

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Я.А. Крекова✉, Н.К. Чеботько

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени А.Н. Букейхана» (КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана), Республика Казахстан, 021704, г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58

yana24.ru@mail.ru

Приведены результаты испытания полусибсовых потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной в испытательных культурах трех генераций, созданных в северной части Казахского мелкосопочника (Акмолинская область, Северный Казахстан). Определена сохранность деревьев полусибсов в испытательных культурах в возрасте 36...37 лет, которая в среднем составила 55,67 %. Выявлено, что потомство первой генерации превысило высоту потомств второй и третьей генераций на 15,35...15,95 %, но по диаметру ствола оказалось меньше на 7,55...8,31 %. Определена доля семей с превышением показателей над контрольными образцами на достоверном уровне ($p < 0,05$) по высоте дерева — 42,03 % и по диаметру ствола — 9,65 %. Установлен селекционный эффект по высоте ствола в среднем на уровне 7,39 % (1,29 м), а по диаметру ствола — 14,10 % (2,79 см). Установлено, что менее половины (47,12 %) отобранных и испытываемых плюсовых деревьев сосны обыкновенной проявили стабильность по показателям роста в полусибсовом потомстве.

Ключевые слова: лесная селекция, *Pinus sylvestris* L., высота дерева, диаметр ствола, продуктивность, испытательные культуры, полусибсы

Ссылка для цитирования: Крекова Я.А., Чеботько Н.К. Результаты испытания семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Северном Казахстане // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 3. С. 17–26. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-3-17-26

Для повышения качества лесных насаждений, в том числе сосновых, в странах СНГ, ближнего и дальнего зарубежья были разработаны программы по селекционному улучшению деревьев на объектах единого генетико-селекционного комплекса. За время реализации программ был накоплен определенный опыт и получены результаты, освещенные в работах [1–6]. Эффективность плюсовой селекции древесных растений по продуктивности можно оценить по результатам изучения роста семенного потомства (семей) плюсовых деревьев в экспериментальных (испытательных) культурах. Если селектируемый признак, например средняя высота дерева испытываемой совокупности семей будет статистически значимо отличаться от контрольного образца, то массовый отбор в данной популяции можно считать эффективным [1]. А использование селекционно-улучшенного материала даже в результате простых отборов может значительно увеличить продуктивность создаваемых насаждений [7].

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) по биологическим свойствам, сочетанию хозяйственной ценности, продуктивности, рас-

пространенности и широкой экологической пластичности справедливо считается одной из наиболее ценных древесных пород не только в Евразии, но и во всем мире. Данный вид является классическим примером непрерывной географической изменчивости популяционных систем, где изменения генетической структуры, фенотипических признаков и свойств в отсутствие выраженного горного рельефа происходят плавно, следуя в широтном и особенно меридиальном направлениях за изменением фотопериода и других макроклиматических параметров [8–11]. В таких случаях границы внутривидовых и многих видовых таксонов проводятся достаточно условно. Морфологические, биологические и эколого-физиологические особенности сосны обыкновенной в естественных насаждениях, которые напрямую связаны с одним из важных направлений этого вида — селекцией на быстроту роста и устойчивость подробно описаны в работе [12].

Результаты изучения сосны обыкновенной в испытательных культурах направлены на теоретическое и практическое обоснование селекционных работ по сохранению, улучшению и воспроизводству генетического потенциала вида. В то же время к важным отнесен вопрос

изучения влияния селекционных мероприятий (отбора лучших с хозяйственной точки зрения генотипов) на уровень генетического разнообразия. Заложенные по стандартной схеме лесных культур испытательные культуры имеют в настоящее время довольно широкий диапазон возраста насаждений, что позволяет провести соответствующую оценку. В результате такой оценки потомств плюсовых деревьев и насаждений в целом становится возможным сохранение и воспроизводство лесных насаждений путем внедрения наиболее ценных генотипов [13–17].

Завершающей формой постоянной лесосеменной базы основных лесообразующих пород служат лесосеменные плантации, которые создаются путем вегетативного или семенного размножения выделенных по фенотипу лучших деревьев [18, 19]. Для создания лесосеменных плантаций второго порядка сосны обыкновенной можно использовать маточники с повышенными урожайностью и ростом в высоту на 10,8 % [20].

В Казахстане сосна обыкновенная — это одна из основных лесообразующих пород, занимающая третье место по площади в лесном фонде Республики после саксаула и березы. Насаждения сосны обыкновенной распространены по территории юго-восточной, западной и центральной частей Казахстана, однако основные площади насаждений сосны обыкновенной сосредоточены в Северном и Восточном Казахстане (84 %) [21]. В Северном Казахстане, где были проведены исследования, находится второй крупный пространственно изолированный район произрастания сосны обыкновенной. Этот район охватывает территорию от островных боров Кокшетау-Мунчактинского мелкосопочника Акмолинской области и до Каркаралинских низкогорий Карагандинской области [22]. Сосны из этого района отличаются узкокронностью, мелкошишечностью, большим участием особей с гладкой молодой корой зеленовато-оранжевой окраски и тонкой старой корой и наименьшей численностью деревьев с пластинчатой старой корой. У деревьев чаще распространены острый угол прикрепления боковых побегов к стволу и средняя степень очищенности ствола от сучьев. В насаждениях наблюдается повышенное представительство деревьев с плоским апофизом шишек и пониженным продуцированием тяжелых (крупных) семян серого цвета и пестрой окраски. Преобладают деревья с густым ветвлением и охвоением и с короткой и маложивущей хвоей.

Изучая сосну обыкновенную в выделенных изолированных районах Казахстана, ученые

КазНИИЛХА пришли к выводу о том, что сосняки Казахского мелкосопочника и Калбинского хребта самые древние [23]. Основанием такого предположения стало выявленное небольшое количество вторичных перетяжек при исследовании числа хромосом в их кариотипе, а чем больше вторичных перетяжек, тем моложе популяция сосны.

