

Оценка отобранного генофонда *Pinus sylvestris* L. по росту полусибсов

Александр Петрович Иозус^{✉1}, ttp@kti.ru, к.с.-х.н., доцент, кафедра ТТИ;
Александр Александрович Завьялов¹, заведующий лабораторией кафедры ТТИ;
Сергей Николаевич Крючков², д.с.-х.н., г.н.с., ORCID 0000-0001-8338-6460 –

¹Камышинский технологический институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», ttp@kti.ru, 403874, ул. Ленина, 6А, г. Камышин, Россия

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), info@vfan.ru, 400062, пр. Университетский, 97, Волгоград, Россия

В Волгоградской области устойчивость, производительность и сохранность сосновых насаждений остается невысокой. Территория области относится к зоне сухой степи Нижнего Поволжья и располагается вне ареала естественного распространения этой породы. Основным направлением повышения устойчивости и производительности насаждений является полный перевод семеноводства сосны на селекционно-генетическую основу. Основной задачей исследования является выделение в тяжелых почвенно-климатических условиях региона комплекса наиболее эффективных приемов и методов оценки плюсовых деревьев по потомству. Впервые в сухой степи было применено разделение полусибсового потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на группы по успешности роста в высоту. Исследования проводились на базе ранее созданного в регионе комплекса лесосеменных плантаций и позволили выделить наиболее эффективные селекционные приемы и особенности. Выделение среди полусибсов разных групп по успешности роста позволило определить возраст, в котором в условиях сухой степи происходит стабилизация рангов полусибсовых семей, позволяющая оценивать генетические свойства плюсовых деревьев по семенному потомству, он составил 6-10 лет. Для повышения эффективности селекционных мероприятий и биоразнообразия, необходимо вводить в селекционные программы региона отобранный и проверенный генофонд прилегающих к Волгоградской области естественных популяций сосны, в соответствии с требованиями лесосеменного районирования.

Ключевые слова: сосна, плюсовые деревья, селекция, наследуемость, генетическая изменчивость, полусибсы.

Работа выполнена в рамках тематического плана госбюджетных НИР кафедры ТТИ (Камышинский технологический институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»). Код темы по ГРНТИ 68.47.00. «Особенности технологии выращивания селекционного посадочного материала, предназначенного для создания защитных насаждений в сухой степи Нижнего Поволжья».

Поступила в редакцию: 28.10.2022

Принята к печати: 09.12.2022

Волгоградская область выбрана местом реализации пилотного проекта по защитному лесоразведению. Планируется значительно увеличить площадь существующих в регионе защитных лесных насаждений и довести общую лесистость до 5,1 % [12]. Значительная роль отводится в проекте сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Новые насаждения должны создаваться только на селекционно-генетической основе, с учетом достижений селекционной науки и практики в регионе и требований лесосеменного районирования [8,11,13].

В середине 60-х годов прошлого столетия на территории нынешней России начали создавать селекционные семенные плантации сосны обыкновенной. Лесоводами разных поколений проводилась большая работа по отбору плюсовых деревьев и оценке их по потомству. К настоящему времени удалось создать свыше 10 тыс. га лесосеменных плантаций и занести их в постоянную

лесосеменную базу. Однако полностью перевести семеноводство сосны, да и других пород, на селекционно-генетическую основу ученым и практикам не удалось. И только немногим более 10-15 % от общей потребности в семенах в России составляют семена с лесосеменных плантаций. Швеция и Финляндия, на 20 лет раньше начавшие селекционную работу, полностью обеспечивают потребности в семенах с лесосеменных плантаций [2,10].

Тем не менее лесоводы России за пятидесятилетний период также накопили значительный научный и производственный опыт, выделили основные направления работ по плантационному семеноводству и реализовали их. Если за рубежом значительная доля в создании плантаций приходится на *in vitro* и другие подобные технологии, в России для размножения выделенных плюсовых деревьев используют семенной (семейственный) с получением сибсов и полусибсов и вегетативный методы [2,10]. Опыт создания селекционных

семенных плантаций в условиях сухой степи Нижнего Поволжья и уже существующие объекты из клоновых, семейственных и популяционных плантаций позволили провести дальнейшие селекционные исследования [3,4].

