

СТАТЬЯ

УДК 630*161

DOI 10.17513/use.38201

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГИБРИДЫ
СОСНЫ *PINUS L.* И ДУБА *QUERCUS L.*
ДЛЯ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****Иозус А.П., Завьялов А.А., Бойко С.Ю.***Камышинский технологический институт (филиал)**ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,**Камышин, e-mail: ttp@kti.ru*

В тяжелых лесорастительных условиях в сухой степи Нижнего Поволжья актуальным является повышение устойчивости и долговечности растительного материала для вновь создаваемых насаждений. Перспективным направлением является получение и использование в условиях сухой степи межвидовых гибридов основных лесобразующих пород сосны и дуба. Лесоводами Нижневолжской станции по селекции древесных пород 60 лет назад был проведен комплекс селекционных работ и получены межвидовые гибриды сосны и дуба, из которых были созданы опытные селекционные участки. К настоящему времени гибриды на опытных участках прошли первый этап естественного отбора, вызванного воздействием на деревья тяжелых почвенно-климатических условий региона. У сохранившихся на сегодняшний день гибридных деревьев отмечено проявление гетерозиса по сравнению с контрольными вариантами. Гибриды лучше росли, были более устойчивы к неблагоприятным условиям среды, их водный режим более адаптирован для засушливых условий. Гибриды сосны и дуба, полученные на Нижневолжской станции по селекции древесных пород, можно рекомендовать для введения в разные защитные насаждения региона, а также в другие лесорастительные зоны, которые также подвергаются воздействию глобального потепления.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сосна крымская, дуб черешчатый, дуб красный, гибридизация, устойчивость, долговечность

**PROMISING HYBRIDS OF PINE *PINUS L.* AND OAK *QUERCUS L.*
FOR THE DRY STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION****Iozus A.P., Zavyalov A.A., Boyko S.Yu.***Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University,**Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru*

In difficult forest growing conditions in the dry steppe of the Lower Volga region, it is important to increase the stability and durability of plant material for newly created plantations. A promising direction is the production and use of interspecific hybrids of the main forest-forming species of pine and oak in the conditions of the dry steppe. Foresters of the Nizhnevolzhsky station for the selection of tree species 60 years ago carried out a complex of breeding work and obtained interspecific hybrids of pine and oak, from which experimental breeding plots were created. To date, the hybrids in the experimental plots have passed the first stage of natural selection caused by the impact on trees of the severe soil and climatic conditions of the region. The hybrid trees that have survived to date have a manifestation of heterosis, compared with the control variants. The hybrids grew better, were more resistant to adverse environmental conditions, and their water regime was more adapted to arid conditions. Hybrids of pine and oak obtained at the Nizhnevolzhskaya station for the breeding of tree species can be recommended for introduction into various protective plantings of the region, as well as into other forest areas that are also exposed to global warming.

Keywords: scots pine, Crimean pine, pedunculate oak, red oak, hybridization, stability, durability

Процессы глобального потепления в настоящее время активно идут в сухой степи Нижнего Поволжья, к которой относится и Волгоградская область. Результатом глобального потепления уже сейчас является значительное ухудшение лесорастительных условий. К сожалению, перечень деревьев и кустарников, которые используются здесь для создания защитных насаждений, очень беден. Одним из направлений расширения ассортимента древесных пород, а также увеличения их устойчивости и долговечности является межвидовая гибридизация [1, с. 87; 2; 3]. Межвидовые гибриды дуба,

возникшие в условиях естественных насаждений, были обнаружены и описаны еще в XVIII в. Гибриды часто характеризуются эффектом гетерозиса по росту и развитию, а по морфологии носят смешанный или промежуточный характер. Гибридизация позволяет повысить гетерогенность насаждений и отобрать путем селекции наиболее перспективные гибриды с измененной наследственностью. История межвидовой и внутривидовой гибридизации сосны также имеет более чем 150-летнюю историю. Некоторые селекционно-семенные плантации создаются с учетом возможных вари-

антов переопыления клонов для получения гибридных семян. Межвидовая гибридизация имеет наибольшие перспективы получить гетерозисный эффект [4–6]. Исследованиями была установлена генетическая совместимость сосен обыкновенной и крымской, а также некоторых других, из секции *Euripus* [1, с. 47]. В настоящее время имеется большой разрыв между традиционными селекционными и генетическими исследованиями из-за их большой трудоемкости. Между тем в Волгоградской области проводились работы по межвидовой гибридизации сосен и создан генофонд гибридов полученных в 1950–1960-х гг. [1, с. 47; 2]. Данные гибриды отличаются лучшими характеристиками для тяжелых почвенно-климатических условий. Этот опыт нуждается в оценке и выделении наиболее перспективных вариантов скрещивания основных лесобразующих пород защитного лесоразведения в сухой степи – сосны и дуба.

