

For citation: Gibadullin N. F., Musin H. G., Larionov A. D., Romanov N. O., Vagizov M. R. Assessment of reforestation dynamics based on Earth remote sensing data in the Republic of Tatarstan. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2026; 2 (86): 35-47. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2026_2_35-47.

Authors:

N. F. Gibadullin^{1✉}, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0002-2380-8240>;

H. G. Musin², Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0009-0001-3388-1487>;

A. D. Larionov³, Master's student;

N. O. Romanov⁴, Master's student;

M. R. Vagizov⁵, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-4848-1619>

^{1,2}Kazan State Agrarian University, 65 Karla Marksa St., Kazan, Russia, 420015

^{3,4}Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov, 5 Institutskiy Pereulok St., Saint-Petersburg, Russia, 194021

⁵Russian State Hydrometeorological University, 79 Voronezhskaya St., Saint-Petersburg, Russia, 192007

[✉]nursil.gibadullin@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 24.02.2026; одобрена после рецензирования 12.03.2026; принята к публикации 05.06.2026.

The article was submitted 24.02.2026; approved after reviewing 12.03.2026; accepted for publication 05.06.2026.

Научная статья

УДК 630*164.4+630*17:582.475

DOI 10.48012/1817-5457_2026_2_47-55

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОСТА И СОСТОЯНИЯ САЖЕНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ПИТОМНИКА

Коновалов Владимир Федорович[✉], Рахматуллин Загир Забирович,
Сабирзянов Ильдар Галиханович, Муфтахова Светлана Ильдаровна,
Рафикова Дина Анваровна

ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия

vfkonovalev@bk.ru

Аннотация. Изучены биометрические показатели роста, жизненного состояния и взаимосвязи ростового процесса с уровнем фенотипического разнообразия по количественным признакам саженцев сосны обыкновенной, произрастающих в лесном питомнике учебно-научного центра Башкирского государственного аграрного университета. Обеспечено соблюдение системного подхода к морфометрической оценке саженцев сосны обыкновенной, а также методических и методологических требований к постановке и проведению полевого этапа работы по проблеме научного исследования. Дана статистическая оценка роста саженцев вида, представленных в экспериментальной выборке, включающей 458 растений. Выделено по энергии роста четыре группы саженцев, которые характеризуются отличительными размерными показателями анализируемых признаков: диаметр и высота, прирост осевого побега стволика, прирост боковых побегов и жизненное состояние, что указывает на специфику их генотипов. Различия между саженцами сосны обыкновенной по признакам роста и состояния подтверждены соответствующими уравнениями регрессии и расчетами коэффициентов детерминации и корреляции. Выделенные лучшие по ростовым процессам и жизненному состоянию саженцы сосны обыкновенной, характеризующиеся наглядно выраженными фенотипическими и генотипическими особенностями, представляют высокую ценность в лесокультурном производстве.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, диаметр шейки корня, высота стволика, прирост осевого побега, прирост боковых побегов, регрессия, корреляция.

Для цитирования: Биометрическая оценка роста и состояния саженцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях лесного питомника / В. Ф. Коновалов, З. З. Рахматуллин, И. Г. Сабирзянов [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 2(86). С. 47-55. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2026_2_47-55.

Актуальность. Восстановление лесов – сложный процесс, требующий многих этапов для обеспечения успешного создания высокопродуктивных культурценозов. Эти этапы включают выбор подходящих древесных видов, применение интенсивных технологий выращивания посадочного материала в питомнике, обеспечение надлежащего ухода за растениями, внесение удобрений, биопрепаратов и микроэлементов в почвенный субстрат [6, 14, 17, 18]. В настоящее время в процессе выращивания семян и саженцев в лесных питомниках используются синтетические природные регуляторы, существенно стимулирующие в них ростовые процессы [6, 15]. В программу выращивания саженцев заложено понимание того, какие качественные характеристики присущи растениям, соответствуют ли они по фенотипическим признакам требованиям стандартов и рекомендаций [11, 13]. Использование в программах лесовосстановления стандартного посадочного материала приводит к определению «концепция целевого растения» [19]. Качество семян и саженцев является важным компонентом для обеспечения успешной лесокультурой деятельности по восстановлению высокопродуктивных и устойчивых лесов [3, 5]. Эффективность искусственного лесовосстановления определяется многими факторами, оказывающими влияние на технологические процессы лесокультурного производства. Основными из них являются видовая принадлежность, возраст посадочного материала, его жизненное состояние и нормальное развитие всех частей растения в соответствии с генетической спецификой древесного вида. Успешность создания высококачественных лесных искусственных насаждений связана с использованием интенсивных технологий выращивания посадочного материала, его дифференцированного отбора и последующего создания лесных культур [2, 9, 20, 22]. Важно учитывать региональные особенности выращивания посадочного материала хвойных видов и квалифицированно их использовать при разработке оптимальных технологий его производства [4, 8]. При этом необходимо обратить внимание на качество семян, их своевременную и правильную подготовку к посеву в лесных питомниках [10, 12].

