

Научная статья

УДК 630*232.311.2+630*17:582.475

DOI 10.48012/1817-5457_2024_3_50-58

ВЗАИМОСВЯЗЬ РОСТА С УРОВНЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПО КОЛИЧЕСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ СТВОЛОВ КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Коновалов Владимир Федорович ✉, Рафикова Дина Анваровна,
Ханова Эльвира Рифовна

ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа, Россия

✉ vfkonov@bk.ru

Аннотация. Изучены закономерности роста и взаимосвязи ростового процесса с уровнем генетического разнообразия по количественным признакам стволов вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной, представленного в составе клоновой плантации, созданной в 2005 г. в Дюртюлинском лесничестве лесостепной зоны Республики Башкортостан на участке с типом лесорастительных условий С₂. Обеспечено соблюдение селекционно-генетического принципа фенотипической оценки клонов сосны обыкновенной, а также методических и методологических требований к постановке и проведению полевого этапа исследования. Дана статистическая оценка роста клонов вида, представленного 40 раметами. Выделено четыре клона (29, 136, 264 и 262), которые характеризуются лучшими размерами диаметра стволов: 22,4±0,31 – 25,5±0,73 см, высоты: 10,5±0,30 – 11,2±0,16 м; диаметра кроны: 7,1±0,22 – 7,5±0,45 м, ее длины: 8,2±0,37 – 10,5±0,27 м; приростом осевого побега ствола: 0,44±0,02 – 0,45±0,02 м, что указывает на специфику их генотипов. Их количество составляет 40 % от общего числа учтенных клонов. Кластерный анализ позволил выделить два четко обособленных кластера с клонами, имеющими отличительные особенности в изменчивости анализируемых признаков стволов. Различия между клонами по стволовым признакам подтверждены соответствующими уравнениями регрессии и расчетами коэффициентов наследуемости в узком смысле. Доля влияния факторов на вариабельность и отличительность показателей роста стволов клонов сосны обыкновенной оценена по алгоритмам Н. А. Плохинского и Д. У. Снедекора. Выявленные в архиве клона лучшие генотипы потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной представляют высокую ценность в лесном селекционном семеноводстве.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плюсовое дерево, архив клонов, коэффициент наследуемости, диаметр ствола, высота ствола, диаметр кроны, протяженность кроны, прирост осевого побега, дендрограмма.

Для цитирования: Коновалов В. Ф., Рафикова Д. А., Ханова Э. Р. Взаимосвязь роста с уровнем генетического разнообразия по количественным признакам стволов клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3(79). С. 50-58. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_50-58.

Актуальность. Инновационный подход в воспроизводстве высокопродуктивных и устойчивых лесов предусматривает обязательное использование в этом процессе селекционно ценного посадочного материала, выращенного из семян улучшенной селекционной категории или первого класса качества. В этой связи важной задачей лесного семеноводства является повышение эффективности существующих и вновь закладываемых и формируемых лесосеменных объектов, и прежде всего клоновых и семейственных лесосеменных плантаций, с целью увеличения объемов заготовки семян лесных древесных видов высокой селекционной ценности [3]. Для успешной

реализации данных задач следует обратить внимание на владение современными методами плюсовой селекции древесных видов [6, 8], оценку уровня генетического разнообразия потомства плюсовых деревьев [3, 4], эффективную организацию селекционного семеноводства древесных видов [3, 7].

В настоящее время Российская Федерация по уровню производства семян с улучшенными генетическими свойствами значительно уступает ряду зарубежных стран. В Европе доля селекционно ценного посадочного материала при создании искусственных насаждений в среднем достигает 25 %, Швеции и Финляндии – до 100 % [8]. В России данный показатель

составляет около 5 % [3]. Использование ценных семян в воспроизводстве лесов позволит в будущем получить искусственные насаждения высокой продуктивности и качественной товарности заготавливаемой древесины.

Уместно отметить, что специфика наследования хозяйственно ценных признаков и свойств по стволовой продуктивности и урожайности древесных видов, в том числе сосны обыкновенной, связана с длительностью онтогенеза. В этой связи необходима разработка современных научных методологий и методов, ориентированных на ускоренное решение селекционно-генетических задач по эффективной и более ранней диагностике характера наследования ценных признаков в потомстве лесных растений. Поэтому отечественными и зарубежными учеными уделяется пристальное внимание оценке взаимосвязи роста и состояния древесных растений с уровнем их генетического разнообразия [1, 4, 10, 11], селекционно-генетическому анализу лесосеменных объектов с использованием молекулярных маркеров [9, 13].