Цель исследования – дать оценку наследуемости скорости роста в высоту генофонда, отобранного для создания плантаций. Определить коэффициент наследуемости селекционного материала H^2 в широком смысле, и результативность селекционных мероприятий в сухой степи Нижнего Поволжья по сравнению с зоной экологического оптимума. Новизна исследования заключается в определении эффективности ранней диагностики по скорости роста полусибсов на основе метамерно-генетического и кластерного анализов.

Материалы и методы исследования. Лесосеменные плантации создавались в Новоаннинском лесхозе (СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество»), находящемся в Новоаннинском районе Волгоградской области, под руководством члена-корреспондента РАН Г.Я. Маттиса в 1983-1998 годах. Проектное задание составлено Волгоградским управлением лесного хозяйства (Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области) под общим руководством главного лесничего А.И. Акинтьевой с участием ВНИАЛМИ (Всероссийский НИИ агролесомелиорации). В соответствии с заданием Саратовским филиалом «Союзгипролесхоз» в 1981 году был выполнен и утвержден проект создания комплекса лесосеменных плантаций по трем основным породам защитного лесоразведения – сосны, дуба, лиственницы. Вместе с другими породами было создано 160 га лесосеменных плантаций сосны. В состав семеноводческого комплекса сосны входили клоновые, популяционные и семейственные плантации, созданные вегетативным и семенным путем. На создававшихся объектах с момента размножения материала и закладки плантаций проводились научные наблюдения [3,4]. В связи с отсутствием в степной зоне опыта создания научных семеноводческих объектов предусматривались различные варианты создания лесосеменных плантаций, клоновых, семейственных, популяционных, в связи с чем в 1987 году на участке № 8 была заложена семейственная плантация из потомства 25 семей плюсовых деревьев, отобранных в Волгоградской области. Размещение растений – 5×10 метров, площадь участка – 7 га, количество высаженных растений – 1400 штук. Семена были собраны непосредственно с плюсовых деревьев Волгоградской области, сеянцы выращены в питомнике Нижневолжской станции по селекции древесных пород ВНИАЛМИ (ныне Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ Агроэкологии РАН).

Изучались полусибсовые потомства плюсовых деревьев сосны, высаженные на лесосеменную плантацию СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество», и потомства популяции, произрастающей на

этой же плантации, обычной селекционной категории. Ежегодно в период проведения опытов обмерялись по 50 полусибсов из 56 полусибсов каждой семьи, имеющих на плантации. В это же время обмерялось 50 деревьев на заложённой одновременно с семейственной арчединской популяционной плантации на поле № 2. Общая площадь поля №2 – 4,7 га, размещение растений – 5×10, общее число высаженных растений – 940 штук. Измерения в высоту проводились сначала рейкой высотой 5 метров, потом высотомером Макарова с точностью 1 см для деревьев возрастом до 20 лет, и точностью 10 см для деревьев возрастом свыше 20 лет. Диаметр измеряли на высоте 1,3 м мерной вилкой с точностью до 1 мм. Полученные материалы обрабатывались статистическими методами. Для чего был взят предложенный Р. Фишером дисперсионный анализ, который позволяет оценить силу влияния разных факторов на анализируемый признак, а также уровень генетического разнообразия семенных потомств [7]. Через коэффициент наследуемости в широком смысле H^2 и аддитивный коэффициент наследуемости в узком смысле h^2 .

С целью выделения плюсовых деревьев, потомство которых отличается успешным ростом, применяли ранжирование результатов и их кластерный анализ, проведенный методом кластеризации “К-средних” [1,14,15], для чего показатели роста полусибсов на плантации разбивали на 5 групп-кластеров, выделяемых по скорости роста. Объектами, на которых проводились измерения, были полусибсы, произраставшие на семейственной лесосеменной плантации СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество», их обмеры проводились ежегодно в течение 22 лет. Кластерами были 5 групп полусибсов, выделенных по скорости роста.

