

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1149

EDN: KEVYQR

УДК 634.11:631.53.04



Научная статья

## ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕСНОЙ СЕЛЕКЦИИ И СОРТОВОГО СЕМЕНОВОДСТВА ДЛЯ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

*С.Н. Крючков, А.И. Беляев, А.М. Пугачёва, А.С. Соломенцева,  
С.А. Егоров, А.К. Романенко*

### *Аннотация*

**Обоснование.** Селекционно-генетическая основа является основным приемом, повышающим качество, жизнеспособность насаждений и их эффективность. Комплексные исследования и внедрение полученных результатов позволяют решить проблему селекции, размножения ценного генофонда, организации постоянной лесосеменной базы подбора растений.

**Цель.** Подбор перспективных древесных пород для аридного региона (Европейская территория России) на основе эффективных методов повышения устойчивости насаждений для лесной селекции и семеноводства.

**Материалы и методы.** Генетическая оценка лесосеменных плантаций проводилась при помощи дисперсионного анализа, коэффициентов повторяемости и наследуемости, доли влияния на фенотипы генетических и экологических факторов. Выделение генотипов проводилось при помощи инвентаризации на уровне конкурсного испытания по набору положительных признаков и степени их ценности у каждого исследуемого вида. Проводилось ранжирование таксационных показателей с целью отбора перспективных клонов и семей для высокоурожайных лесосеменных плантаций с признаками интенсивного роста. В исследованиях использовали полевые и лабораторные методы: фенологические, морфологические, физиолого-биохимические.

**Результаты.** Установлено, что путём повторного введения в культуру отбора возрастных репродукторов с хорошей жизненностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды особей можно значительно повысить устойчивость насаждений различного назначения. Хорошую сохранность и таксационные показатели исследуемых пород можно связать с формированием в

насаждениях интразональной экологической обстановки. Высокая эффективность отбора гибридных форм подтверждается, так как все исследуемые растения имели удовлетворительное состояние и высокий процент сохранности.

**Выводы.** Разработанная схема повышения устойчивости ЗЛН (защитных лесных насаждений) позволит создать ценный селекционный фонд для агролесомелиоративного обустройства, к основным породам которого относятся *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L., *Pyrus communis* subsp. *pyraster* (L.) Ehrh., *Ulmus pumila* L., *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall., *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.), *Pinus silvestris* L. Влияние насаждения на плодоношения клонового потомства недостоверно, влияние маточника отличается достоверностью на уровне 1-5 % значимости в отношении плюсовых деревьев на плантации. Породный состав насаждений Новоаннинской популяции отнесен к перспективным и может претендовать на статус культурного сорта.

**Ключевые слова:** биоразнообразие; лесосеменные плантации; селекция; семеноводство; агролесомелиорация

**Для цитирования.** Крючков, С. Н., Беляев, А. И., Пугачёва, А. М., Соломenceва, А. С., Егоров, С. А., & Романенко, А. К. (2025). Эффективные методы лесной селекции и сортового семеноводства для лесомелиорации аридных территорий Европейской России. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 456-477. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1149>

Original article

## EFFECTIVE METHODS OF FOREST BREEDING AND VARIETAL SEED PRODUCTION FOR FOREST RECLAMATION OF ARID TERRITORIES OF EUROPEAN RUSSIA

*S.N. Kryuchkov, A.I. Belyaev, A.M. Pugacheva, A.S. Solomentseva,  
S.A. Egorov, A.K. Romanenko*

### *Abstract*

**Background.** Of particular relevance is the problem of creating a new generation of viable protective forest plantations from a reliable assortment on a breeding and genetic basis from seed material of the highest breeding conditions.

**Purpose.** Goal. Selection of promising tree species for the arid region (European territory of Russia) based on effective methods to increase the stability of plantations for forest breeding and seed production.

**Materials and methods.** Genetic assessment of forest seed plantations was carried out using analysis of variance, the coefficients of repeatability and heritability, and the proportion of influence of genetic and environmental factors on phenotypes. Genotypes were isolated using an inventory at the level of a competitive test based on a set of positive signs and the degree of their value for each species under study. The ranking of taxation indicators was carried out in order to select promising clones and families for high-yielding forest seed plantations with signs of intensive growth. Field and laboratory methods were used in the research: phenological, morphological, physiological and biochemical.

**Results.** It has been established that by reintroducing into the culture the selection of age-old reproducers with good vitality and resistance to adverse environmental factors of individuals, it is possible to significantly increase the stability of plantations for various purposes. The good preservation and taxation indicators of the studied rocks can be associated with the formation of an intrazonal ecological situation in the plantations. The high efficiency of the selection of hybrid forms is confirmed, since all the studied plants had a satisfactory condition and a high percentage of preservation.

**Conclusions.** The developed scheme for increasing the stability of ZLN (protective forest plantations) will create a valuable breeding fund for agroforestry development, the main breeds of which include *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L., *Pyrus communis* subsp. *pyraster* (L.) Ehrh., *Ulmus pumila* L., *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall., *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.), *Pinus silvestris* L. The effect of planting on the fruiting of clonal offspring is unreliable, the effect of the queen bee is reliable at the level of 1-5% significance in relation to plus trees on the plantation. The species composition of the plantations of the Novoanninsky population is classified as promising and can claim the status of a cultural variety.