Перевод лесного семеноводства на генетико-селекционную основу является одной из главных задач современного лесного хозяйства [7, 8, 12]. В этом случае необходима разработка способов и приемов повышения эффективности существующих и вновь закладываемых лесосеменных плантаций, архивов клонов, постоянных лесосеменных участков с целью увеличения объемов заготовки семян с улучшенными наследственными свойствами. Значительное количество научных исследований, ссылка на которые приведена выше, практически не затрагивает детальной оценки селекционной эффективности лесосеменных объектов в Республике Башкортостан, взаимосвязи роста и качества древесных растений с уровнем генетического разнообразия по основным количественным признакам стволов в вегетативном потомстве сосны обыкновенной в клоновых архивах. В наших исследованиях, результаты которых нашли отражение в данной статье, этой проблеме уделено особое внимание.

Сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris* L. является основным лесобразователем сосновых формаций в лесах нашей страны. В Республике Башкортостан насаждения сосны обыкновенной занимают 68,8 % от всей площади лесов, по запасу древесины – 77,1 %. Доля искусственных насаждений данного вида в воспроизводстве лесов в республике составляет более 60 %. Выделены плюсовые деревья данного

вида свойств. По данным учета 2018 г., их количество в Республике Башкортостан составляет 586 шт. [5]. Плюсовые деревья являются источником заготовки селекционно ценных семян. В семеноводстве наиболее ценными являются архивы клонов, созданные прививками черенками с плюсовых деревьев. В республике имеются архивы клонов на площади 14,2 га, в том числе 13,2 га по сосне обыкновенной.

В настоящее время все объекты лесного семеноводства, имеющиеся в регионе, не обеспечивают воспроизводство лесов семенами с высокими наследственными свойствами. Доля улучшенных семян на превышает 4 % в общем объеме ежегодной заготовки лесных семян – около 6 т. Для оценки селекционной эффективности архивов клонов необходимо натурное обследование, по результатам которого должно быть принято решение об их использовании для заготовки семян. При этом важно обратить внимание на уровень варьирования и степень влияния генетических факторов на значения основных биометрических показателей роста и качества стволов потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов.

Цель исследования заключается в оценке взаимосвязи между ростом и уровнем генетического разнообразия вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной по комплексу основных количественных признаков стволов для установления селекционно-генетического статуса архива клонов.

Задачи исследования – проанализировать закономерности роста клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, показатели варьирования и уровни влияния генетических факторов (клоновой принадлежности) на характер изменчивости биометрических признаков стволов и их наследования в вегетативном потомстве. На основе полученных результатов, обоснованных с использованием современных математических методов, оценить качество клоновых плантаций сосны обыкновенной и возможность использования этого объекта для заготовки семян с улучшенной наследственностью.

Материал и методы исследования. В качестве объекта исследования нами выбран архив клонов сосны обыкновенной, заложенный в 2005 г. в Ангасякском участковом лесничестве Дюртюлинского лесничества лесостепной зоны Башкирского Предуралья. Архив клонов создан посадкой сеянцев с привитыми черенками, заготовленными с плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Привитые

двухлетние сеянцы были высажены на подготовленном участке по схеме 5×5 м, тип лесорастительных условий – С₂, почвы серые лесные супесчаные на суглинистой подпочве, смещение клонов рядовое. В архиве клонов представлено потомство от 10 плюсовых деревьев сосны обыкновенной с 40 ракетами в каждом клоне. При выполнении исследований у ракет клонов сосны обыкновенной общепринятыми в лесной таксации методами оценивались следующие характеристики основных морфометрических признаков стволов: высота, диаметр ствола, диаметр кроны в ряду и между рядами, протяженность кроны, прирост осевого побега за последний год. Для каждого клона рассчитывался комплексный оценочный показатель (КОП) по отношению среднего диаметра ствола к величине его площади поперечного сечения. Для ряда основных показателей древесного ствола-диаметра, высоты, диаметра и протяженности (длины) кроны рассчитывался коэффициент наследуемости данных признаков с использованием величин варьирования, полученных на основе расчетов однофакторного дисперсионного анализа. В нашем исследовании наследуемость признаков в узком смысле рассчитывалась по стандартным методикам на основе вычисления соответствующих компонентов анализируемых признаков стволов, изложенных в работах ряда авторов [1, 6]. Расчет коэффициента наследуемости h^2 проводился по формуле:

$$h^2 = \sigma_f^2 \div \sigma_{ph}^2, \quad (1)$$

где σ_f^2 – межгрупповая (между клонами) дисперсия признака;

σ_{ph}^2 – общая (фенотипическая) дисперсия признака.

Общая фенотипическая дисперсия признака представлена как сумма дисперсий межгрупповой и остаточной (случайной):

$$\sigma_{ph}^2 = \sigma_f^2 + \sigma_e^2, \quad (2)$$

где σ_e^2 – остаточная (случайная) дисперсия признака.

Опытные данные полевых исследований подвергались статистической обработке в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [2].