С 1960 г. проводились обширные работы по закладке опытных селекционно-генетических объектов, в том числе архивов клонов плюсовых деревьев и испытательных культур для изучения наследственных свойств отобранных деревьев и дальнейшего сортывыведения [24]. В настоящее время возраст клонов плюсовых деревьев и испытательных культур плюсовых деревьев сосны обыкновенной достигли II класса возраста. Согласно установленным нормативным документам Казахстана в данной возрастной группе проводится предварительная оценка эффективности проведенного отбора плюсовых деревьев [25, 26]. В связи с этим начато проведение необходимых обследований некоторых селекционных объектов, дана оценка их количественным и качественным признакам [27, 28].

Цель работы

Цель работы — селекционно-генетическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в результате испытания полусибсового потомства в трех генерациях.

Материалы и методы

Исследования были проведены для 36–37-летних полусибсов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Акмолинской области Северного Казахстана в испытательных культурах в трех генерациях (табл. 1).

В испытательных культурах представлено потомство 53 плюсовых деревьев сосны обыкновенной. При этом во всех трех генерациях испытательных культур произрастает полусибсовое потомство от 35 плюсовых деревьев, доля которых от общего количества семей в первой генерации составляет 74,47 %, во второй — 83,33 % и в третьей — 70,00 %. Две семьи — № 9 и № 22 встречаются в одной из генераций (в третьей и первой соответственно). Остальные одноименные семьи растут только в двух генерациях — в первой и второй или первой и третьей, или второй и третьей.

Руководили созданием испытательных культур канд. биол. наук В.И. Мосин и канд. с.-х. наук А.И. Бреусова. Испытательные культуры

Т а б л и ц а 1

Общая характеристика испытательных культур

General characteristics of test crops

Испытательные культуры	Год создания	Занимаемая площадь, га	Географические координаты	Количество потомств/семей, шт.	Сохранность, %
Первая генерация	1984	4,06	52°56'48,7"N 70°16'29,8"E	47	57,53
Вторая генерация	1986	4,6	52°56'40,7"N 70°16'15,0"E	42	49,92
Третья генерация	1987	5,0	52°56'43,0"N 70°16'29,5"E	50	59,57

были заложены на участках, аналогичных по условиям произрастания материнских деревьев:

микрорельеф: слабая возвышенность с микропонижениями;

почвы: черноземы обыкновенные, не засолены;

глубина вскипания: 160 см в аллювиальном горизонте;

содержание гумуса: в пахотном горизонте — 3,69...3,03, в черноземах — 10,69 %;

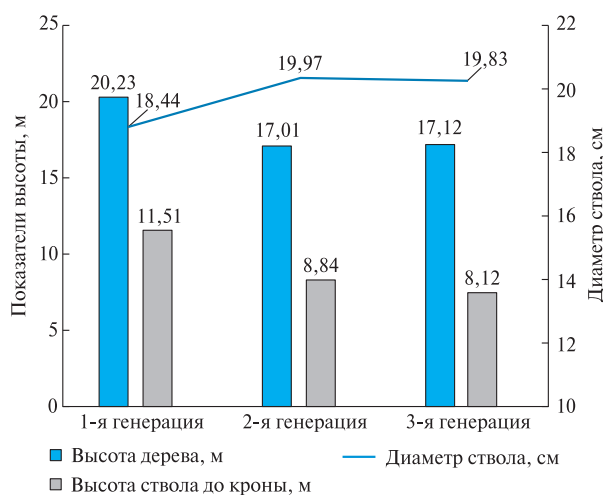
глубина грунтовых вод: 5...7 м;

емкость поглощения: 36...45 мг-экв на 100 г почвы;

обеспеченность почв подвижными формами азота — высокая (содержание до 60 мг на 1000 г), фосфора — низкая (10 мг на 100 г), калия — от средней до высокой (15...18 мг на 100 г).

Для создания испытательных культур были выращены двулетние сеянцы, высаженные под меч Колесова с открытой корневой системой. Размещали растения по схеме 2×2 м, размер опытной делянки составлял 16×16 м (256 м²). Нумерация делянок и рядов в пределах делянки установлена с востока на запад, нумерация посадочных мест — по каждому ряду с севера на юг. В каждой опытной делянке было высажено по 64 растения. Количество повторностей каждой семьи зависело от числа выращенных сеянцев и варьировало от 1 до 4. Размещение повторных делянок осуществлялось на расстоянии не менее 30 м. Контрольными образцами служило потомство нормальных деревьев от свободного опыления. Делянки с контрольными образцами были размещены через каждые 10 опытных делянок.

Для изучения роста, определения различий между семьями полусибсов и контрольными образцами, дальнейшего отбора в испытательных культурах первой, второй и третьей генераций были проведены измерения основных таксационных показателей [29]. Общая высота измерялась с помощью электронного высоотомера Haglof (Haglöf Sweden®, Швеция) с точностью ±0,5 м, диаметр ствола на высоте



Показатели роста испытательных культур
Growth indicators of test crops

1,3 м от поверхности земли — мерной вилкой Haglof (Haglöf Sweden®, Швеция) при точности определения до 1 мм. Камеральная обработка данных проведена в программе MS Excel 2021 с использованием методов статистического анализа [30].

Результаты и обсуждение

Средняя сохранность деревьев полусибсов по всем объектам на момент обследования составила 55,67 %, при наивысшей в испытательных культурах третьей генерации (59,57 %) и наименьшей во второй генерации (49,92 %). При общей характеристике средних таксационных показателей по высоте дерева, высоте ствола до кроны и диаметре ствола были выявлены различия между испытательными культурами полусибсов (рисунок).