Квалифицированное применение методов выращивания в питомнике качественной продукции является ключевым компонентом успешных программ лесовосстановления, использующих посадочный материал с открытой и закрытой корневой системой. Для оптимизации режима выращивания саженцев необходимы четкие критерии оценки их роста и качества [5, 16, 21, 23]. В связи с этим разработке методов количественной оценки их размерных параметров должно быть уделено особое внимание. При оценке качества посадочного материала питомники нуждаются в объективном показателе их роста и жизнеспособности, который позволит прогнозировать продуктивность растений в полевых условиях. Поиски критериев, основанных на изучении фенотипических признаков растений, привели нас к необходимости подключения биометрических методов для оценки закономерностей роста и состояния саженцев сосны обыкновенной, произрастающих в условиях питомника. Определение наиболее значимых показателей качества саженцев данного ценного древесного вида и выбор эффективных методов их оценки, с учетом специфических условий выращивания, является целевым вектором нашего научного исследования, не утратившего в настоящее время своей актуальности.

Цель исследования заключается в оценке роста и жизненного состояния саженцев сосны обыкновенной по комплексу основных количественных признаков наземной части растений для установления их стандартного статуса и возможности использования в лесокультурном производстве.

Задачи исследования – проанализировать закономерности роста и состояния саженцев сосны обыкновенной, характер дифференциации и варьирования их ростовых показателей с опорой на биометрические методы. На основе полученных результатов, обоснованных с использованием современных математических подходов, оценить качество саженцев сосны обыкновенной и рекомендовать их использование для создания искусственных насаждений.

Материал и методы исследования. Опытный участок нашего исследования по оценке закономерностей роста саженцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) через биометрические

показатели их размеров и состояния расположен в учебно-научном центре ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. Площадь участка 0,1 га. По результатам почвенного-химического анализа почва имеет среднюю обеспеченность подвижным фосфором P_2O_5 – 67,05 мг/кг и калием K_2O – 58,42 мг/кг, низкую – по аммонийному азоту $N-NH_4$ – 4,12 г/кг. Почвенная среда нейтральная – pH сол. = 6,70. По гранулометрическому составу почва на опытном объекте относится к тяжелосуглинистому типу. Объектами исследования явились саженцы сосны обыкновенной в возрасте 5 лет, выращенные из семян с открытой корневой системой. Возраст семян в период посадки составлял 2 года, схема размещения: 2,5 м между рядами, 0,7 м в ряду, количество растений 5,7 тыс. шт./га. Выращивание семян сосны обыкновенной в питомнике проводилось с соблюдением методических рекомендаций, изложенных в работе Е. М. Романова [14]. Возраст реализации саженцев, в основном для целей озеленения, принят до 5-6 лет. Выкопка саженцев для реализации потребителям проводится с использованием агрегата Big John M55D. Авторы в своих исследованиях не ставили цель разработать технологию создания лесных культур с использованием анализируемых саженцев сосны обыкновенной, поскольку они выращиваются для озеленения территорий г. Уфы. В перспективе планируется использовать саженцы данного вида в плантационном лесовыращивании.

В проведении полевых исследований обеспечено соблюдение принципа единственного логического различия, требований к типичности, надежности, воспроизводимости и целесообразности экспериментального опыта. Полевой этап исследования выполнен стационарным методом с использованием принципов и методологий, изложенных в лесоводственных и лесотаксационных нормативных документах. Измерения биометрических показателей осуществляли инструментально с помощью цифрового электронного штангенциркуля и мерной ленты. Диаметр корневой шейки измерялся с точностью до 0,1 мм, высота стволика – до 1 см. Наряду с указанными признаками проводились замеры приростов осевого годовичного побега и боковых побегов, оценивалось жизненное состояние растений по методикам А. В. Алексеева [1] и О. П. Ковылиной [7]. Результаты исследования обработаны с применением статистического и регрессионного анализа с привлечением программных продуктов Statistica 6.

