

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ ВЯЗА ГЛАДКОГО (*ULMUS LAEVIS* PALL.) С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Д.В. Демидов¹✉, Ф.Н. Дружинин², Д.М. Корякина², А.Н. Налиухин³

¹Группа ФосАгро, ОП АО «Апатит», Россия, 119333, г. Москва, Ленинский проспект, д. 55/1, стр. 1

²ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», Россия, 160555, Вологодская область, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева), Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

ddemidov@phosagro.ru

Рассмотрены лесоводственно-экологические характеристики вяза гладкого. Выполнен авторский анализ фондовых материалов и литературных источников. Проанализированы особенности технологических операций выращивания посадочного материала в питомнике. Проведен эксперимент по оценке влияния подкормок комплексными удобрениями отечественного производства на жизненное состояние, рост и развитие вяза гладкого в тепличном хозяйстве. Дана лесоводственная оценка роста и развития сеянцев вяза гладкого на первом году выращивания. По результатам эксперимента установлена эффективность применения комплексных удобрений, повышающих темпы роста по высоте и диаметру. Проанализированы морфометрические характеристики сеянцев по относительным группам роста (медленно, умеренно и быстрорастущие), по которым большинство экземпляров превышают стандартные значения диаметра ствола у шейки корня и высоты более чем в 3 раза. Выход средне и быстрорастущих сеянцев составил 70 %. В ходе эксперимента доказана возможность получения крупномерного посадочного материала, характеризующегося высокой энергией роста, за один год выращивания в питомнических хозяйствах. При этом относительный показатель качества посадочного материала указывает на высокую адаптивную способность растений при дальнейшем их культивировании.

Ключевые слова: вяз гладкий, минеральные и биологизированные системы питания, сеянцы с закрытой корневой системой, морфометрические параметры сеянцев, качество посадочного материала

Ссылка для цитирования: Демидов Д.В., Дружинин Ф.Н., Корякина Д.М., Налиухин А.Н. Комплексная оценка применения минеральных и биологизированных систем питания при выращивании сеянцев вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.) с закрытой корневой системой // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 4. С. 47–58. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-4-47-58

Для нормального роста и развития древесных растений необходимы наличие таких факторов, как свет, тепло, вода, диоксид углерода, кислород и минеральные элементы почвы. Высокую продуктивность обеспечивают оптимальные экологические факторы. Для древесных пород характерны различные уровни потребности по отдельным из перечисленных факторов и их комплексам, что обусловлено в основном филогенезом, кроме того, они изменяются в зависимости от стадии онтогенеза [1, 2].

Для повышения экологической продуктивности лесных экосистем ключевое значение имеют мероприятия, направленные на увеличение биологического разнообразия и расширение видового состава древесных пород прежде

всего с помощью интродукции устойчивых и ценных видов.

Для Вологодской области коренными являются хвойные насаждения. Лиственничные и кедровые леса, созданные искусственным путем в разное время, особенно в конце XX в., распространены ограниченно. Можно отметить также формирование в некоторых лесхозах (например, в лесхозах Кадниковский, Тотемский и др.) культур сосны остистой (*Pinus longaeva* D.K.Bailey). Для повышения устойчивости хвойных насаждений к аэропромвыбросам в Череповецком лесхозе в 1980-е годы создавались подпологовые культуры посредством посадки дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), вяза шершавого (*Ulmus glabra* H.) и других пород.

Результаты интродукции в условиях севера должны показать максимальное значение как в ареалах естественного распространения,

Т а б л и ц а 1
Экологические условия произрастания
вяза гладкого

Environmental conditions for growing
European white elm

Показатель по требовательности	Характеристика
К почве по П.С. Погребняку	Мегатроф
К влаге по П.С. Погребняку	Мезогигрофит
К свету [10]	Относительно теньевые
Подверженность аэропромвыбросам	Слабая
Ветер	Ветроустойчивые
Ростовые процессы	Умереннорастущие
К понижению температуры [11]	Морозостойкие
Предельная долговечность	Долговечные

так и в пунктах интродукции. В условиях таежной зоны температуру воздуха можно считать главным внешним фактором, ограничивающим рост и развитие инорайонных растений. Деревья-интродуценты ограничены в росте вследствие недостатка тепла и не достигают максимальной высоты [1].

Современные теоретические и методические исследования в области лесной интродукции показывают ее реальные перспективы для решения важных задач лесного хозяйства. [3]. Интродукция лесных пород должна быть объектом непрерывного внимания различных поколений ученых и практиков, предупреждая спад интереса, который может привести к потере сведений о происхождении культур, разрыву преемственности и снижению продуктивности лесов [4–6].

Наиболее распространенными и часто встречаемыми древесными породами естественного происхождения на различных категориях земель лесного фонда по целевому назначению (в основном на особо охраняемых природных территориях — ООПТ) являются: пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) и клен остролистный (*Acer platanoides* L.).

Вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) характерен для широколиственных и хвойно-широколиственных лесов Европейской части РФ и на Кавказе. Отличается зимостойкостью, средней теневыносливостью, газоустойчивостью (табл. 1) [7–9]. Применяется в полезащитном лесоразведении и для благоустройства зеленых зон [6].

По вязу гладкому отсутствует постоянная лесосеменная база, крайне затруднительно приобрести районированные семена и посадочный материал, что затрудняет организацию и выполнение работ по его введению в культуру. Кроме того, с учетом специфики питомнических хозяйств и сложившейся практики выращивания посадочного материала на питомнических комплексах только по хозяйственно-ценным древесным породам (сосне, ели, лиственнице, дубу и др.) не разработаны технологии и агротехника выращивания сеянцев сопутствующих лиственных пород, что и предопределило задачи исследования при постановке эксперимента [12, 13].

Минеральное питание занимает важное место в функционировании древесных растений. Минералы входят в состав растительных тканей, являются катализаторами при различных химических реакциях, происходящих в растении, регулируют осмотические процессы и т. п. В растениеводстве нашли широкое применение биологические и минеральные удобрения, позволяющие повысить всхожесть семян, показатели роста и урожайность сельскохозяйственных культур. Большое количество работ посвящено использованию биологизированных систем питания для выращивания саженцев плодовых деревьев (яблони, абрикоса, груши, сливы, вишни) [14–19]. Успех выращивания посадочного материала в лесных питомниках во многом зависит от обеспеченности растений элементами минерального питания, особенно на начальных этапах их роста [17–30].