**Keywords:** biodiversity; forest seed plantations; breeding; seed production; agroforestry

**For citation.** Kryuchkov, S. N., Belyaev, A. I., Pugacheva, A. M., Solomentseva, A. S., Egorov, S. A., & Romanenko, A. K. (2025). Effective methods of forest breeding and varietal seed production for forest reclamation of arid territories of European Russia. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 456-477. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1149>

## Введение

Для реализации основной концепции проведения семеноводческих работ в тяжелых лесорастительных условиях необходимо проведение отбора форм, клонов, гибридов древесных пород, устойчивых к абиоти-

ческим факторам, оценка их по комплексу положительных признаков с выделением элиты; создание маточно-семенных насаждений высокого генетического уровня для полного удовлетворения потребностей защитного лесоразведения каждого агролесомелиоративного района селекционными семенами, а также разработка программного проекта этих работ, грамотное использование семян инорайонного происхождения на основе научно обоснованного географического и эколого-типологического районирования семеноводческих [3; 10; 19; 20; 23; 24; 29; 40]. Практическая значимость подобных работ заключается в реализации новых эффективных разработок (методик, технологий, программ и т. д.) через создание научно-производственных объектов постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ), специализированных семеноводческих хозяйств в каждом административном районе Европейской территории России [33; 35; 38; 43].

Селекционно-улучшенный семенной материал, полученный с лесосеменных плантаций, может быть использован для создания нового поколения устойчивых лесных насаждений на генетической основе.

Засушливые территории Европейской части России характеризуются комплексом неблагоприятных климатических условий, с интенсивной системой земледелия, сопровождающейся биологическим обеднением и нарушением экологической обстановки сельскохозяйственных территорий, их аридизацией и опустыниванием, ухудшением условий жизни населения. Эффективным средством против многих негативных факторов является агролесомелиорация.

Наиболее надёжным приёмом, повышающим качество, жизнеспособность насаждений и их эффективность является перевод их на селекционно-генетическую основу. Решить эту проблему возможно на основе комплексных исследований и широкого внедрения полученных результатов по основным направлениям: селекции, размножению ценного генофонда, организацией постоянной лесосеменной базы отселектированных растений.

В главные задачи входит получение не только быстрорастущих особей древесных видов, но выделение и внедрение форм в несвойственные для них экологические условия с высокой устойчивостью к морозам, засухам, повышенному содержанию солей в почве, к вредителям и инфекционным заболеваниям, обеспечивающим высокий мелиоративный эффект. Имеется острая необходимость создания в сухой степи и полупустыне региональных селекционно-семеноводческих комплексов важнейших видов, сортов и форм деревьев и кустарников, адаптированных к жёстким условиям произрастания, а также семенных плантаций второго порядка для производственных нужд засушливого региона.

### *Научная новизна*

В засушливом регионе ассортимент древесных пород очень ограничен. Большинство из них хорошо растут в первые годы жизни, однако, когда растения достигают 15-20-летнего возраста, рост в высоту прекращается, начинается отмирание верхних и боковых побегов, из-за чего посадки из них малопродуктивны и недолговечны. В засушливой зоне особого внимания заслуживает подбор пород для скрещивания, а также вопрос создания вегетативных гибридов с целью отбора наилучших географических форм и выведения ценных гибридов.

Для решения научных и практических задач в области агролесомелиорации засушливых территорий особенно важно сохранять защитные лесные насаждения искусственного происхождения на землях сельскохозяйственного назначения, поскольку они положительно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур.

### **Материалы и методы**

Проведено обследование (лесосеменных плантаций) ЛСП и клоновых архивов Новоаннинского лесхоза (Волгоградская область) (дуб, сосна, робиния, вяз, ясень), клоновые архивы селекционно-семеноводческого центра (г. Волгоград) (сосна, дуб, робиния), их генетическая оценка при помощи дисперсионного анализа, коэффициентов повторяемости и наследуемости, доли влияния на фенотипы генетических и экологических факторов [6].

Выделение генотипов проводилось на уровне конкурсного испытания по набору положительных признаков и степени их ценности дифференцированно по каждому древесному виду и климатической зоне.

При определении оптимальных генетических параметров высокоурожайных лесосеменных плантаций использовали полевые материалы на основе изучения формирования их урожайности.

Семенная продуктивность маточников оценивалась в клоновых архивах и на маточных плантациях в выравненных условиях способами: глазомерного учёта в относительных показателях – баллах и количественного учёта, которые позволяют определить предполагаемый урожай семян.

Проводился анализ количественных и качественных показателей урожайности в звене «родители-потомство» по возрастным этапам, на вегетативных и семенных потомствах использовали коэффициенты корреляции основных признаков и методы генетического анализа. В целях отбора перспективных клонов и семей для высокоурожайных ЛСП с признаками интенсивного роста проводилось ранжирование таксационных показателей

и интенсивности плодоношения при интенсивности отбора 20 и 40 %. Полученные оценки умножались на весовые коэффициенты, отражающие долевое участие (значимость) каждого фактора.

В работе использовали полевые и лабораторные методы: фенологические, морфологические, физиолого-биохимические [2; 12; 39; 41].

При отборе генофонда предусматривалось применение экспресс-методов оценки засухо-, соле-, морозоустойчивости, устойчивости к болезням, а также всех известных косвенных признаков, сопряжённых с хозяйственно-ценными характеристиками.

Первичным этапом семеноводческой работы была селекционная инвентаризация естественных и искусственных взрослых насаждений, предварительный отбор кандидатов в плюсовые деревья, а также оценка плюсовых деревьев основных древесных видов, выделенных на Европейской территории России (Таблица 1).

Таблица 1.

