составлял около 100 лет. Интенсивно растущие однолетние корневые отпрыски с сильным опушением на листьях и побегах были похожи на осину № 27. Особенностью растений этого клона являлась устойчивость к поражению листьев ржавчиной [Яблоков, 1941; 1963].

В 1962 г. в квартале 72 Шекшемского лесничества Шарьинского лесхоза старший научный сотрудник Костромской ЛОС ВНИИЛМ С. Н. Багаев (рис. 4) отобрал мужской клон исполинской формы осины № 35. Материнский лиственный-хвойный древостой на этом месте был вырублен в 1943–1944 гг. Рельеф участка ровный, почва супесчаная, свежая. Санитарное состояние насаждения хорошее.

Была отмечена способность клона закладывать 2–3-кратные приросты за вегетационный период. В результате этого в стволе откладывалось значительное количество поздней древесины, отличающейся повышенным содержанием механических тканей. Триплоидная осина во втором корнеотпрысковом поколении в 25-летнем возрасте (при среднем ежегодном приросте 12,4 м³/га) имела запас 300 м³/га. Этот показатель в 2,5 раза превышал соответствующее значение для обычной осины [Багаев, 1964]. Осуществлялся отбор быстрорастущих и гнилеустойчивых клонов осины в Костромском, Судиславском, Мантуровском, Поназыревском и Шарьинском лесхозах Костромской области. Клон № 42, выделенный в Угорском лесничестве Мантуровского лесхоза, вероятно, тоже был исполинским, поскольку по исследованиям Н. В. Мацкевича и О. П. Шершуквой [Мацкевич, 1965], размеры устьиц нижнего эпидермиса листьев деревьев превышали параметры исполинских клонов № 27 и № 30.

В 1952 г. впервые в СССР С. П. Иванниковым в Курской области был обнаружен женский клон исполинской формы осины. Насаждение быстрорастущей осины расположено в квартале 69 урочища Бушмино-Городищево Обоянского лесхоза на склоне балки северной экспозиции. На площади 0,2 га произрастали 32 дерева 55-летнего возраста средней высотой 30 м и средним диаметром 54 см. Стволы малосбежистых колонновидных деревьев были очищены от сучьев на высоту 15–18 м. Ширина годовичных слоев доходила до 1 см. Почва пылевато-суглинистая. Корнеотпрысковое возобновление осины почти отсутствовало из-за густого подлеска лещины и слабого прогревания почвы. Деревья обычной осины, произраставшие на площади, занятой этим клоном, отличались гораздо меньшими размерами и наличием на стволах плодовых тел ложного трутовика [Иванников, 1952; 1959]. В Обоянском лесхозе было организовано опытно-производственное размножение исполинской осины семенным и вегетативным способами. В разных условиях произрастания были заложены опытно-производственные культуры, на основе изучения которых разработаны методы успешного вегетативного размножения исполинской осины корневыми черенками, корневыми отпрысками и прививкой [Иванников, 1960].

Клоны исполинской формы осины были обнаружены в 1960-х гг. – И. И. Никитиным [1961] в Ленинградской области, В. Т. Бакулиным [1966] в Новосибирской области, Е. Г. Орленко [1961] в Белоруссии, Я. Я. Смилга [1986] в Латвии, Ю. А. Тамм и Л. Я. Ярвекюльг [1975] в Эстонии, в 1970-х гг. – Р. И. Муркайте и В. И. Раманаускас [1978] в Литве. В XXI веке участки с произрастанием исполинских осин были выявлены Н. Р. Гариповым [2014] в Татарстане.

В Новосибирской области исполинский мужской клон осины (№ 6), выявленный В. Т. Бакулиным в междуречье Тары и Тартас в Артымском лесничестве Северного лесхоза, отличался очень высокой продуктивностью. Цитологические исследования показали, что клон № 6 был триплоидным. Высота наиболее крупных деревьев достигала 32–33 м, диаметр на высоте 1,3 м – 60–62 см. Средние значения диаметра и высоты осины клона № 6 составляли соответственно 42 см и 31 м, что на 23,5% и 14,8% больше соответствующих показателей диплоидного клона № 5. Средний объем ствола осины клона № 6 был в 1,7 раза больше контрольного значения. Запас древесины первого яруса исполинской осины был очень высокий (564 м³/га). Превышение над контролем составило 262 м³/га. Средний годичный прирост древесины осины в насаждении клона № 6 был больше среднего прироста клона № 5 на 2,9 м³/га, или на 87,9% [Бакулин, 1966].

Е. Г. Орленко обнаружила исполинские триплоидные осины в Васи-левичском лесхозе Белоруссии. Некоторые деревья 46-летней зеленоко-рой осины имели высоту до 32 м, диаметр свыше 55 см и абсолютно здо-ровую древесину [Орленко, 1961].

В Латвии выявленные 4 клона исполинской формы осины 47–100-летнего возраста произрастали в лесничествах Гулбене и Реньге – жен-ские, а в Циркале и Юмправа – мужские [Смилга, 1986]. Деревья в кло-нах, имевшие большие размеры, отличались ускоренным ростом и ана-томо-морфометрическими показателями. Результаты цитологического анализа кариотипа клонов подтвердили их триплоидность. В возрастном интервале от 60 до 90 лет по ходу роста исполинские осины превосходи-ли диплоидные I класса бонитета по высоте в среднем на 28%, а по диа-метру на высоте 1,3 м – на 97%. Исполинские осины имели также боль-шие параметры по длине листьев и устьиц. Вегетативное размножение триплоидных осин проводилось прививкой. Была заложена лесосеменная плантация осины.

Первые триплоидные осины в Эстонии были обнаружены в 1968 г. К середине 1970-х гг. стали известны места произрастания исполинской оси-ны в Пиккнурмеском, Ыйзуском, Ярвсельском, Тяхвереском, Алатскивис-ком лесничествах [Тамм, Ярвекульг, 1975]. Высота и диаметр срубленного модельного 84-летнего дерева в Ыйзуском лесничестве составили 37 м и 38 см соответственно. Устьица у эстонских триплоидов были значительно длиннее, чем у диплоидов. Значения показателей сырой массы листовых пластинок и поверхностной плотности листьев на сырую массу у исполин-ских осин оказались достоверно большими, чем у обычных. Триплоидные осины 130-летнего возраста, произрастающие в составе смешанного двухъярусного насаждения в Пиккнурмеском лесничестве достигали ис-полинских размеров: диаметр 8-ми самых крупных деревьев колебался в пределах 90–116,7 см, высота – 30–34 м, объем ствола – 10,2–15,9 м³.

В 2010-х гг. в Татарстане научным сотрудником Восточно-европейской ЛОС ВНИИЛМ Н. Р. Гариповым были отобраны 8 клонов исполинской формы осины на территории Большеполянского участкового лесничества Билярского лесничества, а также Мамыковского и Тимерликовского участковых лесничеств Нурлатского лесничества. Отобранные осинники в типе лесорастительных условий – D₂ (тип леса – осинник ясенниковый) в основном одновозрастные, Ia класса бонитета. Размеры заложенных постоянных пробных площадей составляли 0,20–0,25 га. Был проведен молекулярно-генетический анализ образцов древесины осины. Уровень плоидности образцов определялся на основе фрагментов зеленых ли-стьев [Гарипов, 2014].

Два клона исполинской осины были обнаружены в Финляндии. Капилский клон растет на территории г. Хельсинки, а второй – Вилпулский клон – на окраине населенного пункта Айостайпале. Капилский клон образуют 9 деревьев. Одно из самых крупных деревьев этого клона в возрасте 17 лет имело диаметр 19,9 см и высоту 12,6 м. Размеры других деревьев были меньше. Сравнительно слабый рост деревьев обусловлен обедненной скалистой почвой, на которой они произрастают. Вилпулский клон представляли 11 деревьев. Наибольшее из них в возрасте 52 года имело высоту 18,2 м и диаметр 47,2 см.

Один женский и несколько мужских клонов исполинской триплоидной осины (*Populus tremuloides* Michx.) обнаружены в США. Американские осины отличаются хорошим ростом и качеством древесины.

2.2. Особенности роста и продуктивности исполинской осины в условиях Костромской области

После отбора А. С. Яблоковым исполинских триплоидных клонов осины в Шарьинском лесхозе Костромской области на участках концентрированных вырубок в 1938 г. и проведения комплексных исследований их особенностей, была доказана триплоидность клонов № 27 и № 30 [Яблоков, 1941]. Через 15 лет, в 1954 г., А. С. Козьмин установил, что в 15-летнем возрасте исполинский клон № 27 превосходил обычные: по запасу древесины – в 2 раза, по среднему диаметру – в 1,5 раза, по высоте – на 24% [Козьмин, 1954]. Спустя десятилетие О. Н. Николаевой отмечены явления гетерозиса, подтверждена триплоидность шарьинских клонов в вегетативном потомстве, выращенном в Московской области [Николаева, 1965].

В 1962–1963 гг. Костромской лесной опытной станцией ВНИИЛМ клоны селекции А. С. Яблокова были восстановлены, а С. Н. Багаевым отобраны 5 новых быстрорастущих форм осины, в том числе триплоидный клон № 35. Хозяйственная ценность отобранных клонов подтверждена А. С. Яблоковым при личном осмотре (рис. 5). Заложены постоянные пробные площади, проведены опытные уходы – слабые прореживания и удаление мертвых сучьев у лучших деревьев на высоту до 5 м.

По данным С. Н. Багаева [1964], триплоидный клон № 27 к 25 годам имел запас 340 м³, что в 2 раза превышало запас обычной осины. Отмечена способность триплоидных клонов давать 2 прироста за вегетативный период, установлены высокие физико-механические качества древесины.

В 1975–1989 гг. учетные работы в выделенных клонах регулярно проводились Костромской лесной опытной станцией [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014]. В 1989 г. на базе отобранных клонов был создан генетический резерват осины исполинской в кварталах 138 и 139 Шекшемского

лесничества Шарьинского лесхоза на площади 119 га. Целью создания резервата было сохранение ценного генофонда быстрорастущих осинников, достигших возраста технической спелости (в 1983 г. Шарьинским леспромхозом вырублен клон № 35).

Эталонные по скорости роста и продуктивности генетически ценные насаждения с участием исполинских триплоидных клонов осины в 2008 г. включены в сеть особо охраняемых природных территорий регионального значения в качестве государственного природного ботанического заказника «Исполинские осины» на площади 140,6 га [Коренев, Багаев, Багаев, 2017].

В 2010 г. Костромской лесосеменной станцией проведено обследование генрезервата. Выявлен факт самовольной рубки клонов № 34 и 36, непосредственно примыкающих к трассе бывшей лесовозной дороги. В том же году Центрально-европейской (ранее – Костромской) лесной опытной станцией ВНИИЛМ изучены продуктивность и санитарное состояние осинников, достигших уже VIII класса возраста [Рост и продуктивность ..., 2012; Особенности формирования ..., 2013].

Объекты исследований, входящие в генетический резерват, находятся в районе елово-сосновых лесов Ветлужской низменности Костромской области в Костромском подрайоне Сухоно-Унженского лесосеменного района, в ландшафтной зоне морено-водноледниковых песчано-суглинистых равнин [Письмеров, 1977; Хорошев, Немчинова, Авданин, 2013]. Все они произрастают в оптимальных экологических условиях: тип лесорастительных условий – С₃; группа типов леса – кислотно-широколистная; почвы дерново-подзолистые супесчаные.

Общая характеристика клонов осины представлена в табл. 1. Преобладают формы с серой корой с невысоким поднятием по стволу грубых и мелких трещин и сильно развитыми кронами (рис. 6, 7). Все триплоидные клоны осины – мужские.

По размерам листьев и густоте облиствения исполинский клон (№ 27) достоверно превосходит обычный (№ 29). Деревья осины в хозяйственно ценных клонах характеризуются компактными кронами. Одной из особенностей исследуемых клонов является наличие сросшихся между собой в комлевой части деревьев осины. Такие деревья в клонах № 27, 30, 33, 34 и 36 составляют соответственно 6, 7, 4, 4 и 2% количества растущих. Как правило, это – «двойчатки», формирующиеся на общей корневой системе. Средние диаметры крон сросшихся деревьев – 5,1×6,5 м, что достоверно превышает соответствующий показатель одиночных деревьев – 3,9×3,7 м. Диаметры на высоте 1,3 м у данных категорий деревьев существенно не различаются. Способность деревьев к многостволь-

ности, «самопрививке» в исполинских клонах – одна из причин повышения их продуктивности.

Таблица 1

**Общая характеристика клонов в генетическом резервате
исполинской осины**

№ кло-на	Год отбора, автор	Особенности	Пло-щадь, га	Цвет, характеристика		Устойчи-вость к ядровой гнили
				коры	кроны	
27	1938 А.С. Яблоков	Триплоид-ный мужской	1,5	Серая, тре-щиновато-ромбовидная	Крупно-листная	Устойчив
29	1938 А.С. Яблоков	Диплоидный мужской (контроль)	0,2	Серая, про-дольно-трещиноватая	-	Относитель-но устойчив
30	1938 А.С. Яблоков	Триплоид-ный мужской	1,5	Серая, грубо-трещинова-тая, ромбо-видная	Крупно-листная	Устойчив
33	1962 С.Н. Багаев	Диплоидный женский	1,5	Серая, про-дольно-трещиноватая	Крупно-листная	Устойчив
34	1962 С.Н. Багаев	Диплоидный женский	1,0	Зеленая, гладкая	-	Устойчив
36	1962 С.Н. Багаев	Диплоидный женский	0,2	Зеленая, гладкая	-	Устойчив
35	1962 С.Н. Багаев	Триплоид-ный мужской	1,2	Серая, тре-щиновато-ромбовидная	Крупно-листная	Устойчив
37	1962 С.Н. Багаев	Диплоидный мужской (контроль)	1,0	Сероко-рая, продольно-трещиноватая	Мелко-листная	Относитель-но устойчив

Сравнительная таксационная характеристика исполинских триплоидных клонов осины за период наблюдений приведена в табл. 2.

В данных лесорастительных условиях все изучаемые клоны имеют высокую продуктивность: Ia–I класс бонитета, запас в возрасте 73 года – до 500 м³/га и выше.

Исполинские клоны № 27 и № 30 имеют показатели выше обычного контрольного (№ 29): по сумме площадей сечений – на 36 и 23%, по запасу древесины – на 46 и 28%, по средней высоте – на 4 и 3% соответственно. Средний диаметр самого высокопродуктивного клона № 27 превышает диаметр контрольного на 20%. Среднее изменение запаса древесины клона № 27 составляет 9,4 м³/га, клона № 30 – 8,1 м³/га, что превышает данный показатель контрольного насаждения соответственно на 49 и 29%.

