

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2025. № 4 (81). С. 90–99.
Buryat Agrarian Journal. 2025;4(81):90–99.

Научная статья

УДК 582.475.4: 630*232.13

doi: 10.34655/bgsha.2025.81.4.011

Промежуточный результат оценки метода ранней диагностики при создании плантации сосны второго поколения

Надежда Александровна Демина¹, Даньял Ханбалович Файзулин²

^{1,2}Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

¹monitoringlesov@sevniilh-arh.ru

Аннотация. Лесосеменная плантация – это место, где выращиваются семена повышенной селекционной категории. Для получения урожая генетически улучшенных семян на постоянной основе необходима организация постоянной лесосеменной базы, а для получения урожая сортовых семян необходима многосторонняя оценка потомства клонов плюсовых деревьев. Растянутый срок испытания потомства в культурах – одна из важнейших проблем современной селекции. Поэтому в настоящее время вопрос поиска методов ранней диагностики, позволяющих достоверно оценить наследственные свойства потомства плюсовых деревьев в короткие сроки, является актуальным. С целью ускоренного выращивания насаждений был рекомендован метод ранней диагностики на основе расщепления всходов по количеству семядолей, который также мог использоваться в целях диагностики быстрорастущих клонов для создания плантаций. Целью исследования является уточнение ранее сделанных выводов о возможности применения метода ранней диагностики при создании лесосеменных плантаций второго порядка. На основе изучения испытательных культур 1983 года, созданных потомством сибсов и полусибсов, при применении многомерного анализа выделены кластеры наиболее перспективных клонов для дальнейшей селекционной работы. Проведено сравнение их с клонами, отнесенными на начальной стадии развития к группе с преобладанием многосемядольной линии. В 31-летнем возрасте испытательных культур установлена связь (от умеренной до значительной) между клонами с преобладанием многосемядольной линии и интенсивностью их роста, что допускает использование метода ранней диагностики при создании новых селекционных объектов. Изучение испытательных культур на новом этапе онтогенеза подтвердило выдвинутую ранее гипотезу о влиянии количества семядолей на дальнейший рост и развитие деревьев при свободном опылении. В данной статье представлены промежуточные результаты оценки метода ранней диагностики.

Ключевые слова: испытательные культуры, количество семядолей, сосна, кластер, коэффициент корреляции.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 122020300231-2.

The intermediate result of the evaluation of the early diagnosis method while creating a second-generation pine plantation

Nadezhda A. Demina¹, Danyal Kh. Fayzulin

^{1,2} Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

¹monitoringlesov@sevniih-arh.ru

Abstract. A forest seed plantation is a place where seeds of an advanced breeding category are produced. To obtain a crop of genetically improved seeds on an ongoing basis, it is necessary to organize a permanent forest seed base, and to obtain a crop of varietal seeds, a complex assessment of the progeny of clones of superior trees is necessary. The extended period of testing of progeny in crops is one of the most important problems of modern breeding. Therefore, nowadays the issue of searching for early diagnostic methods that can reliably assess the hereditary properties of the progeny of superior trees in a short time is relevant. In order to accelerate the cultivation of plantings, a diagnostic method based on splitting seedlings by the number of cotyledons was recommended, which could also be used to diagnose fast-growing clones for plantations creating. The aim of the study is to clarify earlier outcomes on the possibility of using the early diagnosis method in the creation of second-order seed plantations. Based on the 1983 year study of the test crops created by the progeny of siblings and half-siblings, clusters of the most promising clones for further breeding work were identified using multidimensional analysis. They were compared with clones attributed at the initial stage of development to the group with a predominance of the polycotyledons lineage. At the age of 31 years old of the test crops, a relationship was identified (from moderate to significant) between clones with prevailed polycotyledons lineage and intensity of their growth rate, which allows the use of an early diagnostic method when creating new breeds. The study of test crops at a new stage of ontogenesis confirmed the previously proposed hypothesis about the influence of the number of cotyledons on the further growth and development of trees with open pollination. The article deals with the intermediate results of the evaluation of the early diagnosis method.