Результаты и их обсуждение. Изучение основных показателей роста потомства и сравнительный анализ по основным показателям роста и развития селекционных растений, выращенных из семян, собранных с плюсовых деревьев, и растений, выращенных из смеси семян, собранных в обычных насаждениях популяции и высаженных на популяционных плантациях, позволил оценить уровень их генетического разнообразия по варьированию дисперсий. Это дало возможность перейти к оценке генетического разнообразия потомства селекционного материала при генетической селекции вне ареала естественного распространения и изучить вопрос о возможном снижении генетического разнообразия и наследуемости селекционных признаков в тяжелых почвенно-климатических условиях сухой степи Нижнего Поволжья [5, 6, 9].

Согласно исследованиям ряда авторов [1,3,4,5,7,9], именно соотношение наследственных факторов с экологическими непосредственно определяет особенности роста, развития, устойчивости к неблагоприятным условиям, интенсивности плодоношения и обуславливает выбор селек-

ционных мероприятий и стратегию селекции в регионе. Одним из эффективных методов, позволяющих провести генетическую оценку селекционного материала, является метамерно-генетический анализ роста селекционного потомства по их сезонным приростам [5,6,7]. Для проведения этого

анализа из 25 семей выбрали 14 методом случайных чисел.

Оценка проводилась по коэффициенту наследуемости общей изменчивости в широком смысле H^2 , результаты, полученные в процессе расчетов, представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Изменение коэффициента наследуемости в широком смысле H^2 у полусибсов на лесосеменных плантациях СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество»

Номер семьи	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11	12	13	14
H^2	0,48	0,65	0,32	0,42	0,49	0,54	0,42	0,32	0,36	0,39	0,43	0,26	0,73	0,35

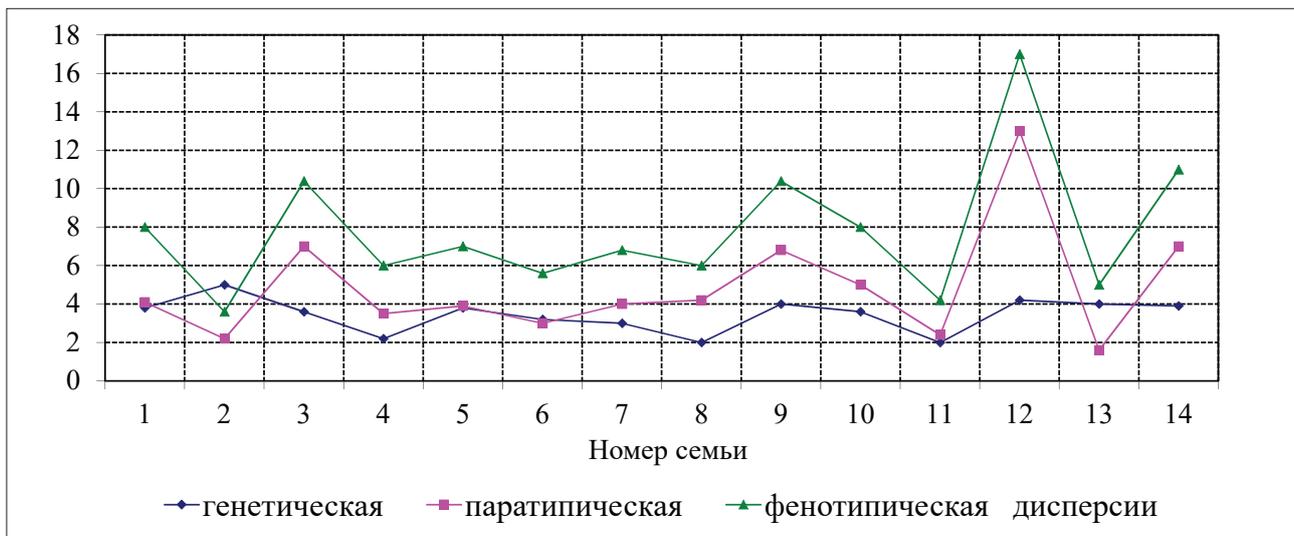


Рисунок 1. Изменчивость характеристик дисперсий, рассчитанных по годичным приростам семей на лесосеменных плантациях