Цель исследования – провести селекционную инвентаризацию ранее созданных в регионе коллекционных опытных участков внутривидовых гибридов сосны и дуба и выделить среди них наиболее перспективные по комплексу признаков.

Материалы и методы исследования

Основная задача, стоявшая перед селекционерами, начавшими в 1955 г. в г. Камышине работу по гибридизации сосны и дуба, заключалась в получении гибридов, устойчивых к засухе, а также к болезням и вредителям. При гибридизации сосны планировали создать быстрорастущие, стройные и смолистые деревья, обладающие к тому же устойчивостью к неблагоприятным факторам среды и хорошим ростом. Для этого была составлена программа скрещиваний, и в насаждениях Нижневолжской станции по селекции древесных пород (филиал) ФНЦ Агроэкологии РАН были взяты те экземпляры разных видов сосен, которые имели лучшие показатели роста, состояния и устойчивости: сосна обыкновенная, черная австрийская, крымская – для преодоления возможных барьеров из той же секции, что и обыкновенная, а также сосна Банка с одинаковым числом хромосом, но из соседней секции. В условиях Камышина сосна обыкновенная начинает активно плодоносить уже с 10–12 лет, поэтому в качестве материнских выбрали хорошо плодоносящие 20-летние растения, а опылителями служили 40-летние лучшие деревья, выде-

ленные по фенотипу. С целью оптимального сочетания искусственного и естественного отбора среди выращенных гибридных сеянцев провели отбор 40% интенсивности и из отобранных сеянцев в 1962 г. заложили селекционное насаждение с размещением деревьев 2x2 м площадью 2,4 га, включающее гибриды и контрольные варианты, за которым периодически проводился комплекс наблюдений. В 2023 г. провели селекционную инвентаризацию этих опытных участков с определением показателей роста по общепринятым в таксации методикам, сохранности, состояния. С целью оценки влияния разных факторов на рост гибридов использовали трехфакторный дисперсионный анализ [7, с. 218]. При гибридизации дуба использовались имеющиеся в коллекционных насаждениях станции дуб черешчатый *Quercus robur* L. и дуб красный *Quercus rubra* L. По ним был проведен комплекс селекционных работ и получены гибриды черешчатый × красный и красный × черешчатый. В 1960 г. из гибридов и контроля были созданы опытные участки на площади 1,8 га с размещением деревьев 3x1 м, за которыми постоянно проводились наблюдения [1, с. 90; 2].

В 2023 г. на опытных участках дуба также был проведен сплошной пересчет гибридных и контрольных деревьев по общепринятым в таксации методикам.

Особенности водного режима, основными из которых являются водоудерживающая способность и интенсивность транспирации, определяли по методикам Л.А. Иванова [8, с. 47; 9, с. 365] и А.А. Ничипоровича [8, с. 47; 9, с. 330]. Гибридный материал оценивался и по фенотипу [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Еще в 18-летнем возрасте у гибридного селекционного материала сосны были отмечены существенные различия по таксационным показателям [1, с. 49; 2]. В табл. 1 приводятся основные таксационные показатели гибридов и контроля в возрасте 18 лет. Наиболее успешным по отношению к контролю на 10–15% был рост гибридов – сосна обыкновенная × сосна крымская, сосна крымская × сосна обыкновенная, и во всех вариантах скрещивания, где использовалась сосна Банка, гибриды значительно превосходили этот вид сосен. Водный режим у гибридных растений отличается от контроля лучшей водоудерживающей способностью и менее активной транспирацией [1, с. 50].

Таблица 1

Успешность роста гибридов по сравнению с исходными формами
в разные периоды наблюдений

Вид, гибрид	Высота 18 лет, м*		Диаметр 18 лет, см *		Высота 61 год, м				Диаметр 61 год, см			
	х	макс	х	макс	х	S	V	макс	х	S	V	макс
Обыкновенная х Банка	7,3	8,3	12,2	14,2	–			–	–			–
Обыкновенная х крымская	7,7	9,7	12,2	14,6	15,8	1,2	7,6	17,9	23,0	1,7	7,4	25,9
Крымская х обыкновенная	5,6	7,1	11,7	16,1	13,2	0,9	6,8	15,1	22,1	1,5	6,8	26,1
Крымская х Банка	5,3	7,2	11,5	16,2	–			–	–			–
Обыкновенная (контроль)	7,3	8,3	13,0	15,4	14,2	1,1	7,7	16,1	20,4	1,6	7,8	24,1
Крымская (контроль)	4,3	5,7	9,4	16,0	13,2	0,8	6,1	15,4	17,2	1,2	7,0	25,0
Банка (контроль)	4,5	6,3	8,5	12,9	–			–	–			–

Примечание: * – таксационные показатели в 18 лет взяты из литературного источника [1, с. 48]; х – средняя величина высоты деревьев, м, и средняя величина диаметра ствола, см; S – среднеквадратическое отклонение, м, (см); V – коэффициент вариации, %.