**Плюсовые деревья основных древесных видов, выделенных  
в засушливых условиях Европейской территории России**

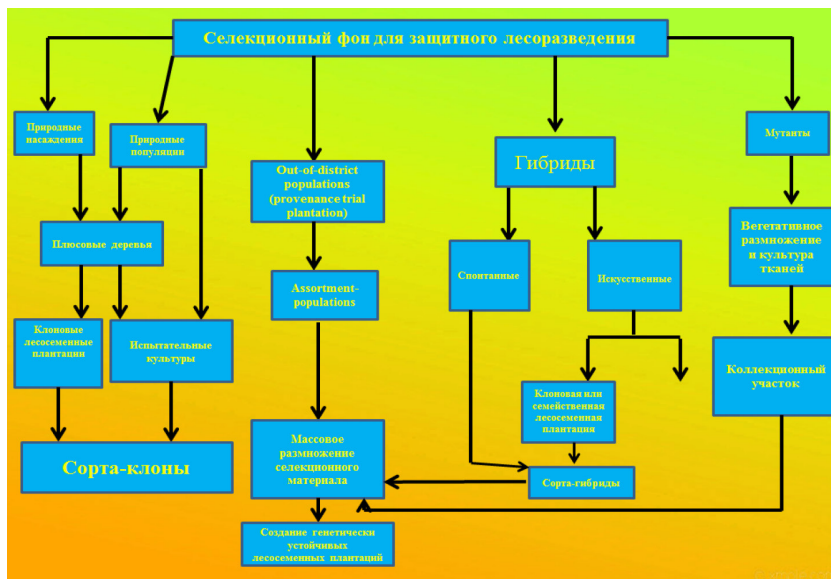
| Древесная порода                                                   | Кол-во<br>учтённых<br>деревьев, шт. | Средний<br>возраст,<br>лет | Средние |       | Объект<br>отбора                                |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------|-------|-------------------------------------------------|
|                                                                    |                                     |                            | Н, м    | Д, см |                                                 |
| <i>Pinus sylvestris</i> L.                                         | 209                                 | 95                         | 23      | 35    | Лесные культуры                                 |
| <i>Pinus nigra</i> subsp.<br><i>pallasiana</i> (Lamb.)<br>Holmboe. | 75                                  | 80                         | 20      | 35    | Лесные культуры                                 |
| <i>Quercus robur</i> L.                                            | 147                                 | 90                         | 16      | 55    | Естественные<br>байрачные нагор-<br>ные дубравы |
| <i>Ulmus pumila</i> L.                                             | 123                                 | 40                         | 12      | 32    | Защитные лесные<br>полосы                       |
| <i>Robinia pseudoaca-</i><br><i>cia</i> L.                         | 107                                 | 50                         | 18      | 30    | Защитные лесные<br>насаждения                   |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.                                       | 41                                  | 80                         | 19      | 44    | Естественные<br>и искусственные<br>насаждения   |
| <i>Pyrus communis</i> sub-<br>sp. <i>pyraster</i> (L.) Ehrh.       | 25                                  | 30                         | 7       | 21    | Полезащитная<br>лесная полоса                   |
| <i>Fraxinus</i><br><i>pennsylvanica</i><br>Marshall.               | 31                                  | 40                         | 9       | 16    | Полезащитная<br>лесная полоса                   |
|                                                                    |                                     |                            |         |       | Всего: 758                                      |

Для кластерного анализа использовали расчеты, проведенные по формуле 1:

$$p(x_{ij}) = \sqrt{\sum (x_{i1} - x_{ji})^2} \quad (1),$$

где I – признаки, k – количество признаков

Выделенные маточные деревья в количественном отношении вполне обеспечивают нормативы для создания постоянной лесосеменной базы всех древесных видов. Однако, учитывая резко выраженную мозаичность и дифференциацию почвенных и климатических условий, выделенный генофонд должен использоваться локально – в определённых экологических нишах, и с учётом природного, лесосеменного и агролесомелиоративного районирования. Кроме того, определённое количество выделенных растений должно пройти дополнительное обследование и оформление в государственный реестр с целью повышения устойчивости насаждений (Рис. 1).



**Рис. 1.** Схема повышения устойчивости защитных лесных насаждений из селекционного генофонда

Физико-механические и химические свойства почв изучались колориметрическим методом. На втором этапе генофонд оценивался путем моделирования экстремальных ситуаций. Интенсивность испарения изме-

рялась путем быстрого взвешивания листьев. При изучении влияния родительских признаков на семенное потомство использовали иерархические дисперсионные комплексы, определяющие подчиненность структурных компонентов. Для обработки и статистического анализа использовались MS Excel и Statistica 13.

### Результаты и их обсуждение

При искусственном расширении ареала продвижение растений с севера на юг более успешно, чем с юга на север, что ограничено их морозостойкостью и зимостойкостью. Согласно исследованиям, проведенным авторами, в порядке снижения морозостойкости древесные породы расположены следующим образом: сосны, вяз, дуб, ясень, робиния, груша (Таблица 2) [11; 13; 14; 15; 22; 25; 34; 36; 37; 38].

Таблица 2.

#### Допустимые, угнетающие и токсичные концентрации легкорастворимых солей для исследуемых видов

| Категория выносливости     | Порог токсичности солей, % | Название вида                                                                            |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Очень слабо солевыносливые | > 0.3                      | <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe. |
| Слабо солевыносливые       | 0.4                        | <i>Quercus robur</i> L., <i>Ulmus pumila</i> L.                                          |
| Солевыносливые             | > 0.5                      | <i>Robinia pseudoacacia</i> L.                                                           |
| Наиболее солевыносливые    | > 0.7                      | <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall.                    |
| Солеустойчивые             | > 1.5                      | <i>Pyrus communis</i> subsp. <i>pyraster</i> (L.) Ehrh.                                  |

Предложения по дальнейшему интенсивному использованию выделенного генофонда учитывают региональные особенности и потребность в селекционном посевном и посадочном материале [32; 36; 42].

*Pinus sylvestris* L. Общее состояние первой группы деревьев хорошее, несмотря на предельный для этих условий возраст. В условиях сухой степи насаждения имеют удовлетворительное состояние сохранившихся плюсовых деревьев. Из 12 выделенных погибли 5 экземпляров в процессе интенсивного усыхания соснового массива. Тем не менее, среди плюсовых особей отпад в несколько раз ниже, чем у контроля. В соответствии



с природными условиями создание ПЛСБ сосны обыкновенной следует продолжить на базе Новоаннинского лесхоза Волгоградской области (чернозёмная степь) и Кировском селекционно-семеноводческом комплексе (сухая степь).

*Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe. является ценной устойчивой к засухе и вредителям альтернативной породой сосне обыкновенной для лесоразведения в сухостепных и полупустынных ландшафтах региона. Планируется заложить 25 га ЛСП в Кировском ССК для обеспечения селекционным материалом Нижне-Волжского региона.

*Quercus robur* L. является единственной аборигенной древесной породой на юго-восточной границе ареала. В процессе селекционной инвентаризации было выделено 147 плюсовых деревьев. Из них 116 в естественных местообитаниях. Концепция лесного семеноводства для дуба рассматривается с региональных позиций. Генотипически разнообразные плюсовые деревья используются в лесоразведении дифференцированно. Для защитного лесоразведения на каштановых почвах сухостепной зоны рекомендуется использовать засухо-, солеустойчивые биотипы из байрачных южных дубрав.

*Ulmus pumila* L. является интродуцированным видом, который успешно используется при защитном лесоразведении в Европейской части России. Выделено 123 маточных экземпляра в защитных лесных насаждениях (полезащитных, Гослесополосах и др.), сохранившихся после экстремальных годов в процессе естественного и искусственного отбора. Многолетние исследования генофонда по потомству выявили значительное преимущество маточных деревьев береста и его гибридных форм по основным признакам, характеризующим его устойчивость и долговечность в экстремальных условиях произрастания.

*Robinia pseudoacacia* L. – ценная быстрорастущая порода с высокими мелиоративными свойствами. Однако, в светло-каштановой подзоне Волгоградской, Астраханской областей и республики Калмыкия нередко подмерзает после суровых бесснежных зим. Отбор необмерзающих быстрорастущих особей (плюсовых деревьев) позволил выделить 107 экземпляров. Высокая зимостойкость маточных деревьев сохраняется у вегетативных потомств. Эффективность отбора робинии довольно высокая. За 25 летний период произрастания на светло-каштановых почвах отпало 6 деревьев – это менее 5% от первоначально отобранного.

*Fraxinus excelsior* L. естественно произрастает в дубравах на севере Волгоградской области, является главной породой в защитных лесных насаждениях Волгоградской области.

Создание ПЛСБ (постоянной лесосеменной базы) целесообразно путём закладки клоновых ЛСП (лесосеменных плантаций) с соответствующим представительством женских и мужских потомств.

*Fraxinus pennsylvanica* Marshall. широко применяется в ЗЛН сухостепной зоны на светло-каштановых солонцеватых почвах, засухо-, солеустойчив, но часто повреждается древесницей въедливой и поэтому отстаёт в росте. Отобрано 31 плюсовое дерево в лесной полосе Камышин-Волгоград. Семенной и посадочный материал предполагается для создания ЗЛН в экстремальных условиях сухостепной и полупустынной зоны.

*Pyrus communis subsp. pyrastrer* (L.) Ehrh. – ценная сопутствующая порода для дуба при создании ЗЛН на светло-каштановых почвах.

В ходе инвентаризационных обследований насаждений были проанализированы: А – влияние на результативный признак насаждения, в котором отбирались маточники. В – влияние маточников и влияние случайных факторов. Влияние С – экологического фактора не оценивалось, поскольку размещение клонов на плантации по рендомизированной схеме позволяет снизить влияние данного фактора в опыте до минимума. На рост клона, а значит и другие генетические признаки и свойства, достоверно влияют факторы насаждения и плюсового дерева (влияние насаждений составляет 38 %, влияние маточника 49 % и на долю случайных признаков приходится 13 %) (Таблица 3, Таблица 4).

Таблица 3.

## Иерархический дисперсионный анализ изменчивости высоты клонов

| Вариации                   | Степени свободы | Сумма квадратов | Средний квадрат | Дисперсионные отклонения |          |          |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|----------|----------|
|                            |                 |                 |                 | $P_{\text{факт}}$        | $P_{05}$ | $P_{01}$ |
| Между насаждениями факт. А | 4               | 79              | 19,75           | 7,6                      | 2,4      | 3,4      |
| Между деревьями факт. В    | 22              | 57              | 19,2            | 19,2                     | 1,6      | 1,9      |
| Остаточная вариация        | 225             | 29              | 0,13            |                          |          |          |
| Общая                      | 246             | 165             |                 |                          |          |          |

$$H = 11590 \quad Dy = 165 \quad Dx = 136 \quad Dz = 29 \quad Da = 79 \quad Dv = 57$$

$$Sx^2a = 0,38 \quad Sx^2b = 0,49 \quad Sx^2y = 0,38 + 0,43 + 0,13 = 1,0$$

$$hx^2a = hx^2b \quad hx^2z = 0,13$$

Таким образом, влияние насаждения на плодоношение клонового потомства оказалось недостоверным.

Таблица 4.