Расчетами по проверке гипотез установлено, что между полусибсами разных семей существуют достоверные на уровне $p < 0,01$ отличия по росту в высоту, что подтверждает влияние генофонда плюсовых деревьев на результативный признак. Для более полной генетической оценки вычисляли коэффициенты наследуемости: H^2 – коэффициент наследуемости общей изменчивости в широком смысле и h^2 – коэффициент аддитивной наследуемости в узком смысле. В результате для полусибсов семей, произрастающих на лесосеменной плантации, методом метамерно-генетического дисперсионного анализа получили следующие показатели наследуемости по высоте растений:

- коэффициент наследуемости H^2 в широком смысле имел средний показатель 0,44 с диапазоном колебаний от 0,26 до 0,73;
- коэффициент наследуемости h^2 в узком смысле имел невысокий диапазон колебаний 0,14 – 0,15, соответственно его среднее значение составило 0,145;
- по диаметру ствола можно определить только коэффициент наследуемости h^2 в узком смысле, который имел диапазон колебаний от 0,03 до 0,10,

среднее значение составило соответственно 0,065.

Исследования показали, что в дисперсии велика доля экологических характеристик, генетические дисперсии показали меньшие значения. Подобная особенность отмечена и другими авторами [1,2,3,4,5,7,13]. Условия произрастания, их неоднородность, которая наблюдается даже на одном участке, метеорологические показатели также изменялись на протяжении периода исследований – все это и оказало значительное влияние на варьирование генетических признаков.

Отмечены сходные показатели у полусибсов плюсовых деревьев и деревьев, выращенных в сходных лесорастительных условиях на лесосеменной плантации из семян популяции по генетической составляющей и показателям дисперсии. Еще одним подтверждением этого предположения является невысокое варьирование таксационных показателей селекционного материала (высота, диаметр) в течение длительного времени при выращивании на селекционно-семенной плантации у полусибсов и семян популяционного сбора.

В возрасте 29 лет сравнивали рост полусибсов, произрастающих на поле № 8 лесосеменной план-

тации СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество» площадью 7 га, где сохранилось 1350 деревьев. Произвели измерения деревьев, произрастающих

на данном поле и одновозрастного поля № 2 арчединской популяции, где сохранилось 850 деревьев. Результаты приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Таксационные показатели селекционного материала возрасте 29 лет на лесосеменной плантации СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество»

Категория опытного материала	D, см	H, м
Полусибсы плюсовых деревьев	24,5+0,34	12,5+0,28
Потомство арчединской популяции	24,0+0,32	11,5+0,25

Примечание: D – диаметр ствола на высоте 1,3 м; H – высота дерева

По таксационным показателям полусибсовые потомства не имеют значительных отличий от смешанного потомства популяций.

Так как те и другие потомства произрастают на лесосеменной плантации в выровненных лесорастительных условиях, их паратипические дисперсии не отличаются большим разнообразием, что позволяет сделать вывод о том, что у изучаемых совокупностей нет значительных отличий и по генетическому разнообразию.

Итоги проведенных исследований позволяют сделать вывод, что, несмотря на отмеченное выше нивелирование результатов селекционных работ в условиях сухой степи Нижнего Поволжья, в целом отбор по фенотипу плюсовых деревьев в насаждения Волгоградской области повышает скорость роста селекционного семенного потомства, что подтверждает определенную эффективность плюсовой селекции.

К сожалению, при проведении селекционных мероприятий в условиях сухой степи из-за ограниченности изучаемого селекционного материала нельзя обеспечить высокую интенсивность отбора, что могут позволить себе селекционеры, работающие в зоне экологического оптимума для данного вида. Трудности подбора базисных насаждений для проведения селекционных работ обуславливают ошибки при отборе и оценке по потомству плюсовых деревьев. Другой трудностью является высокая рекомбинация генетического материала на селекционных семенных плантациях с ограниченным набором клонов и семей. Поэтому в условиях сухой степи, в настоящее время после проведенных селекционных мероприятий, не отмечено их значительное воздействие ни на таксационные показатели, ни на генетическое разнообразие. При значительном расширении базы проведения селекционных работ, что возможно при вовлечении в селекционный процесс граничащих популяций сосны Саратовской, Воронежской и Тамбовской областей с учетом требований лесосеменного районирования [13], из которых еще в 19 и начале 20 века получали сеянцы и семенной материал для создания насаждений на территории теперешней Волгоградской области, ожидаемо возрастет эффективность селекционных меро-

приятий и гетерогенность будущих селекционных объектов. С селекционных семенных плантаций перечисленных регионов целесообразно привлечь генетический материал при проведении опытов на генетическое разнообразие потомства, раннюю диагностику и другие оценки, что, по нашему мнению, позволит значительно повысить селекционный эффект проводимых мероприятий. В этом случае значительно возрастут генетическое разнообразие и интенсивность отбора, и полученные нами предварительные выводы могут быть пересмотрены.