Деревья в испытательных культурах первой генерации (36 лет) отличались наибольшей средней высотой — $20,23 \pm 0,09$ м, которая достоверно превышала на 15,35...15,95 % среднюю высоту семей в третьей и второй генерациях

Т а б л и ц а 2

**Сравнительная характеристика средних значений высоты деревьев полусибсов
в испытательных культурах относительно контрольных образцов**

**Comparative characteristics of the average values of the tree height in the half-sibs
in test crops relative to the control samples**

Высота дерева	Среднее значение	Доля семей	Отношение к контрольным образцам	
	м	%	м	%
Первая генерация (контрольные образцы $20,00 \pm 0,24$ м)				
Больше контрольных образцов	$20,77 \pm 0,09$	56,16	0,77	3,87
Достоверно больше контрольных образцов, $p < 0,05$	$21,20 \pm 0,09$	28,77	1,20	5,99
Меньше контрольных образцов	$19,44 \pm 0,08$	43,84	0,56	2,78
Вторая генерация (контрольные образцы $16,48 \pm 0,27$ м)				
Больше контрольных образцов	$17,45 \pm 0,11$	74,07	0,97	5,88
Достоверно больше контрольных образцов, $p < 0,05$	$17,93 \pm 0,13$	40,74	1,45	8,80
Меньше контрольных образцов	$15,88 \pm 0,10$	25,93	0,6	3,60
Третья генерация (контрольные образцы $16,37 \pm 0,24$ м)				
Больше контрольных образцов	$17,29 \pm 0,06$	90,79	0,92	5,62
Достоверно больше контрольных образцов, $p < 0,05$	$17,58 \pm 0,06$	56,58	1,21	7,39
Меньше контрольных образцов	$15,57 \pm 0,18$	9,21	0,8	4,89

соответственно ($t_{\Phi} = 24,13$; $t_{0,05} = 1,98$; ($t_{\Phi} > t_{0,05}$) и $t_{\Phi} = 20,12$; $t_{0,05} = 1,98$; ($t_{\Phi} > t_{0,05}$)). Также для полусибсов первой генерации установлен наименьший средний диаметр ствола — $18,44 \pm 0,15$ см, который был меньше на 7,55...8,31 % по сравнению с остальными объектами исследования ($t_{\Phi} = 24,13$; $t_{0,05} = 1,98$; ($t_{\Phi} > t_{0,05}$) и $t_{\Phi} = 20,12$; $t_{0,05} = 1,98$; ($t_{\Phi} > t_{0,05}$)). Предположительно, на особенности роста полусибсов первой генерации (меньшие показатели среднего диаметра ствола, при наибольших показателях высоты по сравнению с деревьями в других генерациях) могли оказать влияние абиотические факторы в первый год роста испытательных культур и микрорельеф.

В испытательных культурах второй и третьей генераций (37 лет) показатели средней высоты ($17,00 \pm 0,12$ м и $17,12 \pm 0,08$ м соответственно) и среднего диаметра ствола ($19,97 \pm 0,20$ см и $19,83 \pm 0,19$ см соответственно) были по значениям максимально близки между собой и не имели достоверных отличий. Протяженность ствола до начала кроны у семей полусибсов в генерациях была в пределах от 8,12 м (третья генерация) до 11,51 м (первая генерация).

Для оценки эффективности плюсовой селекции важное значение имеет количество элиты, т. е. семей, статистически значимо превышаю-

щих контрольные образцы по селективируемому признаку. Исследования в этом направлении представляют большой практический интерес. Нашими исследователями установлено, что на севере Казахского мелкосопочника испытание плюсовых деревьев сосны обыкновенной по семенному потомству до 10-летнего возраста не дало результатов. В испытательных культурах трех генераций высший ранг по высоте дерева сохраняют от 15 до 50 % семей. По семенному потомству отбор по росту в высоту можно проводить к возрасту дифференциации растений, т. е. к 20...25 годам [31].

В результате полученных нами новых данных (табл. 2), было установлено, что у большей доли семей (в среднем 73,67 %) показатели высоты были больше, чем у контрольных образцов.

Однако проведенный анализ t -критерия Стьюдента показал достоверность превышения высоты дерева над контрольными образцами (при $p < 0,05$) у менее чем половины испытываемых семей (среднее по всем генерациям 42,03 %), селекционный эффект которых был в пределах 7,39 %. Превышение высоты деревьев над контрольными образцами в среднем составило 1,29 м.

Испытания потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной были проведены в ряде

Т а б л и ц а 3

**Сравнительная характеристика средних значений диаметра ствола полусибсов
в испытательных культурах относительно контрольных образцов**

**Comparative characteristics of the average values of the half-sibs trunk diameter
in test crops relative to the control samples**

Диаметр ствола	Среднее значение	Доля семей	Отношение к контрольным образцам	
	м	%	м	%
Первая генерация (контрольные образцы $18,32 \pm 0,53$ см)				
Больше контрольных образцов	$19,44 \pm 0,16$	49,32	1,12	6,10
Достоверно больше контрольных образцов, $p < 0,05$	$21,12 \pm 0,27$	9,59	2,80	15,29
Меньше контрольных образцов	$17,48 \pm 0,10$	50,68	0,84	4,61
Вторая генерация (контрольные образцы $20,62 \pm 0,70$ см)				
Больше контрольных образцов	$21,76 \pm 0,22$	33,30	1,14	5,50
Достоверно больше контрольных образцов, $p < 0,05$	$23,41 \pm 0,48$	5,61	2,79	13,50
Меньше контрольных образцов	$19,08 \pm 0,16$	66,73	1,54	7,50
Третья генерация (контрольные образцы $20,15 \pm 0,64$ см)				
Больше контрольных образцов	$21,54 \pm 0,18$	40,79	1,39	6,89
Достоверно больше контрольных образцов, $p < 0,05$	$22,92 \pm 0,28$	13,75	2,77	13,50
Меньше контрольных образцов	$18,65 \pm 0,12$	59,21	1,50	7,43

стран СНГ и получены результаты эффективности отбора по фенотипу. Согласно более ранним сведениям, доля элиты сосны обыкновенной, в частности, в пределах Украины изменялась от 2 до 90 %, в Белоруссии — от 13 до 18 %, превышая контрольные образцы на 10 % и более. В Прибалтике этот показатель был значительно больше: в Литве — 20...50 %, а в Латвии, по данным В.М. Роне [32], отбор плюсовых деревьев по фенотипу был признан неперспективным. Более поздними исследованиями семенного потомства сосны обыкновенной, например в таежной зоне Карелии, установлено, что доля элитных деревьев этого вида составила 33,3 % [33].