**Иерархический дисперсионный анализ изменчивости плодоношения клонов**

| Вариации   | Степени свободы | Сумма квадратов | Средний квадрат | Дисперсионные отклонения |                 |     |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----|
|            |                 |                 |                 | Р <sub>факт.</sub>       | Р <sub>ст</sub> |     |
|            |                 |                 |                 |                          | 5%              | 1%  |
| По факту А | 4               | 0,8             | 0,2             | 0,24                     | 2,4             | 3,4 |
| По факту В | 22              | 18              | 0,82            | 2,05                     | 1,6             | 1,9 |
| Остаточная | 225             | 90              | 0,40            |                          |                 |     |
| Общая      | 246             | 109             |                 |                          |                 |     |

Клоны по плодоношению:

$$H = 1159 \quad D_y = 109 \quad D_x = 19 \quad D_z = 90 \quad D_a = 0,8 \quad D_b = 18$$

$$(bn)_o = \frac{1}{5-1} * \frac{(247 - 17237)}{247} = 44,3$$

$$(nA)_o = (10 + 8,97 + 8,88 + 9,29 + 10) - (9,2) = 2,58$$

$$(nB)_o = \frac{1}{28-1} * (247 - 47,1) = 7,4$$

$$n_o = \frac{2,58 + 7,4}{2} = 4,99 \quad S2a = \frac{\int_1^2 - \int_2^2 0,62}{(bn)_o} = \frac{0,62}{44,3} = 0,013$$

$$Sb = \frac{\int_1^2 - \int_2^2 0,62}{5} = \frac{0,422}{5} = 0,08$$

$$h2a = \frac{0,013}{0,49} = 0,02 - \text{насаждения}$$

$$h2b = \frac{0,08}{0,49} = 0,16 - \text{маточки}$$

$$h2z = \frac{0,40}{0,49} = 0,82 - \text{случайные факторы}$$

Влияние маточника оказалось достоверно на 1 % и 5 % уровнях значимости только в отношении фактора плюсового дерева. Расчёт факториальных дисперсий показал, что достоверное влияние маточников составляет 78 %, 21 % – недостоверное влияние насаждения и только 1 % приходится на долю случайных факторов. Таким образом, рост клонов и рост семей зависят от маточника, поэтому у клонового потомства нет значительных преимуществ по этому признаку, процент влияния маточника на рост у семенного потомства выше. К перспективным отнесены все представители Новоаннинской популяции.

Продолжается работа по испытанию сортов семейства *Ulmaceae*, а также видов *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L. По комплексу хозяйственно ценных признаков в настоящее время выделено 8 сортовых клонов, претендующих на статус культурного сорта.

Для иерархической классификации объектов исследований мы использовали кластерный анализ в виде дендрограммы (Таблица 5).

Таблица 5.

Исходные данные для расчёта

| Виды* | 1   | 2    | 3   | 4   | 5  | 6  | 7 | 8  | 9  | 10 |
|-------|-----|------|-----|-----|----|----|---|----|----|----|
| $x_1$ | 9   | 28   | 45  | 3,1 | 32 | 17 | 8 | 18 | 43 | 17 |
| $x_2$ | 154 | 4211 | 3,4 | 3,1 | 11 | 10 | 5 | 64 | 9  | 31 |

Примечание: 1 – *Quercus robur* L., 2 – *Pinus sylvestris* L., 3 – *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.), 4 – *Robinia pseudoacacia* L., 5 – *Ulmus pumila* L., 6 – *Fraxinus excelsior* L., 7 – *Pyrus communis subsp. pyrastrer* (L.) Ehrh., 8 – *Fraxinus pennsylvanica* Marshall.

$$p(x_{1,2}) = \sqrt{(9-28)x^2 + (154-4211)x^2} = 4057.04$$

$$p(x_{1,3}) = \sqrt{9-45x^2 + (154-3.4)x^2} = 154.84$$

$$p(x_{1,4}) = \sqrt{9-3.1x^2 + (154-3.1)x^2} = 151.02$$

При формировании новой матрицы расстояний мы выбирали наименьшее значение из значений объектов. В результате была получена дендрограмма сходства (Рис. 2).



Рис. 2. Дендрограмма видового сходства

Таким образом, переход на выращивание защитных лесных насаждений из отобраных маточников позволит улучшить качество искусственных посадок и в 1,5-2 раза увеличить их долговечность (Таблица 6).

Таблица 6.

**Состояние и сохранность изучаемых древесных пород**

| Название                                                | Жизненность, балл* | Год посадки | Кол-во посадочных мест, шт. | Из них:   |        | Сохранность, % | H <sub>ср</sub> , м |
|---------------------------------------------------------|--------------------|-------------|-----------------------------|-----------|--------|----------------|---------------------|
|                                                         |                    |             |                             | прижились | выпало |                |                     |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.                          | 4,0                | 2000        | 116,0                       | 111,0     | 5,0    | 95,0           | 1,60                |
| <i>Quercus robur</i> L.                                 | 4,0                | 1997        | 177,0                       | 163,0     | 14,0   | 92,1           | 1,70                |
| <i>Pyrus communis</i> subsp. <i>pyraster</i> (L.) Ehrh. | 5,0                | 1998        | 105,0                       | 103,0     | 2,0    | 98,0           | 1,40                |
| <i>Ulmus pumila</i> L.                                  | 5,0                | - // -      | 95,0                        | 95,0      | -      | 100,0          | 1,60                |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L.                            | 4,0                | 1998        | 39,0                        | 38,0      | 1,0    | 97,4           | 1,50                |
| <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall.                 | 4,0                | 1999        | 38,0                        | 35,0      | 3,0    | 92,1           | 0,70                |
| <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.)     | 5,0                | 1998        | 37,0                        | 35,0      | 2,0    | 94,5           | 0,30                |
| <i>Pinus sylvestris</i> L.                              | 4,0                | 1999        | 37,0                        | 27,0      | 10,0   | 72,9           | 0,20                |
| Всего:                                                  |                    |             |                             | 607       | 37     | 742            | 9,0                 |

Примечание\*: 4 балла – хорошая; 5 баллов – отличная.