Keywords: test crops, number of cotyledons, pine, cluster, correlation coefficient

Acknowledgments. The work was conducted within the framework of the state assignment for FBI Northern Research Institute of Forestry for conducting applied scientific research. The registration number of the item is 122020300231-2.

Введение. Лес как один из компонентов природной среды постоянно испытывает отрицательное влияние деятельности человека. Применение неизвестных по наследственным качествам семян при лесовосстановлении может причинить лесному хозяйству значительный ущерб. Недостаток семян с улучшенными наследственными свойствами является препятствием для восстановления высокопродуктивных лесных насаждений. Одним из первых шагов на пути к улучшению качества лесов является создание лесосеменных плантаций на основе вегетативного или семенного потомства плюсовых деревьев. Основной целью создания лесосеменных плантаций является получение обильного урожая генетически улуч-

шенных семян на постоянной основе. Дальнейший отбор деревьев, проводимый по результатам комплексной оценки, включающей общую, специфическую комбинационную и репродуктивную особенности клонов, способствует созданию плантаций второго порядка, где селекционная категория получаемых семян – сортовые. Сдерживание работ по созданию лесосеменных плантаций второго порядка заключается в необходимости организации испытания потомства клонов плюсовых деревьев в испытательных культурах на протяжении длительного периода времени. В таежной зоне приступить к закладке лесосеменной плантации второго порядка сосны обыкновенной возможно не ранее чем через 40 лет после начала зак-

ладки плантации первого поколения [1, 2]. Поэтому, ускорение лесной селекции в современных условиях интенсификации лесного хозяйства, в том числе с поиском методов ранней диагностики, позволяющих достоверно оценить наследственные свойства потомства плюсовых деревьев в более короткие сроки, является актуальным [3].

Для ранней диагностики наследственных свойств деревьев дают обнадеживающие результаты и предлагаются к использованию различные диагностические признаки: высота деревьев в 6-10-летнем возрасте [4, 5] строение коры, характер ветвления [6], тип мутовчатости, треххвойность [7, 8] и т.д. В начале 70-х годов прошлого столетия сотрудниками АИЛиЛХ (ныне ФБУ «СевНИИЛХ») был разработан метод ранней диагностики на основе расщепления всходов по количеству семядолей, а также установлена связь признака с дальнейшим ростом растений. Этот метод ранней диагностики отличается доступностью, объективностью и высокой производительностью. Анализ научной литературы показывает, что имеются данные о перспективности признака по количеству семядолей [9, 10, 11], а также представлена информация о его низкой эффективности [7, 12]. Метод ранней диагностики был рекомендован как основа принципа по созданию плантаций сосны второго поколения. Для познания взаимосвязи селектируемых и сигнальных признаков были выполнены опыты по гибридизации клонов сосны, заложены испытательные культуры потомством сибсов и полусибсов.

Цель исследования – уточнение ранее сделанных выводов о возможности применения метода ранней диагностики при создании лесосеменных плантаций второго порядка.

Объект и методы исследования. Испытательные культуры сосны 1983 г. (3,9 га) заложены 2-летним потомством клонов от свободного опыления и контролируемого скрещивания двух репродукций в Устюженском лесхозе Вологодской области на вырубке из-под сосняка брус-

ничного. Лесокультурная площадь была предварительно раскорчевана и спланирована. Посадку осуществляли вручную под меч Колесова с расстоянием между рядами 2,5 м и в ряду 1,0 м. В качестве исходных при контролируемом скрещивании подбирались клоны, производящие в условиях свободного опыления разную долю быстрорастущих особей с 6-8 семядолями. Всего на лесокультурную площадь было высажено 11906 шт. двухлетних сеянцев сосны.

В статье представлены данные, полученные в 31-летних испытательных культурах сосны, и дано сравнение с результатами, полученными для 16-летнего потомства и более раннего возраста [13, 14]. Сохранившиеся архивные материалы, представляющие собой информацию по динамическим наблюдениям за сохранностью, высотой, диаметром, объемом ствола, а также вновь полученные данные, позволяют провести анализ результатов и подвести промежуточные итоги многолетнего наблюдения. Изучение особенностей роста и развития сосны в испытательных культурах позволит судить о силе взаимосвязи количества семядолей с хозяйственно ценными признаками на новом этапе развития потомства клонов.