Обсуждение результатов. На данном объекте проведены таксационные измерения

с определением основных морфометрических признаков стволиков саженцев сосны обыкновенной: диаметра корневой шейки, высоты, приростов осевого и боковых побегов по каждому растению, дана оценка их жизненного состояния. Для всей однородной совокупности саженцев вычислялись основные статистические показатели, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные статистические показатели саженцев сосны обыкновенной

Статистические показатели	Характеристика саженцев по росту и состоянию				
	высота, см	диаметр, мм	прирост осевого побега, см	прирост боковых побегов, см	жизненное состояние, балл
Среднее значение	101,5	35,9	44,9	25,4	1,1
Минимум	20,0	6,8	9,0	6,0	1,0
Максимум	180,0	77,9	78,0	50,0	2,0
Стандартная ошибка	1,44	0,53	0,71	0,42	0,02
Стандартное отклонение	31,0	11,3	12,9	7,5	0,30
Дисперсия выборки	961,4	127,2	166,4	57,4	0,09
Коэффициент изменчивости, %	30,5	31,5	28,7	29,8	27,2
Точность опыта, %	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

По данным статистических расчетов величина средней высоты стволиков составила $101,5 \pm 1,44$ см с коэффициентом изменчивости признака 30,5 % и его изменчивостью от 20,0 до 180,0 см. Средний показатель диаметра корневой шейки саженцев сосны обыкновенной с его варьированием от 6,8 до 77,9 мм соответствует $35,9 \pm 0,53$ мм при коэффициенте изменчивости 31,5 %. Приросты осевого и боковых побегов, наряду с диаметром и высотой саженцев, являются диагностическими показателями при отборе быстрорастущих растений в лесных питомниках. В связи с этим в наших исследованиях мы обратили внимание на изучение их размеров. Средняя величина прироста осевого побега во всей совокупности анализируемых саженцев составила $44,9 \pm 0,71$ см с минимальным (9,0 см) и максимальным (78,0 см) значениями признака и его вариацией 28,7 %. Средний при-

рост боковых побегов первого и второго порядков кроны саженцев характеризуется несколько меньшей величиной – $25,4 \pm 0,42$ см со средней изменчивостью 29,8 % и его вариацией от 6,0 до 50,0 см. По комплексу биометрических показателей: высоте, диаметру корневой шейки, густоте, количеству сохранившихся растений и их внешнему виду, а также устойчивости к болезням и вредителям проводилась оценка жизненного состояния саженцев. Жизненное состояние саженцев анализируемого древесного вида отмечено достаточно высоким уровнем, средний балл которого составляет $1,1 \pm 0,02$ единицы. Величина оцениваемого признака варьирует от 1 до 2 единиц, что свидетельствует, в целом, о здоровом состоянии саженцев при коэффициенте изменчивости 27,2 %. Точность опыта по всем анализируемым признакам не превышает 2 %, что позволяет говорить о репрезентативности экспериментальных данных полевого этапа исследования. По интенсивности роста саженцев сосны обыкновенной отмечена следующая закономерность (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика саженцев сосны обыкновенной по интенсивности роста

Диаметр корневой шейки, мм			Высота стволика, см		
вариация	частота, шт.	%	вариация	частота, шт.	%
20,1-30,0	100	21,8	20,1-50,0	42	9,2
30,1-40,0	130	28,4	50,1-80,0	87	19,0
40,1-50,0	160	34,9	80,1-110,0	176	38,4
50,1-60,0	68	14,9	110,1-140,0	153	33,4
Итого	458	100	Итого	458	100

По диаметру корневой шейки 21,8 % растений характеризуются его величиной от 20 до 30 мм. Доля саженцев с диаметром 30-40 мм составляет 28,4 %, 40-50 мм – 34,9 %. Встречаемость наиболее крупных саженцев сосны обыкновенной по данному признаку не превышает 15 %. По высоте стволиков в экспериментальной выборке (458 растений) количество саженцев замедленного роста (20-80 см) составило от 9,2 до 19,0 %.

Характерно отметить положительный факт в пользу значительного числа саженцев, отличающихся быстрым ростом, высота которых варьирует в пределах 80-110 см, что составляет 38,4 % и 110-140 см (33,4 %).

Дифференцированный подход к оценке роста саженцев сосны обыкновенной по основным ростовым показателям – диаметру корневой шейки и высоте стволиков, по нашему мнению,

позволяет более объективно оценить их жизненное состояние и соответствие требованиям нормативных документов, а также выделить лучшие особи для создания целевых плантационных культур вида с заданным сортиментным составом.

Приведенные данные показывают, что саженцы сосны обыкновенной относятся к категории стандартных, востребованных для создания лесных культур и успешной реализации потребителям в качестве посадочного материала для озеленительных работ. Мы сочли необходимым оценить рост саженцев по вариациям диаметра и высоты стволиков. По вариациям диаметров корневой шейки саженцев определены ряд статистических показателей стволиков (табл. 3).