Для увеличения положительного эффекта плюсовой селекции по фенотипу материнских деревьев необходимо активно внедрять в селекционный процесс раннюю диагностику. Перед высадкой на лесокультурную площадь, особенно в опытные и селекционные насаждения, необходимо отбраковывать до 20-30 % сеянцев, отстающих в росте, развитии корневой системы, имеющих угнетенный вид.

После оценки генетического разнообразия потомства плюсовых деревьев, следующим этапом селекционных работ является дальнейшее развитие ранней диагностики проявления положительных свойств у потомства отобранных плюсовых деревьев по сравнению с потомством средних образцов популяции.

В мировой селекции [2,8,10,14] считается, что генотип является определяющим фактором жизненных характеристик дерева: роста, развития, устойчивости. Серьезной задачей селекционеров является определение возраста, в котором ранговое положение потомства стабилизируется. По этому возрасту можно примерно оценить их будущие таксационные показатели и другие характеристики. По сосне имеется широкий разброс мнений, начиная от 5-7 лет до 60-100 лет, что обусловлено различными методиками исследований и оценки результатов [1,2,3,5,10,14,15].

Результаты исследований показали, что ранняя диагностика наследственных свойств отбранного в регионе генофонда требует дифференцированного подхода. Так, отбор быстрорастущих семей малоэффективен из-за их генетической неоднородности, так как состав семьи определяется

общей комбинационной способностью и специфической комбинационной способностью конкретного маточного дерева, что и оказывает влияние на конечный признак. Поэтому ранговое положение семьи в раннем возрасте имеет высокую изменчивость. Ранняя диагностика клонов по росту потомства, видимо, будет более эффективна. Но в практике лесного хозяйства Российской Федерации передовые технологии вегетативного размножения, к сожалению, не получили широкого развития, и проведение подобных исследований затруднено.

Одним из наиболее перспективных методов ранней диагностики является кластерный анализ, в котором изначальное разделение потомства на группы по скорости роста позволяет уйти от не-

достатков дисперсионного анализа, когда в одном блоке анализируется вся масса исходных данных.

Выше были приведены результаты расчетов генетической и паратипической составляющей на основе дисперсионного анализа. На тех же объектах провели оценку роста и развития потомства 25 плюсовых деревьев, произрастающих на семейственной плантации методом кластерного анализа [1].

Результаты исследований дифференциации потомства позволили разделить их на основе кластерного анализа на 5 групп роста. Подобный подход рекомендован рядом авторов [1,14,15]. Кластерный анализ роста деревьев, относящихся к разным группам, позволил выявить значительные различия между выделенными группами в течение 20-летнего периода исследований (рис. 2).