У всех деревьев в каждом варианте измеряли диаметр на высоте груди. Высоту оценивали при помощи оптического высотомера у 30-60 экземпляров, распределенных пропорционально представленности деревьев по ступеням толщины, при небольшом количестве на варианте растения измеряли в полном объеме. Математическая обработка данных проводилась в соответствии с общепринятыми в лесном хозяйстве методиками с использованием редактора *Microsoft Office Excel*. Для проведения многомерного кластерного анализа, который успешно был применен в подобных работах [15, 16], использован пакет STATISTICA 6.0. Перед проведением кластеризации было выполнено усреднение взятых для анализа данных, полученных для 16- и 31-летнего потомства, и осуществлена стандартизация данных. Кластерный анализ проведен

с использованием метода k-средних и числом кластеров, равным двум. Полученные результаты сопоставляли с данными по расщеплению у всходов по количеству семядолей, делали выводы о наличии корреляционной связи между селективируемыми (высота, диаметр, объем) и косвенными (количество семядолей) признаками.

Результаты исследований. Потомство клонов плюсовых деревьев сосны в зависимости от расщепления всходов по количеству семядолей от свободного опыления и контролируемого скрещивания относили к 2 категориям с целью вы-

явления наиболее перспективных групп клонов. К 1-й категории относили потомства с неудовлетворительными наследственными свойствами, т.е. с преобладанием малосемядольной группы, ко 2-й категории – с хорошими наследственными свойствами, с преобладанием многосемядольной группы. По признаку расщепления по семядолям при свободном опылении с преобладанием многосемядольной группы являлись клоны 2, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 20а, доля 6-8-семядольных растений оказалась в пределах 50,1-81% (табл. 1).

Таблица 1 – Группировка потомства клонов сосны по количеству семядолей у всходов при свободном опылении

Категория	Номера клона	Доля растений (%), с 6-8 семядолями в пределах
С преобладанием малосемядольной группы	1, 3, 4, 7, 8, 15, 16	37,3–49,4
С преобладанием многосемядольной группы	2, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 20а	50,1–81,0

Характер связи роста культур, созданных с преобладанием 6-8-семядольных растений в возрасте 1, 3 лет был значительный и высокий [13]. Коэффициент корреляции между многосемядольной группой и высотой в 1 год роста культур составил $0,701 \pm 0,111$ при $t = 6,3$, а по диаметру – $0,625 \pm 0,132$ при $t=4,7$. В 3-летнем возрасте коэффициент корреляции по высоте был $0,749 \pm 0,096$ при $t = 7,8$, по диаметру – $0,597 \pm 0,132$ при $t=4,3$. Это говорит о повышенном темпе роста потомства клонов сосны в первые годы произрастания в культурах, всходы

которых относились ко многосемядольной линии.

Сохранность 31-летнего потомства клонов сосны от свободного опыления в испытательных культурах составила от 33,3 до 67,9%. Для формирования перспективных групп потомств клонов в 16- и 31-летнем возрасте, произрастающих в испытательных культурах, был проведен кластерный анализ по параметрам: высота, диаметр, объем. В таблице 2 показан анализ межгрупповой и внутригрупповой дисперсии признаков для 16- и 31-летнего потомства клонов.

Таблица 2 – Анализ межгрупповой и внутригрупповой дисперсии признаков для клонов, полученных при свободном опылении

Показатель	Between	df	Within	df	F	p
16-летнее потомство ($F'=3,53$)						
Высота	0,012808	1	0,005452	19	44,63482	0,000002
Диаметр	0,005547	1	0,002196	19	47,98674	0,000001
Объем	0,001497	1	0,000729	19	39,00363	0,000005
31-летнее потомство ($F'=8,68$)						
Высота	0,011101	1	0,003719	19	56,70677	0,000000
Диаметр	0,008834	1	0,003159	19	53,13229	0,000001
Объем	0,000129	1	0,000027	19	91,28767	0,000000

На разных возрастных этапах онтогенеза значения внутригрупповой дисперсии малы, а значения межгрупповой дисперсии выше, что говорит о достаточно качественной кластеризации. Вероятность ошибки при принятии гипотезы о неравенстве дисперсий (p) < 0,05.