Таблица 3 – Средние значения биометрических показателей диаметра саженцев сосны обыкновенной

Вариация диаметра, мм	Статистическая характеристика	Показатели	t*
20,0-30,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), мм	$23,9 \pm 1,55$	7,4
	Стандартное отклонение (σ), мм	7,31	
	Количество саженцев, шт.	100	
30,1-40,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), мм	$33,6 \pm 0,69$	2,6
	Стандартное отклонение (σ), мм	3,08	
	Количество саженцев, шт.	130	
40,1-50,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), мм	$44,1 \pm 0,59$	10,4
	Стандартное отклонение (σ), мм	2,64	
	Количество саженцев, шт.	160	
50,1-60,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), мм	$54,3 \pm 1,16$	14,5
	Стандартное отклонение (σ), мм	5,07	
	Количество саженцев, шт.	68	
Вся выборка	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), мм	$35,9 \pm 0,53$	-
	Стандартное отклонение (σ), мм	11,3	
	Количество саженцев, шт.	458	

Примечание: t* – критерий достоверности различий при $p > 0,05$.

Средние значения анализируемого признака в дифференцированном размерном ряду варьируют в пределах от $23,9 \pm 1,55$ до $54,3 \pm 1,16$ мм. Для всей выборки его средняя величина составляет $35,9 \pm 0,53$ мм. Различия по диаметру корневой шейки, по сравнению со средней величиной признака для всей выборки (контроль), оказались достоверными при $p > 0,1$.

В пределах выделенных групп по показателям линейного роста саженцев сосны обыкновенной проявились следующие закономерности (табл. 4).

Таблица 4 – Средние значения биометрических показателей высоты саженцев сосны обыкновенной

Вариация высоты, см	Статистическая характеристика	Показатели	t*
20,0-50,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), см	$41,0 \pm 1,49$	29,1
	Стандартное отклонение (σ), см	6,69	
	Количество саженцев, шт.	42	
50,1-80,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), см	$67,59 \pm 2,32$	12,4
	Стандартное отклонение (σ), см	10,39	
	Количество саженцев, шт.	87	
80,1-110,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), см	$97,8 \pm 1,52$	1,8
	Стандартное отклонение (σ), см	6,78	
	Количество саженцев, шт.	176	
110,1-140,0	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), см	$129,1 \pm 3,14$	8,1
	Стандартное отклонение (σ), см	14,01	
	Количество саженцев, шт.	153	
Вся выборка	Среднее значение ($\bar{X} \pm m\bar{X}$), см	$101,5 \pm 1,44$	-
	Стандартное отклонение (σ), см	31,0	
	Количество саженцев, шт.	458	

Примечание: t* – критерий достоверности различий при $p > 0,1$.

Средние значения высоты стволиков варьируют от $41,0 \pm 1,49$ до $129,1 \pm 3,14$ см. Для всей совокупности учтенных саженцев средняя высота характеризуется величиной $101,5 \pm 1,44$ см, что свидетельствует о достаточно высоком уровне годовых линейных приростов наземной

части растений. По высоте саженцев различия оказались недостоверными в группе высот 80-110 см, достоверными в других дифференцированных линейных выборках при $p > 0,1$ по сравнению со средней величиной признака для всей совокупности растений, принятой в качестве контроля. Наглядно выраженная дифференциация саженцев сосны обыкновенной по диаметру корневой шейки и высоте приводит к выводу о должном уровне агротехнических уходов за растениями на протяжении их роста, а также о перспективности принятой технологии выращивания посадочного материала в питомнике. Для оценки взаимосвязи диаметра корневой шейки с высотой саженцев был проведен регрессионный анализ. Задачей регрессионного анализа является оценка связи между количественными переменными. Наряду с оценкой тесноты связи он дает возможность определить уравнение зависимости между переменными и найти значения одной переменной (зависимой) по значениям другой (независимой), а также получить оценку их значимости, точности уравнения и эффективности математической модели при изучении изменчивости изучаемых морфометрических признаков растений. Математическая модель взаимосвязи диаметра стволиков с высотой саженцев сосны обыкновенной приведена на рисунке 1.