Наши исследования в течение длительного периода установили, что путём отбора особей с хорошей жизненностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды и повторного введения репродукторов в культуру можно значительно повысить устойчивость насаждений в регионах с тяжелыми лесорастительными условиями. Преимущества таксационных показателей исследуемых видов можно связать с формированием в насаждениях интразональной экологической обстановки, благоприятной и соответствующей биологическим требованиям

(накопление высоких сугробов, образование гумуса и т. д.). По результатам учёта выделенных особей подтверждается высокая эффективность отбора гибридных форм, так как все растения сохранились, имели вполне удовлетворительное состояние, хороший процент сохранности. Разработанная схема повышения устойчивости насаждений с участием опытных видов позволит иметь набор генофонда, достаточный для проведения тщательной отбраковки, и, следовательно, пополнить количество элитных деревьев для лесосеменных насаждений высокого генетического уровня.

### Выводы

1. Основным способом воспроизводства лесных насаждений в аридных регионах, к которым относится Европейская часть России, является их перевод на селекционно-генетические методы отбора основных ценных древесных пород.

2. Разработанная схема повышения устойчивости ЗЛН (защитных лесных насаждений) позволит создать ценный селекционный фонд для агролесомелиоративного обустройства.

3. К основным древесным видам для селекционной работы в засушливых условиях можно отнести *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L., *Pyrus communis* subsp. *pyraster* (L.) Ehrh., *Ulmus pumila* L., *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall., *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.), *Pinus sylvestris* L, отличающиеся разной категорией выносливости к содержанию солей в почве и жизненностью.

4. Влияние насаждения на плодоношения клонового потомства недопустимо, влияние маточника отличается достоверностью на уровне 1-5 % значимости в отношении плюсовых деревьев на плантации.

5. Виды Новоаннинской популяции отнесены к перспективным и могут претендовать на статус культурного сорта.

**Информация о спонсорстве.** Работа выполнена в рамках Государственного задания № FNFE – 2025-0009 «Создание новых генотипов, сортов, форм древесных, кустарниковых, культурных растений с высокоценными признаками продуктивности, качества, устойчивостью к био- и абиострессорам с использованием классических и современных методов селекции, новые инновационные технологии в питомниководстве и семеноводстве, для решения задач по предотвращению деградации и опустынивания агроландшафтов в условиях изменяющегося климата».

**Список литературы / References**

1. Antwi, E. K., Boakye-Danquah, J., Owusu-Banahene, W., et al. (2022). Global review of cumulative effects assessments of disturbances on forest ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 317, 115277. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115277>
2. Alfaro, R. I., Fady, B., Vendramin, G. G., et al. (2014). The role of forest genetic resources in responding to biotic and abiotic factors in the context of anthropogenic climate change. *Forest Ecology and Management*, 333, 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.006> EDN: <https://elibrary.ru/uopkzz>
3. O'Neill, A. G., Stoehr, M., Jaquish, B. (2014). Quantifying safe seed transfer distance and impacts of tree breeding on adaptation. *Forest Ecology and Management*, 328, 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.039>
4. Callaway, R. M., Ridenour, W. M., Laboski, T., et al. (2005). Natural Selection for Resistance to the Allelopathic Effects of Invasive Plants. *Journal of Ecology*, 93(3), 576–583.
5. Calleja-Rodriguez, A., Li, Z., Hallingbäck, H. R., et al. (2019). Analysis of phenotypic- and Estimated Breeding Values (EBV) to dissect the genetic architecture of complex traits in a Scots pine three-generation pedigree design. *Journal of Theoretical Biology*, 462, 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.11.007>
6. Crossa, J., Pérez-Rodríguez, P., Cuevas, J., et al. (2017). Genomic Selection in Plant Breeding: Methods, Models, and Perspectives. *Trends in Plant Science*, 22(11), 961-975. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.011>
7. Du, Y., Mi, X., Liu, X., et al. (2009). Seed dispersal phenology and dispersal syndromes in a subtropical broad-leaved forest of China. *Forest Ecology and Management*, 258(7), 1147-1152. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.004>
8. Dungey, H. S., Dash, J. P., Pont, D., et al. (2018). Phenotyping Whole Forests Will Help to Track Genetic Performance. *Trends in Plant Science*, 23(10), 854-864. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.08.005>
9. Faucon, M.-P., Houben, D., Lambers, H. (2017). Plant Functional Traits: Soil and Ecosystem Services. *Trends in Plant Science*, 22(5), 385-394. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.005> EDN: <https://elibrary.ru/oybaih>
10. Graudal, L., Dawson, I. K., Hale, I., et al. (2022). Systems approach' plant breeding illustrated by trees. *Trends in Plant Science*, 27(2), 158-165. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.09.009> EDN: <https://elibrary.ru/leggpy>
11. Geburek, T., & Myking, T. (2018). Evolutionary consequences of historic anthropogenic impacts on forest trees in Europe. *Forest Ecology and Management*, 422, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.055> EDN: <https://elibrary.ru/ygcmfn>