В настоящее время, с увеличением возраста созданных культур, получены новые данные для проведения оценки. По результатам исследований 13-, 19- и 20-летних испытательных культур сосны обыкновенной, было предложено первоначальную оценку семей проводить после завершения первого этапа формирования насаждения, поскольку этот этап соответствует возрастной стабилизации коэффициента внутрисемейной изменчивости высоты деревьев в пределах 5–6 %, которая произойдет примерно в возрасте 22...25 лет при схеме создания культур $3,0 \times 0,8$ м [34].

Анализ результатов роста деревьев в испытательных культурах сосны обыкновенной,

созданных в 1980–1990-е годы в разных регионах России, Украины, Белоруссии, Литвы, Латвии, показал противоречивые результаты. Так, в России (Воронежская и Оренбургская области) соответственно 20...45 и 75 % семей плюсовых деревьев превысили данные по контрольным образцам на 6...26 %. В условиях Украины (на западе, севере и северо-востоке страны) у 60...90 % семей плюсовых деревьев сосны обыкновенной высота деревьев была достоверно больше контрольных образцов [1]. По другим обобщенным сведениям, относительно роста испытательных культур, приведены данные о эффективности плюсового отбора в среднем 8...9 %, однако в зависимости от вида и региона его произрастания он может находиться в пределах от 2...5 до 13...15 % [35]. Приведенные данные согласуются с полученными нами результатами, где семьи полусибсов по высоте превышали контрольные образцы на 7,39 %.

Кроме того, анализ диаметра ствола полусибсов на высоте 1,3 м от поверхности земли показал превышение над контрольными образцами для 41,14 % семей по трем генерациям (табл. 3).

При этом отмечено снижение доли семей, превышающих контрольные образцы на достоверном уровне значимости (при $p < 0,05$)

до 9,65 % в среднем по всем генерациям. Средний диаметр ствола этих семей превысил данные по контрольным образцам на 14,10 %, или 2,79 см.

В исследованиях Н.Н. Бессчетновой [36] также приводятся сведения об уменьшении числа семей полусибсов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, достоверно отличающихся по диаметру ствола от контрольных образцов в отличие от высоты деревьев в испытательных культурах. Предполагается, что полное смыкание крон полусибсов могло способствовать возникновению конкурентных условий, стимулирующих рост деревьев в высоту и ослабление их развития по диаметру ствола.

Проявление различий в росте у потомства плюсового дерева может изменяться в зависимости от вклада каждого из опылителей и от условий года наблюдений. В связи с этим определение общей комбинационной способности приемлемо как минимум по двум любым урожаям [37]. Нами был проведен соответствующий анализ по трем генерациям, в каждой из которых были выделены семьи с достоверным превышением показателей контрольных образцов. В результате из всего набора испытываемых семей выделено 32,03 % или 17 наиболее ценных (семьи полусибсов № 2, 4, 5, 10, 16, 18, 20, 29, 30, 39, 42, 46, 47, 49, 50, 70, 72), которые отличаются наибольшей высотой не менее чем в двух генерациях. К числу наиболее продуктивных отнесено 15,09 % или 8 семей плюсовых деревьев (семьи полусибсов № 1, 3, 13, 21, 36, 45, 52, 73), которые отличаются наибольшими показателями как по высоте, так и по диаметру ствола.

Таким образом, проведенные испытания потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной на территории Северного Казахстана показали эффективность отбора на уровне 47,12 %, т. е. менее половины плюсовых деревьев подтвердили генетическую стабильность признака (высота дерева и диаметр ствола) в потомстве.

Выводы

У полусибсов в испытательных культурах первой генерации наибольшая высота — $20,23 \pm 0,09$ м (превышение на 1,66...3,23 м) и наименьший средний диаметр ствола — $18,44 \pm 0,15$ см (меньше на 0,92...1,53 см) по сравнению с остальными потомствами. Селекционный эффект по высоте в среднем составил 7,39 %, по диаметру 14,10 %. Доля семей (в среднем по всем генерациям), достоверно превышающих контрольные образцы по высоте составила 42,03 %, по диаметру ствола — 9,65 %.

Из всего набора испытываемых семей, только у 32,03 % выявлено достоверное превышение по высоте не менее чем в двух генерациях. К числу наиболее продуктивных отнесено 15,09 % семей, достоверно превышающих контрольные образцы по показателям средней высоты и диаметра ствола не менее чем в двух генерациях. Общая эффективность по количеству отобранных плюсовых деревьев сосны обыкновенной соответствовала уровню 47,12 %, у которых в полусибсовом потомстве проявилась стабильность по показателям роста.

Данное исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (ИРН BR10263776).