Таблица 2

Таксационные показатели исполинских клонов осины (в знаменателе – % контроля)

Год учета	Состав древостоя	Класс бони- тета	Воз- раст, лет	Средние		Число стволов, шт./га	Абсо- лютная полнота, м²/га	Запас растущей части м³/га	Зараженность гнилью, %		Изменение запаса, м³/га	
				высота, м	диаметр на 1,3 м, см				стволо- вой	комле- вой	сред- нее	теку- щее
Клон № 27												
1962	8Ос2Б ед. Ивд	Ia	25	16	12	5 360	36,4	340	0	0	13,6	0
				123,1	133,3	140,1	157,6	232,9	0	0	234,5	0
1980	9Ос1Б	I	43	22	22	1 300	44,2	476	4,0	0	11,1	7,6
				104,8	129,4	84,9	145,9	169,4	57,1	0	170,8	101,3
1989	9Ос1Б+Лп+Е	Ia	52	27	24	1 084	47,0	548	10,0	16,0	10,5	8,0
				103,8	120,0	83,3	135,8	146,1	71,4	88,9	145,8	76,9
2010	9Ос1Лп ед. Е, Б	Ia	73	31	31	1 025	49,2	689	55,0	0	9,4	6,7
				103,8	120,0	83,3	135,8	146,1	87,3	0	149,2	159,5
Клон № 35												
1962	9Ос1Е+Лп+Б	Ia	18	15	10	4 180	27,7	194	0	0	10,8	0
				136,4	125,0	69,1	86,3	143,7	0	0	144,0	0
1980	9Ос1Б+Е+Пх	Ia	36	21	19	1 880	43,1	404	1,0	0	11,2	11,7
				105,0	126,7	81,6	111,7	114,8	9,1	0	114,3	96,7
1989	4Ос3Б2Ивд1Лп+Е	III	6	2,1	1,5	12 333	2,1	4,2	0	0	0,7	0,7
				110,5	115,4	164,7	223,4	233,3	0	0	233,3	233,3
Клон № 30												
1962	9Ос1Олс ед. Е	I	25	15	11	3 440	32,2	235	0	0	9,4	0
				115,4	122,2	89,9	139,4	161,0	0	0	162,1	0
1989	9Ос1Лп ед.Е, Б	Ia	52	26	21	1628	44,0	524	7,5	7,0	10,1	10,7
				100,0	105,0	125,1	127,2	139,7	53,6	38,9	140,3	102,9
2010	10Ос+Е+Пх+Лп	Ia	73	30	29	673	46,6	592	57,0	0	8,1	3,2
				103,4	103,6	107,7	123,3	127,9	90,5	0	128,6	76,2

Исполинский клон № 35 в возрасте 36 лет имел показатели выше обычного (№ 37): по сумме площадей сечений – на 12%, по запасу древесины – на 15%, по средней высоте – на 5%, среднему диаметру – на 27%. Среднее изменение запаса древесины данного клона составляло 11,2 м³/га, что на 14% превышает показатель контрольного клона. Его следующая (третья) корнеотпрысковая генерация в возрасте 6 лет также более производительна: сумма площадей сечений и запасы превышают аналогичные показатели контроля более чем в 2 раза, средняя высота – на 10%, средний диаметр – на 15%.

Триплоидные клоны сохраняют свое преимущество в скорости роста и продуктивности в течение всего периода онтогенеза, однако после достижения клонами возраста технической спелости разница начинает постепенно сглаживаться. Так, запас древесины клона № 27 в возрасте 25 лет составлял 340 м³/га (233% контроля), а в возрасте 73 года – 689 м³/га (146% контроля). Запас древесины клона № 30 в возрасте 25 лет составлял 235 м³/га (161% контроля), а в возрасте 73 года – 592 м³/га (128% контроля).

Триплоидные клоны более производительны по сравнению с «нормальными» осиновыми древостоями по общим таблицам хода роста В. С. Чернявского [Руководство по организации ..., 1983]: относительная полнота их на всех возрастных этапах составляет от 1,1 до 1,3.

По производительности к исполинским триплоидным приближаются быстрорастущие женские клоны осины № 33, 34 и 36. У березы же, произрастающей в составе насаждений исполинских клонов, в одном с осиной возрасте средние диаметры меньше на 10–40%, средние высоты – на 30–40%, что свидетельствует о худшей ее конкурентоспособности.

Все отобранные клоны, включая контрольные, устойчивы к гнилевым болезням. До 36–38-летнего возраста в клонах встречались лишь единичные деревья с комлевой и стволовой гнилями. В возрасте от 40 до 52 лет зараженность всех клонов, включая контрольные, не превышала 10%. В перестойных клонах в возрасте 73 лет более половины всех растущих деревьев уже заражены стволовой гнилью. Зараженность по клонам составила: № 27 – 55%, № 30 – 57%, № 33 – 60%, № 29 (контроль) – 63%. В 3-й генерации в возрасте 6 лет зараженность комлевой гнилью триплоидного клона № 35 отсутствует, тогда как у контрольного клона (№ 37) она составляет 27%, что свидетельствует о том, что последний неустойчив к ядровой гнили.

Дополнительному инфицированию триплоидного клона № 27 способствовало удаление мертвых сучьев во второй половине III класса возраста. В потенциально устойчивых клонах № 27, 30 и 33 полнота и состав

насаждений не оказали достоверного влияния на зараженность деревьев гнилевыми болезнями. Зараженность стволовой гнилью носит, как правило, очаговый характер. В 47-летнем возрасте зараженность скрытой стволовой гнилью (без наличия плодовых тел ложного осинового трутовика) в быстрорастущих клонах не превышала 10%, в контрольном клоне составила 17% количества растущих деревьев. В целом все обследованные формы осины резистентны к гнилевым болезням и до VI класса возраста характеризовались хорошим санитарным состоянием. Анализ хода роста модельных деревьев в исполинском клоне № 27 и обычном клоне № 29 показал, что до 20 лет их рост существенно не отличается. В возрасте от 20 до 40 лет разница в приросте по высоте и диаметру в пользу клона № 27 увеличивается, затем постепенно уменьшается. Исполинские клоны, наряду с быстрым ростом, отличаются более плотной древесиной, достоверно превосходящей плотность обычной осины на 8–13% [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014].

Высокая устойчивость клонов, отобранных академиком А. С. Ябловым в возрасте 1–2 года, свидетельствует о диагностической ценности использованных при этом показателей: быстрота роста, крупнолистность, опушенность побегов, плотная древесина, устойчивость к заражению грибом *Fusicladium radiosum* (Lib). Уникальные лесоводственные качества как триплоидных, так и быстрорастущих диплоидных клонов осины, отобранных в Шарьинском лесхозе (быстрота роста, устойчивость к гнилям), обуславливают важность сохранения и воспроизводства их ценного генофонда.

На базе генетического резервата может быть реализовано плантационное выращивание быстрорастущей осины для удовлетворения спроса на высококачественную древесину современных предприятий лесного комплекса Костромской области (ООО «СВИСС КРОНО» и др.) и сопредельных регионов.

2.3. Обобщение опыта создания клоновых лесосеменных плантаций с использованием посадочного материала исполинской осины

В 1960-х гг. для сохранения ценного генофонда осины в Костромской области были заложены 4 клоновые лесосеменные плантации I порядка в Пригородном лесничестве Костромского лесхоза и в Шекшемском лесничестве Шарьинского лесхоза (табл. 3).

Таблица 3

Исходная характеристика клоновых лесосеменных плантаций осины I порядка, заложенных в Костромской обл.

Год закладки	Месторасположение			Тип условий местопроизрастания	Площадь, га	Подготовка почвы	Схема размещения	Испытываемые клоны	Посадочный материал	Способ посадки	Проведенные уходы
	Лесхоз	Лесничество	Квартал								
1963	Шарьинский	Шекшемское	73	Сз, заросшая пашня	2,0	ПКЛ-70, через 1,5–2 м	5×5 м	№27♂*	Корневые черенки	В борозды	Рыхление почвы
1967			139	Сз, заросшая пашня	1,0	ПКЛ-70, через 1,5–2 м	4×5 м	№27♂*, №35♂*, №40а♀	Привитые саженцы	В площадки	
1964	Костромской	Пригородное	59	С ₂ , залежный участок	0,46	Сплошная вспашка	5×5 м	№27♂*, №35♂*, №34♀, №36♀, №42♂, Тополь Яблокова ♀	Привитые саженцы	В площадки	Удаление диких побегов, полная обрезка побегов подвоя, механизированная междурядная обработка
1967			61	Сз, почва легкосуглинистая, дерново-подзолистая	0,5	Сплошная вспашка	4×6 м	№27♂*, №35♂*, №40♀	Привитые саженцы	В площадки	

* Исполинский клон.

Первые клоновые плантации с участием исполинской формы осины были заложены под руководством академика А. С. Яблокова [1963], который рекомендовал осуществлять закладку тремулетумов (коллекционных садов с различными ценными клонами осины женского и мужского пола) в местах, где нет условий для массовой заготовки сортовых семян от свободного опыления или от внутривидовой гибридизации. Первый тремулетум в Костромской области был заложен в 1964 г. на площади 0,64 га в квартале 59 Пригородного лесничества Костромского лесхоза корневыми черенками хозяйственно ценных клонов № 27, 34, 35, 36, из них клоны № 27 и 35 относятся к исполинской форме осины. Вследствие низкой приживаемости проводились неоднократные дополнения черенками этих и других клонов. Обследования осуществлялись с 20-летнего возраста особей. Соотношение сохранившихся мужских и женских особей в 20 лет составило 4:1. Деревья в незначительной степени были повреждены лосями [Яблоков, 1963].

Наиболее быстрым ростом отличались особи триплоидных клонов № 27 и 35. Их превышения по высоте и диаметру над показателями клона № 36 составили 6–22 и 9–28% соответственно. Средние значения по высоте, толщине ствола и приросту в высоту (за 3 года) 4-летних корневых отпрысков исполинского клона № 35 в сравнении с контрольными, растущими рядом с ними, различались не менее чем на 40%. По данным учетов, проведенных в коллекции костромских клонов в тремулете Ивантеевского дендрологического парка им. А. С. Яблокова, наибольшей интенсивностью роста из потомств 6 клонов (№ 27, 15, 25, 26, 30) и гибридной осины № 2834 отличались отпрыски исполинского клона № 27. Их средние значения по высоте и диаметру ствола превосходили показатели остальных клонов на 9 и 11% соответственно (табл. 4).

По диаметру кроны наибольшими размерами от других отличались привитые саженцы клона № 41 (29,6 см), тополя Яблокова (36,1 см) и пирамидального клона (45 см), материнские деревья которых имели узкие кроны.

Привитые осины в молодые годы в сильной степени повреждались осиновым листоедом. После проведения прививки 4–5-летние саженцы стали цвести и плодоносить. Развитие саженцев протекало замедленно из-за слабого развития крон. На 5-й год в фазу цветения вступило 6% привоев, на 6-й год – 10%, на 7-й год – 14%. Осины женского пола начинали цвести раньше. Привои, заготовленные с более старых деревьев, плодоносили раньше.

Таблица 4

**Сравнительные размеры привитых саженцев осины
на семенной плантации в Костромском лесхозе**

Форма	Клон (сорт)	Пол	Возраст, лет		Высота ствола, см	Диаметр кроны, см
			клона	прививки		
Триплоидная	№ 27	Мужской	25	6	22,2±1,6	74,5
	№ 35	Мужской	18	6	20,4±1,7	62,2
Диплоидная	№ 41	Женский	20	4	10,6±1,4	29,6
	№ 36	Женский	25	6	22,6±1,0	73,7
	№ 34	Женский	25	6	23,7±1,3	78,2

Замедленное развитие привоев, по-видимому, связано с тем, что черенки в естественных высокополнотных насаждениях заготавливали с неплодоносящих деревьев. Наибольшей интенсивностью роста по высоте на 6-летней плантации отличались клоны № 34 и 36. Исполинские клоны № 27 и 35 отставали от лидеров на 10–30%, а обоянская исполинская осина оказалась в числе отстающих. К этому возрасту сохранность особей уменьшилась до 45%, а часть деревьев была повреждена лосями. Полностью выпали медленнорастущие привитые саженцы обоянской исполинской осины и клона № 41, появились в значительном количестве молодые корневые отпрыски.

К 44-летнему возрасту сохранность хозяйственно ценных экземпляров осины уменьшилась до 39%. Наиболее интенсивным ростом отличались исполинские триплоидные клоны № 27 и 35, а также гибридная осина № 2834, которые превосходили средние значения осин в микропопуляции на 10–15%. Появилось более 100 отпрысков диаметром от 14 до 26 см (в среднем 13,4 см) и средней высотой 14 м.

Исполинские шарьинские клоны осины были интродуцированы в разные географически отдаленные точки СССР, в частности они представлены на ЛСП в Латвии (ЛОС «Калснава») [Смилга, 1986] и в Воронежской области в Семилукском питомнике. По сообщению А. П. Царева [Царев, Погиба, Тренин, 2001], в Семилукском опытном питомнике клон № 27 входил в группу лучших 24-летних быстрорастущих клонов по диаметру ствола, а клон № 35 был включен в число медленнорастущих.

Поскольку отбор плюсовых деревьев проводится по фенотипическим признакам, которые определяются генотипом и влиянием внешней среды, необходима генетическая оценка потомства. Ее цель – получение информации о генетической обусловленности признаков, характере наследования и адаптивной ценности.

ГЛАВА 3

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ИСПОЛИНСКОЙ ОСИНЫ

Исполинская осина, как и большинство других древесных растений, может размножаться семенным и вегетативным способом, в основном корневыми отпрысками и реже – семенами. Семена ее очень мелкие, как у всех тополей. В естественных условиях у нее преобладает вегетативное размножение корневыми отпрысками. Благодаря способности к вегетативному возобновлению осина в результате эволюционного развития приобрела способность восстанавливать утраченные части надземных органов или локальные повреждения. В то же время при искусственном вегетативном воспроизводстве исполинская осина относится к трудно-размножаемым древесным объектам.

3.1. Семенное размножение

Семенной способ размножения исполинской осины может широко применяться в хозяйствах, где есть женские клоны. При значительной представленности клона на занимаемой площади допускается рубка отдельных деревьев. Сбор плодовых сережек проводится в начальный период их раскрытия. Собранные сережки до переработки хранятся при пониженной температуре на снегу в подвальном помещении [Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987]. Семена высеваются как с пухом, так и без него. В последнем случае способ очистки предложен польским лесничим Р. Билликом [Биллик, 1956]. В результате апробации этого приема в разных регионах России (Московская и Костромская области, Республика Башкортостан) были получены хорошие результаты, причем наиболее высокие показатели по грунтовой всхожести семян и сохранности сеянцев отмечались на торфяном и зольном субстратах.

Впервые в России опыты по выращиванию исполинской осины посевом семян в грунт были проведены в 1954–1955 гг. в питомниках Обо-янского лесхоза Курской области [Багаев, 2008]. В 1954 г. посев семян с пухом был осуществлен в пойме р. Псел на поляне среди тополево-ольховых насаждений с богатой аллювиальной почвой. Посевные качества семян были высокие (всхожесть – 92%, энергия прорастания – 87%). Ленточный посев был проведен на 18 грядках шириной 1 м и длиной 15 м. Грядки готовили на уровне земли в направлении с севера на юг. Из-за неблагоприятных погодных и почвенных условий к осени сохранилось 3 890 сеянцев со средней высотой 10 см. 5 ноября был заложен 1 опытный участок культур исполинской осины в России на площади 0,5 га по пологому склону балки с темно-серым суглинком в урочище Бушмино–

Городище. Летом 1955 г. за ними было проведено 4 ухода. Результаты пересадки сеянцев свидетельствовали о высокой жизнеспособности (приживаемость – 98%) этих растений со средним приростом по высоте 63 см, имевших крупные почки и листья. Средние значения высоты ствола и диаметра – 73 см и 6,9 мм соответственно.

В то же время был проведен посев семян от свободного опыления, собранных с обычной гнилой осины. Приживаемость их оказалась очень низкой. После пересадки в те же условия их средние размеры оказались меньше быстрорастущих по высоте в 2 раза, а по диаметру – на 38%. Семена от свободного опыления исполинской осины, собранные в 1955 г., были высеяны в питомнике. Почва питомника – сильно выпаханный серый лесной суглинок. Гряды готовили на уровне земли в направлении с запада на восток. Их покрывали 2-сантиметровым слоем лесной почвы из гумусового горизонта. Весенний посев был проведен на 24 грядках шириной 1 м и длиной 15 м с широкими и узкими лентами. Семена заделывали измельченным и просеянным торфом, просеянной лесной почвой. Контролем являлся вариант без заделки. Так же не заделывали семена с пушком.

Всего в 1955 г. было выращено 70 000 сеянцев исполинской осины. Сеянцы исполинской осины от свободного опыления показали высокую формовую устойчивость. Сеянцы, выращенные только под соломенной покрывкой, оказались более крупными по высоте и диаметру ствола (в среднем на 30 и 13% соответственно), чем при затенении щитами. Плодородные иловатые почвы пойм из-за плохой воздухопроницаемости оказались непригодными для выращивания семенной осины. Они не способствуют развитию корневой системы у всходов. В Обоянском лесхозе было организовано опытно-производственное размножение исполинской осины.