Распределение потомств клонов (табл. 3) для 16-летнего возраста, полученное при свободном опылении на 2 кластера, показало, что в 1-м кластере выделены потомства клонов наименее перспективные: с наименьшим значением

высоты, диаметра, объема ствола. Наиболее перспективные по продуктивности (объему древесины) клоны находятся во 2-м кластере. Среднее значение по объему ствола составило $0,023 \pm 0,001 \text{ м}^3$. Различия между кластерами статистически значимы $t = 2,8-4,0$ при $t_{st} = 2,08$. В 31-летнем возрасте также 2-й кластер показал наиболее высокий показатель высоты, различие между кластерами достоверно ($t = 2,43$ при $t_{st} = 2,08$). По диаметру и объему ствола различий с 1-м кластером нет.

Таблица 3 – Распределение потомств клонов, полученных при свободном опылении на кластеры и их средние значения по продуктивности в разном возрасте

№ кластера	Номер клона	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, м^3
16-летнее потомство				
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	$5,5 \pm 0,09$	$8,3 \pm 0,16$	$0,019 \pm 0,001$
2	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 20а	$5,9 \pm 0,10$	$9,1 \pm 0,11$	$0,023 \pm 0,001$
31-летнее потомство				
1	13, 14, 15	$14,6 \pm 0,16$	$16,8 \pm 0,46$	$0,155 \pm 0,010$
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 20а	$15,3 \pm 0,24$	$16,5 \pm 0,26$	$0,158 \pm 0,007$

Кластерный анализ показал, что в 31-летнем возрасте перспективными по высоте оказались 18 клонов: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 20а. В 16-летнем возрасте набор клонов частично отличается от 31-летних. Некоторые клоны с возрастом меняют свою позицию, которая может быть связана с индивидуальной генетической особенностью и разной реакцией на изменение условий внешней среды.

Прослеживается взаимосвязь между методом ранней диагностики по признаку расщепления семядолей в ювенильной стадии развития растений и ростом насаждений в 31 год. Так, из 14 потомств

клонов, которые были выделены в категорию с хорошими наследственными свойствами (с преобладанием 6-8-семядолей), 12 вариантов вошли в категорию лучших клонов по селектируемым признакам (высоте). Это клоны под номерами 2, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 20а. Также при расчете коэффициента корреляции установлена зависимость высоты, диаметра, объема ствола разных клонов от их генетических задатков (расщепления по количеству семядолей). Коэффициент корреляции показывает значительную связь в 16- и 31-летнем возрасте по всем параметрам. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между высотой, диаметром, объемом ствола испытательных культур сосны в разном возрасте и долей 6-8-семядольных растений при свободном опылении ($t_{st} = 2,02$)

Возраст культур после посадки, лет	Коэффициент корреляции					
	высота		диаметр		объем	
	$r \pm m_r$	t	$r \pm m_r$	t	$r \pm m_r$	t
16	$0,67 \pm 0,120$	5,6	$0,64 \pm 0,128$	5,0	$0,67 \pm 0,12$	5,7
31	$0,55 \pm 0,152$	3,6	$0,49 \pm 0,165$	3,0	$0,52 \pm 0,16$	3,3

При изучении потомств клонов в испытательных культурах сосны, полученных при свободном опылении, результаты доказывают ранее сделанные выводы о возможности применения метода ранней диагностики для формирования новых

селекционных объектов.

При контролируемом скрещивании по признаку расщепления всходов по семядолям наилучшими следует считать клоны 1, 2, 3, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20 (табл. 5).