Эффективным агротехническим методом повышения почвенного плодородия и оптимизации минерального питания является систематическое внесение удобрений при подготовке почвы к посеву или посадке в течение всего цикла выращивания посадочного материала. Взаимодействие удобрений с почвенными процессами характеризуется многообразием и комплексностью. Они обеспечивают восполнение запасов питательных веществ, способствуют модификации химических характеристик почвенной среды и улучшают ее физико-механические свойства, что в совокупности оказывает положительное влияние на плодородие и биологическую активность почвы.

Одновременно активизируется жизнедеятельность полезной почвенной микрофлоры, прежде всего микроорганизмов, принимающих активное участие в образовании гумуса и доступных для растений форм питательных веществ [31, 32]. Сведения о лиственных древесных культурах применительно к лесному хозяйству практически отсутствуют или представлены в виде докладов, представленных на конференциях [33–35].

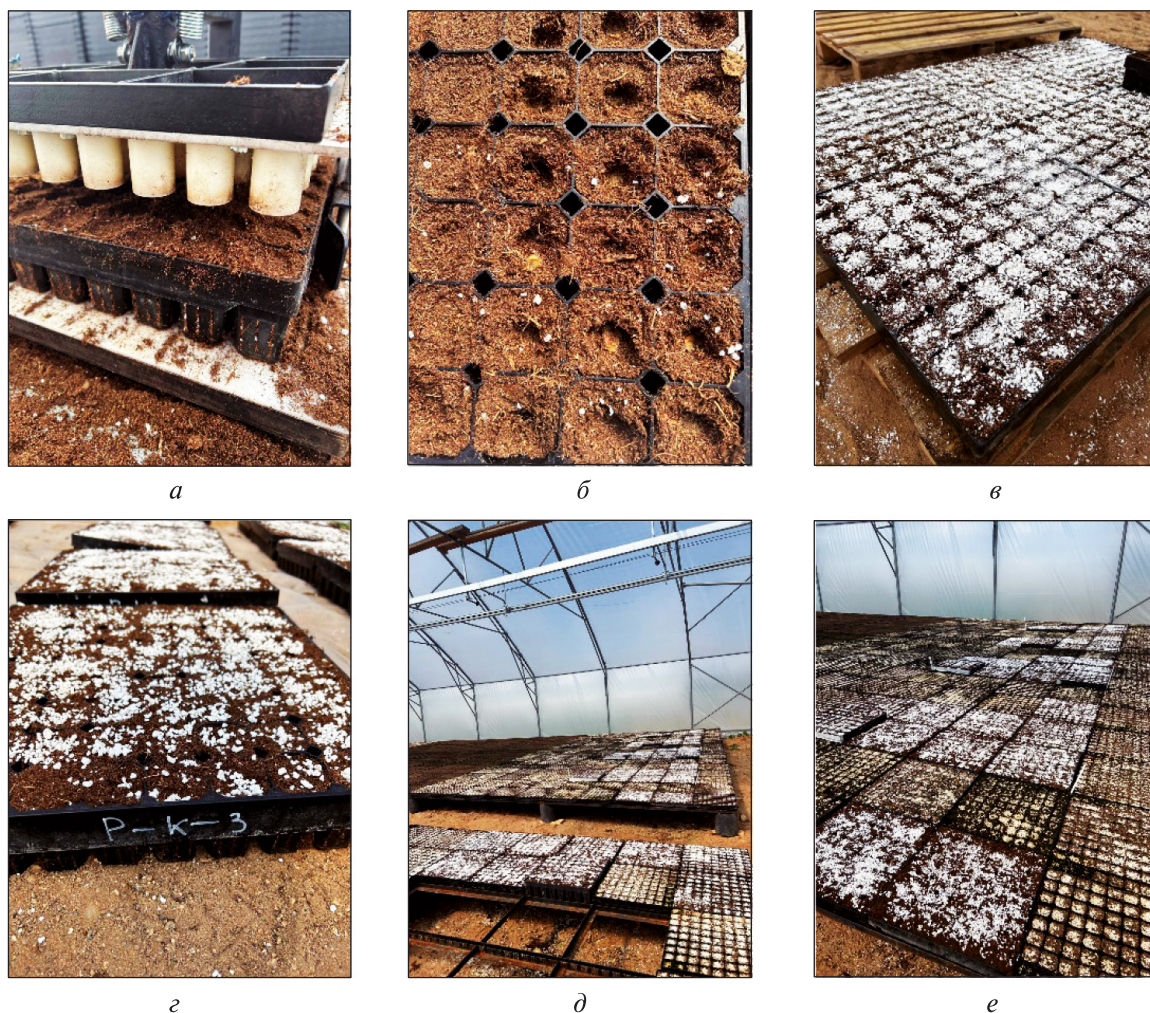


Рис. 1. Закладка эксперимента по выращиванию посадочного материала: *а* — набивка и уплотнение кассет; *б* — высев семян; *в* — мульчирование; *г* — маркировка кассет; *д, е* — расстановку кассет по вариантам эксперимента

Fig. 1. Setting up the experimental planting stock: *a* — packing and compacting the cell pack; *б* — seed sowing; *в* — mulching; *г* — cell pack marking; *д, е* — cell pack arrangement according to experimental variants

Цель работы

Цель работы — комплексная оценка и установление эффективности минеральных биологизированных удобрений на жизненное состояние и рост сеянцев вяза гладкого при выращивании в закрытом грунте.

Материалы и методы

Эксперимент по оценке влияния подкормок комплексными удобрениями отечественного производства на жизненное состояние, рост и развитие вяза гладкого проведен нами в 2024–2025 гг. в тепличном хозяйстве, расположенном в д. Жернаково Грязовецкого муниципального округа Вологодской области. Вид посадочного

материала: закрытая корневая система (ЗКС), повторность: 5-кратная, место выращивания: тепличный комплекс (рис. 1).

Для выращивания сеянцев вяза гладкого был использован питательный субстрат из верхового слаборазложившегося торфа (степень разложения 15 %) со следующими характеристиками: кислотность pH_{KCl} $4,7 \pm 0,1$; влажность 55 %; повышенное содержание азота в форме аммония NH_4 220,0 мг/100 г и в форме нитратов NO_3 15,0 мг/100 г; среднее содержание фосфора в форме оксида P_2O_5 93,2 мг/100 г; повышенное содержание калия в форме оксида K_2O 199,8 мг/100 г.