3.2. Вегетативное размножение

3.2.1. Вегетативное размножение в природных условиях

В природных условиях наиболее распространенным способом вегетативного размножения у осины является корнеотпрысковое возобновление. Корневые отпрыски на вырубках могут быть как последующими, так и предварительными [Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987]. В хвойных насаждениях осина может десятилетиями существовать под пологом в виде торчков от корней ранее произраставших здесь материнских деревьев. С улучшением светового режима торчки оправляются и способствуют появлению новой группы деревьев. Встречаются случаи, когда вырубки возобновляются осиной, хотя в составе вырубленных насаждений осина отсутствовала. Наибольший интерес представляют элитные женские индивиды в качестве источников получения семян с улучшенными

ми наследственными свойствами. Опылителями должны быть быстрорастущие мужские экземпляры.

3.2.2. Искусственное вегетативное размножение

При вегетативном размножении потомство наследует не только ценные качества, но и половые особенности. Поэтому в лесохозяйственной практике используются также различные способы вегетативного размножения.

Зимние стеблевые черенки

Как отмечает Я. Я. Смилга [1986], осина в отличие от большинства других видов рода *Populus* не образует вообще или образует очень редко корни при размножении ее стеблевыми черенками (отдельные клоны до 10%). В Костромской области в теплицах и в открытом грунте размножить осину с улучшенными наследственными свойствами стеблевыми черенками не удалось [Шиманюк, 1964].

Отводки

Этот способ размножения отличается трудоемкостью и низкой эффективностью [Смилга, 1986]. В Костромской области он применялся в ограниченных масштабах. При этом использовались привитые саженцы и молодые 1–2-летние корневые отпрыски хозяйственно ценных клонов [Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987]. Площадки в местах их произрастания очищали и взрыхляли, а маточные растения подкапывали, стволы пригибали к земле и прищипливали деревянными крючками. Стволики, после появления на них молодых побегов, перевязывали проволокой. Нижние части молодых побегов засыпали плодородной землей. На появившихся из почек побегах развивались корни. По достижении длины 10–15 см приземленный побег маточника перерезали. Окоренные отводки пересаживали для доращивания на 1–2 года в древесную школу.

Корневые черенки

Несмотря на обильное появление корневых отпрысков в естественных условиях, отделение корней от материнских деревьев и высаживание их для размножения связано с определенными трудностями. Количество отпрысков от отрезков корней (черенков) меньше, чем от корня такой же длины в естественных условиях. Поскольку глубина посадки корневых черенков невелика, то при сухой жаркой погоде, в связи с просыханием верхнего почвенного слоя, требуются частые поливы.

Первый опыт с заготовкой и посадкой корневых черенков длиной от 0,6 до 1,0 м с исполинского клона № 27 был осуществлен в 1963 г. при

закладке маточной плантации на площади 2,0 га в квартале 73 Шекшемского лесничества Шарьинского лесхоза Костромской области. Обработку дерново-подзолистой супесчаной почвы на заросшей пашне проводили плугом ПКЛ–70 с двухотвальным корпусом через 1,5–2 м. Посадка проводилась 13–14 мая раскладкой корневых черенков по дну борозды с заделкой рыхлой землей слоем 5–10 см. На 1 га использовано около 2 тыс. пог. м корней. Через 2 недели после посадки проводили рыхление почвы. Приживаемость черенков со средней высотой 23,7 см составила 57%. Они лучше укоренились во влажной и рыхлой среде.

Опыты по размножению осины корневыми черенками были продолжены в 1964 г. при закладке тремулета (коллекционного участка осины) в квартале 59 Пригородного лесничества Костромского лесхоза на общей площади 0,64 га. Почва темно-серая, глубокогумусированная, свежая супесчаная. Осенью 1963 г. была проведена сплошная обработка с дискованием почвы. 14 мая 1964 г. была осуществлена посадка черенков хозяйственно ценных клонов № 27, 34, 35, 36 и 2-летних гибридных саженцев (осина × тополь белый) на 3 площадках по 12 м² (2×6 м) в две параллельные борозды. Через 1 месяц отмечено появление отпрысков. Приживаемость по состоянию на 01.07.1964 г. составила 50–100% (табл. 5). Наилучшую способность к образованию отпрысков имели черенки от клона № 36, а наименьшую – от клона № 35. Вероятно, это обусловлено тем, что в первом случае черенки были тонкими (до 1,5 см толщиной) и длинными – с большим количеством мочковатых корней, а во втором – толстыми и короткими.

Таблица 5

Приживаемость 1-летних корневых черенков осины в год закладки тремулета в Костромском лесхозе (1964 г.)

Клон	Количество растений, шт.		Приживаемость, %
	всего	максимум на 1 площадке	
	По состоянию на июнь 1964 г.		
№ 27	7	3	75
№ 34	11	5	75
№ 35	9	9	50
№ 36	20	7	100
Гибрид	24	8	100
	По состоянию на сентябрь 1964 г.		
№ 27	2	2	25
№ 34	2	2	25
№ 35	2	2	50
№ 36	5	3	50
Гибрид	24	8	100

В связи с сухой и жаркой погодой в летние месяцы значительная часть появившихся растений погибла, не сумев образовать собственной корневой системы. По состоянию на 15.09.1964 г., в площадках сохранились единичные растения за исключением 2-летних гибридных сеянцев, приживаемость которых составляла 100%. В связи со значительным отпадом корневых черенков проводились неоднократные дополнения с посадкой черенков клонов № 42, 41, 36, 35, 27.

13–16 мая 1974 г. была проведена заготовка корневых черенков от 16 модельных деревьев, различающихся по половым признакам, цвету коры и гнилеустойчивости. Основная часть черенков была отправлена во ВНИИЛМ. Оставшиеся черенки от 11 деревьев 17 мая были высажены в гряды с торфяным субстратом в открытом грунте на территории опытного участка Костромской ЛОС ВНИИЛМ. Срезы у черенков покрывали садовым варом. Посадка проводилась путем горизонтальной раскладки в борозды глубиной 5–7 см с заделкой перегноем. Сверху грядки мульчировали 2-сантиметровым слоем опилок. Почву периодически поливали. Через 1 месяц после посадки корней стали появляться корневые отпрыски. Осенью для образования придаточных корней в нижней стеблевой части было проведено их окучивание. Размеры корневых отпрысков у осины сильно варьировали. Показатели роста растений и корнеотпрысковой способности в значительной степени зависят от физиологического состояния материнского дерева. От корней предварительно срубленных деревьев (за 1 месяц до заготовки черенков) численность отпрысков была значительно меньше, а их размеры были меньше, чем от корней растущих деревьев. В осенний период были проведены исследования корнеотпрысковой способности осины в лесу, в местах корневой зоны срубленных деревьев. Согласно полученным данным, лучшая корнеотпрысковая способность отмечена у серокорого фенотипа, а более крупные размеры имели отпрыски зеленокорого фенотипа. Выделенные по гнилеустойчивости категории деревьев (устойчивые, сомнительные, гнилые) и их половая принадлежность существенного влияния на показатели роста и корнеотпрысковую способность однолетних отпрысков не оказали. Достоверность влияния формовой принадлежности осины на размеры и количество отпрысков доказывается с вероятностью 95%. Влияние пола и категории деревьев на среднюю высоту и количество отпрысков невелико.

Весной 1977 г. с целью получения вегетативного потомства была проведена заготовка корнеотпрысковых черенков от 6 хозяйственно ценных клонов осины (№ 27, 29, 34, 35, 36) и обычного – для контроля. В каждом клоне было заготовлено 50–100 пог. м корней. Посадка осу-

ществлялась в специально подготовленные гряды с торфяным субстратом в открытом грунте. Перед посадкой корни в течение 24 часов замачивали в воде. Срезы на концах подновляли и покрывали садовым варом. На площади через 30 см прокладывали борозды глубиной 10 см, в которые по вариантам раскладывали корни. Почву обильно поливали, а после засыпки корней выравнивали и мульчировали тонким слоем старого сена. Отпрыски появились через 1 месяц после посадки. Негативное влияние оказала жаркая сухая погода в середине лета. Средняя высота большинства растений превышала контроль в 1,4–1,8 раз, а по диаметру – в 2–3 раза.

4–6 мая 1979 г. была проведена заготовка около 1 000 пог. м корневых черенков от 4 мужских и женских клонов с различной гнилеустойчивостью. Из них 800 пог. м были отправлены в Московскую область, а по 50 пог. м от каждого клона 4 июня были высажены на выработанном торфянике на ровном чистом месте в квартале 17 Караваевского лесничества Костромского лесхоза на площади 0,35 га. В продольные борозды выкладывали корни осины с подновленными срезами и заделывали торфом. Борозды выравнивали и уплотняли. Торф был свежим, почва достаточно влажной.

Корнеотпрысковая способность черенков в большей степени проявилась у женских клонов. Отпрысков у здорового клона было в 1,2 раза больше, чем у зараженного гнилью. Средние показатели по высоте и диаметры для всех клонов составляли 6,3–13,3 см и 2,2–3,2 мм, соответственно, что в большинстве случаев превышало показатели контроля соответственно в 1,3–1,8 раза и 2,2–3,0 раза (табл. 6). Дисперсионный анализ полученных данных позволил выявить значительную силу влияния исходных клонов на быстроту роста в высоту и менее существенную – по диаметру. Кроме того, на развитие корневых отпрысков существенное влияние оказывают диаметр и длина черенков, глубина заделки, особенности микрорельефа.

По результатам опытов, проведенных в Костромской области [Стороженко, Михайлов, Багаев, 1987], для размножения осины корневыми черенками целесообразно использовать длинные (не менее 1 м) корни толщиной 2–3 см с мелкими боковыми ответвлениями. Наиболее благоприятный период посадки – весна. Лучшим субстратом для укоренения являются легкий влажный суглинок и супесь, хорошо сохраняющие влагу и обеспечивающие достаточную аэрацию почвы. А. С. Яблоков [1963], Я. Я. Смилга [1986], Ю. А. Тамм [1978] отмечают, что осина успешно размножается корневыми черенками в теплицах и парниках.

Таблица 6

Размеры 1-летних корневых отпрысков осины на выработанном торфянике в Костромском лесхозе (1979 г.) (в знаменателе – % контроля)

Клон	Средние показатели	
	Высота, см	Диаметр, мм
№ 36	$\frac{13,3 \pm 1,7}{183}$	$\frac{3,0 \pm 0,27}{300}$
№ 34	$\frac{10,2 \pm 1,1}{140}$	$\frac{3,2 \pm 0,21}{320}$
№ 35	$\frac{11,7 \pm 3,4}{155}$	$\frac{2,9 \pm 0,5}{290}$
№ 27	$\frac{6,3}{86}$	$\frac{3,0}{300}$
№ 29	$\frac{9,4 \pm 1,8}{129}$	$\frac{2,2 \pm 0,4}{220}$
Обычный (контроль)	$\frac{7,3}{100}$	$\frac{1,0}{100}$

Корневые отпрыски

В Костромской области корневые отпрыски также использовались в качестве посадочного материала. При выкопке их отсоединяли от пня и материнского корня с оставлением с каждой стороны отрезков старого корня длиной 15–20 см. При этом отпрыск оставляли на месте без нарушения его прежнего положения. У него формировалась своя корневая система. На следующий год подготовленные корневые отпрыски выкапывали. На участке материнского корня образовывались мочковатые корни. Отпрыски высаживали в тремулетье и на лесосеменные плантации (ЛСП). При посадке корневые шейки заделывали на глубину до 20 см. После посадки на участках со сплошной обработкой почвы и дискованием надземную часть побега подрезали с сохранением в прикорневой части 2–3 нижних почек. Так же пересаживали 3–4-летние корневые отпрыски хозяйственно ценных клонов, имеющих собственную мочковатую корневую систему. Корневые отпрыски использовали в качестве подвоев при закладке ЛСП с собственной корневой системой и с частично обрезанной надземной частью.

Прививки

Для получения семян осины с высокими наследственными свойствами в Костромском и Шарьинском лесхозах были заложены ЛСП. Площади, после проведения сплошной вспашки, были разбиты на квадраты со сторонами 5×5 м. По углам квадратов в середине мая высаживали 2–3-летние

подвои осин, преимущественно семенного происхождения. Ветви, используемые для прививок, заготавливали в первой декаде апреля с мужских и женских клонов. До начала прививок их хранили в снегу, покрытом опилками, что позволило сохранить их в состоянии зимнего покоя. Работы по прививке проводили в период разverzания листовых почек на осине. Перед началом прививок на подвоях удаляли все боковые ветви с сохранением только верхушечной части. Затем на стволиках подвоев снимали полоски коры до камбия. Для прививок использовали черенки с хорошими ростовыми почками. Срез делали по древесине 1–2-летнего побега. Прививки проводили сбоку вприклад. Черенок со срезом дополнительно укрывали бумажным пакетом. После распускания почек бумажный пакетик открывали сверху, а затем удаляли. В период листораспускания черенков проводили полную обрезку побегов подвоя, а в дальнейшем систематически удаляли появляющиеся «дикие» побеги.

Прививка черенков на семенной плантации в Пригородном лесничестве Костромского лесхоза Костромской области проводилась по определенной схеме с обеспечением наилучших условий для перекрестного опыления маточных деревьев, поэтому при смешении клонов женские маточные деревья чередовали через ряд с мужскими.

Квадратное размещение привитых растений позволяло проводить механизированную междурядную обработку по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Первый уход был проведен с применением навесной дисковой бороны БДН-1,8 в агрегате с трактором Т-40, второй – вспашкой навесным плугом ПН-3-30П. Защитные зоны вокруг привитых растений (по 0,3–0,5 м²) обрабатывали вручную.

Часть прививок (около 100 шт.) была предназначена для резерва на случай отпада привитых растений. С этой целью часть оставшихся черенков прививали на естественно произраставшие в лесу отпрыски. Через месяц после прививок клоны имели приживаемость 80–96%, спустя еще 2 месяца – 71–89%.

Черенки осины, при соблюдении требований техники прививки, имели высокую приживаемость – от 59 до 89%. Привои, заготовленные с более старых по возрасту деревьев (пирамидальный клон и исполинский клон № 27), срастались хуже, чем нарезанные с молодых особей. Кроме того, результативность прививок была несколько выше на естественно растущих корневых отпрысках, чем на высаженных перед прививкой подвоях. Однако различие было несущественным, что свидетельствует о возможности посадки подвоев на плантациях с комом земли с максимальным сохранением корневой системы за 10–15 суток до начала прививочных работ.

Срок прививки оказывает заметное влияние на рост привоев в первый вегетационный период. Средние значения приростов у черенков, привитых в первых числах июня, к концу вегетационного периода достигали 37,5 см (максимально – 67 см), а привитых в конце 2-й декады июня – 18 см (максимально – 39 см). Таким образом, наиболее приемлемым сроком для проведения прививок осины является период от начала листораспускания до полного облиствления (конец мая – первая половина июня).

В первые годы после прививки слабо развивающиеся боковые ветви сильно вытягиваются в высоту, в связи с чем возникает необходимость подвязывания их к колям во избежание слома побегов ветром. В 2-летнем возрасте некоторые привитые деревья достигали высоты не менее 2 м.

В 1965 г. ЛСП осины в Костромском лесхозе была дополнена прививками ценных сортов из Ивантеевского дендрария, приживаемость которых к концу вегетационного периода составила 58–98% (табл. 7). Менее успешными оказались результаты прививки черенков тополя белого серебристого, который вводился в качестве опылителя для тополя Яблокова, черенки которого имели высокую приживаемость.

Таблица 7

Приживаемость черенков осины, привитых при дополнении семенной плантации в Костромском лесхозе (1965 г.)

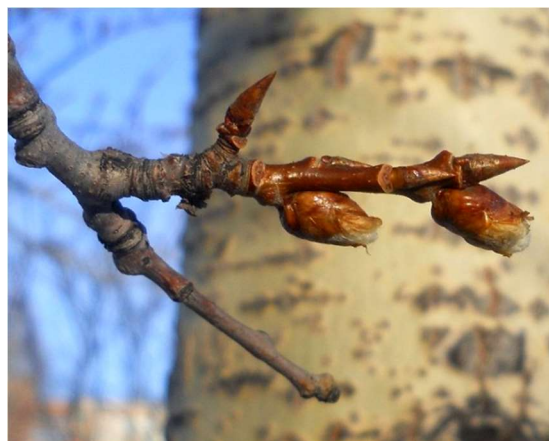
Клоны	Количество прививок, шт.		Приживаемость, %
	всего	из них жизнеспособных	
Осина исполинская (обоянская)	42	26	62
Тополь Яблокова № 23	35	34	98
Гибридная осина № 2834	12	7	58

На участке площадью 0,5 га были представлены привитые саженцы 5 сортов – клонов мужского и женского пола. В 1965 г. за саженцами проводили уход в виде прополки и рыхления в приствольных кругах и скашивания травы в междурядьях. В конце вегетационного периода проводили исследования роста прививок. Наибольший прирост в высоту в 2-летнем возрасте имели прививки клона № 27 ($78,7 \pm 8,7$ см), тополя Яблокова ($95,0 \pm 11,6$ см) и клона № 36 ($71,7 \pm 6,6$ см).