Результаты исследования. Клоновая лесосеменная плантация сосны обыкновенной закладывалась в 2005 г. сеянцами с привитыми черенками от плюсовых деревьев данно-

го вида. Все отобранные деревья для заготовки черенков характеризовались хорошо очищенным от сучьев стволом, прямоствольностью, полнодревесностью, а также отсутствием дефектов и пороков формы стволов. Возраст плюсовых деревьев на момент их учета составлял 112–145 лет, высота стволов – 32–39 м, диаметр – 39–44 см. Превышение высоты и диаметра их стволов, по сравнению со средними значениями для всей совокупности древостоев, составляет 106–112 % и 118–133 % соответственно. Клоновая плантация создана на площади 1 га, сохранность ракет в возрасте 18 лет составила 87,5 %. По каждому клону проведен анализ основных морфометрических признаков стволов и кроны деревьев сосны обыкновенной (табл. 1).

Таблица 1 – Статистическая оценка роста клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной

Статистические показатели	Диаметр ствола, см	Высота ствола, м	Средний диаметр кроны, м	Длина кроны, м	Прирост осевого побега, м	КОП, см/см ²
<i>Mx</i>	21,7	10,1	5,9	8,3	0,39	2,8
min	17,5	8,6	5,0	6,6	0,32	2,0
max	25,2	11,3	8,4	9,5	0,49	4,4
Δlim	7,5	2,7	3,4	2,9	0,17	2,4
$\pm m_x$	0,72	0,29	0,25	0,32	0,02	0,14
<i>Cv</i> , %	10,7	9,3	14,8	10,9	15,3	23,0
<i>P</i> , %	3,3	2,9	4,2	3,8	5,1	4,9
<i>t</i>	2,54*	0,24	2,83**	0,06	0,50	2,58*

Примечание: *Mx* – среднее арифметическое значение признака; min – абсолютный минимум значений; max – абсолютный максимум значений; Δlim – диапазон абсолютных значений; $\pm m$ – ошибка репрезентативности среднего; *Cv* – коэффициент вариации, %; *P* – точность опыта, %; *t* – опытное значение критерия Стьюдента (* – $t_{05} = 1,98$; ** – $t_{01} = 2,62$); КОП – комплексный оценочный показатель.

Величина среднего диаметра стволов составила 21,7±0,72 см с его варьированием от 17,5 до 25,3 см и коэффициентом изменчивости признака 10,7 %, средней высоты – 10,1±0,29 м при коэффициенте его изменчивости 9,3 % и вариацией признака от 8,6 до 11,3 м. Средний диаметр кроны, как среднее значение из ее замеров в ряду – 5,90±0,21 м и между рядами – 5,82±0,29 м, равен 5,9±0,25 м, с минимальным и максимальным значениями признака от 5,0 до 8,4 м и его варьированием 14,8 %. Прирост годового осевого побега характеризуется средней величиной 0,39±0,02 м

с изменчивостью признака 15,3 % и его вариацией от 0,32 до 0,49 м. КОП равен в среднем $2,8 \pm 0,14$ см/см². Изменчивость данного признака достаточно высока – 23,0 %. Длина кроны достигает $8,3 \pm 0,32$ м, с минимальной – 6,6 м и максимальной – 9,5 м величинами соответственно, при изменчивости признака 10,9 %.

Достоверно подтвержденная связь при критерии Стьюдента $t_{05} = 1,98$, $t_{01} = 2,62$, по сравнению с величинами оцениваемых признаков для всего насаждения, выявлена по диаметру стволов – 2,54, среднему диаметру кроны – 2,83 и КОП – 2,58. Жизненное состояние рамет оценивается как здоровое – 100 %, крона деревьев (90 %) хорошо развита, искривленность стволов отсутствует. Проанализированные признаки древесного ствола клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной послужили основой для кластерного анализа и построения дендрограммы (рис. 1).

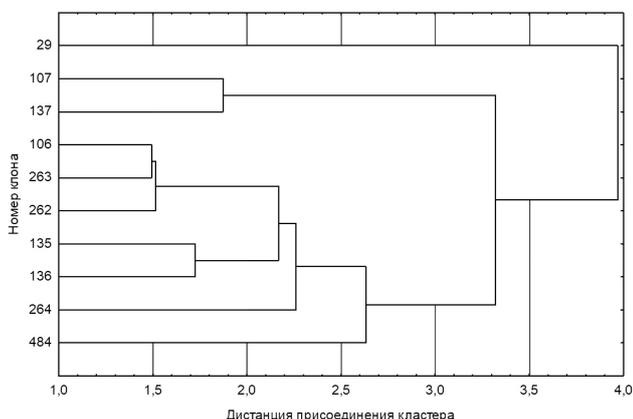


Рисунок 1 – Дендрограмма сходства клонов сосны обыкновенной по морфометрическим признакам стволов

Кластерный анализ разделил совокупность всех клонов на две достаточно отчетливо на-