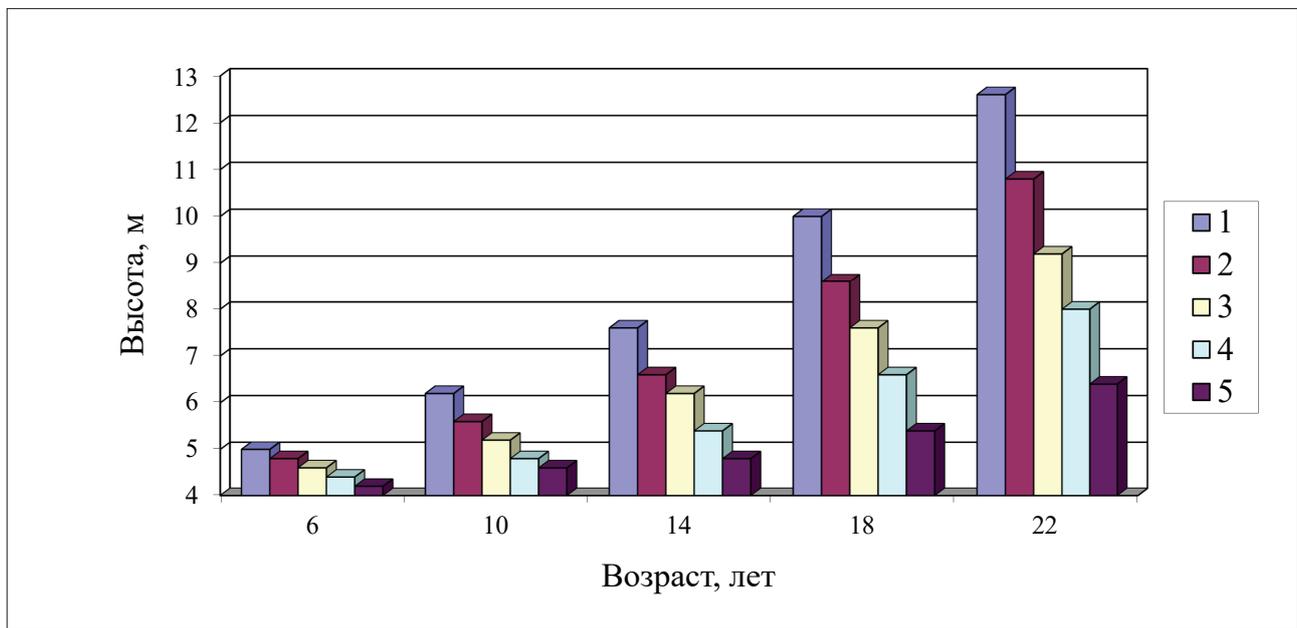


Рисунок 2. Изменение высоты выделенных групп роста в течение периода наблюдений на селекционных лесосеменных плантациях СГБУ ВО «Новоаннинское лесничество»: 1 – самые быстрорастущие деревья; 2 – деревья повышенного роста; 3 – средние деревья; 4 – деревья замедленного роста; 5 – медленно растущие деревья

Результаты кластерного анализа позволяют выделять различия между деревьями по росту с 6 лет. При этом с возрастом различия между быстро и медленно растущими деревьями только возрастают, и разница между группами становится более значительной, чем разница между деревьями внутри выделенной группы. Тот селекционный материал, который был выделен в 6-тилетнем возрасте показывает превосходство в росте в течение длительного периода, что указывает на перспективы ранней диагностики выделенных по росту потомства плюсовых деревьев-лидеров, куда не обязательно входят деревья, превосходящие по таксационным показателям. Таким образом, различия между потомством сосны по успешности роста при выращивании в однородных условиях определяются генотипом материнских

деревьев и их специфической комбинационной способностью.

Заключение.

1. В сухой степи в условиях однородного опытного участка дисперсионный анализ показал достоверное влияние генофонда плюсового дерева на результативный признак – рост в высоту полусибсов, хотя влияние экологических факторов велико. Поэтому ранг семьи по таксационным показателям в ряду других семей постоянно варьирует. Эффективность селекционных мероприятий в Волгоградской области можно значительно повысить, если включать в селекционный процесс плюсовые деревья близлежащих регионов с учетом требований лесосеменного районирования.

2. Выделение потомства плюсовых деревьев в разные группы по скорости роста позволило уста-

новить, что, уже начиная с шестилетнего возраста, отмечается относительная стабилизация выделенных групп семей сосны обыкновенной по скорости роста полусибсов в высоту. Возраст оценки генетических свойств плюсовых деревьев сосны обыкновенной в условиях сухой степи Нижнего Поволжья можно снизить до 6-10 лет.

Литература:

1. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Оптимальный возраст оценки генетических свойств плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской // Лесоведение. 2020. № 5. С. 442-450.
2. Ефимов Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной: монография / Научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции. Воронеж: Изд-во Исток (Москва), 2010. 252 с.
3. Иозус А.П., Зеленьяк А.К., Макаров В.М. Создание лесосеменных плантаций сосны и особенности их плодоношения в сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9826> (дата обращения: 26.10.2022).
4. Иозус А.П., Завьялов А.А., Бойко С.Ю. Генеративные особенности и рост сосны обыкновенной на плантациях вегетативного и семенного происхождения в сухой степи Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. 2021. № 8. С. 19-23; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37665> (дата обращения: 26.10.2022).
5. Зеленьяк А.К., Иозус А.П., Макаров В.М. К вопросу генетической оценки перспективности отобранного селекционного материала сосны для лесосеменных плантаций Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9986> (дата обращения: 26.10.2022).
6. Макаров В.М., Иозус А.П., Морозова Е.В. Оценка надежности отобранного селекционного материала по

скорости роста семенного потомства в условиях сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14317> (дата обращения: 26.10.2022).