Посев семян в кассеты выполняли вручную по два семени в одну ячейку. Выращивание посадочного материала производилось непосред-

ственно в теплице (16,5×75 м) в кассетах для лесовосстановления PL81F, которая оснащена подвесной автоматизированной поливочной установкой.

Применяемые при постановке эксперимента комплексные удобрения предназначены для основного, припосевного внесения и подкормки в дозе от 500 до 800 кг/га в год, в зависимости от технологии выращивания, способа внесения, с учетом агрохимических показателей почвы, в первую очередь для выращивания сельскохозяйственных культур. Расчетные дозы внесения минеральных удобрений для чистоты эксперимента и с учетом лесоводственно-биологических характеристик вяза гладкого установлены в соотношении $N_{225}P_{225}K_{225}$, в частности:

- азотно-фосфорно-калийное NPK (S) 10:26:26 (2) удобрение: диаммоний гидрофосфат, аммоний дигидрофосфат, диаммоний сульфат и хлорид калия с низким содержанием серы в сульфатной форме (2 %);

- азотно-фосфорно-калийное серосодержащее NPK (S) 15:15:15 (10) удобрение: диаммоний гидрофосфат, аммоний дигидрофосфат, диаммоний сульфат и хлорид калия с высоким содержанием серы в сульфатной форме (10 %);

- азотно-фосфорно-калийное серосодержащее биологизированное марки био-NPK (S) 15:15:15 (10) удобрение: диаммоний гидрофосфат, аммоний дигидрофосфат, диаммоний сульфат и хлорид калия; численность колониеобразующих единиц штаммов 1×10^5 КОЕ/г; отличительная особенность — высокое содержание серы в сульфатной форме (10 %), полезных сельскохозяйственных микроорганизмов *Bacillus subtilis* 8A, *Bacillus safensis* TS3 и ризобактерий *Bacillus velezensis* BS89, которые способствуют развитию корневых систем, продуцируют биологически активные вещества, стимулирующие рост и развитие; осуществляют защитную функцию от болезней на конкурентной основе;

- удобрение азотное карбамид марки Б N 46,2: включает в себя карбамид (карбонилдиамид) с высоким содержанием азота в амидной форме;

- удобрение азотное биологизированное био-карбамид марки био-N 46,2 с численностью колониеобразующих единиц штаммов 1×10^5 КОЕ/г; отличительная особенность — высокое содержание азота в амидной форме, полезных сельскохозяйственных микроорганизмов *Bacillus subtilis* 8A, *Bacillus safensis* TS3 и ризобактерий *Bacillus velezensis* BS89, которые способствуют развитию корневых систем, продуцируют биологически активные вещества, стимулирующие рост и развитие,

осуществляют защитную функцию от болезней на конкурентной основе.

Все кассеты в рамках постановки эксперимента были пронумерованы, подписаны и размещены согласно разработанной схеме. Подкормки сеянцев в период выращивания выполнялись по пяти вариантам: К — контрольный вариант, В-1 — 10:26:26(2) + N 46,2, В-2 — 15:15:15 (10), В-3 — БИО — 10:26:26 (2) + био-N 46,2, В-4 — БИО — 15:15:15 (10). Их расстановка выполнена с обеспечением возможности осуществления подкормок по каждому варианту отдельно (индивидуально).

Полив всходов, а затем сеянцев (с момента расстановки кассет) выполнялся регулярно (ежедневно) с применением автоматической системы из расчета 6 л на 1 м², а с августа — один раз в 3–4 дня. При этом следует отметить, что после массового появления всходов и их активного роста норма полива была увеличена в 2 раза (2 раза в сутки — до 12 л/м²) вследствие высокой потребности растений во влаге в процессе роста (подобрано экспериментальным путем). Через три недели после расстановки кассет проведена пикировка растений и их прополка, а на шестую неделю (рис. 2) проведена перевалка в более крупные емкости (пластиковые стаканчики-контейнеры).

Влияние подкормок на всхожесть семян не устанавливали. Первая подкормка была выполнена после массового появления всходов. Все подкормки проводили в вечернее время после полива ручную ранцевым опрыскивателем в связи с разными видами применяемых удобрений. Периодичность внесения составляла один раз каждые 7 сут. на протяжении всего периода выращивания сеянцев (с мая по сентябрь). Норма внесения комплексных удобрений по каждому варианту составляла 25 г/м², которая была установлена с учетом требовательности растений к почвенному плодородию. Общее количество подкормок — 16 приемов, что связано с применяемой агротехникой выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в питомнических комплексах [13, 29, 33] и высокой вымываемостью минеральных веществ из почвенных субстратов по причине регулярных и обильных поливов.

Учет количества всходов осуществляли по каждой кассете отдельно сплошным пересчетом. В ходе организации и выполнения учетных работ учитывалось каждое растение, у которого металлической линейкой измеряли высоту с точностью до 0,1 см (см. рис. 2), диаметр ствола у шейки корня определяли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.



Рис. 2. Этапы формирования сеянцев вяза гладкого с закрытой корневой системой: *а* — появление всходов; *б* — годичный прирост по высоте; *в* — однолетние сеянцы

Fig. 2. Development stages of European white elm seedlings with a root-balled system: *a* — emergence of seedlings; *б* — annual height increment; *в* — one-year-old seedlings

В камеральных условиях проводили индивидуальную и групповую обработку данных, определяли степень достоверности морфометрических показателей сеянцев с помощью методов математического анализа и прикладных программ. По результатам этих работ нами определены средние значения следующих показателей: коэффициент изменчивости, точность опыта, достоверность средних значений.

Результаты и обсуждение

Доля проросших семян относительно числа высеванных составила от 17 до 40 %. Первые всходы зафиксированы 20.05, через 14 сут. после посева семян. Массовые всходы отмечены 4 июня. Последние растения проросли 22 июня. Общая грунтовая всхожесть составила 28 %.

Низкие значения по показателю всхожести обусловлены следующими причинами:

- отсутствием лесосеменной базы по данной древесной породе;
- низким классом качества семян;
- длительным сроком хранения семян до реализации (оцениваемая древесная порода после созревания семян быстро утрачивает всхожесть при длительном хранении).