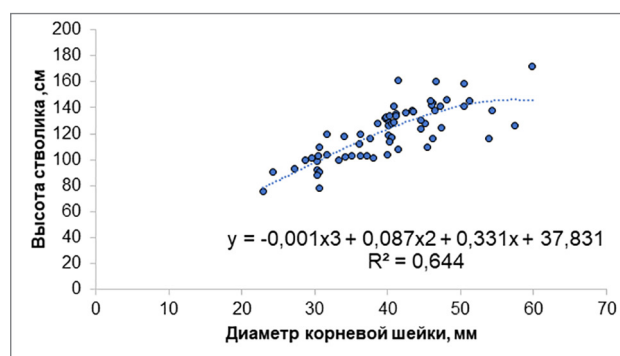


Рисунок 1 – Взаимосвязь диаметра корневой шейки и высоты саженцев сосны обыкновенной

Регрессионный анализ с охватом оцениваемых признаков саженцев позволил получить полиномиальное уравнение вида $y = -0,001x^3 + 0,087x^2 + 0,331x + 37,831$. Взаимосвязь диаметра и высоты саженцев является высокой, о чем свидетельствуют величины коэффициентов детерминации $R^2 = 0,644$ и корреляции $R = 0,802$. При обработке опытных данных приходится решать задачу, в которой необходимо исследовать зависимость одного признака от совокупности других признаков. В этом случае следует обратиться к множественной линейной регрессии,

что позволит получить объективное представление тесноты связи между всеми изучаемыми признаками. Результаты множественной линейной регрессии диаметра и высоты стволиков саженцев сосны обыкновенной отражены в таблицах 5 и 6.

Для оценки связи диаметра стволиков с количественными показателями изучаемых признаков саженцев реализован регрессионный анализ, результаты которого приведены в таблице 5.

Корреляционные связи диаметра с другими морфометрическими признаками саженцев проявились уравнением множественной линейной регрессии: $Y = 15,299 + 0,391X_1 - 0,376X_2 - 0,008X_3 - 3,369X_4$. Связь диаметра стволиков с изучаемыми признаками, описываемая множественной линейной зависимостью, высокая, о чем свидетельствует коэффициент детерминации $R^2 = 0,668$. Нормированное отклонение признака наиболее выражено по диаметру корневой шейки ($t = 2,526$), высоте саженцев ($t = 7,916$) и приросту осевого побега ($t = 2,886$). Данные признаки демонстрируют высокий уровень энергии радиального и линейного роста саженцев сосны обыкновенной.

На уровне значимости $p < 0,05$ саженцы сосны обыкновенной в учетных рядах школьного отделения питомника достоверно различаются по диаметру, высоте стволиков и приросту осево-

го побега. Оценка связи высоты стволиков с количественными показателями анализируемых признаков саженцев проведена с помощью регрессионного анализа, результаты которого приведены в таблице 6.

Корреляционные связи высоты стволиков с другими морфометрическими признаками саженцев выражены уравнением множественной линейной регрессии: $Y = 58,984 + 1,863X_1 - 0,416X_2 - 15,808X_3$. Связь высоты стволиков с изучаемыми признаками, описываемая линейной зависимостью, достаточно высокая, о чем свидетельствует коэффициент детерминации $R^2 = 0,691$.

Величина нормированного отклонения признаков наиболее значима по высоте саженцев ($t = 4,257$), приросту осевого побега ($t = 7,742$) и жизненному состоянию растений ($t = 7,742$). Они олицетворяют высокий уровень роста саженцев по важным морфометрическим характеристикам стволиков и кроны. Эта закономерность наглядно подтверждена уровнем достоверного различия между анализируемыми признаками ($p < 0,05$). Множественный регрессионный анализ оцениваемых показателей саженцев сосны обыкновенной и установление уровней корреляционных связей между ними являются убедительными аргументами для выделения диагностических признаков и их использования в процессе отбора быстрорастущих

Таблица 5 – Регрессионный анализ взаимосвязи диаметра стволиков с морфометрическими признаками саженцев сосны обыкновенной ($R^2 = 0,668$)

Признаки	$b_1 \pm \text{стандартная ошибка}$	$b_{2-5} \pm \text{стандартная ошибка}$	t	p
Диаметр, мм	–	$15,299 \pm 6,055^*$	2,526	0,014
Высота, см	$1,033 \pm 0,130^*$	$0,391 \pm 0,049^*$	7,916	0,00001
Прирост осевого побега, см	$-0,406 \pm 0,141^*$	$-0,376 \pm 0,130^*$	2,886	0,005
Прирост боковых побегов, см	$-0,006 \pm 0,097$	$-0,008 \pm 0,134$	-0,057	0,954
Жизненное состояние, балл	$-0,142 \pm 0,087$	$-3,369 \pm 2,071$	-1,626	0,109

Примечание: b_1, b_{2-5} – коэффициенты регрессии диаметра стволиков с другими признаками соответственно; t – нормированное отклонение; p – уровень значимости; *различия достоверны при $p < 0,05$.