7. Меркурьева Е. К., Шангин-Березовский Г. Н. Генетика с основами биометрии. Серия: Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений. – Москва: Колос, 1983. 400 с.
8. Рогозин М.В. Старая и новая парадигмы в лесоводстве и лесной селекции // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 94-98; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35869> (дата обращения: 26.10.2022).
9. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кащенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 103-109. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35797> (дата обращения: 26.10.2022).
10. Царев А.П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. – Москва: Изд-во Московского государственного университета леса, 2013. 164 с.
11. Научно-методические указания по сортоводству деревьев и кустарников для защитного лесоразведения в аридных регионах. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 51с.
12. Постановление Губернатора Волгоградской области от 20.02.2019 № 81 «Об утверждении Лесного плана Волгоградской области» // <https://vlg-gov.ru/doc/104964> (дата обращения 28.10.2021.)
13. Об утверждении Методических указаний по осуществлению лесозащитного районирования: Приказ Рослесхоза от 25.04.2017 № 179. <http://base.garant.ru/71723350/>
14. Jiang I. B-J. Early testing in forest tree breeding: a review. Forest Tree Improvement. 1987. № 20. P. 45-78.
15. Ruotsalainen S. Increased forest production through forest tree breeding. Scandinavian J. Forest Research. 2014. V. 29. № 4. P. 333-344.

DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.012.81-87

Evaluation of the *Pinus Sylvestris* L. Selected Gene Pool By the Semi-Sibs Growth

Alexander P. Iozus^{✉1}, ttp@kti.ru, K.S-Kh.N., Associate Professor of the TTI Department;

Alexander A. Zavyalov¹, Head of the Laboratory of the TTI Department;

Sergei N. Kryuchkov², D.S-Kh.N., Leader Researcher, ORCID 0000-0001-8338-6460;

¹Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, ttp@kti.ru, 403874, Lenina st. 6A, Kamyshin, Russia

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

Abstract. In the Volgograd region, the stability, productivity and safety of pine plantations remains low. The territory of the region belongs to the dry steppe zone of the Lower Volga region and is located outside the natural distribution area of this breed. The main direction of increasing the stability and productivity of plantings is the complete transfer of pine seed production to a breeding and genetic basis.

The main objective of the study is to identify in severe soil and climatic conditions of the region a set of the most effective techniques and methods for evaluating plus trees by progeny. For the first time in the dry steppe, the division of semi-sibs progeny of plus trees of Scotch pine into groups according to the success of growth in height was applied. The research was carried out on the basis of a complex of forest seed

plantations previously established in the region and allowed us to identify the most effective breeding techniques and features. The selection of different groups among the half-sibs according to the success of growth allowed us to determine the age at which, in the conditions of the dry steppe, the ranks of the half-sibs families are stabilized, which makes it possible to evaluate the genetic properties of plus trees by seed progeny. It was 6-10 years old. To increase the efficiency of breeding activities and biodiversity, it is necessary to introduce into the breeding programs of the region a selected and verified gene pool of natural pine populations adjacent to the Volgograd region, in accordance with the requirements of forest-seed zoning.