В середине июля (21.07) корневая система растений сеянцев вяза достигла критических размеров для используемых при постановке эксперимента ячеек, что вызвало необходимость их пересадки в контейнеры-стаканчики больших размеров. Емкость стаканчиков составляла 500 см³. После пересадки нормы

полива и внесения подкормок не увеличивали. Стаканчики с растениями установили на песчаное основание без обеспечения подсушивания корней.

В процессе первого года выращивания максимальные значения по среднему диаметру ствола у шейки корня зафиксированы для вяза гладкого в первом варианте (8,5 мм). Следует отметить, что растения вяза гладкого, независимо от вариантов эксперимента, характеризовались высокой энергией роста. На протяжении всего вегетационного периода (с мая по сентябрь) по каждому из вариантов установлен и зафиксирован высокий отклик на корневые подкормки различными видами удобрений (табл. 2).

При рассмотрении отклика растений на внесение подкормок установлены следующие данные:

1) максимальный лесоводственный эффект достигнут при применении удобрений по вариантам: В-1, В-2 и В-4;

2) основное влияние на формирование прироста по диаметру ствола у шейки корня на первом году выращивания оказывают удобрения по вариантам В-1 и В-4, а по высоте — В-1 и В-2;

3) максимальный эффект относительно контроля (повторяемость более 75 %) удалось достичь по вариантам В-2 и В-4;

4) максимальные значения по диаметру ствола у шейки корня и высоте сеянцев зафиксированы при внесении подкормок по вариантам В-1, В-2 и В-4 (в 71 % случаев по В-1, в 89 % случаев — по В-2 и 84 % случаев — по В-4).

Т а б л и ц а 2

Морфометрическая оценка сеянцев вяза гладкого
Morphometric assessment of European white elm seedlings

Варианты	Диаметр ствола у шейки корня, мм				Высота, см			
	Среднее значение с основной ошибкой	Коэффициент изменчивости, %	Точность опыта, %	Достоверность среднего значения	Среднее значение с основной ошибкой	Коэффициент изменчивости, %	Точность опыта, %	Достоверность среднего значения
К	6,7 ± 0,6	41	9	11	56,3 ± 5,8	48	10	10
В-1	8,5 ± 0,5	25	6	17	77,2 ± 6,2	35	8	12
В-2	8,1 ± 0,4	18	5	21	87,3 ± 6,4	28	7	14
В-3	6,9 ± 0,4	26	5	18	57,0 ± 3,2	31	6	18
В-4	8,2 ± 0,2	16	3	34	76,0 ± 4,5	31	6	17

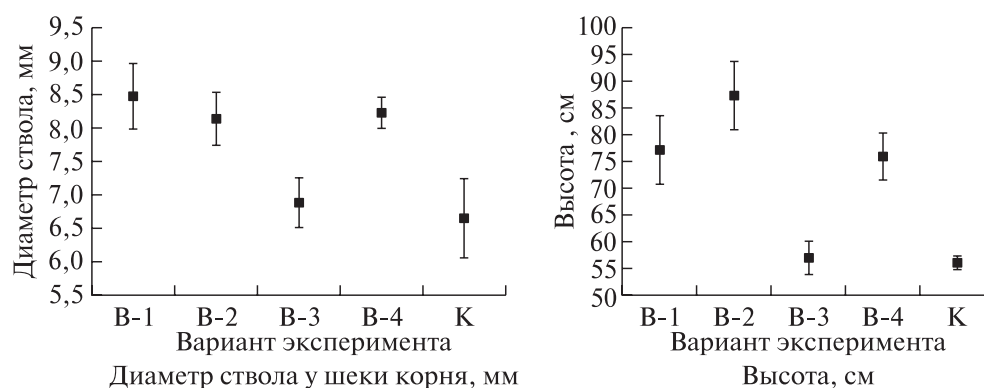


Рис. 3. Графическая модель статистической обработки данных по вариантам эксперимента
Fig. 3. Graphical model of statistical data processing for experimental variants

Точность выполненных измерений по рассматриваемому семенному потомству в среднем составила 7 %, что соответствует удовлетворительным значениям этого статистического показателя (рис. 3). Коэффициент изменчивости варьирует в пределах от 18 до 48 %, а в среднем составил 32 %. Это свидетельствует о том, что по оцениваемым нами показателям большая вариабельность (более 30 %). Достоверность средних значений > 3 , а это значит, что оцениваемые показатели являются достоверными и могут использоваться для сопоставлений и выводов. Различия средних значений по диаметру ствола у шейки корня (2,0...2,7) и по высоте (2,5...3,5) статистически подтверждены с вероятностью более 95 %. Следует отметить, что значения морфометрических показателей (диаметру ствола у шейки корня и высоте) на первом году выращивания значительно превышают значения, регламентированные нормативно-правовыми документами [36, 37].

На ранних этапах роста и развития растений затруднительно выполнить объективную

качественную оценку выращиваемого посадочного материала по причине незначительной вариабельности морфометрических параметров по диаметру ствола и высоте. В связи с этим отношение диаметра ствола у шейки корня к высоте ствола является более информативным показателем и позволяет судить об их качественных характеристиках [38]. Растения с более высоким относительным значением данных показателей проявляют повышенную жизнеспособность, устойчивость к пересадке и ускоренное укоренение (табл. 3).

По результатам выполненных изысканий нами установлено следующее. Относительные значения по вариантам эксперимента и контрольному находятся в диапазоне от 0,55 до 1,82. Средний показатель составил 1,16. Эти данные позволяют нам судить о достаточно высокой энергии роста сеянцев в течение первого года выращивания. Различия средних значений по отношению D/H статистически не подтверждены.

Кроме того, анализ выполнялся по следующим относительным группам роста [39]:

Т а б л и ц а 3

Комплексная оценка метрических параметров вяза гладкого
Comprehensive assessment of the metric parameters of European white elm

Вариант	$(D/H) \cdot 10$			
	Среднее значение с основной ошибкой	Коэффициент изменчивости, %	Точность опыта, %	Достоверность среднего значения
К	$1,25 \pm 0,1$	20	4	25
В-1	$1,15 \pm 0,1$	20	5	21
В-2	$0,97 \pm 0,1$	19	5	19
В-3	$1,14 \pm 0,1$	19	4	24
В-4	$1,16 \pm 0,1$	26	5	21

- медленнорастущие (до 0,96);
- умереннорастущие (от 0,97 до 1,37);
- быстрорастущие (1,38 и более).