Обследования 2023 г. показали (табл. 1), что в возрасте 61 года отмеченные ранее отличия по росту и фенотипу между гибридными и контрольными деревьями сохранились, хотя и несколько нивелировались. В этом возрасте полностью выпали гибриды обыкновенная х Банка и крымская х Банка, так что эти варианты можно считать неперспективными. Сохранность, состояние и рост вариантов скрещивания обыкновенная х крымская и крымская х обыкновенная хорошие. Максимальные высоты и диаметры этих вариантов превосходят максимальные высоты и диаметры контроля, то есть отдельные деревья в этом возрасте сохраняют ранее отмеченный эффект гетерозиса.

При оценке по фенотипу [10] в 2023 г. отмечено, что у гибридов сосны обыкновенной х сосна крымская диаметр кроны на 10–15% превосходит контроль, что можно объяснить влиянием опылителя сосны крымской, имеющей более широкую крону по сравнению с обыкновенной. По приведенным результатам многолетних исследований видно, что, несмотря на определенные трудности, в пределах одного рода межвидовая гибридизация осуществляется весьма эффективно даже в тяжелых условиях сухой степи. Основным недостатком, который приходится преодолевать на начальном этапе, является плохая завязываемость семян.

Считаем, что по своим адаптивным свойствам в тяжелых условиях региона гибридный материал, объединяющий генофонд двух видов, имеет преимущества перед исходными видами.

Отмеченный эффект гетерозиса в соответствии с классической генетикой необходимо сохранить дальнейшими селекционными работами по скрещиванию и отбраковкой неэффективных вариантов и биотипов. При семенном размножении гибридов, в поколении F2 эффект гетерозиса потомству передается очень слабо [1, с. 49; 2]. Для повышения эффективности комплекса селекционных мероприятий целесообразно создание селекционных комплексов, включающих в том числе технологии вегетативного размножения.

Полученный перспективный селекционный материал, сочетающий положительные качества разных видов сосен, можно с успехом использовать в условиях глобального потепления на юго-востоке ЕТР и в южных лесостепных районах.

Гибридные сеянцы дуба перед посадкой также проходили отбор 40% интенсивности, поэтому вначале они превышали родительские формы по росту в 1,5 раза. Проведенное в засушливом 1975 г. изучение физиологических характеристик показало, что их листья лучше удерживали влагу и менее интенсивно ее транспирировали [1, с. 93; 2].

Таблица 2

Сравнительные таксационные характеристики гибридных и контрольных деревьев дуба 1960 г. посадки в 2023 г.

Фенологическая форма	Число деревьев на пробе	Высота, м				Диаметр, см			
		х	S	V	максимальная	х	S	V	максимальный
Черешчатый × красный	40	9,2	1,1	12,0	10,5	22,7	1,5	6,6	26,7
Красный × черешчатый	50	8,8	0,28	4,4	8,4	19,2	1,4		23,1
Черешчатый (контроль)	56	9,2	0,6	6,5	9,3	21,7	1,4	6,5	24,7
Красный (контроль)	18	7,9	0,4	5,0	8,6	17,4	1,2	6,8	22,1

Примечание: х – средняя высота деревьев, м, и средний диаметр, см; S – среднее квадратическое отклонение, м, (см); V – коэффициент вариации, %.

Однако комплекс неблагоприятных почвенно-климатических условий сухой степи привел к тому, что в дальнейшем отличия гибридов и контроля были не столь заметными. С целью определения перспективности гибридов и изучения их гетерогенности в 2023 г. провели инвентаризацию коллекционных насаждений и изучили их некоторые физиологические характеристики. Результаты обмеров наглядно представлены в табл. 2.

Лучшим методом для оценки успеха селекционных работ считается дисперсионный анализ [7, с. 218]. При этом наиболее существенные различия должны быть по маточнику (фактор А). Другим значимым фактором являются различия, обусловленные генетически (фактор В). Нахождение биотипов на участке определяет экологический фактор (фактор С).