Список литературы

- [1] Видякин А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений // Хвойные бореальной зоны, 2010. Т. 27. № 1–2. С. 18–24.
- [2] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Орнатский А.Н. Лесное семеноводство: проблемы и перспективы развития на селекционно-генетической основе: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Инновации и технологии в лесном хозяйстве», 22–23 марта 2011 г., Санкт-Петербург, ФГУ «СПбНИИЛХ» // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб.: Изд-во СПбНИИЛХ, 2011. С. 10–14.
- [3] Корчагин О.М., Семенов М.А., Вариводина И.Н., Камалов Р.М., Кострикин В.А., Царев В.А., Спицына В.И. Развитие генетико-селекционных методов повышения продуктивности лесов // Лесохозяйственная информация, 2020. № 4. С. 5–22.
- [4] Царев А.П., Лаур Н.В., Царев В.А., Царева Р.П. Современное состояние лесной селекции в Российской Федерации: тренд последних десятилетий // ИзВУЗ. Лесной журнал, 2021. № 6(384). С. 38–55.
- [5] Тараканов В.В., Паленова М.М., Паркина О.В., Роговцев Р.В., Третьякова Р.А. Лесная селекция в России: достижения, проблемы, приоритеты (обзор) // Лесохозяйственная информация, 2021. № 1. С. 100–143.
- [6] Ковалевич А., Падутов В., Баранов О., Сидор А., Каган Д., Ивановская С. Сохранение и рациональное использование лесов на селекционно-генетической основе // Наука и инновации, 2022. № 4(230). С. 12–17.
- [7] Царев А.П., Лаур Н.В., Царев В.А. Экономическая эффективность лесной селекции // Ученые записки Петрозаводского государственного университета, 2012. № 8. Т. 2. С. 35–39.
- [8] Раевский Б.В. Селекционно-генетическая оценка клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях первого порядка. Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2006. 91 с.
- [9] Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Гео, 2012. 707 с.

- [10] Przybylski P., Matras J., Sułkowska M. Genetic variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in maternal regions of provenance // *Folia Forestalia Polonica. Series A*, 2015, no. 57(2), pp. 112–119. DOI: 10.1515/ffp-2015-0011
- [11] Brichta J., Vacek S., Vacek Z., Cukor J., Mikeska M., Bílek L., Šimůnek V., Gallo J., Brabec P. Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21st century // *Central European Forestry J.*, 2023, v.69, iss. 1, pp. 3–20. DOI: 10.2478/forj-2022-0020
- [12] Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 190 с.
- [13] Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Наследственная обусловленность пигментного состава хвои представителей рода Лиственница // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, 2021. Т. 25. № 5. С. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-5-13
- [14] Rosvall O., Mullin T.J., Lindgren D. Controlling parent contributions during positive assortative mating and selection increases gain in long-term forest tree breeding // *Forest Genetics*, 2003, no. 10(1), pp. 35–53.
- [15] Жигунов А.В., Бондаренко А.С., Николаева М.А. Первые результаты отбора элитных деревьев ели европейской в Ленинградской области // *ИзВУЗ Лесной журнал*, 2012. № 3. С. 43–50.
- [16] Ishibashi V., Junior P.C.F., Martinez D.T., Higa A.R. Genetic selection of *Pinus taeda* L. through multi-environment trial // *Floresta*, 2021, no. 51(1), pp. 211–219. DOI: 10.5380/rf.v51i1.68057
- [17] Раевский Б.В., Игнатенко Р.В., Новиченок Е.В., Прокопюк В.М., Куклина К.К. Современное состояние селекции и семеноводства хвойных пород // *ИзВУЗ Лесной журнал*, 2022. № 6. С. 9–37.
- [18] Ефимов Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж: Истоки, 2010. 253 с.
- [19] 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 22.02.2024).
- [20] Рогозин М.В. Программа селекции сосны и ели по прямым и коррелирующим признакам в Пермском крае // *Лесохозяйственная информация*, 2018. № 2. С. 85–95.
- [21] Пояснительная записка к материалам государственного лесного кадастра и кадастра особо охраняемых лесных территорий лесного фонда Республики Казахстан по состоянию на 01.01.2021. Алматы: Изд-во Казахского лесоустроительного предприятия, 2021. 138 с.
- [22] Шульга В.В. Внутривидовая изменчивость сосны обыкновенной на юге ее ареала (в Казахстане) // *Леса и древесные породы Северного Казахстана*. Л.: Наука, 1974. С. 66–71.
- [23] Мосин В.И., Шульга В.В., Бреусова А.И. Полиморфизм, отбор и испытание сосны в Казахстане: Всесоюз. совещ. по лесной генетике, селекции и семеноводству, 1–4 ноября 1983 г., г. Петрозаводск. Тезисы докл. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1983. С. 27–29.
- [24] Крекова Я.А., Чеботько Н.К. История и развитие лесной селекции в Казахстане // *Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Пятой* Всерос. нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием 22 мая 2019 г., г. Петрозаводск. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2019. С. 54–56.
- [25] Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 27 августа 2013 года № 258-Ө: «Об утверждении Правил выявления, создания и эксплуатации объектов селекционно-семеноводческого назначения». URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008751> (дата обращения 05.02.2024).
- [26] Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 12 июля 2011 года № 14-1/392: «Об утверждении возраста рубки леса на территории государственного лесного фонда». URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1100007101> (дата обращения 05.02.2024).
- [27] Чеботько Н.К., Крекова Я.А., Бейсенбай А.Б., Шарипова А.К. Оценка клонового потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на севере Казахского мелкосопочника // *3I: intellect, idea, innovation — интеллект, идея, инновация*, 2022. № 4. С. 212–221. DOI: 10.52269/22266070_2022_4_212
- [28] Крекова Я.А., Чеботько Н.К. Исследования потомства плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* L. в испытательных культурах первой генерации // *Природообустройство*, 2023. № 3. С. 130–136. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-130-136
- [29] Мартынов А.Н., Мельников Е.С., Ковязин В.Ф., Аникин А.С., Минаев В.Н., Беляева Н.В. Основы лесного хозяйства и таксация леса. СПб.: Лань, 2008. 372 с.
- [30] Багинский В.Ф., Лапицкая О.В. Биометрия в лесном хозяйстве. Гомель: Изд-во ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. 276 с.
- [31] Бреусова А.И., Чеботько Н.К. Оценка наследственных свойств плюсовых деревьев сосны обыкновенной по потомству // *Среда и жизнедеятельность. Кустанайская область Республики Казахстан. Кустанай: Кустанайский печатный двор*, 1994. С. 174–175.
- [32] Роне В.М. Генетический анализ лесных популяций. М.: Наука, 1980. 160 с.
- [33] Белоусова А.А. Испытание семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной в условиях таежной зоны // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2016. № 1–5. С. 251–255.
- [34] Видякин А.И., Хорькова Е.Ю., Клабукова Т.П. Результаты предварительной оценки плюсовых деревьев сосны и ели в испытательных культурах Вятского лесосеменного района // *Лесохозяйственная информация*, 2002. № 6. С. 41–42.
- [35] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Проблемы и перспективы развития отечественной лесной селекции // *Материалы Междунар. агробиотехнол. симп., посвящ. 80-летию чл.-кор. РАН, заслуж. деятеля науки РФ В.В. Сочнева: «150 инноваций совершенствования ветеринарного обеспечения сельских и городских территорий»*, 23–25 сентября 2015 г., Нижний Новгород. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА; «БИКАР», 2015. Т. 2. С. 116–120.
- [36] Воробьев Р.А., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Тютин А.Ю. Таксационные показатели клонов плюсовых деревьев ели европейской в архиве клонов в Нижегородской области // *Хвойные бореальной зоны*, 2023. Т. 41. № 1. С. 12–23.
- [37] Рогозин М.В. Общая комбинационная способность *Pinus sylvestris* L. на семенных участках // *Сибирский лесной журнал*, 2014. № 2. С. 53–61.