Следует отметить, что на первом году выращивания, вследствие меньших линейных размеров, сеянцы вяза гладкого характеризовались на контрольном варианте более сбалансированными показателями. Доля растений с умеренными и быстрыми темпами роста составляла 91 %, а медленнорастущих — не превышала 9 %. Фактически, несмотря на меньшие размерные характеристики, сеянцы первого года выращивания (вариант К) на основании относительного показателя $((D/H) \cdot 10)$ являются более адаптированными к культивированию на лесокультурных площадях.

По вариантам эксперимента, где применялись различные виды комплексных удобрений, вариabильность по относительным группам высот ярко выражена благодаря высокому линейному приросту по высоте. В связи с этим доля средне- и быстрорастущих экземпляров не превышает 70 %, в том числе: 63 % — по варианту В-1; 50 % — по варианту В-2; 68 % — по варианту В-3 и 64 % — по варианту В-4.

При этом доля растений, характеризующихся значениями ниже 0,96, достигает 50 %. Минимальный показатель 32 % отмечен для варианта В-3, который по сравнению с другими, оказал меньшее влияние на формирование прироста по высоте.

В целом весь посадочный материал по относительному качественному показателю, оценен на первом году выращивания как жизнеспособный, характеризующийся высокими темпами роста. Средняя характеристика сеянцев по относительным группам роста по всем вариантам и контрольному соответствует категории умереннорастущие (от 0,97 до 1,25), а полученные относительные значения близки или более 1,00, что позволяет судить о высоком качестве посадочного материала вяза гладкого.

Коэффициент изменчивости находится в пределах от 19 до 26 %. Это свидетельствует о том, что вариabельность по оцениваемому нами показателю однородна. Точность реализованного эксперимента характеризуется как высокая и удовлетворительная. Значения по вариантам эксперимента находятся в диапазоне от 4 до 5 %. Достоверность относительных значений также подтверждена статистической обработкой данных, что позволяет их использовать для сопоставлений и выводов.

Выводы

Апробированная технология и подобранная агротехника выращивания сеянцев вяза гладкого с закрытой корневой системой в питомническом комплексе по выращиванию посадочного материала показала следующее:

- 4 вида комплексных минеральных удобрений (варианты В-1 и В-2) и их биологизированные прототипы (варианты В-3 и В-4), показали положительные результаты при производственной проверке в тепличном хозяйстве;

- статистически доказано влияние минеральных и биологизированных систем питания на морфометрические параметры сеянцев вяза гладкого с закрытой корневой системой при их выращивании;

- подтверждена эффективность применения трех видов комплексных удобрений (азотно-фосфорно-калийное NPK (S) 10:26:26 (2) + азотное карбамид марки Б N 46,2; азотно-фосфорно-калийное NPK (S) 10:26:26 (2) + азотное биологизированное био-Карбамид марки био-N 46,2; азотно-фосфорно-калийное серосодержащее биологизированное марки био-NPK (S) 15:15:15 (10));

- сеянцы вяза гладкого по относительным группам роста соответствуют категории умереннорастущие (от 0,97 до 1,25);

- выращенный посадочный материал во всех вариантах эксперимента превышал регламенти-

руемые Правилами лесовосстановления значения как по высоте, так и по диаметру стволика у шейки корня.

В заключение следует отметить, что лесосеменное сырье необходимого качества и в необходимом объеме отсутствует, что обуславливает необходимость создания лесосеменной базы и специализированных объектов для обеспечения потребности в данном лесосеменном материале.

Список литературы

- [1] Сеннов С.Н. Лесоведение и лесоводство. СПб.: Лань, 2022. 336 с.
- [2] Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2010. 432 с.
- [3] Дроздов И.И., Дроздов Ю.И. Лесная интродукция. М.: МГУЛ, 2000. 135 с.
- [4] Корякина Д.М., Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н. Особенности роста древесных видов-интродуцентов в Вологодской области // Сибирский лесной журнал, 2024. № 6. С. 78–87.
- [5] Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Корякина Д.М. Результаты и оценка многолетней интродукции на особо охраняемых природных территориях южно-таежного района // ИзВУЗ Лесной журнал, 2020. № 6(378). С. 74–87.
- [6] Корякина Д.М. Комплексная оценка многолетней интродукции древесных растений и обоснование многоцелевого подхода по воспроизводству лесов в таежной зоне: дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2023. 152 с.
- [7] Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. М.: МГУЛ, 2001. 528 с.
- [8] Веретенников А.В. Физиология растений. М.: Академический Проект, 2020. 480 с.
- [9] Карпун Ю.Н. Основы интродукции растений // Hortus Botanicus, 2004. Т. 2. С. 17–32.
- [10] Нестерович Н.Д. Влияние света на древесные растения. Минск: Наука и техника, 1969. 175 с.
- [11] Колесников А.И. Декоративная дендрология. Москва: Лесная пром-сть, 1974. 704 с.
- [12] Исаков И.Ю., Сиволапов А.И. Научные основы селекции и семеноводства. Воронеж: ВГЛТА, 2015. 111 с.
- [13] Жигунов А.В., Соколов А.И., Харитонов В.А. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Устьянском тепличном комплексе (практические рекомендации). Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2016. 26 с.
- [14] Завалин А.А., Кирпичников Н.А., Бижан С.П. Эффективность применения биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень при различной кислотности дерново-подзолистой почвы // Вестник российской аграрной науки, 2022. № 2. С. 65–68.
- [15] Чекаев Н.П., Корягин Ю.В., Корягина Н.В., Позубенкова Э.И., Козаренко А.Ю. Эффективность применения микробиологических удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур // Нива Поволжья, 2022. № 4 (64). С. 1004
- [16] Глаз Н.В., Уфимцева Л.В. Оптимизация минерального питания при выращивании саженцев плодовых культур в контейнерах // Вестник российской аграрной науки, 2020. № 3. С. 52–55.
- [17] Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнические аспекты. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2000. 500 с.
- [18] Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Результаты экспериментальных работ за 150 лет в Лесной опытной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии. М.: Наука, 2020. 382 с.
- [19] Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. Лесокультурное производство — основа непрерывности лесопользования // ИзВУЗ Лесной журнал, 2021. № 4(382). С. 8096.
- [20] Чурагулова З.С. Лесоразведение и воспроизводство лесов. Почвенные условия выращивания сеянцев и саженцев древесных растений. СПб.: Лань, 2022. 244 с.
- [21] Маркова И.А. Целевое назначение различного посадочного материала при лесокультурном производстве // Лесное хозяйство, 2012. № 3. С. 32–35.
- [22] Бабич Н.А. Словарь-справочник таежного лесокulturника. Архангельск: Изд-во АГТУ, СевНИИЛХ, 2004. 264 с.
- [23] Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород СССР. М.: Лесная пром-сть, 1982. 368 с.
- [24] Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам. М.: Лесная пром-сть, 1983. 280 с.
- [25] ГОСТ 13056.7–93. Семена деревьев и кустарников. Методы определения жизнеспособности. Минск, 1995. 37 с.
- [26] ГОСТ 13056.6–97. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. Минск, 1997. 27 с.
- [27] ГОСТ 13056.8–97. Семена деревьев и кустарников. Методы определения доброкачественности. Минск, 1997. 12 с.
- [28] ГОСТ 24909–81. Саженцы деревьев декоративных лиственных пород. Технические условия. М.: Госстандарт, 1983. 14 с.
- [29] Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб.: Изд-во СПбНИИЛХ, 2000. 293 с.
- [30] Семенов М.В., Ксенофонтова Н.А., Никитин Д.А., Тхакахова А.К., Лукин С.М. Микробиологические показатели дерново-подзолистой почвы и ее ризосферы в полувековом полевом опыте с применением разных систем удобрения // Почвоведение, 2023. № 6. С. 715–729.
- [31] Кузин А.И., Алдашкина Н.А., Бекетова П.А., Иванов И.С., Милова А.П. Влияние микробиологических удобрений на особенности почвенного плодородия и продуктивность яблони // Наука и образование, 2024. Т. 7 № 1.
- [32] Данченко М.А., Кабанов А.Н., Зенкова Ж.Н., Сперанский Н.И., Жолохов Я.А., Реутова Н.А. Применение биостимуляторов для выращивания сеянцев сосны обыкновенной // J. of agriculture and environment, 2024. 4(44). 7 с.
- [33] Бачериков И.В., Данилов Д.А., Кацадзе В.А. Влияние органоминеральных удобрений из осадка сточных вод на рост сеянцев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. и ели сибирской *Picea obovata* // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VII Всерос. науч.-техн.