блюдаемые группы-кластеры, удаленные один от другого в многомерном пространстве оцениваемых признаков; евклидова дистанция между ними достигала от 1,5 до 3,9 масштабных единиц. В первый кластер вошли четыре клона плюсовых деревьев сосны обыкновенной с номерами по паспорту 29, 106, 262 и 263. Второй кластер представлен клонами плюсовых деревьев № 107, 135, 136, 137, 264 и 484. Характер агломерации клонов сосны обыкновенной с указанием евклидова расстояния между ними позволил выявить ряд особенностей их группировки по кластерам (табл. 2). Наиболее близкими величинам евклидова расстояния характеризуются клоны плюсовых деревьев № 106–137 и значениями 0,36–6,33 единицы; № 135 и 136 – 0,1–4,08; № 107 и 262 – 0,43–7,09; № 263, 264 и 484 – 0,48–5,24. Обособленно выделяется клон плюсового дерева № 29 с дистанцией присоединения по отношению к другим клонам 3,97–9,52 единицы масштаба шкалы дендрограммы.

В пределах каждого кластера изучены морфометрические показатели стволов рамет клонов сосны обыкновенной. Значения оцениваемых показателей стволов потомства плюсовых деревьев вида как средние величины из совокупности особей, входящих в кластер, приведены в таблице 3.

Полученные данные по всем анализируемым признакам свидетельствуют о некотором лучшем росте клонов сосны обыкновенной, относящихся к первому кластеру, по сравнению с клонами второго кластера. Более близкими характеризуются показатели диаметра кроны с разницей 0,4 м, прироста осевого побега 0,02 м и высоты ствола 0,6 м. Статистически достоверными являются различия по диаметру ствола 2,86, длине кроны 2,05 и комплексному оценочному показателю 6,76.

Таблица 2 – Матрица дистанций расстояния между кластерами клонов сосны обыкновенной

Номер клона	Евклидово расстояние между клонами									
	29	107	106	135	136	137	263	264	262	484
29	0,00	0,43	0,36	0,01	0,02	0,78	0,47	0,48	0,64	0,57
107	9,52	0,00	6,30	4,19	4,08	1,87	6,04	5,04	7,09	5,24
106	4,93	6,30	0,00	2,64	3,32	5,67	1,49	4,38	1,94	5,43
135	5,68	4,19	2,64	0,00	1,73	3,32	2,17	2,26	3,57	3,46
136	5,99	4,08	3,32	1,73	0,00	3,57	2,45	3,03	3,51	2,89
137	8,20	1,87	5,67	3,32	3,57	0,00	5,20	3,77	6,33	4,20
263	4,11	6,04	1,49	2,17	2,45	5,20	0,00	3,50	1,52	4,21
264	5,44	5,04	4,38	2,26	3,03	3,77	3,50	0,00	4,94	2,63
262	3,97	7,09	1,94	3,57	3,51	6,33	1,52	4,94	0,00	5,29
484	6,07	5,24	5,43	3,46	2,89	4,20	4,21	2,63	5,29	0,00

Таблица 3 – Средние морфометрические показатели стволов рамет клонов сосны обыкновенной по кластерам

Признаки ствола	Номер кластера		Номер рамет по кластерам		Достоверность различий признаков
	1	2	1	2	
Диаметр ствола, см	23,1±0,56	20,9±0,53			2,86**
Высота, м	10,4±0,23	9,8±0,32		107	1,53
Диаметр кроны, м	7,1±0,30	6,7±0,29	29	135	0,95
Длина кроны, м	8,8±0,26	8,1±0,23	106	136	2,05*
Прирост осевого побега, м	0,42±0,02	0,40±0,01	263	264	1,01
Комплексный оценочный показатель	2,55±0,14	2,32±0,12	262	137	
				484	6,76***

Примечание: табличное значение критерия Стьюдента (* – $t_{05} = 1,98$; ** – $t_{01} = 2,62$; *** – $t_{001} = 4,41$).

Нами оценена вариабельность наиболее важных анализируемых признаков стволов по каждому клону с вычислением уравнений регрессии и коэффициентов детерминации. Изменчивость диаметра стволов клонов сосны обыкновенной аппроксимирована уравнением вида $y = 0,1212x^2 - 1,3515x + 27,267$ с низким коэффициентом детерминации – $R^2 = 0,1207$; высоты – $y = 0,0587x^2 - 0,567x + 11,198$, $R^2 = 0,2052$; комплексного оценочного показателя – $y = -0,0182x^2 + 0,2387x + 2,2461$, $R^2 = 0,2281$; прироста осевого побега, выраженного линейным уравнением – $y = -0,023x + 0,4137$, $R^2 = 0,0705$.