Keywords: pine, "plus" trees, breeding, heritability, genetic variability, semi-sibs

Received: 28.10.2022

Accepted: 09.12.2022

References:

1. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. *Optimal'nyj vozrast ocenki geneticheskikh svoystv plyusovykh derev'ev v ispytatel'nykh kul'turah eli evropejskoj* [Optimal age for assessing the genetic properties of plus trees in test cultures of European spruce]. *Lesovedenie* [Forest science]. 2020. 5. pp. 442-450.
2. Efimov Yu.P. *Semennye plantacii v selekcii i semenovodstve sosny obyknovnoy* [Seed plantations in breeding and seed production of scots pine]: monograph / Scientific Research Institute of Forest Genetics and Breeding. Voronezh: "Istok" Publ. house (Moscow). 2010. 252 p.
3. Iozus A.P., Zelenyak A.K., Makarov V.M. *Sozdanie lesosemennykh plantacij sosny i osobennosti ih plodonosheniya v sukhoy stepi Nizhnego Povolzh'ya* [Creation of pine seed plantations and features of their fruiting in the dry steppe of the Lower Volga region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2013. 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9826> (access date: 26.10.2022).
4. Iozus A.P., Zav'yalov A.A., Bojko S.Yu. *Generativnye osobennosti i rost sosny obyknovnoy na plantacijah vegetativnogo i semennogo proiskhozhdeniya v sukhoy stepi Nizhnego Povolzh'ya* [Generative features and growth of scots pine on plantations of vegetative and seed origin in the dry steppe of the Lower Volga region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of contemporary natural science]. 2021. 8. pp. 19-23; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37665> (access date: 26.10.2022).
5. Zelenyak A.K., Iozus A.P., Makarov V.M. *K voprosu geneticheskoy ocenki perspektivnosti otobranogo selekcionnogo materiala sosny dlya lesosemennykh plantacij Nizhnego Povolzh'ya* [On the issue of the selected pine breeding materi-

al genetic evaluation prospects for forest seed plantations of the Lower Volga region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2013. 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9986> (access date: 26.10.2022).

6. Makarov V.M., Iozus A.P., Morozova E.V. *Ocenka nasleduemosti otobranogo selekcionnogo materiala po skorosti rosta semennogo potomstva v usloviyah suhoj stepi Nizhnego Povolzh'ya* [Evaluation of the selected breeding material heritability by the growth rate of seed progeny in the dry steppe of the Lower Volga region conditions]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2014. 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14317> (access date: 26.10.2022).

7. Merkur'eva E.K., Shangin-Berezovskij G.N. *Genetika s osnovami biometrii* [Genetics with the basics of biometrics]. Series: Textbooks and manuals for higher agricultural educational institutions. Moscow: "Kolos" Publ. house, 1983. 400 p.

8. Rogozin M.V. *Staraya i novaya paradigmy v lesovodstve i lesnoj selekcii* [Old and new paradigms in forestry and forest breeding]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of contemporary natural science]. 2016. 4. pp. 94-98; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35869> (access date: 26.10.2022).

9. Semenyutina A.V., Kostyukov S.M., Kashchenko E.V. *Metody vyyavleniya mekhanizmov adaptacii drevesnykh vidov v svyazi s ih introdukcijev v zasushlivye regiony* [Methods of identifying the adaptation mechanisms of tree species in connection with their introduction to arid regions]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of contemporary natural science]. 2016. 2. pp. 103-109. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35797> (access date: 26.10.2022).

10. Tsarev A.P. *Programmy lesnoj selekcii v Rossii i za rubezhom* [Forest breeding programs in Russia and abroad]: monograph. Moscow: BMSTU Publ. house, 2013. 164 p.

11. *Nauchno-metodicheskie ukazaniya po sortovodstvu derev'ev i kustarnikov dlya zashchitnogo lesorazvedeniya v aridnykh regionah* [Scientific and methodological guidelines on cultivating trees and shrubs for protective afforestation in arid regions]. Volgograd: VNIALMI Publ. house, 2013. 51 p.

12. Resolution of the Governor of the Volgograd Region dated 20.02.2019 No. 81 "On approval of the Forest Plan of the Volgograd region" // <https://vlg-gov.ru/doc/104964> (access date: 28.10.2021.)

13. On approval of Methodological guidelines for the implementation of forest protection zoning: Order of the Federal Forestry Agency dated 25.04.2017. 179. <http://base.garant.ru/71723350/>

14. Jiang I. B.-J. Early testing in forest tree breeding: a review. *Forest Tree Improvement*. 1987. 20. pp. 45-78.

15. Ruotsalainen S. Increased forest production through forest tree breeding. *Scandinavian Forest Research*. 2014. V. 29. 4. pp. 333-344.

Цитирование. 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

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. 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). pp. 81-87. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.012.81-87

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.