Таблица 5 – Группировка потомства клонов сосны по количеству семядолей у всходов при контролируемом скрещивании

Категория	Номер клона	Доля растений (%), с 6-8 семядолями в пределах
С преобладанием малосемядольной группы	8,10,17	44,4-49,7
С преобладанием многосемядольной группы	1, 2, 3, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20	51,0-86,3

Количество всходов с большей долей 6-8-семядольных растений оказалось в пределах 51,0-86,3%. Характер связи высоты культур, созданных с преобладанием 6-8-семядольных растений, в возрасте 1, 3 лет был значительный [13]. Так, коэффициент корреляции в первый год после посадки культур составил $0,516 \pm 0,078$ при $t = 6,6$, а в 3 года – $0,626 \pm 0,064$ при $t = 9,8$, что говорит о повышенном темпе развития потомства клонов сосны в первые годы роста в культурах, всходы которых относились к многосемядольной линии.

Сохранность 31-летнего потомства клонов сосны от контролируемого скре-

щивания в испытательных культурах составила от 55,1 до 78,3%. В таблице 6 показан анализ межгрупповой и внутригрупповой дисперсии признаков для 16- и 31-летнего потомства клонов, полученных при контролируемом скрещивании. Для 16-летнего потомства клонов по показателю объем ствола вероятность ошибки более 0,05, что означает, что наблюдаемые различия между группами могут быть случайными, нет оснований полагать, что эти различия реальны. Анализ для 31-летнего потомства клонов говорит о достаточно качественной кластеризации. Вероятность ошибки при принятии гипотезы о неравенстве дисперсий (p) < 0,05.

Таблица 6 – Анализ межгрупповой и внутригрупповой дисперсии признаков для потомства при контролируемом скрещивании

Показатель	Between	df	Within	df	F	p
16-летнее потомство ($F'=19,41$)						
Высота	0,017697	1	0,005594	12	37,96186	0,000049
Диаметр	0,017470	1	0,005190	12	40,39262	0,000036
Объем	0,000001	1	0,000014	12	0,63301	0,441707
31-летнее потомство ($F'=4,72$)						
Высота	0,012808	1	0,005452	19	44,63482	0,000002
Диаметр	0,005547	1	0,002196	19	47,98674	0,000001
Объем	0,001497	1	0,000729	19	39,00363	0,000005

Распределение потомств клонов 16-летнего возраста (табл. 7), полученных при контролируемом скрещивании на 2 кластера показало, что 1-й кластер отличается от 2-го только повышенным диаметром ($t = 8,6$ при $t_{st} = 2,2$). Объем ствола в 1-м кластере $0,025 \pm 0,003 \text{ м}^3$, во 2-м

кластере – $0,021 \pm 0,001 \text{ м}^3$, различия статистически не значимы. В 31-летнем возрасте кластер 2 выступает в качестве лидера по показателям диаметра и объема ствола ($t = 2,8; 4,1$ при $t_{st} = 2,2$). Объем ствола равен $0,126 \pm 0,004 \text{ м}^3$.

Таблица 7 – Распределение потомств клонов, полученных при контролируемом скрещивании на кластеры, и их средние значения по продуктивности в разном возрасте

№ кластера	Номер клона	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, м ³
16-летнее потомство				
1	19,20	6,4±0,05	9,5±0,05	0,025±0,003
2	1,2,3,8,9,10,11,13,14,15,16,17	6,4±0,11	8,3±0,13	0,021±0,001
31-летнее потомство				
1	2,11,13,14,16	14,8±0,08	14,3±0,14	0,112±0,003
2	1,3,8,9,10,15,17,19,20	14,5±0,23	15,2±0,17	0,126±0,004

В 31-летнем возрасте испытательных культур перспективными можно считать клоны под номерами 1, 3, 8, 9, 10, 15, 17, 19, 20. Среди 11 потомств клонов, которые были выделены в категорию с хорошими наследственными свойствами (с преобладанием 6-8 семядолей) 6 вариантов (практически половина) вошли в категорию лучших клонов по селективируемым признакам в возрасте культур 31 год.