Сведения об авторах

Крекова Яна Алексеевна  — канд. с.-х. наук, зав. отделом селекции, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени А.Н. Букейхана», yana24.ru@mail.ru

Чеботко Надежда Константиновна — канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. отдела селекции, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени А.Н. Букейхана», chebotkon@mail.ru

Поступила в редакцию 18.03.2024.

Одобрено после рецензирования 25.11.2024.

Принята к публикации 25.03.2025.

TEST RESULTS OF HALF-SIBS PLUS SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) TREES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

Y.A. Krekova , **N.K. Chebotko**

A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, 58, Kirov st., 021704, Shchuchinsk, Republic of Kazakhstan

yana24.ru@mail.ru

The test results of plus Scots pine half-sibs trees in three generations progeny test growing in the northern part of the Kazakh Upland (Akmola region, Northern Kazakhstan) are presented. The survival rate of the half-sibs in progeny test at the age of 36...37 years has been determined, averaging 55,67 %. It was revealed that offspring of the first generation exceed the tree height of the second and third generation offspring by 15,35...15,95 %, however, the trunk diameter is smaller by 7,55...8,31 %. The proportion of families with excess indicators over control samples has been determined at a significant level ($p < 0,05$) in terms of tree height — 42,03 % and trunk diameter — 9,65 %. Genetic progress through selection has been established at an average of 7,39 % (1,29 m) in tree height and 14,1% (2,79 sm) in trunk diameter. Less than half (47,12 %) of the selected and tested plus Scots pine trees showed stability in terms of growth in half-sibs offspring.

Keywords: forest selection, *Pinus sylvestris* L., tree height, trunk diameter, productivity, test crops, half-sibs

Suggested citation: Krekova Y.A., Chebotko N.K. *Rezultaty ispytaniya semennogo potomstva plusovykh derev'ev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) v Severnom Kazakhstane* [Test results of half-sibs plus Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees in Northern Kazakhstan]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 3, pp. 17–26. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-3-17-26

References

- [1] Vidyakin A.I. *Effektivnost' plusovoy seleksii drevesnykh rasteniy* [Efficiency of plus selection of woody plants]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal area], 2010, t. 27, no. 1–2, pp. 18–24.
- [2] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Ornatskiy A.N. *Lesnoe semenovodstvo: problemy i perspektivy razvitiya na selekcionno-geneticheskoy osnove* [Forest seed production: problems and prospects for development on a selection-genetic basis]. *Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaystve: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ser. «Trudy Sankt-Peterburgskogo nauch.-issled. in-ta lesn. khoz-va»* [Innovations and technologies in forestry: materials of the International Scientific and Practical Conference. Series «Proceedings of the Sankt-Petersburg Forestry Research Institute»]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy NIILKh, 2011, pp. 10–14.
- [3] Korchagin O.M., Semenov M.A., Varivodina I.N., Kamalov R.M., Kostrikin V.A., Tsarev V.A., Spitsyna V.I. *Razvitiye genetiko-selektsionnykh metodov povysheniya produktivnosti lesov* [Development of genetic and selection methods for increasing forest productivity]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2020, no. 4, pp. 5–22.
- [4] Tsarev A.P., Laur N.V., Tsarev V.A., Tsareva R.P. *Sovremennoe sostoyanie lesnoy seleksii v Rossiyskoy Federatsii: trend poslednikh desyatiletiy* [The Current State of Forest Breeding in the Russian Federation: The Trend of Recent Decades]. *IzVUZ Lesnoy zhurnal*, 2021, no. 6(384), pp. 38–55.
- [5] Tarakanov V.V., Palenova M.M., Parkina O.V., Rogovtsev R.V., Tret'yakova R.A. *Lesnaya selektsiya v Rossii: dos-tizheniya, problemy, priority (obzor)* [Forest selection in Russia: achievements, problems, priorities (review)] *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2021, no. 1, pp. 100–143.
- [6] Kovalevich A., Padutov V., Baranov O., Sidor A., Kagan D., Ivanovskaya S. *Sokhraneniye i ratsional'noye ispol'zovaniye lesov na selekcionno-geneticheskoy osnove* [Conservation and rational use of forests on a selection and genetic basis]. *Nauka i innovatsii* [Science and innovation], 2022, no. 4(230), pp. 12–17.