Таблица 6 – Регрессионный анализ взаимосвязи высоты стволиков с морфометрическими признаками саженцев сосны обыкновенной ($R^2 = 0,691$)

Признаки	$b_1 \pm \text{стандартная ошибка}$	$b_{2-4} \pm \text{стандартная ошибка}$	t	p
Высота, см	–	$58,984 \pm 13,854^*$	4,257	0,00007
Прирост осевого побега, см	$0,763 \pm 0,098^*$	$1,863 \pm 0,241^*$	7,742	0,00001
Прирост боковых побегов, см	$-0,115 \pm 0,095$	$-0,416 \pm 0,347$	1,198	0,2355
Жизненное состояние, балл	$-0,253 \pm 0,081^*$	$-15,808 \pm 5,007^*$	-3,157	0,0025

Примечание: b_1, b_{2-4} – коэффициенты регрессии высоты стволиков с другими признаками соответственно; t – нормированное отклонение; p – уровень значимости; *различия достоверны при $p < 0,05$.

и лучших по жизненному состоянию растений для создания лесных культур плантационного типа и проведения дальнейших селекционно-генетических исследований для оценки их генетического потенциала.

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие **выводы**:

1. Дана научно обоснованная оценка роста саженцев сосны обыкновенной по наиболее важным признакам стволовой части и кроны.

2. Саженьцы данного вида, выращенные двухлетними сеянцами с открытой корневой системой, различаются по комплексу оцениваемых фенотипических признаков их наземной части и жизненному состоянию.

3. Дифференцированный подход к оценке саженцев по вариациям диаметра и высоты стволиков позволил более объективно подойти к выделению лучших растений и установлению их количественного соотношения на питомнике.

4. В пределах выделенных вариаций диаметра и высоты саженцев охарактеризована интенсивность их линейного и радиального роста, являющихся основными диагностическими признаками в процессе отбора перспективных растений для озеленения и лесовыращивания.

5. Множественный регрессионный анализ оцениваемых показателей саженцев сосны обыкновенной позволил установить уровень корреляционных связей между ними, что является убедительным аргументом для выделения диагностических признаков и их использования при инвентаризации посадочного материала в питомниках.

Список источников

1. Алексеев А. В. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Ленинград: Наука, 1990. С. 38-58.

2. Влияние технологий выращивания на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на их рост в культурах / Е. М. Романов [и др.] // Сборник трудов конференции. МарГТУ, 2022. С. 94-98.

3. Дифференцированное применение посадочного материала при создании лесных культур / Е. М. Романов [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 2 (58). С. 6-29.

4. Ермакова М. В. Особенности выращивания посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесных питомниках Зауралья // Известия вузов. Лесной журнал. 2025. № 4(406). С. 20-34.

5. Иветич В., Новиков А. И. Роль качества лесного репродуктивного материала при лесовосстановлении // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 2 (34). С. 56-65.

6. Использование биопрепаратов при выращивании сосны обыкновенной в Свердловской области / Е. М. Андреева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2024. № 42(5). С. 23-28.

7. Ковылина О. П., Зарубина И. А., Ковылин А. Н. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в зоне техногенного загрязнения // Хвойные бореальной хоны. 2008. Т. 25, № 3-4. С. 284-289.

8. Коженкова А. А., Захарова М. И. Особенности роста посадочного материала сосны обыкновенной в лесных питомниках Смоленско-Московской возвышенности // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2015. Т. 19, № 6. С. 34-37.

9. Мочалов Б. А., Бобушкина С. В. Лесокультурное производство – основа непрерывности лесопользования // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 4. С. 80-96.

10. Острошенко В. Ю., Острошенко Л. Ю. Влияние предпосевной обработки семян (дражирования) на грунтовую всхожесть и дальнейший рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26, № 1. С. 35-40.

11. ОСТ 56-98-93 Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия. Москва, 1993. 40 с.

12. Петрищев Е. П. Исследование взаимосвязи биометрических параметров ювенильных сеянцев сосны обыкновенной из кондиционных семян при оценке результатов лесовосстановления // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 4 (44). С. 161-169.

13. Правила лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления от 29 декабря 2021 г. № 1024 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110>.

14. Романов Е. М. Выращивание сеянцев древесных растений. Биоэкологические и агротехнические аспекты. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 500 с.

15. Синтетические и природные регуляторы роста растений для выращивания сеянцев древесных пород / Н. П. Чернобровкина [и др.] // Изв. вузов. Лесн. журн. 2025. № 3. С. 20-51.

16. Сунгурова Н. Р., Дрочкова А. А. Биометрические характеристики посадочного материала как тест-показатель успешности культур *Pinus sylvestris* L. // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 4. С. 107-116.

17. Grossnickle SC, MacDonald JE. Seedlings quality: history, application, and plant attributes. Forests. 2018;9(5):1-23. DOI: 10.3390/f9050283.