Это клоны под номерами 1, 3, 9, 15, 17, 19.

Коэффициент корреляции (табл. 8) в 16 лет показывает взаимосвязь между методом ранней диагностики по признаку расщепления семядолей в ювенильной стадии развития растений со всеми показателями роста и продуктивности. В 31-летнем возрасте культур умеренная связь проявляется только по высоте, а по остальным показателям слабая и отсутствует.

Таблица 8 – Коэффициенты корреляции между высотой, диаметром, объемом испытательных культур сосны в разном возрасте и долей 6-8-семядольных растений при контролируемом скрещивании ($t_{st}=2,06$)

Возраст культур после посадки, лет	Коэффициент корреляции					
	высота		диаметр		объем	
	$r \pm m_r$	t	$r \pm m_r$	t	$r \pm m_r$	t
16	0,54 ±0,19	2,81	0,69 ±0,14	4,90	0,67 ±0,15	4,61
31	0,50 ±0,20	2,50	-0,31 ±0,24	1,30	-0,09 ±0,27	0,35

В данном случае при изучении потомств клонов в испытательных культурах сосны, полученных при контролируемом скрещивании (искусственном подборе родительских пар), результаты частично доказывают ранее сделанные выводы о связи 6-8-семядольных растений с дальнейшим ростом и развитием деревьев.

Заключение. Для отбора лучших вариантов потомства клонов применен современный метод многомерного статистического анализа (кластерный анализ потомств клонов по основным селективным признакам). Данный анализ позволяет комплексно охарактеризовать основные биометрические параметры клонов и выделить кластеры. По результатам

кластеризации имеющихся вариантов выделены лучшие потомства клонов, полученные при свободном опылении и контролируемом скрещивании. При свободном опылении лучшими показателями обладают потомства клонов 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 20а, при контролируемом скрещивании – 1, 3, 8, 9, 10, 15, 17, 19, 20. Данные клоны можно рассматривать как наиболее продуктивные, они могут быть рекомендованы для создания лесосеменной плантации второго порядка, но при условии их генетической оценки, включающей общую, специфическую, репродуктивную способность. Выявление закономерностей наследования хозяйственно ценных признаков и

свойств в насаждениях, а также разработка методов ранней диагностики, относятся к числу важнейших задач современной селекции лесных пород. Изучение испытательных культур на новом этапе онтогенеза подтвердило выдвинутую ранее гипотезу о влиянии количества семядолей на дальнейший рост и развитие деревьев при свободном опылении. Преобладание 6-8-семядольной линии на начальном этапе развития растений в будущем положительно сказывается на ростовых параметрах деревьев. Потомства клонов плюсовых деревьев в испытательных куль-

турах сосны, полученных при контролируемом скрещивании, требуют дальнейших наблюдений за изменениями степени тесноты связи. Также стоит учесть, что представлены предварительные результаты оценки испытательных культур, окончательная оценка должна быть проведена в 1/2 возраста рубки насаждений. Дальнейшее изучение методов ранней диагностики может внести большой вклад в развитие лесного семеноводства, направленного на массовое производство улучшенных и сортовых семян.