- [7] Tsarev A.P., Laur N.V., Tsarev V.A. *Ekonomicheskaya effektivnost' lesnoy selektsii* [Economic efficiency of forest selection]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gos. un-ta* [Scientific notes of Petrozavodsk State University], 2012, no. 8, t. 2, pp. 35–39.
- [8] Raevskiy B.V. *Seleksionno-geneticheskaya otsenka klonov sosny obyknovennoy na lesosemennyykh plantatsiyakh pervogo poryadka* [Selection and genetic assessment of Scots pine clones on first-order forest seed plantations: Educational and methodological manual]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2006, 91 p.
- [9] Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. *Drevesnye rasteniya Aziatskoy Rossii* [Woody plants of Asian Russia]. Novosibirsk: Geo, 2012, 707 p.
- [10] Przybylski P., Matras J., Sulowska M. Genetic variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in maternal regions of provenance. *Folia Forestalia Polonica. Series A*, 2015, no. 57(2), pp. 112–119. DOI: 10.1515/ffp-2015-0011
- [11] Brichta J., Vacek S., Vacek Z., Cukor J., Mikeska M., Bilek L., Šimůnek V., Gallo J., Brabec P. Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21st century. *Central European Forestry J.*, 2023, v.69, iss. 1, pp. 3–20. DOI: 10.2478/forj-2022-0020
- [12] Pravdin L.F. *Sosna obyknovennaya. Izmenchivost, vnutrividovaya sistematika i selekciya* [Scots pine. Variation, intra-specific taxonomy and selection]. Moscow: Nauka, 1964, 190 p.
- [13] Yesichev A.O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. *Nasledstvennaya obuslovlennost' pigmentnogo sostava khvoi predstaviteley roda listvennitsa* [Hereditary dependence of pigment composition in genus larch needles]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 5, pp. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-5-13
- [14] Rosvall O., Mullin T.J., Lindgren D. Controlling parent contributions during positive assortative mating and selection increases gain in long-term forest tree breeding. *Forest Genetics*, 2003, no. 10(1), pp. 35–53.
- [15] Zhigunov A.V., Bondarenko A.S., Nikolaeva M.A. *Pervye rezul'taty otbora elitnykh derev'ev eli evropeyskoy v Leningradskoy oblasti* [The first results of the selection of elite Norway spruce trees in the Leningrad region]. *IzVUZ Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 3, pp. 43–50.
- [16] Ishibashi V., Junior P.C.F., Martinez D.T., Higa A.R. Genetic selection of *Pinus taeda* L. through multi-environment trial. *Floresta*, 2021, no. 51(1), pp. 211–219. DOI: 10.5380/rf.v51i1.68057
- [17] Raevskiy B.V., Ignatenko R.V., Novichonok E.V., Prokopyuk V.M., Kuklina K.K. *Sovremennoe sostoyanie selektsii i semenovodstva khvoynykh porod* [The Current State of Conifer Species Breeding and Seed Production]. *IzVUZ Lesnoy zhurnal*, 2022, no. 6, pp. 9–37.
- [18] Efimov Yu.P. *Semennye plantatsii v selektsii i semenovodstve sosny obyknovennoy* [Seed plantations in selection and seed production of Scots pine]. Voronezh: Istoki, 2010, 253 p.
- [19] Efimov Yu.P. *Semennye plantatsii v selektsii i semenovodstve sosny obyknovennoy* [To the question of genetic assess the prospects of selected breeding material of pine seed plantations of the Lower Volga region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013, no. 4. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9986> (accessed 22.02.2024).
- [20] Rogozin M.V. *Programma selektsii sosny i eli po pryamym i korreliiruyushchim priznakam v Permskom krae* [Breeding program for pine and spruce based on direct and correlating traits in the Perm region] // *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2018, no. 2, pp. 85–95.
- [21] *Poyasnitel'naya zapiska k materialam gosudarstvennogo lesnogo kadastra i kadastra osobo okhranyaemykh lesnykh territoriy lesnogo fonda Respubliki Kazakhstan po sostoyaniyu na 01.01.2021* [Explanatory note to the materials of the state forest cadastre and cadastre of specially protected forest areas of the forest fund of the Republic of Kazakhstan as of 01.01.2021]. Almaty: Respublikanskoe gosudarstvennoe kazennoe predpriyatie «Kazakhskoe lesoustroitel'noe predpriyatie», 2021, 138 p.
- [22] Shul'ga V.V. *Vnutrividovaya izmenchivost' sosny obyknovennoy na yuge ee areala (v Kazakhstane)* [Intraspecific variability of Scots pine in the south of its range (in Kazakhstan)]. *Lesa i drevesnye porody Severnogo Kazakhstana* [Forests and tree species of Northern Kazakhstan]. Leningrad: Nauka. Leningr. otd-nie, 1974, pp. 66–71.
- [23] Mosin V.I., Shul'ga V.V., Breusova A.I. *Polimorfizm, otbor i ispytanie sosny v Kazakhstane* [Polymorphism, selection and testing of pine in Kazakhstan]. *Vsesoyuz. soveshch. po lesnoy genetike, selektsii i semenovodstvu: tezisy dokl.* [All-Union Conference on Forest Genetics, Breeding and Seed Production], 1–4 noyabrya 1983 g., g. Petrozavodsk. Petrozavodsk: KF AN SSSR, 1983, pp. 27–29.
- [24] Krekova Ya.A., Chebot'ko N.K. *Istoriya i razvitie lesnoy selektsii v Kazakhstane* [History and development of forest selection in Kazakhstan]. *Povyshenie effektivnosti lesnogo kompleksa: mater. Pyatoy Vseros. nats. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uch.* [Increasing the efficiency of the forestry complex]. Petrozavodsk: PGU, 2019, pp. 54–56.
- [25] *Prikaz Ministra okhrany okruzhayushchey sredy Respubliki Kazakhstan ot 27 avgusta 2013 goda № 258-Ø: «Ob utverzhdenii Pravil vyyavleniya, sozdaniya i ekspluatatsii ob'ektov seleksionno-semenovodcheskogo naznacheniya»* [Order of the Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated August 27, 2013 No. 258-Ø: «About approval of Rules of identification, creation and operation of subjects to selection and seed-growing appointment»]. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1300008751> (data obrasheniya: 05.02.2024).
- [26] *Prikaz Ministra selskogo hozyajstva Respubliki Kazakhstan ot 12 iyulya 2011 goda № 14-1/392: «Ob utverzhdenii vozrasta rubki lesa na territorii gosudarstvennogo lesnogo fonda»* [Order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated July 12, 2011 No. 14-1/392: «About approval of the age of forest felling on the territory of the state forest fund»]. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1100007101> (accessed 05.02.2024).
- [27] Chebot'ko N.K., Krekova Ya.A., Beysenbay A.B., Sharipova A.K. *Otsenka klonovogo potomstva plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy na severe Kazakhskogo melkosopochnika* [Assessment of clonal progeny of plus trees of Scots pine in the north of the Kazakh Uplands]. *3I: intellect, idea, innovation — intellekt, ideya, innovatsiya* [3I: Intellect, Idea, Innovation], 2022, no. 4, pp. 212–221. DOI: 10.52269/22266070_2022_4_212