18. Grossnickle SC. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. *New Forests*. 2012;43(5-6):711-738. DOI: 10.1007/s11056-012-9336-6.

19. Landis TD, Pinto JR, Haase DL, Wilkinson KW, Davis AS. Meeting forest restoration challenges: using the target plant concept. *Reforesta*. 2016;1:37–52.

20. Rikala R. Production of Planting Stock in Finland. Reforestation in the European North. Proceedings of the Finnish-Russian Seminar on Reforestation in Vuokatti (Finland September 28 – October 2, 1998). Vantaa, Vantaa Science Center Publ., 2000, pp. 133-146.

21. Robonen EV, et al. Morphometric criteria for assessing the containerized conifers seedlings quality. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2023;(5):42-57.

22. Runova EM, Denisenko AV. Technological aspects of growing pine seedlings common (*Pinus sylvestris* L.) with a closed root system. *Forests of Russia and economy in them*. 2025;1(92):53–61.

23. Wilson BC, Jacobs DF. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. *New For*. 2006;31:417–433.

References

1. Alekseev A. V. Diagnostika povrezhdenij derev'ev i drevostoev pri atmosfernom zagryaznenii i ocenka ix zhiznennogo sostoyaniya // *Lesny'e e'kosistemy' i atmosferno zagryaznenie*. Leningrad: Nauka, 1990. S. 38-58.

2. Vliyanie tekhnologij vy'rashhivaniya na biometricheskie pokazateli seyancev sosny' oby'knovennoj (*Pinus sylvestris* L.) na ix rost v kul'turax / E. M. Romanov [i dr.] // *Sbornik trudov konferencii*. MarGTU, 2022. S. 94-98.

3. Differencirovannoe primeneniye posadochnogo materiala pri sozdanii lesny'x kul'tur / E. M. Romanov [i dr.] // *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. Ser.: Les. E'kologiya. Prirodopol'zovanie. 2023. № 2 (58). S. 6-29.

4. Ermakova M. V. Osobennosti vy'rashhivaniya posadochnogo materiala sosny' oby'knovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v lesny'x pitomnikax Zaural'ya // *Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal*. 2025. № 4(406). S. 20-34.

5. Ivetich V., Novikov A. I. Rol' kachestva lesnogo reproduktivnogo materiala pri lesovosstanovlenii // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2019. T. 9, № 2 (34). S. 56-65.

6. Ispol'zovanie biopreparatov pri vy'rashhivanii sosny' oby'knovennoj v Sverdlovskoj oblasti / E. M. Andreeva [i dr.] // *Xvojny'e boreal'noj zony*. 2024. № 42(5). S. 23-28.

7. Kovy'lina O. P., Zarubina I. A., Kovy'lin A. N. Ocenka zhiznennogo sostoyaniya sosny' oby'knovennoj v zone texnogenno zagryazneniya // *Xvojny'e boreal'noj zony*. 2008. T. 25, № 3-4. S. 284-289.

8. Kozhenkova A. A., Zaxarova M. I. Osobennosti rosta posadochnogo materiala sosny' oby'knovennoj v lesny'x pitomnikax Smolensko-Moskovskoj vozvy'shennosti // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa*. *Lesnoj vestnik*. 2015. T. 19, № 6. S. 34-37.

9. Mochalov B. A., Bobushkina S. V. Lesokul'turnoe proizvodstvo – osnova nepreryvnosti lesopol'zovaniya // *Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal*. 2021. № 4. S. 80-96.

10. Ostroshenko V. Yu., Ostroshenko L. Yu. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan (drazhirovaniya) na gruntovuyu vsxozhest' i dal'nejshij rost seyancev sosny' oby'knovennoj (*Pinus sylvestris* L.) // *Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin*, 2022. T. 26, № 1. S. 35-40.

11. OST 56-98-93 Seyancy i sazhency osnovny'x drevesny'x i kustarnikovy'x porod. *Texnicheskie usloviya*. Moskva, 1993. 40 s.

12. Petrishhev E. P. Issledovanie vzaimosvyazi biometricheskix parametrov yuvenil'ny'x seyancev sosny' oby'knovennoj iz kondicionny'x semyan pri ocenke rezul'tatov lesovosstanovleniya // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2021. T. 11, № 4 (44). S. 161-169.

13. Pravila lesovosstanovleniya, formy, sostava, poryadka soglasovaniya proekta lesovosstanovleniya, osnovanij dlya otkaza v ego soglasovanii, a takzhe trebovanij k formatu v e'lektronnoj forme proekta lesovosstanovleniya ot 29 dekabrya 2021 g. № 1024 // *E'lektronny'j fond pravovy'x i normativno-tekhnicheskix dokumentov*: sajт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110>.