Установлена достоверность различий по фактору А у дуба 1960 г. посадки на 5%-ном уровне (рис. 1).

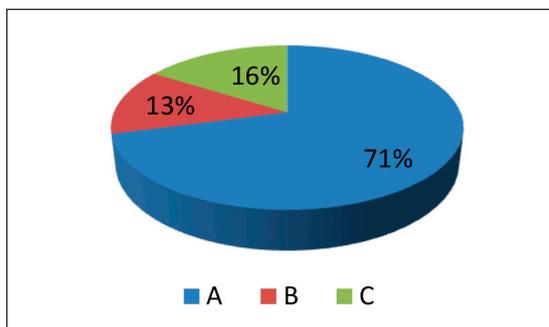


Рис. 1. Доля влияния факторов на рост в высоту гибридов дуба 1960 г. посадки, % А – отличия по маточнику, В – генетические различия, С – различия биотопа

Таким образом, в условиях однородного коллекционного участка определяющее воздействие на таксационные показатели гибридных деревьев оказывает фактор маточника (материнского дерева). Генетические различия оказались не столь значимыми.

В условиях сухой степи важной характеристикой является адаптивность водного режима селекционного материала к засушливым условиям. Для оценки того, как складывается водный режим у гибридов по сравнению с контролем 22–24 июля 2023 г., оценивались водоудерживающая способность и интенсивность транспирации у гибридов и контроля.

Установлено, что дуб красный и его гибриды лучше удерживали влагу, чем дуб черешчатый и его гибриды, а вот гибрид дуб черешчатый × дуб красный по этому показателю уступал контролю (рис. 2).

Если рассматривать интенсивность транспирации (рис. 3), то дуб красный и его гибрид с черешчатым имели несколько лучшие показатели, чем дуб черешчатый и его гибрид.

Как следует из результатов оценки водного режима селекционного материала, гибридизация привела к созданию более ксерофитных форм по сравнению с контролем.

По данным Е.Н. Крюковой, изучаемые гибриды при инфицировании сосудистым микозом показали повышенную толерантность по сравнению с исходными видами и гибридами С.С. Пятницкого [1, с. 94].

Таким образом, полученный гибридный материал имеет ряд преимуществ по сравнению с исходными видами, поэтому необходимо на современной научно-производственной базе организовать его размножение и введение в испытательные культуры, опытные участки и селекционные семенные плантации.