12. Gibson, C., & Warren, A. (2020). Keeping time with trees: Climate change, forest resources, and experimental relations with the future. *Geoforum*, 108, 325-337. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.02.017>
13. Harfouche, A. L., Jacobson, D. A., Kainer, D., et al. (2019). Accelerating Climate Resilient Plant Breeding by Applying Next-Generation Artificial Intelligence. *Trends in Biotechnology*, 37(11), 1217-1235. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2019.05.007> EDN: <https://elibrary.ru/cqzlnj>
14. Heidari, P., Rezaei, M., Sahebi, M., et al. (2019). Phenotypic variability of *Pyrus boissieriana* Buhse: Implications for conservation and breeding. *Scientia Horticulturae*, 247, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.075>
15. Hlásny, T., Augustynczyk, A. L. D., & Dobor, L. (2021). Time matters: Resilience of a post-disturbance forest landscape. *Science of The Total Environment*, 799, 149377. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149377> EDN: <https://elibrary.ru/ayjkhk>
16. He, T., & Li, C. (2020). Harness the power of genomic selection and the potential of germplasm in crop breeding for global food security in the era with rapid climate change. *The Crop Journal*, 8(5), 688-700. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.04.005> EDN: <https://elibrary.ru/zfyynz>
17. İçgen, Y., Kaya, Z., Çengel, B., et al. (2006). Potential impact of forest management and tree improvement on genetic diversity of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 225(1-3), 328-336. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.009>
18. Kang, K.-S., El-Kassaby, Y. A., Han, S.-U., et al. (2005). Genetic gain and diversity under different thinning scenarios in a breeding seed orchard of *Quercus accutissima*. *Forest Ecology and Management*, 212(1-3), 405-410. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.063>
19. Khazipova, A., Chafizov, A., & Komissarov, A. (2020). Choice of Melioration Facies Regimes Using Catenary-facies Models of Watersheds of the Forest-steppe Zone of the Republic of Bashkortostan. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 17(1), 19-26. <https://doi.org/10.3233/AJW200002> EDN: <https://elibrary.ru/xkdfkd>
20. Kim, I. S., Lee, K. M., Shim, D., et al. (2020). Plus Tree Selection of *Quercus salicina* Blume and *Q. glauca* Thunb. and Its Implications in Evergreen Oaks Breeding in Korea. *Forests*, 11(735). <https://doi.org/10.3390/F11070735> EDN: <https://elibrary.ru/wslđan>
21. Kollmann, J., & Bañuelos, M. J. (2004). Latitudinal Trends in Growth and Phenology of the Invasive Alien Plant *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae). *Diversity and Distributions*, 10(5-6), 377-385. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00126.x>



22. Kroll, A. J., Johnston, J. D., Stokely, T. D., et al. (2020). From the ground up: Managing young forests for a range of ecosystem outcomes. *Forest Ecology and Management*, 464, 118055. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118055> EDN: <https://elibrary.ru/mxnycl>
23. Kryuchkov, S. N., Vdovenko, A. V., Vorobyova, O. M., et al. (2021). Technology of growing planting material of woody species in arid conditions of Southern Russia. Volgograd State Pedagogical University, 108 p.
24. Kumar, A., Kumar, P., Sharma, A., et al. (2022). Scientific insights to existing know-how, breeding, genetics, and biotechnological interventions pave the way for the adoption of high-value underutilized super fruit Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *South African Journal of Botany*, 145, 348-359. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.11.045>
25. Lantz, V., McMonagle, G., Hennigar, C., et al. (2022). Forest succession, management and the economy under a changing climate: Coupling economic and forest management models to assess impacts and adaptation options. *Forest Policy and Economics*, 142, 102781. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102781>
26. Lelli, C., Bruun, H. H., Chiarucci, A., et al. (2019). Biodiversity response to forest structure and management: Comparing species richness, conservation relevant species and functional diversity as metrics in forest conservation. *Forest Ecology and Management*, 432, 707-717. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.057>
27. Liu, J. (2022). From afforestation to forest landscape restoration in DPRK: Gaps and challenges. *Trees, Forests and People*, 8, 100243. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100243> EDN: <https://elibrary.ru/iutpaw>
28. MacLachlan, I. R., Wang, T., Hamann, A., et al. (2017). Selective breeding of lodgepole pine increases growth and maintains climatic adaptation. *Forest Ecology and Management*, 391, 404-416. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.008>
29. Mölder, A., Sennhenn-Reulen, H., & Fischer, C. (2019). Success factors for high-quality oak forest (*Quercus robur*, *Q. petraea*) regeneration. *Forest Ecosystems*, 6(49). <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0206-y>
30. Orton, T. J. (2020). Horticultural Plant Breeding. *Academic Press*, pp. 97-112. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815396-3.00006-8>
31. Santos, M. P., Araujo, M. J., & Silva, P. H. M. (2021). Natural establishment of *Pinus* spp. around seed production areas and orchards. *Forest Ecology and Management*, 494, 119333. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119333>
32. Sampaio, T., Gonçalves, E., Patrício, M. S., et al. (2019). Seed origin drives differences in survival and growth traits of cork oak (*Quercus suber* L.) popula-

- tions. *Forest Ecology and Management*, 448, 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.001>
33. Sagra, J., Ferrandis, P., Plaza-Álvarez, P. A., et al. (2018). Regeneration of *Pinus pinaster* Aiton after prescribed fires: Response to burn timing and biogeographical seed provenance across a climatic gradient. *Science of The Total Environment*, 637–638, 1550-1558. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.138>
34. Sedgley, M., & Griffin, A. R. (1989). Fruit- and Seed-production Management and Tree Breeding. *Applied Botany and Crop Science, Sexual Reproduction of Tree Crops*, pp. 229-290. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-634470-7.50014-3>
35. Seidler, R. (2017). Patterns of Biodiversity Change in Anthropogenically Altered Forests. *Reference Module in Life Sciences*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02186-5>
36. Silva Ramos, C. A., Soares, T. L., Santos Barroso, N., et al. (2021). Influence of maturity stage on physical and chemical characteristics of fruit and physiological quality of seeds of *Physalis angulata* L. *Scientia Horticulturae*, 284, 110124. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110124>
37. Solomentseva, A. S., Kolmukidi, S. V., Lebed, N. I., et al. (2020). Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012056> EDN: <https://elibrary.ru/qzssrj>
38. Song, P., Wang, J., Guo, X., et al. (2021). High-throughput phenotyping: Breaking through the bottleneck in future crop breeding. *The Crop Journal*, 9(3), 633-645. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.03.015> EDN: <https://elibrary.ru/tbpdkq>
39. Spengler, R. N. (2020). Anthropogenic Seed Dispersal: Rethinking the Origins of Plant Domestication. *Trends in Plant Science*, 25(4), 340-348. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.01.005> EDN: <https://elibrary.ru/tszjbk>
40. Spalvins, A., Eglite, I., & Lace, I. (2020). Modelling of the forest melioration system at Latvia. A case study. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 257-264. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/3.1/s12.034> EDN: <https://elibrary.ru/rakvmb>
41. Tzfira, T., Zuker, A., & Altman, A. (1998). Forest-tree biotechnology: genetic transformation and its application to future forests. *Trends in Biotechnology*, 16(10), 439-446. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(98\)01223-2](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(98)01223-2)
42. Urruth, L. M., Braun Bassi, J., & Chemello, D. (2022). Policies to encourage agroforestry in the Southern Atlantic Forest. *Land Use Policy*, 112, 105802. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105802> EDN: <https://elibrary.ru/iwukai>
43. Vivas, M., Wingfield, M. J., & Slippers, B. (2020). Maternal effects should be considered in the establishment of forestry plantations. *Forest Ecology and*