На ЛСП в квартале 139 Шекшемского лесничества Шарьинского лесхоза Костромской области 5–6 мая были высажены 3–7-летние подвой осины семенного происхождения высотой 1–1,5 м. Посадка подвоев проводилась в площадки размером 1,5×1,5 м с размещением в рядах 4–5×5 м. Прививки осуществляли 27–28 мая в период листораспускания подвоев. Для привоев использовали черенки с клонов № 35 и 27 мужского пола и № 40а – женского. Женский клон чередовался через один ряд с мужскими.



а



б



в



г



д

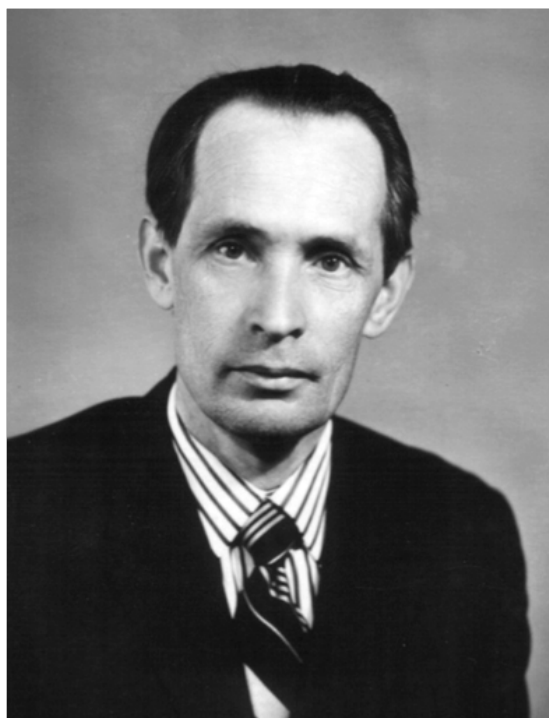
Рисунок 1. Морфологические особенности осины:
 а – лист; б – побег с почками; в – соцветие до цветения;
 г – соцветие с созревшими семенами в период цветения; д – кора



Рисунок 2. Текстура осиновой древесины



*Рисунок 3. Академик ВАСХНИЛ,
доктор сельскохозяйственных наук
А. С. Яблоков (1897–1973)*



*Рисунок 4. Заслуженный лесовод
России, кандидат
сельскохозяйственных наук
С. Н. Багаев (1931–2002)*



*Рисунок 5. Академик ВАСХНИЛ
А. С. Яблоков на участке клона № 27
триплоидной осины. 1962 г.
(фото С. Н. Багаева)*



*Рисунок 6. Триплоидная осина
(клон № 27)*



*Рисунок 7. Преобладающий цвет и характер трещиноватости коры
быстрорастущих клонов осины в генетическом резервате
в Шарьинском районе Костромской области*

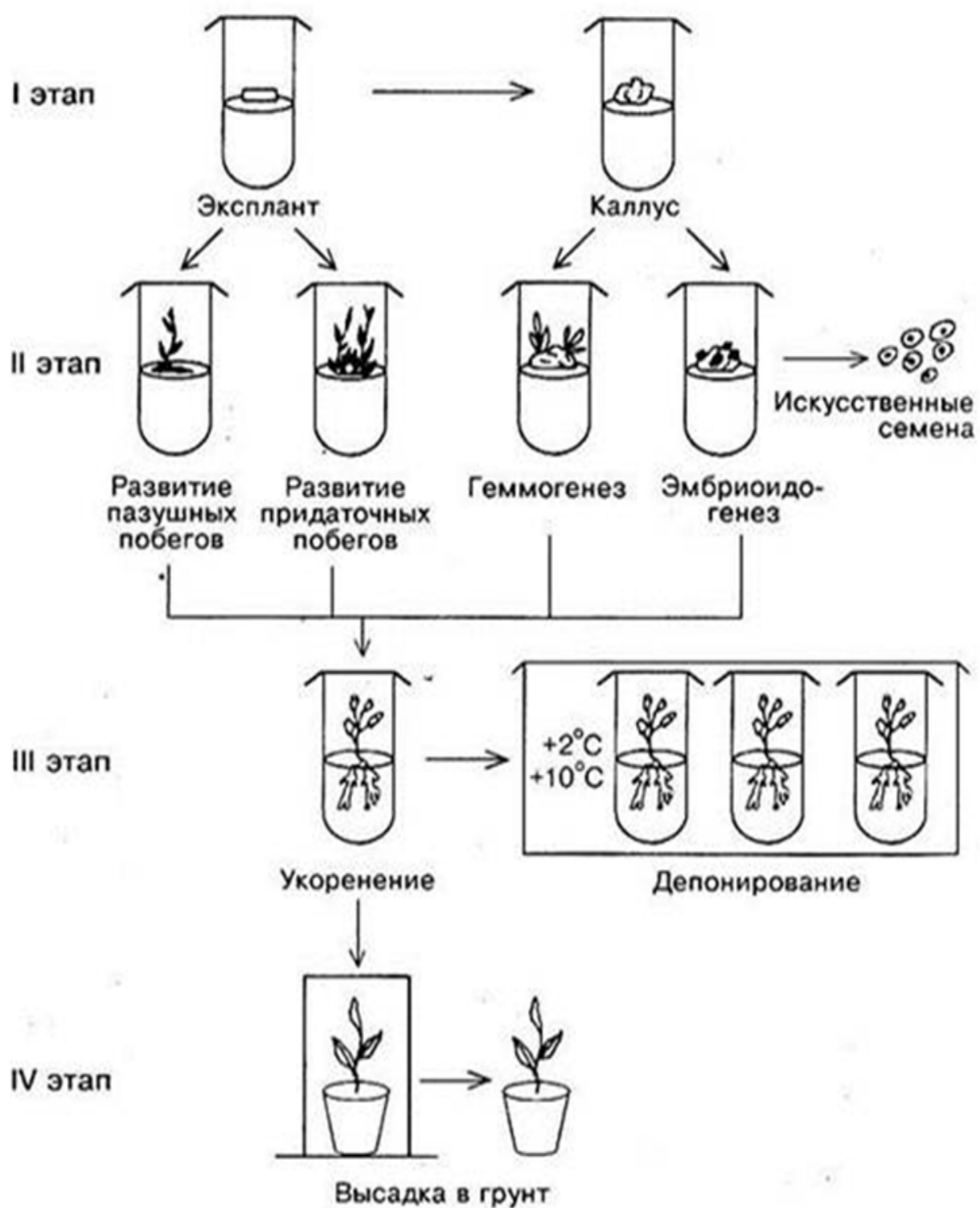
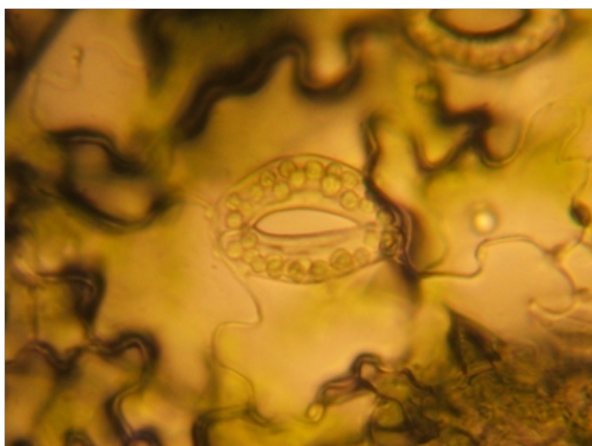
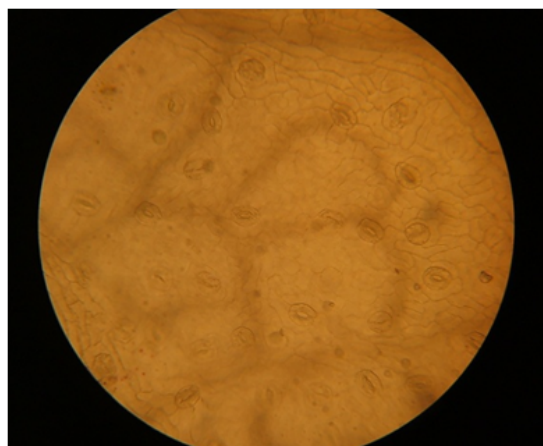


Рисунок 8. Этапы микроклонального размножения растений



а



б

Рисунок 9. Устьица отобранных клонов триплоидной осины:
а – замыкающие клетки устьиц, б – общий вид

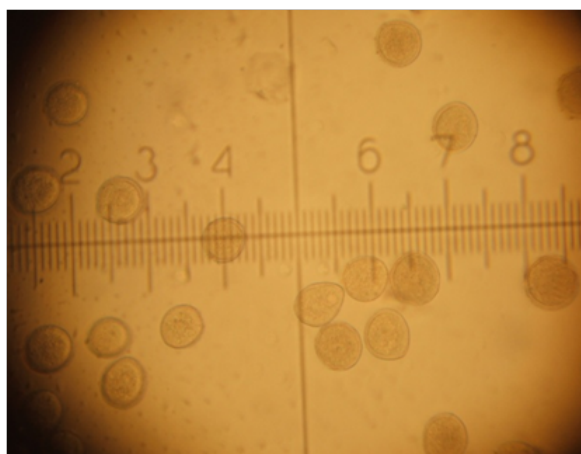


Рисунок 10. Пыльцевые зерна клонов триплоидной осины



Рисунок 11. Стерильные жизнеспособные донорные экспланты
триплоидной осины на питательной среде



Рисунок 12. Жизнеспособные донорные экспланты триплоидной осины



Рисунок 13. Этап укоренения растений-регенерантов триплоидной осины

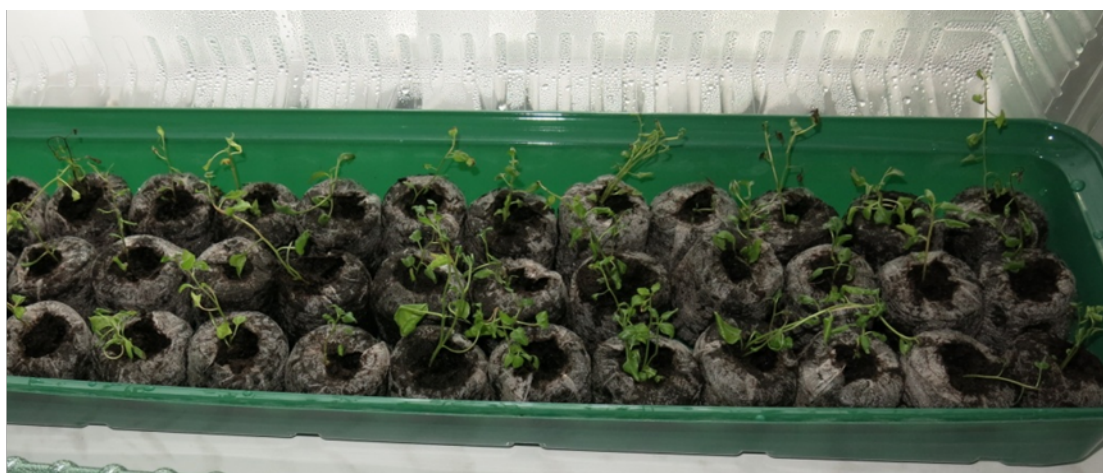


Рисунок 14. Адаптирование к почвенным условиям растений-регенерантов в микропарнике



Рисунок 15. Второй месяц адаптации растений-регенерантов



Рисунок 16. Растения триплоидной осины под укрывным материалом



Рисунок 17. Адаптированные к естественным условиям растения триплоидной осины на опытном участке Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ



Рисунок 18. Промышленная плантация осины в Канаде

На площади 1,0 га было высажено и привито 400 растений. В ряде случаев использовали черенки с набухающими почками. Прививку проводили сбоку вприклад, в разрез за кору древесины и камбием на камбий, в зависимости от толщины черенка. Толстые черенки прививали древесиной на камбий, тонкие (до 5 мм) – камбием на камбий.

Через месяц после прививок была снята обвязка и проведена подрезка подвоев на шип. По данным осеннего учета приживаемость черенков составила 58%. На приживаемость негативно повлияли слабое развитие подвоев в год посадки (20% из них погибло), преждевременное снятие обвязки и некачественные, в большинстве случаев переросшие, подвои. Опытные прививки осины глазком, вприклад, в разрез под кору на естественном самосеве имели приживаемость 100%.

При закладке ЛСП в квартале 61 Пригородного лесничества Костромского лесхоза была проведена сплошная подготовка почвы. Почва на участке легкосуглинистая, дерново-подзолистая, местами торфянистая. Место пониженное, с временным избыточным увлажнением. Посадка подвоев осины осуществлялась в конце апреля с размещением 4×5 м. Прививку проводили 2–3 июня 1967 г. с использованием черенков женского клона № 40а через ряд и мужских клонов № 27 и 35. С учетом резервных групп было привито 443 растения, преимущественно способом сбоку вприклад, в разрез под кору. Снятие обвязки и подрезку подвоев проводили в конце июня и в июле. Средняя приживаемость черенков отобранных клонов по данным осеннего учета составила 65%, в группе резерва посадки – 73%, в резервной группе с предварительным укоренением подвоев – 92%. Значительная часть подвоев (около 30%) погибла в засушливый летний период. Осенью на плантации было проведено дополнение из группы резервных прививок и высажены в пустующих местах однолетние подвои семенной осины для прививок в 1968 г.

Размножение осины прививками в 1968 г. проводили при дополнении семенной плантации в квартале 61 Пригородного лесничества Костромского лесхоза. Для этого использовали черенки ценных клонов осины из Костромской области (№ 27, 35 и 41). Для прививок были получены черенки сортовых осин: Бирской и Вотикеевской – из Башкирии, Обоянской – из Курской области, а также из Красноярского края. Прививочные работы вприклад, в разрез под кору проводили 17–18 июня на неукоренившихся подвоях осины, высаженных осенью 1967 г. Снятие обвязки и подрезку подвоев осуществляли одновременно в конце июля. Результаты приживаемости черенков осины в осенний период приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Приживаемость черенков осины на лесосеменной плантации
в Пригородном лесничестве Костромского лесхоза (1968 г.)**

Форма	Сорт	Количество сделанных прививок, шт.				Прижива- емость черенков на подвое, %
		Все- го	в том числе			
			усохших черенков	погибших с подвоями	жизнеспособных	
Диплоидная	Бирская	41	2	29	10	24
	Вотикеевская	9	3	5	1	11
Триплоидная	Обоянская	39	12	22	5	13

Наиболее высокую приживаемость имели осиновые черенки сорта Бирская (24%), более низкую – Вотикеевская и Обоянская. На приживаемость черенков осины повлияла гибель подвоев в засушливый период в первой половине вегетационного периода. На залежной торфянистой почве засушливый летний сезон является критическим для жизнедеятельности подвойных саженцев осины, что не позволяет создавать прививочные плантации на таких площадях. В 1967 г. отпад составил 30%, а в 1968 г. погибло 65% подвоев. Существенный ущерб привитым саженцам осины наносят грызуны, объедающие кору в нижней части ствола.