Отмечено, что вегетативное потомство плюсовых деревьев сосны обыкновенной не демонстрирует ярко выраженную фенотипическую однородность по всему комплексу оцениваемых признаков. Однако выделено четыре клона (29, 136, 264 и 262), которые характеризуются лучшими размерами диаметра стволов – $22,4±0,31 - 25,5±0,73$ см, высоты – $10,5±0,30 - 11,2±0,16$ м; диаметра кроны – $7,1±0,22 - 7,5±0,45$ м; ее длине – $8,2±0,37 - 10,5±0,27$ м; приростом осевого побега ствола – $0,44±0,02 - 0,45±0,02$ м.

Их количество составляет 40 % от общего числа учтенных клонов. Величина КОП между клонами сосны обыкновенной характеризуется достаточно близкими значениями – $2,55±0,11 - 2,87±0,14$ см/см². Проведенные исследования позволили выделить три группы клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной по анализируемым признакам стволов, представленных 40 раматами в каждом клоне: клоны (29, 264, 263 и 262) с высоким уровнем роста рамет: по диаметру ствола от $22,3±0,46$ до $25,5±0,73$ см, высоте – $10,5±0,30 - 11,2±0,16$ м; клоны (135, 136, 264, 484) со средним уровнем роста рамет: по диаметру ствола от $20,9±0,70$ до $21,3±0,73$ см, высоте – $9,4±0,28 - 10,1±0,18$ м; клоны (107, 137) с замедленным ростом рамет: по диаметру ствола от $19,5±0,42$ до $19,7±0,55$ см,

высоте – $8,8±0,25 - 9,3±0,30$ м. Клоны плюсовых деревьев сосны обыкновенной, размещенные на клоновой плантации, проявили достаточно заметную дифференциацию по основным морфометрическим признакам стволов.

Группировка клонов по ростовым показателям стволов позволяет более наглядно и объективно установить генетическую ценность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по их вегетативному потомству и принять необходимые лесоводственные меры по повышению селекционной эффективности архива клонов вида. В качестве показателя доли генетической составляющей в общей фенотипической изменчивости анализируемых признаков древесного ствола клонов сосны обыкновенной (уровень генетического разнообразия) нами использовался коэффициент наследуемости в узком смысле.

Он определялся по доле аддитивных компонентов генетической дисперсии признака в общей фенотипической изменчивости.

Для определения взаимосвязи ростового потенциала потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной с уровнем генетического разнообразия по основным количественным признакам стволов выполнен расчет значений коэффициентов наследуемости в узком смысле (табл. 4). По результатам выполненных расчетов доля аддитивной генетической дисперсии (межгрупповая дисперсия признака) в фенотипической изменчивости морфометрических признаков стволов (коэффициент наследуемости в узком смысле) находится в диапазоне от $h^2 = 0,065$ до $h^2 = 0,228$. Диаметр и высота стволов клонов сосны обыкновенной характеризуются идентичными значениями коэффициентов наследуемости – $h^2 = 0,176-0,177$. По приросту осевого побега и комплексному оценочному показателю величины коэффициента наследуемости являются достаточно близкими – $h^2 = 0,122$ и $h^2 = 0,146$ соответственно.

Таблица 4 – Оценка уровня генетического разнообразия клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной по количественным признакам стволов

Наименование признаков	F-критическое	Уровень различия между генотипами (p)	Дисперсия признака			Коэффициент наследуемости (h^2)
			остаточная случайная	межгрупповая	общая фенотипическая	
Диаметр, см	2,13*	0,034	534,21	113,41	644,62	0,176
Высота, м	2,14*	0,033	82,96	17,80	100,76	0,177
Средний диаметр кроны, м	2,97**	0,004	84,77	25,15	109,92	0,228
Длина кроны, м	0,69	0,715	132,76	9,18	141,94	0,065
Прирост осевого побега, м	1,39	0,206	0,33	0,05	0,38	0,122
Комплексный оценочный показатель, см/см ²	1,71	0,099	73,60	12,56	86,16	0,146

Примечание: * – F_{05} – стандартное = 2,0; ** – F_{01} – стандартное = 2,6.

Незначительной величиной коэффициента наследуемости выделяется признак длина кроны – $h^2 = 0,065$. По ряду признаков древесного ствола: диаметру – F-критическое = 2,13, высоте – F-критическое = 2,14, среднему диаметру кроны – F-критическое = 2,97 различия между клонами являются достоверными, о чем свидетельствуют величины уровня различий между генотипами – $P < 0,05$ и более высокие значения коэффициентов наследуемости анализируемых признаков.

Существование различий между клонами сосны обыкновенной по анализируемым признакам выявил проведенный однофакторный дисперсионный анализ (табл. 5).

Доля влияния факторов по данным признакам по алгоритму Н. А. Плохинского составила 17,59–22,89 % при уровне НСР₀₅ от 0,89 до 2,15, критерия Тьюки – $D_{05} = 1,50$ –3,61.

По алгоритму Д. У. Снедекора аналогичные показатели несколько ниже – 15,90–17,94 %, при идентичных уровнях НСР и критерия Тьюки.