- Management*, 460, 117909. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117909> EDN: <https://elibrary.ru/nioumw>
44. Zhao, Y., Li, M., Deng, J., et al. (2021). Afforestation affects soil seed banks by altering soil properties and understory plants on the eastern Loess Plateau, China. *Ecological Indicators*, 126, 107670. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107670>

### ВКЛАД АВТОРОВ

- Крючков С. Н.:** формирование идеи, формулировка и развитие ключевых целей и задач.
- Беляев А. И.:** разработка методологии, создание моделей, подготовка и утверждение окончательного варианта статьи.
- Пугачёва А. М.:** концепция исследования, проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации.
- Соломенцева А. С.:** проведение исследований, экспериментов, сбор данных, анализ и интерпретация полученных результатов.
- Егоров С. А.:** концепция исследований, проведение экспериментов, подготовка и редактирование текста.
- Романенко А. К.:** концепция исследований, проведение экспериментов, подготовка и редактирование текста.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

- Sergey N. Kryuchkov:** formation of an idea, formulation and development of key goals and objectives.
- Alexander I. Belyaev:** development of methodology, creation of models, preparation and approval of the final version of the article.
- Anna M. Pugacheva:** research concept, verification of critical intellectual content, final approval of the manuscript for publication.
- Alexandra S. Solomentseva:** conducting research, experiments, data collection, analysis and interpretation of the results obtained.
- Sergey A. Egorov:** concept of research, conducting experiments, preparing and editing text.
- Almagul' K. Romanenko:** concept of research, conducting experiments, preparing and editing text.

### ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

- Крючков Сергей Николаевич**, д. с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелио-  
раций и защитного лесоразведения Российской академии наук»  
пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Феде-  
рация  
kryuchkovs@vfanc.ru*

**Беляев Александр Иванович**, д. с.-х. наук, профессор, заслуженный ра-  
ботник сельского хозяйства Российской Федерации, директор  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелио-  
раций и защитного лесоразведения Российской академии наук»  
пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация  
director@vfanc.ru*

**Пугачёва Анна Михайловна**, к. с.-х. наук, Учёный секретарь  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелио-  
раций и защитного лесоразведения Российской академии наук»  
пр-т. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Фе-  
дерация  
pugachevaa@vfanc.ru*

**Соломенцева Александра Сергеевна**, к. с.-х. наук, старший научный со-  
трудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелио-  
раций и защитного лесоразведения Российской академии наук»  
пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация  
alexis2425@mail.ru*

**Егоров Сергей Анатольевич**, младший научный сотрудник, аспирант  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелио-  
раций и защитного лесоразведения Российской академии наук»  
пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Феде-  
рация  
egorov-sa@vfanc.ru*

**Романенко Алмагуль Кадыргалиевна**, младший научный сотрудник, аспирант

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»  
пр-т Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация  
romanenko-ak@vfanc.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Sergey N. Kryuchkov**, Dr. Sc. (Agriculture), Chief Researcher of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production

*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation RAS*

*97, Universitetsky pr., Volgograd, 400062, Russian Federation*

*Kryuchkovs@vfanc.ru*

*SPIN-code: 5356-4194*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8338-6460>*

*Researcher ID: IAM-5063-2023*

**Alexander I. Belyaev**, Dr. Sc. (Agriculture), Professor, Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Director

*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation RAS*

*97, Universitetsky pr., Volgograd, 400062, Russian Federation*

*director@vfanc.ru*

*SPIN-code: 8733-7587*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8077-7052>*

*Scopus Author ID: 57206259735*

**Anna M. Pugacheva**, Cand. Sc. (Agriculture), Scientific Secretary

*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation RAS*

*97, Universitetsky pr., Volgograd, 400062, Russian Federation*

*pugachevaa@vfanc.ru*

*SPIN-code: 6857-8236*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0852-8056>*

*Researcher ID: T-5482-2017*

*Scopus Author ID: 57194047579*

**Alexandra S. Solomentseva**, Cand. Sc. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production  
*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation RAS*  
97, Universitetsky pr., Volgograd, 400062, Russian Federation  
Alexis2425@mail.ru  
SPIN-code: 6832-7471  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5857-1004>  
Researcher ID: W-4142-2018  
Scopus Author ID: 57220036834

**Sergey A. Egorov**, Junior Researcher of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production, Postgraduate Student  
*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation RAS*  
97, Universitetsky pr., Volgograd, 400062, Russian Federation  
egorov-sa@vfanc.ru  
SPIN-code: 8284-0790  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8234-7355>

**Almagul' K. Romanenko**, Junior Researcher of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production, Postgraduate Student  
*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation RAS*  
97, Universitetsky pr., Volgograd, 400062, Russian Federation  
romanenko-ak@vfanc.ru  
SPIN-code: 9028-2920  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6705-6135>

Поступила 05.09.2024

После рецензирования 12.10.2024

Принята 16.10.2024

Received 05.09.2024

Revised 12.10.2024

Accepted 16.10.2024