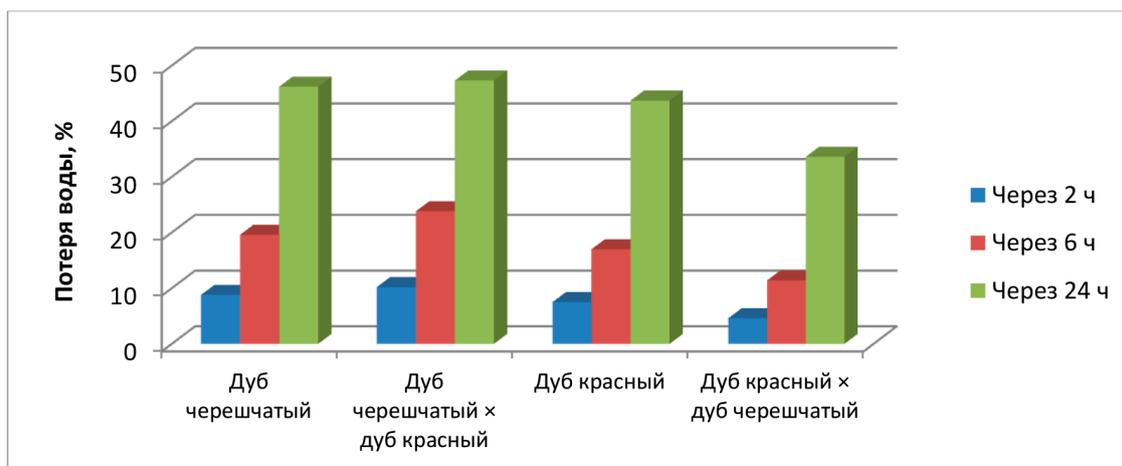


Рис. 2. Процент потери воды через промежутки времени

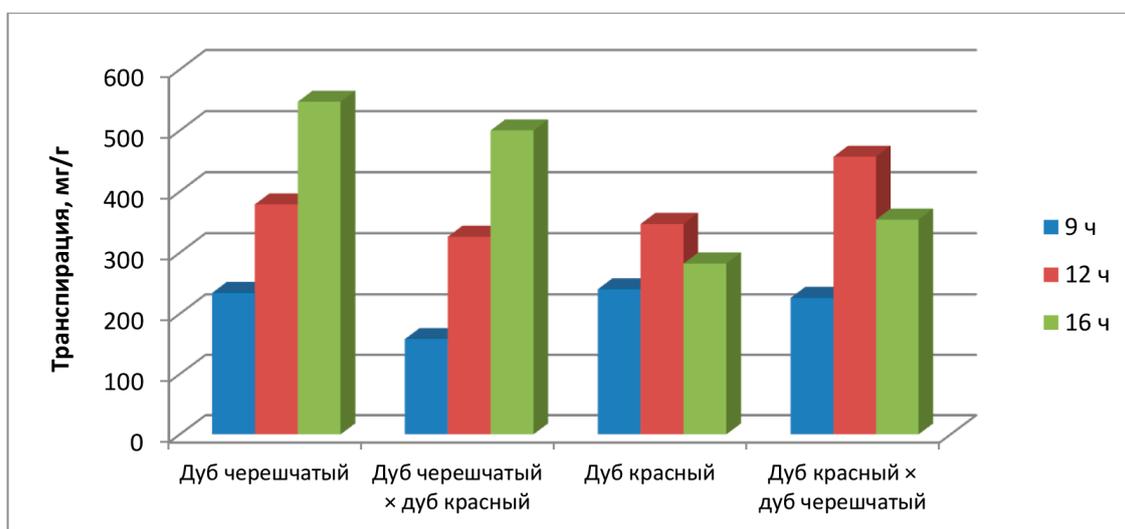


Рис. 3. Показатели транспирации в разные периоды суток, мг/г

С нашей точки зрения основными направлениями гибридизационных работ является разработка с учетом полученного опыта, новых программ скрещиваний, их проведение, выращивание сеянцев с закладкой испытательных культур после отбраковки.

Целесообразно путем вегетативного размножения создать из имеющихся в коллекции Нижневолжской станции по селекции древесных пород перспективных гибридов сосны и дуба гибридную семенную плантацию. По дубу при размещении деревьев 10 x 10 м можно ежегодно получать с 1 га до 500 кг гибридных желудей второго поколения F₂, что повысит гетерогенность

создаваемых насаждений и расширит базу работы естественного и искусственного отбора в сухой степи. По сосне при размещении деревьев на плантации 5 x 10 м ежегодно можно получать с 1 га от 5 до 15 кг семян, из которых также можно создавать насаждения повышенного генетического уровня.

Выводы

1. Таким образом, на Нижневолжской станции по селекции древесных пород (филиал) ФНЦ Агроэкологии РАН получен перспективный гибридный селекционный материал, сочетающий положительные ка-

чества разных видов сосны и дуба, который можно с успехом использовать в условиях глобального потепления на юго-востоке ЕТР и в южных лесостепных районах.

2. Как показали результаты исследований, гибриды дуба к возрасту 60 лет не имеют значительного превышения над контролем, но у них лучше складывается водный режим, они более толерантны к вредителям и болезням.

3. Полученный гибридный селекционный материал при широком внедрении через селекционно-семенные плантации может значительно расширить базу работы естественного и искусственного отбора в сухой степи, а также повысить гетерогенность, устойчивость и долговечность новых защитных насаждений.

Список литературы

1. Иозус А.П., Крючков С.Н., Морозова Е.В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 184 с.
2. Морозова Е.В., Иозус А.П., Зеленьяк А.К. Основные результаты и перспективы селекции и гибридизации хвойных древесных пород для защитного лесоразведения в сухой степи Нижнего Поволжья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11–4. С. 618–621.
3. Rogozin M.V. Программа селекции хвойных в лесосеменном районе // Сибирский лесной журнал. 2016. № 5. С. 99–106.
4. Rogozin M.V. Старая и новая парадигмы в лесоводстве и лесной селекции // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 94–98.
5. Милотин Л.И., Муратова Е.Н., Ларионова А.Я. Развитие лесной генетики в России // Сибирский лесной журнал. 2018. № 1. С. 3–15.
6. Попова А.А., Морковина С.С., Иванова А.В. Организационная модель селекции дуба черешчатого на основе цитогенетических и морфологических маркеров // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 2 (42). С. 5–14.
7. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии: учебник. М.: Колос, 1983. 400 с.
8. Пятницкий С.С. Практикум по лесной селекции. М.: Сельхозиздат, 1961. 271 с.
9. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. 464 с.
10. Федорков А.Л. Фенотипический отбор в лесной селекции // Лесоведение. 2019. № 6. С. 580–584.