Список источников

1. Современное состояние лесной селекции в Российской Федерации: тренд последних десятилетий / А.П. Царев, Н.В. Лаур, В.А. Царев, Р.П. Царева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 6. С. 38–55. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-38-55. EDN: JAUUAS
2. Раевский Б.В., Щурова М.Л. Методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях // Сибирский лесной журнал. 2016. № 5. С. 91–98. DOI: 10.15372/SJFS20160509. EDN: XCRXKJ
3. Ускорение лесной селекции как метод интенсификации лесного хозяйства России / О.В. Паркина, Р.А. Третьякова, В.В. Тараканов [и др.] // Наука и технологии Сибири. 2024. № 2 (13). С. 80-87. EDN: OPYKQB
4. Мерзленко М.Д., Брынцев В.А., Коженкова А.А. Ранняя диагностика лесоводственного эффекта деревьев в лесных культурах сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 42, № 3. С. 51-55. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-3-51-55. EDN: ZHOXBZ
5. Иозус А.П., Завьялов А.А., Крючков С.Н. Оценка отобранного генофонда *Pinus sylvestris* L. по росту полусибсов // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 81-87. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.012.81-87. EDN: GTVJXX
6. Ларина Ю.А., Ильинчик П.В., Блинцов А.И. Оценка состояния деревьев ели с разными фенотипическими признаками в насаждениях с нарушенной устойчивостью // Наука – инновационному развитию лесного хозяйства : материалы международной научно-практической конференции, Гомель, 11–13 ноября 2015 года / ответственный редактор А.И. Ковалевич. Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2015. С. 243-245. EDN: YZRPNR
7. Мордась А.А., Раевский Б.В., Данилова Е.В. Изменчивость и взаимосвязь морфологических признаков и биометрических показателей сеянцев сосны обыкновенной // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2006. № 6. С. 26-33. EDN: JKGTYL
8. Беляев В.В. Эффективность отбора посадочного материала хвойных пород по прямому и косвенным признакам при создании лесных культур // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 1999. № 6. С. 41-48. EDN: GFUONU
9. Castoldi E., Molina J.A. Effect of seed mass and number of cotyledons on seed germination after heat treatment in *Pinus sylvestris* L. var. *iberica* Svob // Forest Systems December. 2014;23(3):483-489. DOI: 10.5424/fs/2014233-05480
10. Dyshko V., Ustskiy I., Borowik P., Oszako T. Opportunities for the Early Diagnosis and Selection of Scots Pine with Potential Resistance to Root and Butt Rot Disease // Forests. 2024. 15. 1789. DOI: 10.3390/f15101789. EDN: GFJIMH
11. Борчакова М.С., Братилова Н.П. Особенности роста сосны кедровой сибирской 38-летнего возраста в вариантах с разным числом семядолей у всходов // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2018. Т. 21. С. 43-45. EDN: YOCCRN
12. Видякин А.И. Межсемейная изменчивость количества семядолей у сосны обыкновенной в связи с селекцией на быстроту роста // Аграрный вестник Урала. 2010. № 9 (75). С. 115-117. EDN: MVMXDX
13. Файзулин Д.Х., Сеньков А.О., Демина Н.А. Влияние родительских форм на рост и развитие гибридного потомства сосны // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. Выпуск 18. Архангельск: Сафу, 2018. С.19-21.
14. Файзулин Д.Х., Сеньков А.О. Рост потомства клонов сосны обыкновенной, полученного при свободном опылении // Наука – лесному хозяйству Севера : сборник научных трудов ФБУ «Северный

научно-исследовательский институт лесного хозяйства» / ответственный редактор Н.А. Демидова. Архангельск, 2019. С. 68-77. EDN YYICNF

15. 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. DOI: 10.48012/1817-5457_2024_3_50-58. EDN: AZKOZS

16. Шейкина О.В., Гладков Ю.Ф. Оценка селекционного потенциала клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 93 (09). <https://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/41.pdf> (дата обращения 10.09.2025)

References

1. Tsarev A.P., Laur N.V., Tsarev V.A., Tsareva R.P. The current state of forest breeding in the Russian Federation: a trend of recent decades. *Russian forestry journal*. 2021;6:38-55 (In Russ.). DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-38-55

2. Rayevsky B.V., Shchurova M.L. The method for breeding and genetic assessment of Scotch pine clones at forest seed orchards. *Siberian Forest Journal*. 2016;5:91-98 (In Russ.). DOI: 10.15372/SJFS20160509

3. Parkina O.V., Tretyakova R.A., Tarakanov V.V. [et al.]. Acceleration of forest breeding as a method of intensification of Russian forestry. *Science and Technology of Siberia*. 2024;2(13):80-87 (In Russ.)