14. Romanov E. M. Vy'rashhivanie seyancev drevesny'x rastenij. *Bio'ekologicheskie i agrotekhnicheskie aspekty*. Joshkar-Ola: MarGTU, 2000. 500 s.

15. Sinteticheskie i prirodny'e regulatory' rosta rastenij dlya vy'rashhivaniya seyancev drevesny'x porod / N. P. Chernobrovkina [i dr.] // *Izv. vuzov. Lesn. zhurn*. 2025. № 3. S. 20-51.

16. Sungurova N. R., Drochkova A. A. Biometricheskie xarakteristiki posadochnogo materiala kak test-pokazatel' uspešnosti kul'tur *Pinus sylvestris* L. // *Izv. vuzov. Lesn. zhurn*. 2021. № 4. S.107-116.

17. Grossnickle SC, MacDonald JE. Seedlings quality: history, application, and plant attributes. *Forests*. 2018;9(5):1-23. DOI: 10.3390/f9050283.

18. Grossnickle SC. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. *New Forests*. 2012;43(5-6):711-738. DOI: 10.1007/s11056-012-9336-6.

19. Landis TD, Pinto JR, Haase DL, Wilkinson KW, Davis AS. Meeting forest restoration challenges: using the target plant concept. *Reforesta*. 2016;1:37–52.

20. Rikala R. Production of Planting Stock in Finland. Reforestation in the European North. Proceedings of the Finnish-Russian Seminar on Reforestation in Vuokatti (Finland September 28 – October 2, 1998). Vantaa, Vantaa Science Center Publ., 2000, pp. 133-146.

21. Robonen EV, et al. Morphometric criteria for assessing the containerized conifers seedlings quality. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2023;(5):42-57.

22. Runova EM, Denisenko AV. Technological aspects of growing pine seedlings common (*Pinus sylvestris* L.) with a closed root system. *Forests of Russia and economy in them*. 2025;1(92):53–61.

23. Wilson BC, Jacobs DF. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. *New For*. 2006;31:417–433.

Сведения об авторах:

В. Ф. Коновалов[✉], доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
З. З. Рахматуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
И. Г. Сабирзянов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
С. И. Муфтахова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Д. А. Рафикова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Россия, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
vfkonov@bk.ru

Original article

BIOMETRIC ASSESSMENT OF GROWTH AND CONDITION OF COMMON PINE SEEDLINGS (PINUS SYLVESTRIS L.) IN A FOREST NURSERY

Vladimir F. Konovalov[✉], **Zagir Z. Rakhmatullin**, **Ildar G. Sabirzyanov**, **Svetlana I. Muftakhova**,
Dina A. Rafikova

Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

vfkonov@bk.ru

Abstract. *Biometric indicators of growth, vital state and relationship of the growth process with the level of phenotypic diversity according to the quantitative indicators of common pine seedlings grown in the forest nursery of the Educational and Scientific Center of the Bashkir State Agrarian University have been studied. The study ensures compliance with a systematic approach to the morphometric assessment of common pine seedlings, as well as with the methodological requirements for conducting the field stage of research. The study provides a statistical evaluation of the growth of seedlings in an experimental sample of 458 plants. Four groups of seedlings have been identified based on their growth energy, which are characterized by distinctive size indicators of the analyzed traits: the diameter and height, growth of axial shoots of the trunk, lateral shoots development and vital state, reflecting the unique characteristics of their genotypes. Differences in common pine seedlings in terms of growth and condition were confirmed by the corresponding regression equations and the calculation of coefficients of determination and correlation. The most robust and vigorous common pine seedlings, with distinct phenotypic and genotypic traits, are of high value in forestry production.*

Key words: *common pine, root neck diameter, trunk height, axial shoot growth, lateral shoot growth, regression, correlation.*

For citation: Konovalov V. F., Rakhmatullin Z. Z., Sabirzyanov I. G., Muftakhova S. I., Rafikova D. A. Biometric assessment of growth and condition of common pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) in a forest nursery. 2026; 2 (86): 47-55. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2026_2_47-55.

Authors:

V. F. Konovalov[✉], Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
Z. Z. Rakhmatullin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
I. G. Sabirzyanov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
S. I. Muftakhova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
D. A. Rafikova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer
Bashkir State Agrarian University, 34 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, Russia, 450001
vfkonov@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 21.01.2026; одобрена после рецензирования 25.03.2026;
принята к публикации 05.06.2026.

The article was submitted 21.01.2026; approved after reviewing 25.03.2026; accepted for publication 05.06.2026.