- [28] Krekova Ya.A., Chebot'ko N.K. *Issledovaniya potomstva plyusovykh derev'ev Pinus sylvestris L. v ispytatel'nykh kul'turakh pervoy generatsii* [Studies of the progeny of plus trees *Pinus sylvestris* L. in test crops of the first generation]. Prirodobustroystvo [Nature management], 2023, no. 3, pp. 130–136. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-130-136
- [29] Martynov A.N., Mel'nikov E.S., Kovyazin V.F., Anikin A.S., Minaev V.N., Belyaeva N.V. *Osnovy lesnogo khozyaystva i taksatsiya lesa* [Fundamentals of forestry and forest taxation]. St. Petersburg: Lan', 2008, 372 p.
- [30] Baginskiy V.F., Lapitskaya O.V. *Biometriya v lesnom khozyaystve* [Biometrics in forestry]. Gomel: GGU im. F. Skoryny, 2017, 276 p.
- [31] Breusova A.I., Chebot'ko N.K. *Otsenka nasledstvennykh svoystv plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy po potomstvu* [Assessment of the hereditary properties of Scots pine plus trees based on their offspring]. Sreda i zhiznedeyatel'nost'. Kustanayskaya oblast' Respubliki Kazakhstan [Environment and life. Kostanay region of the Republic of Kazakhstan]. Kustanay: Kustanayskiy pechatnyy dvor, 1994, pp. 174–175.
- [32] Rone V.M. *Geneticheskiy analiz lesnykh populyatsiy* [Genetic analysis of forest populations]. Moscow: Nauka, 1980, 160 p.
- [33] Belousova A.A. *Ispytanie semennogo potomstva plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy v usloviyakh taizhnoy zony* [Testing the seed progeny of plus-sized Scots pine trees in the Taiga]. Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk [International J. of Humanities and Sciences], 2016, no. 1–5, pp. 251–255.
- [34] Vidyakin A.I., Khor'kova E.Yu., Klabukova T.P. *Rezultaty predvaritel'noy otsenki plyusovykh derev'ev sosny i eli v ispytatel'nykh kul'turakh Vyatskogo lesosemennogo rayona* [Results of a preliminary assessment of plus pine and spruce trees in test crops of the Vyatka forest seed region]. Lesokhozyaystvennaya informatsiya [Forestry information], 2002, no. 6, pp. 41–42.
- [35] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. *Problemy i perspektivy razvitiya otechestvennoy lesnoy seleksii* [Problems and prospects for the development of domestic forest selection]. Mater. mezhdunar. agrobiotekhnologicheskogo simpoziuma, posvyashch. 80-letiyu chlena-korrespondenta RAN, zasluzh. deyatelya nauki RF V.V. Sochneva: 150 innovatsiy sovershenstvovaniya veterinarnogo obespecheniya sel'skikh i gorodskikh territoriy [Materials of the international agrobiotechnological symposium dedicated to the 80th anniversary of the corresponding member of the wounds, Honored Scientist of the Russian Federation V.V. Sochneva: 150 innovations for improving veterinary provision of rural and urban areas of the Higher Professional Educational Institution of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy]. N. Novgorod: NGSKhA, «BIKAR», 2016, t. 2, pp. 116–120.
- [36] Vorob'ev R.A., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Tyutin A.Yu. *Taksatsionnye pokazateli klonov plyusovykh derev'ev eli evropeyskoy v arkhive klonov v Nizhegorodskoy oblasti* [Taxation indicators of clones of plus trees of European spruce in the clone archive in the Nizhny Novgorod region]. Khvoynye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2023, v. 41, no. 1, pp. 12–23.
- [37] Rogozin M.V. *Obshchaya kombinatsionnaya sposobnost' Pinus sylvestris L. na semennykh uchastkakh* [General combinative ability of *Pinus sylvestris* L. in seed plots]. Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest Journal], 2014, no. 2, pp. 53–61.

This study is funded by the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (IRN BR10263776).

Authors' information

Krekova Yana Alekseevna✉ — Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Breeding department, A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, yana24.ru@mail.ru

Chebotko Nadezhda Konstantinovna — Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Breeding department, A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, chebotkon@mail.ru

Received 18.03.2024.

Approved after review 25.11.2024.

Accepted for publication 25.03.2025.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

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

The authors declare that there is no conflict of interest