4. Merzlenko M.D., Bryntsev V.A., Kozhenkova A.A. Early diagnosis of the forestry effect of trees in Scots pine forest cultures. *Conifers of the boreal zone*. 2024;Vol.42, No3:51-55 (In Russ.). DOI: 10.53374/1993-0135-2024-3-51-55

5. Iozus A.P., Zavyalov A.A., Kryuchkov S.N. Evaluation of the *Pinus sylvestris* L. selected gene pool by the semi-sibs growth. *Scientific Agronomy journal*. 2022;4(119):81-87 (In Russ.). DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.012.81-87

6. Larinina Yu.A., Ilinchik P.V., Blintsov A.I. Assessment of the condition of spruce trees with different phenotypic traits in plantations with impaired stability // Science for innovative development of forestry : Proc. of the Int. Sci. and Pract. Conf., Gomel, November 11-13, 2015. Resp. Ed. A. I. Kovalevich. Gomel: Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, 2015. Pp. 243-245 (In Russ.)

7. Mordas A.A., Rayevsky B.V., Danilova E.V. Variability and interrelation of morphological features and biometric indicators of Scots pine seedlings. *Bulletin of the Moscow State University of Forests. Forest bulletin*. 2006;6:26-33 (In Russ.)

8. Belyaev V.V. The effectiveness of the selection of coniferous planting material by direct and indirect criteria in the creation of forest crops. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Lesnoy zhurnal*. 1999;6:41-48 (In Russ.)

9. Castoldi E., Molina J.A. Effect of seed mass and number of cotyledons on seed germination after heat treatment in *Pinus sylvestris* L. var. *iberica* Svob. *Forest Systems*. December. 2014. 23(3):483-489. DOI: 10.5424/fs/2014233-05480

10. Dyshko V., Ustskiy I., Borowik P., Oszako T. Opportunities for the Early Diagnosis and Selection of Scots Pine with Potential Resistance to Root and Butt Rot Disease. *Forests*. 2024;15:1789. DOI: 10.3390/f15101789

11. Borchakova M.S., Bratilova N.P. Features of the growth of Siberian cedar pine of 38 years of age in variants with different numbers of cotyledons in seedlings. *Fruit growing, seed production, introduction of woody plants*. 2018;21:43-45 (In Russ.)

12. Vidyakin A.I. Interfamily variability of the number of cotyledons in the common pine in connection with breeding for rapid growth. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010;9(75):115-117 (In Russ.)

13. Fayzulin D.H., Senkov A.O., Demina N.A. The influence of parental forms on the growth and development of hybrid pine offspring. *Environmental problems of the Arctic and northern territories*. Issue 18. Arkhangelsk: Narfu, 2018. Pp.19-21 (In Russ.)

14. Fayzulin D.H., Senkov A.O. The growth of offspring of clones of Scots pine obtained by free pollination. *Science for Forestry of the North* : Coll. of Sci. papers of the Northern Scientific Research Institute of Forestry. Resp. Ed. N.A. Demidova. Arkhangelsk, 2019. Pp. 68-77 (In Russ.)

15. Konovalov V.F., Rafikova D.A., Khanova E.R. The relationship of growth with the level of genetic diversity according to the quantitative characteristics of trunks of clones of scots pine trees. *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024;3(79):50-58. DOI: 10.48012/1817-5457_2024_3_50-58.

16. Sheikina O.V., Gladkov Yu.F. Evaluation of the breeding potential of clones of plus-sized pine trees. *KubGAU Scientific Journal*. 2013;93(09): <https://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/41.pdf> (accessed 09/10/2025)

Информация об авторах

Надежда Александровна Демина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, monitoringlesov@sevniilh-arh.ru;

Даньял Ханбалович Файзулин – младший научный сотрудник, Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства.

Information about the authors

Nadezhda A. Demina – Cand of Science (Agriculture), Senior Research Associate, Northern Research Institute of Forestry, monitoringlesov@sevniilh-arh.ru;

Danyal Kh. Fayzulin – Junior Researcher, Northern Research Institute of Forestry.

Статья поступила в редакцию 11.09.2025; одобрена после рецензирования 07.10.2025; принята к публикации 14.10.2025.

The article was submitted on 11.09.2025; approved after reviewing on 07.10.2025; accepted for publication on 14.10.2025.