- конф. «Леса России: политика, промышленность, наука, образование», Санкт-Петербург, 25–27 мая 2022 г. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, 2022. С. 47–49.
- [34] Кожевникова А.В., Данчева А.В. Особенности роста и развития сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой на различных по вариантам минерального удобрения субстратах в лесостепной зоне Тюменской области (на примере Сибирской ЛОС) // Инженерно-технологические решения проблем развития АПК и общества: сб. трудов LVIII междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12–13 марта 2024 г. Тюмень: Изд-во Государственного аграрного университета Северного Зауралья, 2024. С. 503–507.
- [35] Рекомендации по использованию новых экологически чистых биопрепаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках. М.: Изд-во ВНИИЛМ, 2000. 13 с.
- [36] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 04.12.2020 г. №1014 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений» (зарегистрирован 18.12.2020 г. № 61556). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74983471/> (дата обращения 15.05.2025).
- [37] ОСТ 56-98–93 Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1993. 40 с.
- [38] Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере. Архангельск: Изд-во АИЛиЛХ, 1987. 14 с.
- [39] Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев. М.: Гослесбумиздат, 1962. 178 с.

Сведения об авторах

Демидов Дмитрий Вячеславович  — канд. техн. наук, начальник центра инноваций, Группа ФосАгро, ОП АО «Апатит», ddemidov@phosagro.ru

Дружинин Федор Николаевич — д-р с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», drujinin@mail.ru

Корякина Дарья Михайловна — канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», koryakina.dary@yandex.ru

Налиухин Алексей Николаевич — д-р с.-х. наук, зав. кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева» (РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева), naliuhin@yandex.ru

Поступила в редакцию 29.08.2025.

Одобрено после рецензирования 16.02.2026.

Принята к публикации 11.03.2026.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF MINERAL AND BIOLOGIZED FEEDING SYSTEMS FOR CULTIVATION OF EUROPEAN WHITE ELM (*ULMUS LAEVIS* PALL.) SEEDLINGS WITH ROOT-BALLED SYSTEM

D.V. Demidov^{1✉}, F.N. Druzhinin², D.M. Koryakina², A.N. Naliukhin³

¹PhosAgro Group, Apatit JSC, 55/1, build. 1, Leninsky prospect st., 119333, Moscow, Russia

²N.V. Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy, 2, Shmidta st, 160555, Molochnoe village, Vologda, Russia

³Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., 127434, Moscow, Russia

ddemidov@phosagro.ru

The article discusses the forestry and ecological characteristics of the smooth elm. The author's analysis of stock materials and literary sources has been performed. The features of technological operations for growing planting material in a nursery have been analyzed. An experiment has been conducted to assess the impact of domestic-made complex fertilizers on the vital state, growth, and development of the smooth elm in a greenhouse. The article provides a forestry assessment of the growth and development of smooth elm seedlings in the first year of cultivation. The results of the experiment have demonstrated the effectiveness of using complex fertilizers to increase the growth rate in height and diameter. The morphometric characteristics of the seedlings were analyzed according to the relative growth groups (slow, moderate, and fast-growing), in which most of the specimens exceed the standard values of the trunk diameter at the root collar and height by more than 3 times. The yield of medium- and fast-growing seedlings was 70 %. The experiment proved that it is possible to obtain large-sized planting material with high growth energy in one year of cultivation in nurseries. Moreover, the relative quality indicator of the planting material indicates a high adaptive capacity of the plants during their further cultivation.