По другим признакам стволов – длине кроны, приросту осевого побега и комплексному оценочному показателю – различия между клонами сосны обыкновенной в количественных показателях очевидны, однако не являются достоверными.

Таблица 5 – Существенность различий клонов сосны обыкновенной по морфометрическим признакам стволов

Признаки	Критерий Фишера (F_{on})	Доля влияния фактора ($h^2 \pm s_h^2$)						Критерии различий	
		по Н. А. Плохинскому			по Д. У. Снедекору			НСР ₀₅	D_{05}
		h^2	$\pm s_h^2$	F_h^2	h^2	$\pm s_h^2$	F_h^2		
Диаметр, см	2,13*	0,1759	0,0824	2,13	0,1590	0,0840	1,89	2,15	3,61
Высота, м	2,14*	0,1766	0,0823	2,14	0,1129	0,0887	1,27	0,89	1,50
Средний диаметр кроны, м	2,96**	0,2289	0,0771	2,96	0,1794	0,0821	2,19	0,91	1,52
Длина кроны, м	0,69	0,0647	0,0935	0,69	0,0421	0,0957	0,44	1,07	1,80
Прирост осевого побега, м	1,39	0,1220	0,0878	1,39	0,0932	0,0906	1,03	0,06	0,09
Комплексный оценочный показатель, см/см ²	1,71	0,1457	0,0854	1,71	0,1236	0,0876	1,41	0,85	1,34

Примечание: F_{on} – опытное значение критерия Фишера; $F_{05/01}$ – табличное значение критерия Фишера на 5 %-ном и 1 %-ном уровнях значимости (* – $F_{05} = 1,90$; ** – $F_{01} = 2,50$); h^2 и $\pm s_h^2$ – доля и ошибка доли влияния организованного фактора; F_h^2 – критерий Фишера в оценке достоверности доли влияния фактора; НСР₀₅ – наименьшая существенная разность на 5 %-ном уровне значимости; D_{05} – критерий Тьюки на 5 %-ном уровне значимости.

На достоверном уровне установлены различия по диаметру ($F_{on} = 2,13 > F_{st} = 1,90$), высоте ствола ($F_{on} = 2,14 > F_{st} = 1,90$) и среднему диаметру кроны ($F_{on} = 2,96 > F_{st} = 2,50$).

Заключение. Проведенные исследования, направленные на оценку взаимосвязи роста клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной с уровнем генетического разнообразия

по основным количественным признакам стволов, позволили сделать следующие выводы:

1. Клоны сосны обыкновенной плюсовых деревьев вида различаются по комплексу признаков ствола и кроны и уровню их генетического разнообразия, что свидетельствует об их генетической обусловленности.

2. В результате проведенного кластерного анализа по комплексу оцениваемых признаков сформированы две группы клонов – кластеры, характеризующиеся неоднородным генетическим потенциалом роста и развития рамет.

3. Выделены клоны сосны обыкновенной, имеющие статистически значимые показатели по диаметру, высоте стволов, размерам кроны и приросту годичного осевого побега, представляющие собой ценные объекты для успешного решения проблемы селекционного семеноводства. Оцениваемые количественные признаки стволов клонов сосны обыкновенной в ряде случаев характеризуются близкими величинами коэффициентов наследуемости, что подчеркивает их фенотипическую и генотипическую однородность.

4. Отличительные особенности клонов в более лучших показателях коэффициентов наследуемости по диаметру, высоте ствола и среднему диаметру кроны подтверждены достоверным уровнем существенности различий по данным признакам, что указывает на специфику их генотипов. Сходство клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной по параметрам стволов, кроны и уровню наследования этих признаков индивидуально как в разрезе их совокупности на клоновой плантации, так и в отношении отдельных рамет.

5. Перспективным направлением дальнейшего научного исследования является выделение и сохранение ценного генетического фонда сосны обыкновенной, инвентаризация лесосеменных объектов на селекционно-генетической основе. Использование методов SSR-анализа плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов позволит выработать убедительные критерии для более объективной их оценки и высказать компетентное заключение о пригодности для заготовки улучшенных семян.

Список источников

1. Бондаренко А. С. Взаимосвязь сохранности растений с уровнем генетического разнообразия по основным количественным признакам в насаждениях сосны обыкновенной и ели европейской // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2019. № 3. С. 38–50.

2. Бондаренко А. С., Жигунов А. В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2016. 125 с.

3. Ефимов Ю. П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж: Истоки, 2010. 253 с.

4. Ильинов А. А., Раевский Б. В. Сравнительная оценка генетического разнообразия естественных популяций и клоновых плантаций сосны обыкновенной и ели финской в Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2015. Т. 13, № 4. С. 55–67.

5. Лесной план Республики Башкортостан, 2018. 248 с.

6. Роне В. М. Генетический анализ лесных популяций. Москва: Наука, 1980. 160 с.

7. Рост клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации во Владимирской области / Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, А. Н. Горелов, А. В. Михалюк // Труды СПбНИИЛХ. 2022. № 2. С. 18–32.

8. Царев А. П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. Москва: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. 164 с.

9. Шейкина О. В., Романов Е. М. SSR-анализ плюсовых деревьев сосны обыкновенной из Республики Марий Эл // Лесохозяйственная информация. 2023. № 2. С. 91–101. DOI 10/24419/LHI.2304-3083.2023.2.07.

10. Huili W., Shuxue Y., Li G., Hailong L., Wei L. Genetic diversity assessment and fingerprint construction of superior tree populations of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. J. OF GANSU Agric. 2022. Univ. 57 (003), 057. doi: 10.13432/j.cnki.jgsau.2022.03.013.

11. Ivetic V., Devetakovic J., Nonic M., Stankovic D., Sijacic-Nikolic M. Genetic diversity and forest reproductive material – from seed source selection to planting. Iforest-Biogeosciences Forestry. 2016; 9: 801–812. doi: 10.3832/ifer1577-009.

12. Jansson G., Hansen J., Haapanen M., Kvaalen H., Steffenrem A. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland. Scand J Forest Res. 2017; 32: 273–287. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1242770>.

13. Li L., Leijing L., Zhiyong Z., Bo L., Jie R. Construction of SSR fingerprint and genetic diversity analysis of 93 maple germplasm resources. Mol. Plant Breed. 2022; 20 (4): 1250–1263. doi: 10.13271/j.mpb.020.001250.

References

1. Bondarenko A. S. Vzaimosvyaz' sohrannosti rastenij s urovnem geneticheskogo raznoobraziya po osnovnym kolichestvennym priznakam v nasazhdeniyah sosny obyknovennoj i eli evropejskoj // Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva. 2019. № 3. S. 38–50.

2. Bondarenko A. S., Zhigunov A. V. Statisticheskaya obrabotka materialov lesovodstvennyh issledovanij. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo Politekhnicheskogo universiteta, 2016. 125 s.

3. Efimov Yu. P. Semennye plantacii v selekcii i semenovodstve sosny obyknovennoj. Voronezh: Istoki, 2010. 253 s.
4. Il'inov A. A., Raevskij B. V. Sravnitel'naya ocenka geneticheskogo raznoobraziya estestvennyh populacij i klonovyh plantacij sosny obyknovennoj i eli finskoj v Karelii // Trudy KarNC RAN. 2015. T. 13, № 4. S. 55–67.
5. Lesnoj plan Respubliki Bashkortostan, 2018. 248 s.
6. Rone V. M. Geneticheskij analiz lesnyh populacij. Moskva: Nauka, 1980. 160 s.
7. Rost klonov plyusovyh derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennoj plantacii vo Vladimirskoj oblasti / N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, A. N. Gorelov, A. V. Mihalyuk // Trudy SPbNILH. 2022. № 2. S. 18–32.
8. Carev A. P. Programmy lesnoj selekcii v Rossii i za rubezhom: monografiya. Moskva: FGBOU VPO MGUL, 2013. 164 s.
9. Shejkina O. V., Romanov E. M. SSR-analiz plyusovyh derev'ev sosny obyknovennoj iz Respubliki Marij El // Lesohozyajstvennaya informaciya. 2023. № 2. S. 91–101. DOI 10/24419/LHI.2304-3083.2023.2.07.
10. Huili W., Shuxue Y., Li G., Hailong L., Wei L. Genetic diversity assessment and fingerprint construction of superior tree populations of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. J. OF GANSU Agric. 2022. Univ. 57 (003), 057. doi: 10.13432/j.cnki.jgsau.2022.03.013.
11. Ivetic V., Devetakovic J., Nonic M., Stankovic D., Sijacic-Nikolic M. Genetic diversity and forest reproductive material – from seed source selection to planting. Iforest-Biogeosciences Forestry. 2016; 9: 801–812. doi: 10.3832/ifer1577-009.
12. Jansson G., Hansen J., Haapanen M., Kvaalen H., Steffenrem A. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland. Scand J Forest Res. 2017; 32: 273–287. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1242770>.
13. Li L., Lejing L., Zhiyong Z., Bo L., Jie R. Construction of SSR fingerprint and genetic diversity analysis of 93 maple germplasm resources. Mol. Plant Breed. 2022; 20 (4): 1250–1263. doi: 10.13271/j.mpb.020.001250.

Сведения об авторах:

В. Ф. Коновалов , доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-2020-5540>;

Д. А. Рафикова, ассистент, <https://orcid.org/0000-0003-1074-4671>;

Э. Р. Ханова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5399-2232>

ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, Россия, 450001

 vfkonovalov@bk.ru

Original article

RELATIONSHIP OF GROWTH AND THE GENETIC DIVERSITY LEVEL ACCORDING TO QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF TRUNKS OF PLUS PINE TREE CLONES

Vladimir F. Kononov , **Dina A. Rafikova**, **Elvira R. Khanova**

Bashkir SAU, Ufa, Russia

 vfkonovalov@bk.ru

Abstract. *The patterns of growth and the relationship of the growth process with the level of genetic diversity were studied according to the quantitative characteristics of the vegetative offspring of the plus trees of common pine, represented as a part of the clone plantation, created in the Dyurtyulinsky Forestry of the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan on the site with C₂ type of forest growing conditions in 2005. The compliance with the selection and genetic principle of phenotypic assessment of common pine clones, as well as with procedural and methodological requirements for conducting the field stage of the study, was ensured. The statistical evaluation of the growth of the species clones represented by 40 ramets was given. Four clones were separated (29, 136, 264 and 262) characterized by the best sizes of the diameter of trunks: 22.4±0.31 – 25.5±0.73 cm; the height: 10.5±0.30 – 11.2±0.16 m; the diameter of crown: 7.1±0.22 – 7.5±0.45 m; the length of crown: 8.2±0.37 – 10.5±0.27 m; the increment of trunk axial shoots: 0.44±0.02 – 0.45±0.02 m. These characteristics denote the specific character of their genotypes. Their quantity is 40 % of total number of the considered clones. The cluster analysis allowed to separate two accurately isolated clusters with the clones having distinctive features in variability of the analyzed indicators of trunks. Differences between clones in trunk characteristics were confirmed by corresponding regression equations and calculations of coefficients of narrow-sense heritability. The proportion of the influence of factors on the variability and distinctiveness of the growth indicators of the trunks of common pine clones was estimated according to the algorithms of N. A. Plokhinsky and D. U. Snedekor. The best genotypes of the offspring of plus trees of common pine identified in the clone bank are of high value in forest selective seed production.*

Key words: *common pine, plus tree, clone bank, heritability coefficient, trunk diameter, trunk height, crown diameter, crown length, axial shoot increment, dendrogram.*

For citation: Konovalov V. F., Rafikova D. A., Khanova E. R. Relationship of growth and the genetic diversity level according to the quantitative characteristics of trunks of plus pine tree clones. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024; 3(79): 50-58. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_50-58.

Authors:

V. F. Konovalov , Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2020-5540>;

D. A. Rafikova, Assistant, <https://orcid.org/0000-0003-1074-4671>;

E. R. Khanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5399-2232>

Bashkir SAU, 34 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, Russia, 450001

 vfkonovalov@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 26.03.2024; одобрена после рецензирования 16.04.2024;

принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 26.03.2024; approved after reviewing 16.04.2024; accepted for publication 06.09.2024.

Научная статья

УДК 711.4(470.54-25)

DOI 10.48012/1817-5457_2024_3_58-65

ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА ДВОРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РАЙОНА АКАДЕМИЧЕСКИЙ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Лейман Екатерина Олеговна , Аткина Людмила Ивановна

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия

 leymane@t.m.usfeu.ru

Аннотация. Приводится комплексный анализ дворовых пространств Академического района г. Екатеринбурга. Для этого были изучены объекты, имеющие характерные для нового района планировочные структуры дворового пространства, отражающие тенденции современного городского строительства, – жилые комплексы. В качестве основы был взят метод оценки открытых пространств по трем категориям: экологической, функциональной, эстетической. Внутри каждой категории выделено несколько наиболее устойчивых принципов. Для наглядности и точности выводов введена балльная система оценки признаков. Полученные результаты позволяют говорить о том, что наибольшее внимание при оптимизации изученных дворовых пространств нужно уделить категориям экологической устойчивости, паритетности искусственных и природных компонентов, многофункциональности, а также эстетическим принципам формирования пространства. Также был сделан анализ насаждений дворовых пространств. Представленные древесно-кустарниковые виды большинства изученных объектов – растения основного ассортимента. Имеются единичные экземпляры из списка дополнительного и ограниченного ассортимента, введенные для разнообразия композиции и повышения декоративности посадок, и многолетние травянистые красивоцветущие и декоративно-лиственные виды. Из древесно-кустарниковых преобладают следующие виды: кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schldt.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* L.), спирея японская (*Spiraea japonica* L.f.). Все насаждения находятся в хорошем состоянии, но в большинстве, находясь в молодом возрасте, не полностью выполняют свои функции по защите пространства от неблагоприятных факторов среды. Зато уже существенно выделяются на фоне газона, задают форму пространства, цветовые акценты в течение сезона, улучшают эстетическое восприятие.

Ключевые слова: озеленение дворов, тип застройки, жилые комплексы, структура дворового пространства, классификация дворовых пространств, открытые локальные пространства.

Для цитирования: Лейман Е. О., Аткина Л. И. Планировочная структура дворовых пространств района Академический г. Екатеринбурга // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3(79). С. 58-65. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_58-65.