Летние (зеленые) черенки

Размножению осины летними черенками уделяется большое внимание. Проведенные ранее исследования [Смилга, 1986] позволили сделать следующие выводы:

1. Успешное размножение летними черенками возможно только в том случае, если черенки заготавливают с молодых маточников (лучше всего из 1-летних отпрысков).
2. Лучшие результаты укоренения летних черенков получены в теплице и под синтетическим покрытием.
3. Лучшими субстратами для укоренения являются песок и смесь торфа с песком (1:1).
4. Черенки должны быть обязательно созревшими с двумя почками длиной 5–8 см с сокращенным полотно листьев, заготовленные в первой половине июля, глубина субстрата – 0,5–1,0 см.
5. Укоренение в значительной степени обусловлено клоном осины.
6. Применение эффективных стимуляторов роста и гербицидов дает положительные результаты.
7. В целях получения летних черенков для их массового размножения следует создать маточники.

На территории опытного участка Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ был заложен парник 2×2 м с субстратом на первой половине

участка из нейтрализованного сфагнового торфа, а на второй – песка слоем 15 см над дренажной гравийной прослойкой (5 см). Летние черенки длиной 5–8 см заготавливали от 4-летних отпрысков в середине июня, когда созревшие побеги были лишены опушенности (клоны № 34, 35). Плотность листьев сокращалась наполовину, глубина посадки в субстрат – 0,5–1,0 см.

Приживаемость летних черенков на различных субстратах оказалась примерно одинаковой, на результативность укоренения сильное влияние оказала клоновая принадлежность. Приживаемость более крупных черенков исполинского клона № 35 оказалась низкой. Результаты опыта свидетельствуют о целесообразности размножения летних черенков в теплице с установкой специального оборудования с автоматическим регулированием температуры, влаги и подачи искусственного легкого тумана.

В Обоянском лесхозе Курской области также были разработаны методы успешного вегетативного размножения исполинской осины корнями, корневыми отпрысками и прививкой. В 8-летних опытных маточных плантациях этой осины, созданных посадкой корней, высота растений достигала 9 м, а диаметр на высоте 1,3 м – 11 см; посадкой 1-летних корневых отпрысков – 11 м и 16 см; посадкой черенков, привитых на черенки тополя Петровского, – 10 м и 14 см соответственно [Царев, Погиба, Тренин, 2001].

ГЛАВА 4

МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ИСПОЛИНСКОЙ ОСИНЫ *IN VITRO* И ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

4.1. Общие сведения и методология микрорклонального размножения древесных растений

Для получения чистосортного и здорового посадочного материала, устойчивого к вирусной и грибной инфекции, используется технология микрорклонального размножения, позволяющая в кратчайшие сроки получить большое количество жизнеспособных растений, предназначенных как для садоводов, так и для промышленного выращивания [Сельскохозяйственная биотехнология ..., 2015]. Микрорклональное размножение – наиболее современный метод вегетативного размножения, имеющий перед другими ряд таких преимуществ, как: возможность получения оздоровленного материала от пораженных вирусными, бактериальными и грибными болезнями растений; получение в большом количестве вегетативного потомства трудноразмножаемых в обычных условиях видов растений; работа в лаборатории в течение круглого года и планирование выпуска растений к определенному сроку; возможность хранения в течение длительного времени пробирочных растений [Катаева, Бутенко, 1983; Высоцкий, 1986; Калинин, Кушнир, Сарнацкая, 1992; Бутенко, 1999; Калашникова, Чередниченко, Киракосян, 2016].

Процесс микрорклонального размножения состоит из 4 этапов (рис. 8):

1. Выбор растения-донора, изолирование эксплантов и получение хорошо растущей стерильной культуры;
2. Собственно размножение, когда достигается получение максимального количества меристематических клонов;
3. Укоренение размноженных побегов с последующей адаптацией их к почвенным условиям, а при необходимости и депонирование растений-регенерантов при пониженной температуре (+2...+10 °C);
4. Выращивание растений в условиях теплицы и подготовка их к реализации или посадке в поле [Катаева, Бутенко, 1983; Биология культивируемых клеток ..., 1991; Сельскохозяйственная биотехнология, 2008; Калашникова, Чередниченко, Киракосян, 2016].

Для введения в культуру *in vitro* возникает необходимость учета особенностей физиологических процессов растений [Катаева, Бутенко, 1983; Бабилова, Горпенченко, Журавлев, 2007]. Чтобы успешно ввести в культуру растения, необходимо учитывать сезонность физиологических процессов растений [Шорников, Муратова, Янковская, 2006]. При введе-

нии в культуру очень важным моментом является стерилизация исходного материала (эксплантов). Развитие экспланта и начало его скорейшего размножения зависит как от вида растения, стерилизатора, так и от системы стерилизации. В последнее время в качестве основного стерилизатора практически не применяют ртутьсодержащие препараты из-за их токсичности. Например, при использовании сулемы повышается степень стерильности эксплантов, но при этом долгое время не начинается их рост [Катаева, Бутенко, 1983]. На сегодняшний день в качестве стерилизаторов более распространены гипохлорит натрия (раствор «белизны» 1:1, 1:2), гипохлорит кальция (10% раствор), перекись водорода (30% раствор) [Шевелуха, 1992; Бутенко, 1999; Сельскохозяйственная биотехнология, 2008], а также такой новый стерилизующий агент, как Экостерилизатор бесхлорный [Макаров, Кузнецова, Смирнов, 2018].

На этапе собственно размножения (пролиферации) начинается формирование боковых побегов, при этом основная задача заключается в получении максимального количества микрорастений, идентичных исходному экземпляру. На данном этапе важное значение имеет создание условий в соответствии с видовыми и сортовыми особенностями размножаемых растений, их происхождением, а также с учетом состава питательной среды и физических условий культивирования. На этапе культивирования эксплантов *in vitro* необходимо создать условия с такими температурными и световыми режимами, при которых будет обеспечено правильное развитие растений [Бутенко, 1999; Сельскохозяйственная биотехнология, 2008].

На данном этапе экспланты растений помещают на питательную среду. В практике микрклонального размножения древесных растений применяется много разнообразных вариантов питательных сред (в том числе и для культивирования осины): MS, WPM, McWP, Андерсена и др. [Murashige, Skoog, 1962; Сельскохозяйственная биотехнология, 2008], с сахарозой, агар-агаром, физиологически активными веществами, фитогормонами 6-бензиламинопурином (6-БАП), Дропп, Цитодеф в различных концентрациях [Калашникова, 2012; Калашникова, Чередниченко, Киракосян, 2016]. Выбор среды и концентрации фитогормонов зависит от размножаемой культуры и ее сорта [Шевелуха, 1992]. Такие факторы, как состав питательной среды, условия выращивания, различные манипуляции с эксплантами, длительность субкультивирования, должны обеспечить оптимальный коэффициент размножения 1:5–10 при количестве пассажей, не превышающем 10–15. Важнейшим фактором в процессе развития пазушных меристем является количество и соотношение в питательной среде фитогормонов цитокининовой (6-БАП, 2ip) и ауксиновой (ИМК, ИУК) групп [Кулаева, 1973; Регуляторы роста растений, 1979; Катаева, Бутенко,

1983; Сидоров, 1990; Калашникова, Родина, 2004; Сельскохозяйственная биотехнология ..., 2015].

Процесс образования адвентивных корней (ризогенез) проходит в 3 этапа: индукция (до начала клеточного деления), инициация (дифференциация меристем до корневых примордиев) и появление корней за пределами стеблевой части черенка [Калашникова, Чередниченко, Кираковский, 2016]. Корневые меристемы у черенков чаще всего формируются в местах пересечения камбия и флоэмы сердцевидными лучами [Бутенко, 1999]. Продолжительность первых двух этапов составляет 10–15 суток [Высоцкий, 1986]. Затем начинается визуально заметное появление и рост корней. В качестве стимуляторов корнеобразования в основном используют ауксины – индолилмасляную (ИМК), индолилуксусную (ИУК) и нафтилуксусную (НУК) кислоты [Катаева, Бутенко, 1983; Калашникова, 2012]. ИМК является наиболее универсальным и эффективным стимулятором корнеобразования для большого числа культур. Оптимальная концентрация корнеобразовательного вещества определяется в зависимости от вида растения. Период укоренения микрочеренков длится, как правило, от нескольких недель до нескольких месяцев [Сельскохозяйственная биотехнология, 2008].

На базе лаборатории можно в короткие сроки организовать массовое получение высококачественного посадочного материала триплоидной осины для закладки лесосырьевых плантаций в целях обеспечения современных предприятий лесопромышленного комплекса высококачественным сырьем. При формировании устойчивого спроса на осину как целевую породу целесообразно микроклональное размножение исполинской осины перевести на промышленную основу, создать научно-производственную площадку с полным циклом биотехнологического производства для закладки лесосырьевых плантаций осины в непосредственной близости от мест переработки древесины.

4.2. История микроклонального размножения осины

Микроклональное размножение древесных пород посредством культуры тканей стало практиковаться только в последние десятилетия XX века. С помощью данного способа за довольно короткий срок можно получить большое количество однородного посадочного материала. Размножением различных древесных пород в больших объемах занимались в США.

Специальные исследования по размножению осины культурой ткани проводились как за рубежом [Mathes 1964; Ahuja, 1984; Chalupa, 1983, Winton L., 1970; Barocka, Baus, Lontke, Siever, 1985; Rytter, Stener, 2003;

Malá, Máchová, Cvrcková, Cízková, 2006] с 1960-х гг., так и в России [Тропа, 1990; Микрклональное размножение видов ..., 2012; Жигунов, Шабунин, Бутенко, 2014; Лебедев, Шестибратов, 2015 и др.] с 1980-х гг.

Опыт размножения триплоидного сорта осины *Astria* (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) в Германии оказался очень удачным [Fröhlich, 1982]: за один вегетационный период было выращено 50 000 саженцев, которые достигали высоты 180–260 см, образовав хорошую корневую систему. Также в Германии был проведен опыт по изучению развития эксплантов почек, стеблей, листьев и корней 48 клонов осины американской и их гибридов на трех различных средах: для культивирования древесных растений (WPM), Мурасиге-Скуга (MS), модифицированной для культивирования осины (ACM) [Ahuja, 1983]. Установлены значительные различия между клонами по способности регенерации новых растений. Формирование у эксплантов побегов и корней проходило по-разному, в зависимости от места взятия (почки, стебли, листья, корни). В каждом конкретном случае требовалась добавка стимуляторов роста.

Исследованиями по внедрению в культуру *in vitro* триплоидных форм осины до настоящего времени занимался ряд российских исследователей в различных регионах страны [Выращивание саженцев ..., 2006; Рост триплоидной осины ..., 2009; Зонтиков, 2011; Петрова, 2011; Оценка способа стерилизации ..., 2013; Гарипов, 2014; Zontikov et al., 2014; Жигунов, Шабунин, Бутенко, 2014; Лебедев, Шестибратов, 2015; Зонтиков, Зонтикова, Сергеев, 2016; Макаров, Панкратова, 2016; Идентификация элитных клонов ..., 2017; Полевые испытания ..., 2019 и др.].

С 2010 г. в Лаборатории микрклонального размножения растений на базе Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ проводятся исследования, направленные на усовершенствование технологии микрклонального размножения триплоидной осины, в том числе с применением различных росторегулирующих веществ [Зонтиков, 2011; Рост и продуктивность ..., 2013; Сироткина, Коренев, 2015; Макаров, Панкратова, 2016; Перспективы плантационного выращивания ..., 2018].

4.3. Результаты исследований и методические рекомендации по микрклональному размножению исполинской осины в Костромской области

В исследованиях, проведенных в Лаборатории микрклонального размножения на базе Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ, использовались образцы высокопродуктивных клонов осины № 27 и 35, отобранные в 2010 г. в генетическом резервате «Исполинские осины» (Шарьинский район Костромской области).

В процессе морфолого-анатомического анализа [Морфолого-анатомическое исследование ..., 2013] контроль плоидности по косвенным признакам подтвердил, что отобранные образцы осины действительно являются полиплоидами (рис. 9, 10).

Перед введением в культуру *in vitro* осины сначала проводили стерилизацию донорных эксплантов. Стерилизация необходима для удаления с поверхности растительного материала инфекции, которая в дальнейшем может вызвать гибель экспланта. Наличие инфекции проявляется уже через 2–4 суток культивирования экспланта на питательной среде. Стерилизацию эксплантов следует проводить ступенчато: сначала донорные экспланты промывают в дистиллированной воде, затем стерилизуют в растворе этанола и гипохлорита натрия или с последующей промывкой в стерильной дистиллированной воде.

На первом этапе микрклонального размножения при введении в культуру *in vitro* осины в качестве эксплантов используется меристема из пазушных почек или целые метамеры. Побегі получали от корней, изолированных от ценных генотипов осины. Для изолирования меристем в стерильных условиях ламинарного бокса под бинокулярной лупой сегмент с почкой поместили в стерильную чашку Петри, а далее с помощью скальпеля и препаровальной иглы вычленили меристему и перенесли ее в пробирку с питательной средой для индукции морфогенеза. Пробирки с материалом затем поместили в световую комнату, где при температуре +25 °С происходило культивирование.

Для выращивания регенерантов осины из первичного экспланта в исследованиях применялась безгормональная питательная среда MS стандартного состава, модифицированная на разных этапах культивирования мериклонов осины регуляторами роста различной природы в разных концентрациях (рис. 11). Дорастивание растений-регенерантов (элонгацию) осуществляли на двух вариантах питательной среды: 1) MS и 2) MS, дополненной синтетическим регулятором роста Эпин-Экстра (24-эпибрассинолид) [Шаповал, Вакуленко, Можарова, 2006] в концентрации 0,5 мг/л.

Анализируя основной биометрический показатель развития растений триплоидной осины *in vitro*, отмечено, что введение в состав питательной среды регулятора роста Эпин-Экстра способствовало увеличению высоты растений [Макаров, Панкратова, 2016; Перспективы плантационного выращивания ..., 2018]. При проведении экспериментов на 2-й год установлено, что применение регулятора роста растений Эпин-Экстра в концентрации 0,5 мг/л на этапе дорастивания микропобегов в высоту может быть рассмотрено в качестве модифицирующего элемента

технологии микроклонального размножения триплоидной осины, способствующее более интенсивному росту растений. Разница по высоте растений между опытными вариантами в 1-й и 2-й годы выращивания в среднем составляла: на 7-е сутки прохождения этапа субкультивирования – 0,5 см, на 21-е сутки – 0,7 см (табл. 9). Наименьшая существенная разность на 5%-м уровне значимости показала достоверность опыта и составила 0,29 и 0,20 в 1-й и 2-й годы выращивания соответственно.

Таблица 9

Высота микропобегов триплоидной осины на этапе их дорастивания при микроклональном размножении

Время учета, сутки	Высота микропобегов, см		
	MS (без гормонов)	MS + Эпин	Разница
<i>1-й год</i>			
7-е	1,25	1,83	+0,58
21-е	1,47	2,2	+0,73
<i>2-й год</i>			
7-е	1,39	1,94	+0,55
21-е	1,92	2,58	+0,66

На втором этапе – «собственно размножение» – применялась питательная среда MS, содержащая для дополнительного побегообразования цитокинин 6-БАП (6-бензилоаминопурин) в концентрациях 0,5 мг/л и 1,0 мг/л. В лаборатории использовали люминесцентные лампы (с освещенностью 2 500–4 000 лк), обеспечивались следующие условия: влажность – 75–80%, температура – +22...+25 °С, фотопериод – 16/8 часов. Примерно через 20–30 суток культивирования на экспланте происходит образование большого числа почек. Через 35–40 суток после введения в культуру в стерильных условиях извлекали растение с побегами, в чашке Петри отделяли побеги от экспланта с помощью скальпеля и переносили на новую питательную среду (рис. 12).

Установлено, что повышение концентрации 6-БАП до 1,0 мг/л не способствовало приросту растений в высоту. На среде MS с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л высота микропобегов триплоидной осины была в среднем на 1,7–2,0 см больше [Макаров, Панкратова, 2016]. Количество растений, получаемых в лабораторных условиях, напрямую зависит от коэффициента размножения, который определяет число полученных дополнительных растений-регенерантов от одного исходного материнского или донорского растения. На данном этапе (собственно размножение) при повышении концентрации 6-БАП до 1,0 мг/л количество размноженных растений-регенерантов осины не увеличилось (табл. 10). Наимень-

шая существенная разность на 5%-м уровне значимости показала достоверность опыта.

Таблица 10

Средние показатели высоты и количества микропобегов триплоидной осины на этапе «собственно размножение»

Показатель	Концентрация 6-БАП, мг/л		Наименьшая существенная разность 5%
	0,5 мг/л	1,0 мг/л	
Высота микропобегов, см	3,24	1,26	1,23
Количество микропобегов, шт.	2,50	2,14	1,61

Таким образом, повышение содержания цитокинина в составе питательной среды не способствовало приросту растений в высоту и увеличению коэффициента размножения культуры. Следствием формирования таких показателей послужило то обстоятельство, что растения в варианте 6-БАП 1,0 мг/л имели небольшой размер междоузлий и, как следствие, невысокий коэффициент размножения.

На третьем этапе – укоренение размноженных растений-регенерантов осины – применялась питательная среда MS аналогичного состава, но содержащая в качестве индуктора ризогенеза ауксин ИМК (индолил-3-масляную кислоту) в концентрациях – 0,5 мг/л и 1,0 мг/л. Пересадку микропобегов проводили каждые 10–15 суток. При сохранении необходимых условий культивирования (оптимальный состав питательной среды, температурный режим +22 °С, освещенность – 3 000–4 000 лк, фотопериод – 16/8 часов) от одного побега после каждой пересадки получали 3–4 новых побега. Хорошо сформированные побеги длиной 2,5–3,5 см пересаживали на питательную среду для укоренения. Примерно на 10-е сутки культивирования происходило формирование от 2 до 4 корешков длиной 1–3 см (рис. 13). На этапе укоренения *in vitro* размноженных растений-регенерантов измеряли длину корневой системы, формируемой каждым растением.

Анализ результатов исследований показал, что увеличение концентрации ауксина ИМК в составе питательной среды MS до 1,0 мг/л не способствовало формированию более развитой корневой системы [Макаров, Панкратова, 2016]. Длина корней растений, культивируемых на питательной среде с добавлением ИМК 0,5 мг/л (2,23 см), превышала значение аналогичных показателей при концентрации ИМК 1,0 мг/л (1,17 см) в среднем на 1 см.

В связи с этим были проведены исследования по изучению влияния концентраций ауксинов на корнеобразование микропобегов триплоидной осины *in vitro* на питательной среде WPM, содержащей ИМК в концентрациях 0,5 мг/л и 1,0 мг/л.

По результатам опытов отмечено, что количество корней у осины на питательной среде без факторов роста было наименьшим, а при концентрации ауксина ИМК 0,5 мг/л и 1,0 мг/л значительно увеличивалось, достигая 3,2 и 5,4 шт. соответственно. Средняя длина немного снижалась, а суммарная длина корней по всем вариантам отличалась незначительно и составила в среднем 3,48–3,74 см (табл. 11). Наименьшая существенная разность на 5%-м уровне значимости показала достоверность опыта и составила 0,29 и 0,20 в 1-й и 2-й годы выращивания соответственно.

Таблица 11

Влияние концентрации ИМК на количество, среднюю и суммарную длину корней триплоидной осины в первый год учета

Концентрация ИМК, мг/л	Количество корней, шт.	Длина корней, см	Суммарная длина корней, см
0	1,4	2,66	3,48
0,5	3,2	1,36	3,72
1,0	5,4	0,7	3,74
Наименьшая существенная разность 5%	1,27	0,924	1,57

По данным учета, проведенного через год, сохранилась та же закономерность по влиянию концентрации ИМК: с увеличением содержания в питательной среде ауксина от 0,5 до 1,0 мг/л количество корней увеличивалось. При этом длина корней в отличие от учета первого года возрастала незначительно, а суммарная длина корней была в 1,5 раза больше (табл. 12).

Таблица 12

Влияние концентрации ИМК на количество, среднюю и суммарную длину корней триплоидной осины на второй год учета

Концентрация ИМК, мг/л	Количество корней, шт.	Длина корней, см	Суммарная длина корней, см
0	1,4	1,7	2,52
0,5	3,4	0,86	2,9
1,0	5,0	1,24	5,74
Наименьшая существенная разность 5%	1,06	1,33	3,11

В питательной среде для укоренения, которая обеспечивает рост стебля и способствует росту и развитию корней, концентрацию минеральных и органических веществ снижали в 2 раза, что способствовало

хорошей адаптации растений-регенерантов к неблагоприятным факторам внешней среды и их нормальному росту при пересадке в почву.

Для успешной адаптации растений-регенерантов к почвенным условиям в первый месяц необходимо соблюдать ряд правил, выполнение которых приведет к получению хорошо сформированных растений. Главными условиями являются высокая влажность, освещенность и температура. Растения-регенеранты, извлеченные из культуральных сосудов, промывают в проточной воде от остатков питательной среды, чтобы избежать загнивания корней. Адаптацию растений проводили с использованием микропарников, в которых растения-регенеранты высаживали в торфяные таблетки или кассеты, набитые торфом (рис. 14). В микропарниках поддерживались следующие условия: влажность – около 85–90%; освещенность – 3 000–4 000 лк; температура – +20...+22°C; фотопериод – 16/8 часов.

На 2-й месяц адаптации растения пересаживали в контейнеры для рассады объемом 350 см³ при освещенности 1 830 лк (рис. 15). Субстрат состоял из смеси верхового и низового торфов, песка, доломитовой муки и комплексного удобрения (азот – 50 мг, фосфорный ангидрид – 400 мг, оксид калия – 500 мг). На этапе адаптации к почвенным условиям молодые растения регулярно поливали, поскольку на приживаемость растений негативно влияет как высыхание почвы, так и непродолжительное переувлажнение. Приживаемость растений фиксировалась при появлении новых листьев. Оценка основных параметров роста растений осуществлялась путем измерения линейных размеров.

Далее, по достижении побегом длины 20–25 см, в конце мая растения высаживали в открытый грунт под укрывной материал на 1 неделю. Затем в течение 1 месяца проходила адаптация с открытием укрывного материала каждый день на 8 часов (рис. 16).

Укорененные в пробирках растения осины для адаптации к нестерильным условиям пересадили в кассеты с различным составом субстратов [Перспективы плантационного выращивания ..., 2018]. Наибольшая доля прижившихся растений триплоидной осины отмечена на субстрате торф + песок (1:1) и составила 39,5%, на варианте с кокосовым субстратом приживаемость оказалась немного меньше (25,2%), тогда как на торфе она была крайне низкой (2,6%), а в варианте с использованием универсального грунта растения не прижились.

Через год растения были высажены в субстраты из иловых осадков и кокосовой стружки. Приживаемость, средняя длина побегов и количество листьев существенно не различались (табл. 13).

Таблица 13

Влияние состава субстрата на приживаемость, среднюю длину побегов и количество листьев у адаптируемых растений триплоидной осины

Показатель	Состав субстрата	
	Иловые осадки	Кокосовая стружка
Приживаемость, %	70,0	70,8
Средняя длина побегов, см	3,0	2,9
Количество листьев, шт.	8,2	7,6

При пересаживании адаптированных к условиям *in vivo* растений триплоидной осины в открытый грунт (торф + песок 3:1) их приживаемость составила 45%. Через 2 года также учитывалась приживаемость растений при появлении новых листьев (рис. 17). При средней высоте растений 80–85 см она составила 83,3%.

С 2015 г. в ФБУ «ВНИИЛМ» проводятся исследования по адаптации триплоидных клонов осины, полученных методом *in vitro*, на участках техногенно и антропогенно нарушенных земель в целях совершенствования лесозокологических технологий реабилитации лесов, методов рекультивации земель и восстановления лесов, адаптированных к ландшафтно-географическим условиям территорий [Макаров, Чудецкий, 2020].

ГЛАВА 5

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ТРИПЛОИДНОЙ ОСИНЫ

5.1. Опыт плантационного лесовыращивания

В мировом лесном хозяйстве в последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция перехода от традиционного лесоводства («рубка леса – восстановление») к плантационному выращиванию древесины с коротким циклом ротации и использованием достижений биотехнологии [Campbell et al., 2003]. Лесосырьевые плантации обеспечивают до 17% мирового потребления древесины [Паничев, 2014].

Во многих странах (США, Швеция, Финляндия, Германия, Италия и др.) широко практикуется создание энергетических плантаций из быстрорастущих пород деревьев – тополей и ив [Цивенкова, Самылин, 2005]. Целлюлозно-бумажная промышленность сделала ставку на плантационное выращивание хвойных пород на севере (Финляндия, Швеция, США, Канада и др.) и быстрорастущих лиственных пород на юге (Южная Америка, Индонезия, Китай и др.).

К важным преимуществам плантационного лесовыращивания относятся ускоренное получение целевой древесины (в 1,5–3 раза быстрее, чем традиционным способом) и возможность закладки плантаций в непосредственной близости от предприятий, что будет способствовать снижению транспортных издержек по доставке древесного сырья производителям. Для поддержания естественного биоразнообразия рекомендуется создавать многоцелевые лесные плантации [Дзык, 2016].

К настоящему времени в ряде стран (Канада, Финляндия, Польша и др.) промышленное выращивание древесины практикуется на бывших сельскохозяйственных угодьях с достаточно плодородными почвами (рис. 18).

В России развитие идеи плантационного лесовыращивания сдерживается распространенным мнением о неисчерпаемости лесов. Однако доступные для эксплуатации запасы хвойной древесины сокращаются [Жигунов, 2008]. Дальнейшее развитие лесного комплекса в современных условиях должно сопровождаться организацией промышленного производства деловой древесины на лесных плантациях повышенной продуктивности с укороченными оборотами рубки, закладываемых на доступных для транспорта территориях, в непосредственной близости от мест переработки древесины.

Наибольший опыт плантационного выращивания высокопродуктивной осины накоплен в СПбНИИЛХ. В ряде лесничеств Ленинградской области заложены плантационные культуры осины опытным посадочным материалом, выращенным методом микроклонального размножения [Шабунин, Подольская, Бовичева, 2008]. Возраст рубки плантаций осины – 30 лет, продуктивность – до 400 м³/га.

В настоящее время повсеместно создаются так называемые карбоновые фермы как основа секвестрационной индустрии с целью поглощения углекислого газа из атмосферы [В России отрабатывают технологии ..., 2021]. На основе таких ферм ученые смогут отрабатывать новые «зеленые» технологии. Триплоидная осина – потенциально перспективная древесная порода для поглощения углекислого газа в течение многих лет, поскольку является быстрорастущей, устойчивой к ветровым нагрузкам, пожарам, вредителям и болезням.

5.2. Перспективы плантационного выращивания триплоидной осины

Промышленное выращивание осины наиболее целесообразно на неиспользуемых сельскохозяйственных землях с достаточно плодородными почвами. В России рекультивация неиспользуемых сельскохозяйственных земель является актуальной и экономически целесообразной: вместо низкопродуктивного самосева древесных и кустарниковых пород на этих землях могут быть выращены высокопродуктивные леса. Площадь заброшенных земель сельскохозяйственного назначения в России составляет около 40 млн га. [Паничев, 2014]. Использование этих земель позволит существенно сократить затраты на подготовку площади и обработку почвы.

В Костромской области плантационное выращивание элитных клонов осины может быть реализовано на базе генетического резервата испинской осины в Шарьинском лесничестве и может рассматриваться как одно из важных направлений рекультивации и рационального использования вышедших из оборота земель сельскохозяйственного назначения. За 20 лет в регионе (1986–2006 гг.) было выведено из эксплуатации более 250 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них более 60% заросли и продолжают зарастать древесно-кустарниковой растительностью [Корякин, 2006]. На бывших сельхозугодьях формируются в основном смешанные насаждения со значительным участием мягколиственных пород (береза – 40%, осина – 5%). В течение 5–8 лет на участках площадью до 10 га формируются сомкнутые насаждения. Крупные участки бывших сельхозугодий площадью более 100 га зарастают в течение более дли-

тельного срока. Они могут рассматриваться как земли лесокультурного фонда первой очереди освоения и использоваться для создания плантационных лесных культур осины целевого назначения. Такие земли распространены в аграрных районах области – Костромском, Красносельском, Нерехтском, Судиславском, Галичском, Вохомском.

В Костромской области ускоренное лесовыращивание целесообразно организовать в первую очередь на северо-востоке области, где сосредоточены основные деревообрабатывающие и лесозаготовительные мощности (предприятие ООО «СВИСС КРОНО» в г. Шарья и др.). В регионе имеется опыт плантационного выращивания ели на балансы и пилочник для удовлетворения потребностей Балахнинского ЦБК. По правительственной программе в 1981–1994 гг. было заложено около 5 тыс. га плантационных культур ели с укороченным оборотом рубки [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014].

Опыт ведения хозяйства в осиновых лесах Костромской области показывает, что культуры осины плантационного типа можно закладывать как семенным, так и вегетативным посадочным материалом лучших по скорости роста и качеству древесины форм осины [Багаев, Рыжова, Шутов, 2014]. Одной из серьезных проблем при искусственном выращивании осины является массовое получение высококачественного посадочного материала. Размножать осину семенами проблематично, так как они сохраняют всхожесть всего несколько часов. При семенном размножении полученное потомство будет наследовать ценные качества лишь частично. Вегетативное размножение осины путем черенкования затруднено из-за ее плохой укореняемости. Кроме того, при черенковании существует опасность распространения инфекций. Традиционные способы семенного и вегетативного размножения ценных форм осины не дают возможности иметь многочисленное потомство от одного дерева в течение всего года. Эта проблема решается с помощью принципиально нового метода вегетативного размножения осины – микроклонального размножения. Плантационное выращивание перспективных форм осины с использованием элитных саженцев, выращенных в тепличных условиях, – один из путей оздоровления осинников Костромской области. Лесокультурное освоение здоровой быстрорастущей осины в дополнение к выращиванию ее из естественных молодняков позволит в короткие сроки организовать промышленное производство деловой древесины осины в непосредственной близости от предприятий по ее переработке.

5.3. Практические рекомендации по плантационному выращиванию триплоидной осины

К основным элементам технологии закладки лесосырьевой плантации триплоидной осины относятся следующие:

1. Категории лесокультурной площади – неиспользуемые сельскохозяйственные земли, нелесные земли, вырубки с полосной раскорчевкой (расчисткой) площади.

2. Обработка почвы – частичная, плугом ПЛ-1 в агрегате с трактором ТДТ-55 с созданием свальных пластов высотой 35 см и шириной 70 см. При необходимости рекомендуется проложить мелиоративные канавы для отвода избытка воды. Необходимо провести анализ почвы.

3. В качестве посадочного материала триплоидной осины используют: 1) адаптированные микроклоны с закрытой корневой системой высотой не менее 5 см и диаметром не менее 0,1 см; 2) корневые черенки длиной не менее 1 м и толщиной не более 2–3 см. За 3 часа до посадки посадочный материал следует увлажнять и обрабатывать 0,1%-м раствором инсектицида Циткор.

4. Схема посадки – 3×2 м, густота посадки – 1 600–1 700 шт./га. Посадка должна осуществляться по пластам, предварительно укрытым нетканым геотекстилем черного цвета плотностью 80 г/м² для снижения конкуренции со стороны растительности и пропуска воды.

5. Уходы за опытной плантацией в 1-й год после посадки должны включать следующие мероприятия:

- агротехнические уходы (скашивание травы, опаживание и др.);
- меры по снижению популяции полевок и других вредителей;
- обработка культур осины 0,1%-м раствором инсектицида Циткор для профилактики болезней (фузиклядиум и др.) и вредителей (долгоносик, медведка, листовой пилильщик, златки и др.).

Осенью необходимо провести инвентаризацию плантации.

В течение двух сезонов при соблюдении технологии закладки и уходов за плантацией триплоидная осина выйдет из-под затеняющего воздействия травянистой растительности. Ожидаемые годовые линейные приросты – до 1 м.

При закладке плантаций триплоидной осины в качестве основы также можно использовать рекомендации по агротехнике выращивания традиционного посадочного материала осины, разработанный ВНИИЛМ [Руководство по организации ..., 1983]. Ускоренное выращивание посадочного материала может быть организовано в открытом грунте на перегоревших мелко-торфянистых почвах. Выращивание сеянцев осины и от-

прысков от корневых черенков в закрытом грунте проводится на искусственном субстрате, для получения которого используют разложившийся низинный торф (смесь торфа с опилками в соотношении 2:1) и перепревший конский навоз. При этом почву под пленкой мульчировать не требуется, всходы быстро растут и к концу первого сезона достигают стандартных размеров.

Плнтации осины рекомендуется закладывать на достаточно плодородных, хорошо увлажненных свежих почвах, с расстоянием между рядами 3,5–4 м, в ряду – 1,5–2 м, с числом посадочных мест 1 250–1 900 шт./га. На свежих вырубках под плантационные культуры целесообразно проводить подготовку почвы культуры бороздную (по раскорчеванным полосам с нарезкой микроповышений лесными плугами – ПКЛ-70-1, ПЛ-1-1, ПЛМ-1,3) – и посадкой саженцев в пласт) или полосную (с посадкой саженцев по расчищенным полосам МРП-2 с последующим фрезерованием или дискованием полос). Лесоводственный уход за культурами в течение первых 3-х лет – однократный путем удаления поросли и самосева. Для получения высококачественной бессучковой древесины и усиления роста деревьев с 3–5-летнего возраста целесообразно проводить периодическую обрезку нижних сучьев и одну прочистку с удалением мертвых сучьев на лучших стволах. Рубка с целью заготовки древесины проводится в возрасте 30 лет с объемом вырубаемой древесины не менее 300 м³/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетний опыт исследований подтверждает высокие лесоводственные качества триплоидной (исполинской) осины, которая по продуктивности, устойчивости к стволовой гнили и качеству древесины значительно превосходит обычную диплоидную осину. Уникальные лесоводственные качества триплоидных клонов осины в генетическом резервате исполинской осины в Костромской области обуславливают важность сохранения и воспроизводства их ценного генофонда. Основой воспроизводства исполинской осины должно стать развитие плантационного выращивания этой ценной формы.

На базе генетического резервата исполинской осины может быть реализовано плантационное выращивание элитных клонов осины с коротким циклом ротации и использованием современных методов биотехнологии. Триплоидная осина может стать одной из самых широко культивируемых древесных пород на «дендрополях-плантациях» с короткими оборотами рубки. Это приобретает актуальное значение в условиях возрастающего спроса на древесину лиственных пород в связи с развитием плитного производства и перспективами внедрения инновационных технологий глубокой механической, химической и энергетической переработки древесины.

Промышленное производство деловой древесины осины на лесных плантациях повышенной продуктивности целесообразно организовывать в первую очередь на неиспользуемых сельскохозяйственных землях с плодородными почвами, на доступных для транспорта территориях, в непосредственной близости от мест переработки древесины.

Хорошие результаты по выращиванию триплоидной осины получены в Костромском и Шарьинском лесхозах Костромской области при использовании в качестве посадочного материала корневых черенков длиной не менее 1 м, высаженных в весенний период.

Однако наиболее эффективным способом массового получения посадочного материала элитных клонов для закладки промышленных плантаций является технология микроклонального размножения *in vitro*. При формировании устойчивого спроса на осину как на целевую породу целесообразным является перевод данной технологии на промышленную основу и создание научно-производственной площадки с полным циклом биотехнологического производства для закладки лесосырьевых плантаций высококачественным посадочным материалом.

Промышленное производство деловой древесины осины на лесных плантациях станет возможным в перспективе при появлении устойчивого спроса на древесину осины. Вместе с тем, учитывая фактор времени, необходимо уже сейчас начать опытно-производственные работы по размножению элитных форм осины и закладке целевых плантаций в зоне деятельности существующих и проектируемых предприятий – потребителей древесины осины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бабикова, А. В. Растение как объект биотехнологии / А. В. Бабикова, Т. Ю. Горпенченко, Ю. Н. Журавлев // Комаровские чтения. – 2007. – Вып. LV. – С. 184–211.

Багаев, Е. С. Ведение хозяйства в осиновых лесах Костромской области / Е. С. Багаев, Н. В. Рыжова, В. В. Шутов : моногр. – Кострома : Изд-во КГТУ, 2014. – 138 с.

Багаев, Е. С. Генетический резерват осины исполинской в Костромской области / Е. С. Багаев // Лесохозяйственная информация. – 2008. – № 10–11. – С. 36–38.

Багаев, С. Н. Отбор ценных форм осины и березы в Костромской области / С. Н. Багаев. – М. : Проспект ВДНХ СССР, 1964. – 4 с.

Багаев, Е. С. Создание лесосырьевых плантаций на землях, вышедших из сельскохозяйственного пользования / Е. С. Багаев // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : сб. мат-лов Междунар. науч.-экологич. конф. (Краснодар, 27–29 марта 2018 г.). – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 421–423.

Бакулин, В. Т. Триплоидный клон осины в лесах Новосибирской области / В. Т. Бакулин // Генетика. – 1966. – № 11. – С. 58–68.

Биллик, Р. Опыт заготовки семян осины / Р. Биллик // Лесное хозяйство. – 1956. – № 2. – С. 92–25.

Биология культивируемых клеток и биотехнология растений / Р. Г. Бутенко [и др.]; под ред. Р. Г. Бутенко. – М. : Наука, 1991. – 278 с.

Бондарцев, А. С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа / А. С. Бондарцев. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1953. – 1106 с.

Борисов, П. Н. Главнейшие вредители и болезни осины *Populus tremula* и меры борьбы с ними / П. Н. Борисов // Сб. тр. ВНИИЛХ. – 1941. – Вып. 16. – С. 54–81.

Бутенко, Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе / Р. Г. Бутенко. – М. : ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.

В России отрабатывают технологии улавливания CO₂ из атмосферы / [Электронный ресурс] // Вести.Ru. – 30.01.2021. URL: <https://www.vesti.ru/article/2517309/>

Выращивание саженцев триплоидной осины из регенерантов, полученных по технологии *in vitro* / Н. А. Бовичева, Д. А. Шабунин, А. В. Жигунов, В. А. Подольская // Тр. СПбНИИЛХ. – 2006. – № 3(16). – С. 68–76.

Высоцкий, В. А. Микроклональное размножение растений / В. А. Высоцкий // Культура клеток растений и биотехнология. – М. : Наука, 1986. – С. 91–102.

Гарипов, Н. Р. Отбор и выращивание триплоидной осины (*Populus tremula* L.) с применением методов молекулярной генетики и биотехнологии в республике Татарстан: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01/ Н. Р. Гарипов. – М. : ВНИИЛМ, 2014. – 128 с.

Гулисашвили, В. З. Вегетативное размножение осины / В. З. Гулисашвили // Записки лесной опытной станции Ленинградского сельскохозяйственного ин-та. – Л. : Сельхозиздат, 1928. – Вып. 4. – С. 1–93.

Демиденко, В. П. Осинники Среднего Приобья / В. П. Демиденко. – Новосибирск: Наука, 1978. – 160 с.

Дзык, М. И. Проблематика развития промышленных лесосырьевых плантаций в России / М. И. Дзык // Повышение эффективности использования и воспроизводства природных ресурсов: сб. матер. науч.-практ. конф. (Великий Новгород, 24–25 ноября 2016 г.). – Великий Новгород : Изд-во НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2016. – С. 40–43.

Ермилова, В. С. Причины развития гнили у осины и меры борьбы с ней / В. С. Ермилова // Тр. ВНИИЛХ. – 1939. – Вып. 7 – С. 69–77.

Жигунов, А. В. Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом *in vitro* / А. В. Жигунов, Д. А. Шабунин, О. Ю. Бутенко // Вестник ПГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4(24). – С. 21–30.

Жигунов, А. В. Приоритетные направления лесного селекционного семеноводства и плантационного лесовыращивания на Северо-западе России / А. В. Жигунов // Лесохозяйственная информация. – 2008. – № 3–4. – С. 11–15.

Зонтиков, Д. Н. Культивирование триплоидной осины в условиях *in vitro* / Д. Н. Зонтиков // Перспективы инновационного развития лесного хозяйства: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 55-летию филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция». – Кострома, 2011. – С. 45–49.

Зонтиков, Д. Н. Размножение высокопродуктивных диплоидных и триплоидных форм осины (*Populus tremula* L.) в культуре *in vitro* / Д. Н. Зонтиков, С. А. Зонтикова, Р. В. Сергеев // Агрохимия. – 2016. – № 7. – С. 59–65.

Идентификация элитных клонов осины, выращиваемых в опытных лесных культурах в северо-западном регионе России / А. В. Жигунов, Д. А. Шабунин, О. Ю. Бутенко, М. В. Лебедева // Тр. СПбНИИЛХ. – 2017. – № 4. – С. 39–47.

Иванников, С. П. Быстрорастущая и устойчивая к гнили форма осины / С. П. Иванников // Лесное хозяйство. – 1952. – № 12. – С. 37–38.

Иванников, С. П. Разведение и выращивание здоровой осины / С. П. Иванников. – М. : Проспект ВДНХ СССР, 1960. – 4 с.

Иванников, С. П. Селекция осины в лесостепи на быстроту роста, устойчивость против гнили и качество древесины / С. П. Иванников // Опыт и достижения по селекции лесных пород. – М. : МСХ СССР, 1959. – Вып. 38. – С. 63–124.

Калашникова, Е. А. Клеточная инженерия растений : учеб. пособие / Е. А. Калашникова. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 217 с.

Калашникова, Е. А. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов биотехнологии : учеб. пособие / Е. А. Калашникова, А. Р. Родина. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М. : МГУЛ, 2004. – 84 с.

Калашникова, Е. А. Современные аспекты биотехнологии: учеб.-методич. пособие / Е. А. Калашникова, М. Ю. Чередниченко, Р. Н. Киракосян. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 125 с.

Калинин, Ф. Л. Технология микрклонального размножения растений / Ф. Л. Калинин, Г. П. Кушнир, В. В. Сарнацкая. – Киев : Наукова думка, 1992. – 232 с.

Катаева, Н. В. Микрклональное размножение растений / Н. В. Катаева, Р. Г. Бутенко. – М. : Наука, 1983. – 96 с.

Козьмин, А. В. Исполинская осина в Шарьинском лесхозе / А. В. Козьмин // Лесное хозяйство. – 1954. – № 12. – С. 48–53.

Коренев, И. А. Состояние и перспективы использования государственного природного заказника «Исполинские осины» / И. А. Коренев, Е. С. Багаев, С. С. Багаев // Природа Костромского края: современное состояние и экомониторинг : сб. матер. Межрегион. науч.-практ. конф (г. Кострома, 24–25 марта 2017 г.). – Кострома : Изд-во КГУ, 2017. – С. 134–137.

Корякин, В. А. Исследование характера возобновления леса на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования / В. А. Корякин // сб. науч. ст., посвящ. 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома : ВНИИЛМ, 2006. – С. 104–108.

Кочановский, С. Б. Сердцевинная гниль осины / С. Б. Кочановский. – Минск : Ураджай, 1976. – 208 с.

Кулаева, О. Н. Цитокинины, их структура и функция / О. Н. Кулаева. – М., 1973. – 264 с.

Лебедев, В. Г. Опыт создания биотехнологических форм древесных растений / В. Г. Лебедев, К. А. Шестибратов // Лесоведение. – 2015. – № 3. – С. 222–232.

Макаров, С. С. Влияние регуляторов роста на органогенез жимолости при микрклональном размножении / С. С. Макаров, И. Б. Кузнецова, В. С. Смирнов // Вестник НГАУ. – 2018. – № 4. – С. 36–42.

Макаров, С. С. Изучение влияния росторегулирующих веществ различной природы при микрклональном размножении осины [Электронный ресурс] / С. С. Макаров, А. А. Панкратова // Лесохозяйственная информация : электрон. сетев. журн. – 2016. – № 3. – С. 138–143. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Макаров, С. С. Приживаемость быстрорастущих клонов осины на антропогенно нарушенных землях Костромской области / С. С. Макаров, А. И. Чудецкий // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе : сб. ст. 71-й Междунар. науч.-практ. конф. (Караваево, 23 января 2020 г.). – Караваево : Костромская ГСХА, 2020. – Т. 1. – С. 50–54.

Мацкевич, Н. В. Использование полиплоидии в повышении продуктивности лесов / Н. В. Мацкевич // Лесное хозяйство. – 1965. – № 1. – С. 36–43.

Микрклональное размножение видов рода *Populus* / Ю. А. Королева, А. М. Смолин, И. В. Бобошина [и др.] // Вестник Удмуртского ун-та, 2012. – Вып. 3. – С. 50–54.

Михайлов, Л. Е. Осина / Л. Е. Михайлов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 72 с.

Морфолого-анатомическое исследование ценных форм триплоидной осины / Д. Н. Зонтиков, С. А. Зонтикова, П. С. Новиков, Р. В. Сергеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 6. – С. 811–820.

Муркайте, Р. И. Клоновая структура и формовое разнообразие осины (*Populus tremula* L.) в Литовской ССР / Р. И. Муркайте, В. И. Раманаускас // Селекция древесных пород в Литовской ССР. – М., 1978. – С. 89–95.

Никитин, И. И. Значение гетерозиса в лесоводстве и древоводстве / И. И. Никитин // Лесное хозяйство. – 1961. – № 10. – С. 22–25.

Николаева, О. Е. Анатомическое и цитологическое исследование ценных форм и гибридов осины / О. Е. Николаева // Селекция быстрорастущих пород. – М. : ВНИИЛМ, 1965. – С. 58–81.

Орленко, Е. Г. Цитологическое исследование зеленокорой и серокорой форм осины, произрастающих в лесах Белоруссии / Е. Г. Орленко // Сб. ботанических работ Белорусского отделения Всесоюзного ботанического общества. – Минск, 1961. – Вып. 3. – С. 111–115.

Особенности формирования быстрорастущих клонов в генетическом резервате исполинской осины / Е. С. Багаев, И. А. Коренев, С. С. Багаев, Д. Н. Зонтиков // Лесное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 26–28.

Оценка способа стерилизации и минерального состава питательных сред на эффективность культивирования *Populus tremula* L. в условиях *in vitro* / Д. Н. Зонтиков, С. А. Зонтикова, Р. В. Сергеев, П. С. Новиков, А. И. Шургин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – № 91 (07). – С. 1183–1193.

Паничев, Г. П. Плантационное выращивание лесных ресурсов / Г. П. Паничев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. Сер.: Экономика. – 2014. – № 3. – С. 43–46.

Перспективы плантационного выращивания быстрорастущих триплоидных клонов осины в южно-таежном лесном районе европейской части России / Е. С. Багаев, С. С. Багаев, С. С. Макаров, А. И. Чудецкий // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2018. – Т. 4. – № 3. – С. 81–93.

Петрова, Г. А. Использование методов биотехнологии для получения здорового посадочного материала осины (*Populus tremula* L.) в условиях Республики Татарстан : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г. А. Петрова. – М., 2011. – 23 с.

Письмеров, А. В. Методические рекомендации по лесорастительному районированию Костромской области (с применением математических методов) / А. В. Письмеров. – М., ВНИИЛМ, 1977. – 24 с.

Полевые испытания размноженных *in vitro* клонов осины (*Populus tremula* L.): рост, продуктивность, качество древесины, генетическая стабильность / О. С. Машкина, Е. А. Шабанова, И. Н. Вариводина, Т. А. Гродецкая // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2019. – № 6. – С. 25–38.

Регуляторы роста растений / К. З. Гамбург [и др.]. – М., 1979. – 246 с.

Рост и продуктивность исполинской осины в Костромской области / Е. С. Багаев, И. А. Коренев, С. С. Багаев, Д. Н. Зонтиков // Проблемы воспроизводства лесов Европейской тайги : матер. Всеросс. науч.-практ. конф. (Кострома, 26–27 сентября 2012 г.). – Кострома, 2012. – С. 8–15.

Рост и продуктивность *Populus tremula* L. в Костромской области / Д. Н. Зонтиков, С. А. Зонтикова, Е. С. Багаев, С. С. Багаев, Р. В. Сергеев, П. С. Новиков, А. И. Шургин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 91 (07). – С. 1204–1215.

Рост триплоидной осины в лесных культурах, созданных посадочным материалом, полученным по технологии *in vitro* / А. В. Жигунов [и др.] // Тр. СПб-НИИЛХ. – 2009. – № 1 (18). – С. 143–152.

Руководство по организации и ведению хозяйства на осину в лесах Европейской части СССР. – М. : ВНИИЛМ, 1983. – 38 с.

Сельскохозяйственная биотехнология / В. С. Шевелуха [и др.]. – М. : Высшая школа, 2008. – 710 с.

Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия / В. С. Шевелуха [и др.]. – М.:URSS, 2015. – 715 с.

Сидоров, В. А. Биотехнология растений. Клеточная селекция / В. А. Сидоров. – Киев : Наукова думка, 1990. – 280 с.

Смилга, Я. Я. Осина / Я. Я. Смилга. – Рига : Зинатне, 1986. – 238 с.

Сироткина, Е. В. Адаптация растений-регенерантов осины к естественным условиям [Электронный ресурс] / Е. В. Сироткина, И. А. Коренев // Лесохозяйственная информация : электрон. сетев. журн. – 2015. – № 4. – С. 82–86.URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Стороженко, В. Г. Ведение хозяйства в осинниках / В. Г. Стороженко, Л. Е. Михайлов, С. Н. Багаев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 145 с.

Тамм, Ю. А. Вегетативное размножение осины / Ю. А. Тамм // Новое в науке и технике лесного хозяйства. – 1978. – № 3. – С. 6–7.

Тамм, Ю. А. Результаты поисков триплоидной осины в Эстонской ССР / Ю. А. Тамм, Л. Я. Ярвекюльг // Лесоведение. – 1975. – № 6. – С. 19–26.

Тропа, М. А. Микрклональное размножение осины / М. А. Тропа // Роль селекции в улучшении Латвийских лесов: сб. науч. тр. Лат-НИИЛХ. – Рига : Зинатне, 1990. – С. 93–97.

Хорошев, А. В. Ландшафты и экологическая сеть Костромской области: моногр. / А. В. Хорошев, А. В. Немчинова, В. О. Авданин. – Кострома : КГУ им. Н. А. Некрасова, 2013. – 428 с.

Царев, А. П. Селекция и репродукция лесных древесных пород : учеб. / А. П. Царев, С. П. Погиба, В. В. Тренин ; под ред. А. П. Царева. – М. : Логос, 2001. – 520 с.

Цивенкова, Н. М. Быстрорастущие плантации тополя – новая энергетическая сырьевая база / Н. М. Цивенкова, А. А. Самылин // Леспром-Информ. – 2005. – № 8. – С. 32–34.

Шабунин, Д. А. Получение посадочного материала быстрорастущих форм осины с использованием метода *in vitro* и закладка плантаций / Д. А. Шабунин, В. А. Подольская, Н. А. Бовичева // Лесохозяйственная информация. – 2008. – № 3–4. – С. 51–53.

Шаповал, О. А. Перспективы использования регуляторов роста растения / О. А. Шаповал, В. В. Вакуленко, И. Л. Можарова // Плодородие. – 2006. – № 6. – С. 13–14.

Шевелуха, В. С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В. С. Шевелуха. – М. : Колос, 1992. – 598 с.

Шиманюк, А. П. Биология древесных и кустарниковых пород СССР /А. П. Шиманюк. – М. : Просвещение, 1964. – 500 с.

Шорников, Д. Г. Перспективные виды нетрадиционных и редких культур и их активная интродукция с применением биотехнологических методов размножения растений / Д. Г. Шорников, С. А. Муратова, М. Б. Янковская // Нетрадиционные и редкие растения, природные соединения и перспективы их использования. – 2006. – Т. 1. – С. 49–52.

Яблоков, А. С. Исполинская форма осины в лесах СССР / А. С. Яблоков // Труды ВНИИЛХа. – М. : ВНИИЛХ, 1941. – Вып. 23. – 52 с.

Яблоков, А. С. Воспитание и разведение здоровой осины / А. С. Яблоков. – М. : Гослесбумиздат, 1963. – 441 с.

Ahuja M. R. Somatic cell differentiation and rapid clonal propagation of aspen. *Silvae Genetica*. 1983. 32: 131–135.

Ahuja M. R. A Commercially Feasible Micropropagation Method for Aspen. *Silvae genet.* 1984. 33: 174–176.

Barocka K. H., Baus M., Lontke E., Siever F. Tissue Culture as a Tool for In Vitro Mass Propagation of Aspen. *Z. Planzenzucht*. 1985. 4: 340–342.

Campbell M. M. [et al.]. Forestry's Fertile Crescent: The Application of Biotechnology to Forest Trees. *Plant Biotechnology Journal*. 2003. 1: 141–154.

Chalupa V. Rychlé vegetativní množení některých listnatých lecnichdrevin in vitro. *Lesnictví*. 1983.29 (4): 309–320.

Fröhlich H. J. Fortschritte bei der vegetativen Vermehrung. *Forstarchiv*. 1982 1: 3–9.

Johnsson H. Cytological Studies of Diploid and Triploid *Populus tremula* and of Crosses between Them. *Hereditas*. 1940. 26: 321–356.

Malá J., Máčková P., Cvrčková H., Cízková L. Aspen Micropropagation: Use for Phytoremediation of Soils. *Journal of Forest Science*. 2006. 52: 101–107.

Mathes M. C. The In Vitro Formation of Plantlets from Isolated Aspen Tissue. *Phyton*. 1964. 21: 4.

Melander Y. A New Giant *Populus tremula* in Norbotten. *Hereditas*. 1938. 24: 189–194.

Müntzing A. The Chromosomes of a Giant *Populus tremula*. *Hereditas*. 1936. 21: 383–393.

Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plantarum*. 1962. 3 (15): 473–497.

Nilsson-Ehle, H. Ubereineinder Naturgefundene Gigasform von *Populus tremula*. *Hereditas*. 1936. 21: 379–382.

Rytter L., Stener L.-G. Clonal Variation in Nutrient Content in Woody Biomass of Hybrid Aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.). *Silva Fennica*. 2003. 37: P.313–324.

Winton L. L. Shoot and Tree Production from Aspen Tissue Cultures. *Amer J. Bot.* 1970. 57: 8.

Zontikov D [et al.]. Micropropagation of Highly Productive Forms of Diploid and Triploid Aspen. *Advanced Materials Research*. 2014. 962–965: 681–690.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

6-БАП	6-бензиламинопурин
MS	питательная среда по прописи Мурасига и Скуга
WPM	питательная среда по прописи Woody Plant Medium
Б	береза
ВНИИЛМ	Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства
ГК	гиббереловая кислота
Е	ель
Лп	липа
ЛОС	лесная опытная станция
ЛСП	лесосеменная плантация
Ивд	ива древовидная
ИМК	β -индолилмасляная кислота
ИУК	индолилуксусная кислота
НСР ₀₅	наименьшая существенная разность на 0,5% уровне значимости между вариантами
Олс	ольха серая
Ос	осина
пог. м	погонный метр
Пх	пихта
СПбНИИЛХ	Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
ЦБК	целлюлозно-бумажный комбинат

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Адаптация – процесс эволюционного (генетического) приспособления индивидуумов или их групп к условиям среды

Адвентивные почки – почки на растениях, возникшие из клеток и тканей, обычно их не образующих

Ауксины – фитогормоны, стимулирующие образование корней у черенков (например: ИМК, ИУК, НУК)

Биотопливо – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов.

Вегетативное возобновление (восстановление) леса – образование (создание) нового поколения леса из вегетативных органов растений или их частей: спелой поросли, корневых отпрысков, отводков, черенков и др.

Ген – участок хромосомы (молекулы ДНК), кодирующей структуру одной или нескольких полипептидных цепей, или молекулу РНК, или определенную регуляторную функцию

Генетический резерват (лесной) – участок леса, выделенный в природной популяции (и как исключение – при отсутствии в регионе естественных насаждений – в лесных культурах, созданных из местных семян), отражающий ее генофонд и предназначенный для неограниченного во времени сохранения генетического фонда соответствующих видов

Генетический фонд (генофонд) – совокупность генов популяции, характеризующаяся определенной их частотой.

Генотип – сумма всех генов организма; генетическая структура индивидуума.

Гибрид – особь, полученная в результате скрещивания между генетически различающимися родительскими типами

Дедифференциация (в биотехнологии) – переход специализированных неделящихся клеток к образованию недифференцированных делящихся каллусных клеток

Депонирование – длительное хранение организмов при пониженных температурах

Диплоид – организм, клетки которого несут два гомологичных набора хромосом ($2n$)

Дифференциация (в биотехнологии) – комплекс процессов, приводящих к различиям между дочерними клетками, а также между материнскими и дочерними клетками

Древесная школа (школьное отделение лесного питомника) – площадь лесного питомника, предназначенная для выращивания саженцев деревьев и кустарников

Древостой – совокупность деревьев (иногда кустарников), являющаяся основным компонентом насаждения

Зеленый черенок – черенок, заготовленный из неодревесневшего побега с листьями в период вегетации (растения)

Каллус – неорганизованная пролиферирующая ткань, состоящая из дедифференцированных клеток

Кариотип – совокупность признаков (число, размеры, форма и т.д.) полного набора хромосом, присущая клеткам данного биологического вида (видовой кариотип), данного организма (индивидуальный кариотип) или линии (клона) клеток

Клон (в растениеводстве, лесоводстве) – растения (совокупность всех потомков), полученные путем вегетативного размножения одного растения и имеющие идентичный генотип

Клон растения (в микробиологии, биотехнологии) – популяция клеток или молекул, идентичных одной родоначальной клетке или молекуле

Клонирование (в биотехнологии) – получение генетически идентичных популяций организмов

Клоновая плантация (лесосеменная плантация вегетативного происхождения) – ЛСП, закладываемая с использованием материала вегетативного происхождения

Клоновая лесосеменная плантация – ЛСП, создаваемая с использованием вегетативного потомства (клонов) плюсовых и элитных деревьев.

Клоновый отбор – искусственный методический отбор наилучших клонов при их испытании для их дальнейшего вегетативного размножения (у тополей, ив, елей и др.)

Корневой отпрыск – побег, образовавшийся из придаточных почек на корнях, расположенных близко к поверхности почвы

Корневой черенок – черенок, заготовленный из части корня растения

Культура клеток и тканей – форма существования клеток и тканей, возникших путем пролиферации клеток изолированных сегментов разных органов или самих органов растений, вне организма, в искусственной среде

Культура первичных эксплантов – инкубация в стерильных условиях на питательных средах сегментов, изолированных из разных органов растений

Лесосеменная плантация (ЛСП) – искусственно создаваемое на основе применения различных методов селекции насаждение, предназначенное для получения семян с ценными наследственными свойствами

Лесосырьевая плантация – специально создаваемые и выращиваемые в определенных технологических режимах лесные культуры с целью ускоренного получения большего количества древесины определенной породы и качества

Либриформ – древесинные волокна, сильно вытянутые, заостренные на концах клетки древесины, обеспечивающие ее прочность и твердость

Маточная плантация – насаждение, создаваемое с использованием вегетативного потомства плюсовых деревьев в целях их массового размножения.

Маточное отделение питомника (маточник) – часть площади лесного питомника, предназначенная для выращивания деревьев и кустарников с целью получения от них черенков и семян

Мериклон – точная копия растения, полученная из клетки меристемы родительского растения

Меристема – образовательная ткань растения с активно делящимися клетками

Микроклональное размножение (микроклональное размножение) – получение особей растений, генетически идентичных исходному растению, неполовым путем в условиях *in vitro*.

Миксоплоидия – наличие и сосуществование в одной ткани, помимо диплоидных, клеток других уровней ploидности, в частности полиплоидных.

Мицелий (грибница) – вегетативное тело грибов, состоящее из тонких (толщиной 1,5...10 мкм) разветвленных нитей и развивающееся в субстрате и на его поверхности

Морфогенез – процесс формирования органов (органогенез), тканей (гистогенез) и клеток (цитогенез, или клеточная дифференцировка) растения

Оборот рубки – период, в течение которого в среднем по хозяйству (хозяйственной секции) восстанавливаются запасы спелой древесины, вырубленной при сплошных и выборочных рубках

Органогенез – процесс возникновения в неорганизованно растущей массе каллусных клеток зачатков органов (корней и побегов) растения

Отводок – молодое растение, образовавшееся из укоренившегося побега, способное к самостоятельному существованию

Плантационные лесные культуры (лесные культуры плантационного типа) – лесные культуры, созданные с целью получения определенной лесной продукции

Плантация лесная – территория, предназначенная для искусственного выращивания древостоев с целью получения определенных лесных сортиментов (пиловочника, балансов и т.п.), технических, пищевых и лекарственных растений

Плоидность – число одинаковых наборов хромосом, находящихся в ядре клетки или в ядрах клеток многоклеточного организма

Плюсовые деревья – деревья, которые в одинаковых условиях произрастания обладают повышенными хозяйственными признаками и свойствами

Полиплоидия – увеличение количества хромосомных наборов в клетках биологического вида, которое кратно одинарному числу хромосом

Популяция – совокупность особей одного вида, или гибридных особей, возникших в результате интрогрессии, длительное время занимающих обособленную территорию, свободно скрещивающиеся друг с другом и в той или иной степени изолированных от других популяций

Приисковые рубки – тип выборочных рубок леса для лесоизбыточных таежных малоосвоенных районов, при котором вырубает особые ценные деревья для заготовки специальных сортиментов: авиационные, судостроительные, резонансовые и др.

Пролиферация – новообразование клеток и тканей путем размножения

Регуляторы роста растений (органические) – препараты, стимулирующие выработку в тканях растения специальных фитогармонов – низкомолекулярных органических веществ, контролирующих все процессы развития растения.

Рекультивация земель – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды

Ризогенез – процесс развития корня растения

Соматические клетки – клетки, составляющие тело (сому) многоклеточных организмов и не принимающие участия в половом размножении.

Сорт лесной породы – совокупность лесных древесных растений, отобранных в природе или созданных искусственно, которая отличается биологическими и улучшенными хозяйственно ценными признаками, сохраняющимися при половом или бесполом размножении

Субкультивирование – перенос транспланта в другой культуральный сосуд на следующую питательную среду

Тетраплоид – организм, имеющий в клетках тела четыре основных набора хромосом ($4n$)

Триплоид – организм с тремя основными (гаплоидными) наборами хромосом в соматических клетках ($3n$), характеризующийся полной или приближающейся к полной стерильностью

Фитогормоны – соединения, образующиеся в малых количествах в одной части растения, обычно транспортирующиеся в другую его часть и вызывающие специфический рост или формообразовательный процесс

Черенок – часть растения, способная укореняться и образовывать новые растения

Чистый древостой – древостой, состоящий из деревьев одной древесной породы или с единичной примесью деревьев других древесных пород

Цитокинины – класс гормонов растений 6-аминопуринового ряда, стимулирующих деление клеток (цитокinesis) (например: 6-БАП, 2ip, Цитодеф, Дропп и др.)

Эксплант – фрагмент ткани или органа, выращиваемый на питательной среде самостоятельно

Элонгация (*в биотехнологии*) – последовательное присоединение мономеров к полимерной цепи

Энергетические плантации – лесные культуры, специально выращиваемые для использования непосредственно в качестве топлива либо для производства биотоплива (пеллет, брикетов, биогаза и пр.).

in vitro – выращивание живого материала «в стекле», на искусственных питательных средах, в стерильных условиях.

in vivo (ex vitro) – выращивание живого материала в естественных (нестерильных) условиях.

Научное издание

Багаев Евгений Сергеевич, Макаров Сергей Сергеевич,
Багаев Сергей Сергеевич, Родин Сергей Анатольевич

**ИСПОЛИНСКАЯ ОСИНА:
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ**

Монография

*Монография рассмотрена и рекомендована к печати Научно-методической секцией
по вопросам лесоводства и биологии Ученого совета ФБУ ВНИИЛМ,
протокол от 11.05.2021 г. №5.*

Редактор М.Ф. Нежлукто
Компьютерная верстка Л.М. Харина
Оформление обложки Л.М. Харина

Подписано в печать 11.05.2021
Формат 60х90¹/₁₆
Объем 4.5 печ. л.
Тираж 500 экз.

Отпечатано в Всероссийском научно-исследовательском институте
лесоводства и механизации лесного хозяйства.
Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15