Keywords: elm smooth, mineral and biologized nutrition systems, seedlings with a root-balled tree system, morphometric parameters of seedlings, quality of planting stock

Suggested citation: Demidov D.V., Druzhinin F.N., Koryakina D.M., Naliukhin A.N. *Kompleksnaya otsenka primeneniya mineral'nykh i biologizirovannykh sistem pitaniya pri vyrashchivanii seyantsev vyaza gladkogo (Ulmus laevis Pall.) s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Comprehensive assessment of mineral and biologized feeding systems for cultivation of European white elm (*Ulmus laevis* Pall.) seedlings with root-balled system]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2026, vol. 30, no. 4, pp. 47–58. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-4-47-58

References

- [1] Sennov S.N. *Lesovedeniye i lesovodstvo* [Forestry and Timber Production]. Saint Petersburg: Lan', 2022, 336 p.
- [2] Lugansky N.A., Zalesov S.V., Lugansky V.N. *Lesovedeniye* [Forestry]. Yekaterinburg: USTU, 2010, 432 p.
- [3] Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. *Lesnaya introduktsiya* [Forest Introduction]. Moscow: MSFU, 2000, 135 p.
- [4] Koryakina D.M., Druzhinin N.A., Druzhinin F.N. *Osobennosti rosta drevesnykh vidov-introduktsentov v Vologodskoy oblasti* [Features of the growth of wood species-introducers in the Vologda region]. Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest J.], 2024, no. 6, pp. 78–87.
- [5] Druzhinin N.A., Druzhinin F.N., Koryakina D.M. *Rezultaty i otsenka mnogoletney introduktsii na osobo okhranyayemykh prirodnnykh territoriyakh yuzhno-tayezhnogo rayona* [Results and assessment of long-term introduction in specially protected natural areas of the south-taiga region]. Russian Forestry J. 2020, no. 6(378), pp. 74–87.
- [6] Koryakina D.M. *Kompleksnaya otsenka mnogoletney introduktsii drevesnykh rasteniy i obosnovaniye mnogotselovogo podkhoda po vosproizvodstvu lesov v tayezhnoy zone* [Complex assessment of long-term introduction of woody plants and substantiation of a multi-purpose approach to forest reproduction in the taiga zone]. Diss. Cand. Sci. (Agric.). Yekaterinburg, 2023, 152 p.
- [7] Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow: MSFU, 2001, 528 p.
- [8] Veretennikov A.V. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology]. Moscow: Academic Project, 2020, 480 p.
- [9] Karpun Yu.N. *Osnovy introduktsii rasteniy* [Fundamentals of Plant Introduction]. Hortus Botanicus, 2004, v. 2, pp. 17–32.
- [10] Nesterovich N.D. *Vliyanie sveta na drevesnie rasteniya* [The Influence of Light on Woody Plants]. Minsk: Nauka i Tekhnika, 1969. 175 p.
- [11] Kolesnikov A.I. *Dekorativnaya dendrologiya* Decorative Dendrology. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1974. 704 p.

- [12] Isakov I.Yu., Sivolapov A.I. *Nauchnyye osnovy seleksii i semenovodstva* [Scientific Foundations of Breeding and Seed Production]. Voronezh: VGLTA, 2015, 111 p.
- [13] Zhigunov A.V., Sokolov A.I., Kharitonov V.A. *Vyrashchivaniye posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v Ustyanskom teplichnom komplekse (prakticheskiye rekomendatsii)* [Growing planting material with a closed root system in the Ustyansky greenhouse complex (practical recommendations)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016, 26 p.
- [14] Zavalin A.A., Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P. *Effektivnost primeneniya biomodifitsirovannykh mineralnykh udobreniy pod yachmen pri razlichnoy kislotnosti dernovo-podzolistoy pochvy* [The effectiveness of using bio-modified mineral fertilizers for barley under different acidity of sod-podzolic soil]. *Vestnik rossiyskoy agrarnoy nauki* [Bulletin of Russian Agricultural Science], 2022, no. 2, pp. 65–68.
- [15] Chekaev N.P., Koryagin Yu.V., Koryagina N.V., Pozubenkova E.I., Kozarenko A.Yu. *Effektivnost primeneniya mikrobiologicheskikh udobreniy pri vyrashchivaniy sel'skokhozyaystvennykh kultur* [The Effectiveness of Using Microbiological Fertilizers in Growing Crops]. *Niva Povolzhia* [Niva Povolzhya], 2022, no. 4 (64), p. 1004
- [16] Glaz N.V., Ufimtseva L.V. *Optimizatsiya mineralnogo pitaniya pri vyrashchivaniy sazhentsev plodovykh kultur v konteynerakh* [Optimization of Mineral Nutrition in Growing Fruit Crop Seedlings in Containers]. *Vestnik rossiyskoy agrarnoy nauki* [Bulletin of Russian Agricultural Science], 2020, no. 3, pp. 52–55.
- [17] Romanov E.M. *Vyrashchivaniye seyantsev drevesnykh rasteniy: bioekologicheskiye i agrotekhnicheskiye aspekty* [Growing Seedlings of Woody Plants: Bioecological and Agrotechnical Aspects]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2000, 500 p.
- [18] Dubenok N.N., Kuzmichev V.V., Lebedev A.V. *Rezultaty eksperimentalnykh rabot za 150 let v Lesnoi opytnoi dache Timiryazevskoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Results of Experimental Work over 150 Years at the Forest Experimental Station of the Timiryazev Agricultural Academy]. Moscow: Nauka, 2020, 382 p.
- [19] Mochalov B.A., Bobushkina S.V. *Lesokulturnoye proizvodstvo — osnova nepreryvnosti lesopolzovaniya* [Forest Culture Production as a Basis for Continuous Forest Management]. *Russian Forestry J.*, 2021, no. 4(382), pp. 80–96.
- [20] Churagulova Z.S. *Lesorazvedeniye i vosproizvodstvo lesov. Pochvennyye usloviya vyrashchivaniya seyantsev i sazhentsev drevesnykh rasteniy* [Forest Cultivation and Forest Reproduction. Soil Conditions for Growing Seedlings and Saplings of Woody Plants]. Saint Petersburg: Lan', 2022, 244 p.
- [21] Markova I.A. *Tselevoye naznacheniy razlichnogo posadochnogo materiala pri lesokulturnom proizvodstve* [Target purpose of various planting material in forest-cultivation production]. *Lesnoye khozyaystvo* [Forestry], 2012, no. 3, pp. 32–35.
- [22] Babich N.A. *Slovar-spravochnik tayezhnogo lesokulturnika* [Reference dictionary of taiga forest-cultivator]. Arkhangelsk: ASTU, Severnoye Research Institute of Forestry, 2004, 264 p.
- [23] *Lesosemennoye rayonirovaniye osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod SSSR* [Forest Seed Zoning of the Main Forest-Forming Species of the USSR]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1982, 368 p.
- [24] Novoseltseva A.I., Smirnov N.A. *Spravochnik po lesnym pitomnikam* [Handbook on Forest Nurseries]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1983, 280 p.
- [25] GOST 13056.7–93. *Semena derevyev i kustarnikov. Metody opredeleniya zhiznesposobnosti* [Seeds of Trees and Shrubs. Methods for Determining Viability]. Minsk, 1995, 37 p.
- [26] GOST 13056.6–97. *Semena derevyev i kustarnikov. Metody opredeleniya vskhozhesti* [Seeds of trees and shrubs. Methods for determining germination]. Minsk, 1997, 27 p.
- [27] GOST 13056.8–97. *Semena derevyev i kustarnikov. Metody opredeleniya dobrokachestvennosti* [Seeds of trees and shrubs. Methods for determining the quality]. Minsk, 1997, 12 p.
- [28] GOST 24909–81. *Sazhentsy derevyev dekorativnykh listvennykh porod. Tekhnicheskiye usloviya* [Seedlings of ornamental hardwood trees. Technical specifications]. Moscow: Gosstandart, 1983, 14 p.
- [29] Zhigunov A.V. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Theory and practice of growing planting material with a closed root system]. Saint Petersburg: SPbNIILKh, 2000, 293 p.
- [30] Semenov M.V., Ksenofontova N.A., Nikitin D.A., Tkhakakhova A.K., Lukin S.M. *Mikrobiologicheskiye pokazateli dernovo-podzolistoy pochvy i ee rizosfery v poluvekovom polevom opyte s primeneniym raznykh sistem udobreniya* [Microbiological indicators of sod-podzolic soil and its rhizosphere in a half-century field experiment using different fertilizer systems]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], 2023, no. 6, pp. 715–729.
- [31] Kuzin A.I., Aldashkina N.A., Beketova P.A., Ivanov I.S., Milova A.P. *Vliyaniye mikrobiologicheskikh udobreniy na osobennosti pochvennogo plodorodiya i produktivnost yabloni* [Influence of microbiological fertilizers on the features of soil fertility and apple tree productivity]. *Nauka i obrazovaniye* [Science and Education], 2024, v. 7, no. 1.
- [32] Danchenko M.A., Kabanov A.N., Zenkova Zh.N., Speransky N.I., Zholokhov Ya.A., Reutova N.A. *Primeneniye biostimulyatorov dlya vyrashchivaniya seyantsev sosny obyknovennoy* [Application of biostimulants for growing common pine seedlings]. *J. of agriculture and environment*, 2024, no. 4(44), 7 p.
- [33] Bacherikov I.V., Danilov D.A., Katsadze V.A. *Vliyaniye organomineralnykh udobreniy iz osadka stochnykh vod na rost seyantsev sosny obyknovennoy Pinus sylvestris L. i eli sibirskoy Picea obovata* [Influence of organomineral fertilizers from sewage sludge on the growth of seedlings of the common pine *Pinus sylvestris* L. and the Siberian spruce *Picea obovata*]. *Les Rossi: Politika. Promyshlennost. Nauka. Obrazovaniye: mater. VII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education: Materials of the VII All-Russian Scientific and Technical Conference], Sankt-Peterburg, 25–27 maya 2022 g. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet imeni S.M. Kirova, 2022, pp. 47–49.
- [34] Kozhevnikova A.V., Dancheva A.V. *Osobennosti rosta i razvitiya seyantsev sosny obyknovennoy s zakrytoy kornevoy sistemoy na razlichnykh po variantam mineralnogo udobreniya substrata v lesostepnoy zone Tyumenskoy oblasti (na primere Sibirskoy LOS)* [Features of the growth and development of seedlings of the common pine with a closed root system on different substrates according to the variants of mineral fertilizer in the forest-steppe zone of the Tyumen

- region (on the example of the Siberian LOS)]. Inzhenerno-tekhnologicheskiye resheniya problem razvitiya APK i obshchestva: sb. trudov LVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [Engineering and technological solutions to the problems of the development of the agro-industrial complex and society: Collection of papers of the LVIII international scientific and practical conference of students, post-graduate students and young scientists], Tyumen', 12–13 marta 2024 g. Tyumen': Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya, 2024. pp. 503–507.
- [35] *Rekomendatsii po ispolzovaniyu novykh ekologicheskikh chistykh biopreparatov pri vyrashchivaniy posadochnogo materiala khvoynykh porod v lesnykh pitomnikakh* [Recommendations for the use of new environmentally friendly biological products in the cultivation of coniferous planting material in forest nurseries]. Moscow: VNIILM, 2000. 13 p.
- [36] *Prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 04.12.2020 g. №1014 «Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, sostava proyekta lesovosstanovleniya, poryadka razrabotki proyekta lesovosstanovleniya i vneseniya v nego izmeneniy» (zaregistrirovano 18.12.2020 g. № 61556)*. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 04.12.2020 No. 1014 «On Approval of the Rules for Reforestation, the Composition of the Reforestation Project, the Procedure for Developing the Reforestation Project, and Amendments to It» (registered on 18.12.2020 No. 61556). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74983471/> (accessed 15.05.2025).
- [37] *OST 56-98-93 Seyantsy i sazhenitsy osnovnykh drevesnykh i kustarnikovykh porod. Tekhnicheskiye usloviya* [Industry standard 56-98-93 Seedlings and saplings of the main tree and shrub species. Technical conditions]. Moscow: Publishing house of standards, 1993, 40 p.
- [38] Pigarev F.T., Belyaev V.V., Sungurov R.V. *Kompleksnaya otsenka kachestva posadochnogo materiala i ego primeneniye v Evropeyskom Severe* [Complex assessment of posadochnog material and its application in the European North]. Arkhangel'sk: AILiLH, 1987, 14 p.
- [39] Vysotsky K.K. *Zakonomernosti stroeniya smeshannykh drevostoev* [Patterns of Mixed Forests Structure]. Moscow: Goslesbumizdat, 1962, 178 p.

Authors' information

Demidov Dmitriy Vyacheslavovich✉ — Cand. Sci. (Tech.), Head of the Innovation Center, PhosAgro Group, Apatit JSC, ddemidov@phosagro.ru

Druzhinin Fedor Nikolayevich — Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, druzhinin@mail.ru

Koryakina Dar'ya Mikhaylovna — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, koryakina.dary@yandex.ru

Naliukhin Aleksey Nikolayevich — Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, naliukhin@yandex.ru

Received 29.08.2025.

Approved after review 16.02.2026.

Accepted for publication 11.03.2026.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest