

Внутривидовые скрещивания выделенных биотипов родов вяз и тополь для получения гетерозисных селекционных форм

С. Н. Крючков¹, А. С. Соломенцева^{1✉}, А. К. Романенко¹

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

✉ E-mail: alexis2425@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – гибридизация и выведение пород древесных видов, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды в условиях опустынивания. **Методика исследований** включала изучение роста, состояния и долговечности форм и гибридов, выявление биологических свойств (засухо-, соле- и морозоустойчивости), диаметр стволов и декоративность, подбор родительских пар для скрещивания; отработку техники скрещивания на срезанных ветвях. Порядок работы состоял из заготовки сережек растений, сбора пыльцы и очистки ее от примесей, заготовки ветвей и пыльцы, определения жизнеспособности пыльцы, нанесения ее на созревшее рыльце растения. Цветки у ильмовых обоополье, вследствие чего при скрещиваниях их кастрировали. **Результаты.** Подобраны родительские пары и проведена гибридизация среди следующих пород: вяз листоватый (берест) (*Ulmus carpinifolia*), вяз обыкновенный (*Ulmus laevis*), вяз приземистый (мелколистный) (*Ulmus pumila*), тополь белый (серебристый) (*Populus alba*), тополь Болле камышинский (*Populus alba* × *Populus alba* v. *pyramidalis*), тополь дельтовидный (канадский) (*Populus deltoides*), тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское») (*Populus bolleana*), тополь берлинский (ФГУП «Волгоградское») (*Populus berolinensis* Dipp.), тополь белый Первенец Узбекистана (*Populus nivea* × *tremula*), Тополь черный пирамидальный (*Populus nigra pyramidalis*). Получены гибридные семена между различными видами вязов и между различными видами тополей. Вариант скрещивания тополя белого Первенец Узбекистана с тополем Болле пирамидальным (ФГУП «Волгоградское») показал наилучшие результаты. **Научная новизна** заключается в подборе селекционного материала, устойчивого к различным стресс-факторам, в выделении исходных и перспективных сортообразцов древесных культур для дальнейшего использования в селекции, интродукции, конкурсных и производственных испытаниях.

Ключевые слова: селекция, гетерозис, тополь, вяз, скрещивание, гибридизация.

Для цитирования: Крючков С. Н., Соломенцева А. С., Романенко А. К. Внутривидовые скрещивания выделенных биотипов родов вяз и тополь для получения гетерозисных селекционных форм // Аграрный вестник Урала. 2023. № 06 (235). С. 23–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-23-34.

Дата поступления статьи: 26.01.2023, **дата рецензирования:** 28.02.2023, **дата принятия:** 01.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В Волгоградской области ассортимент древесных пород очень ограничен [7; 14]. У большинства из них в первые годы жизни наблюдается хороший прирост, однако по достижении растениями 15–20-летнего возраста рост в высоту прекращается, начинается отмирание вершины и боковых побегов, ввиду чего насаждения из них малопродуктивны и недолговечны [8; 9]. Особого внимания в засушливой зоне заслуживают подбор пород для скрещивания, а также вопрос создания вегетативных гибридов с целью отбора лучших географических форм и выведения ценных гибридов [1; 2; 3; 5; 6].

Работа по гибридизации древесных культур в Волгоградской области была начата в еще 1939 году в Камышинском опорном пункте под руководством профессора, доктора сельскохозяйственных наук А. В. Альбенского [4] и в настоящее время имеет огромное значение в защитном лесоразведении на светло-каштановых почвах засушливой зоны.

На Нижневолжской станции древесных пород до настоящего времени сохранился коллекционный участок гибридов ильмовых на площади 1,2 га. В третьем поколении гибридные формы имеют некоторое преимущество по росту перед

родительскими видами. Гибридизация тополей производится для получения гетерозисных форм, которые можно использовать в лесном хозяйстве и для защитного лесоразведения [13; 16; 17]. Полученные в ходе опыта гибриды могут найти применение в различных районах, а лучшие из них – внедрены в производство, сохранены и распространены в культуре [10; 11; 12; 15].

Целью работы является выведение пород, устойчивых к условиям внешней среды в условиях опустынивания.

Методология и методы исследования (Methods)

Наследственность растения представляет собой потребности органического вещества клеток в определенных условиях существования, полученные новым организмом от его производителей через воспроизводящие клетки их тела. Возможны случаи, когда гибрид не успевает быстро приспособиться к изменившимся условиям и полноценно их использовать, что приводит к ухудшению его роста и развития и понижению жизнестойкости. Подобные факты очень часто наблюдаются при перемещении растений одного и того же вида в различные экологические условия произрастания. Такие же факты возможны и в одной и той же местности при резких изменениях условий обитания – пониженные температуры, меньшая интенсивность света и большая влажность почвы обычно вызывает прекращение роста верхушечных побегов у видов тополя, особенно, в период, когда закладываются верхушечные почки. В основную задачу опыта входил подбор родительских пар; обоснование и прогнозирование хозяйственно-ценных признаков у гибридных потомств. Гибридизация включала следующие этапы:

1. Разработка модели будущего гибридного сортообразца.
2. Изучение (анализ) генетического потенциала исходного материала.
3. Подбор родительских пар (обоснование к формированию гибридных генотипов).
4. Заготовка, хранение пыльцы.
5. Подготовка женских цветков к опылению (изоляция, кастрирование).
6. Опыление (техника скрещивания).
7. Наблюдение и уход за материнскими растениями и формированием гибридных семян.
8. Сбор семян, выращивание гибридного потомства.
9. Изучение, отбор лучших (соответствующих заданной модели) гибридных форм для сортоиспытания и сортовыведения.

Подбор родительских пар включал два семейства: ильмовые и ивовые.

Ильмовые (*Ulmaceae*). В регионе произрастают следующие виды вяза:

Вяз листоватый (берест) (*Ulmus carpinifolia*). Занимает пониженные местоположения в байрачных и пойменных лесных экосистемах. Аборигенный вид, хорошо адаптированный в экстремальных условиях полупустынного Поволжья. Исключительно зимостоек, относительно засухоустойчив, долговечен (на зональных каштановых почвах возраст составляет 40–60 лет). Легко размножается семенами, порослевым возобновлением, требователен к почвенному плодородию. Недостатки: плохо переносит засоление почвогрунтов, подвержен возбудителям голландской болезни (графтиоз), особенно во влажных местопроизрастаниях, образует обильные корневые отпрыски.

Вяз обыкновенный (*Ulmus laevis*). Естественное растение в пойменных и байрачных дубравах, более требователен к почвам, очень декоративен; засухоустойчив. Долговечность составляет 30–50 лет на зональной почве.

Вяз приземистый (мелколиственный) (*Ulmus pumila*) – интродуцент (ареал – Средняя Азия, Монголия, Дальний восток), исключительно засухо- и солеустойчив, отличается интенсивным ростом и ажурной кроной, достаточно устойчив к возбудителям голландской болезни. Недостаточно зимостоек, подмерзает в суровые зимы, интенсивно поражается вязовым листоедом и другими листогрызущими вредителями.

Цель получения новых гибридов ильмовых – сформировать гибридные потомства: долговечные, засухо-, соле-, морозоустойчивые, стойкие к вредителям (листоёдам) и болезням (особенно к графтиозу), высокорослые, с ажурной кроной, декоративные, с хорошей репродуктивной способностью.

Такой генотип (или близкий по набору ценных признаков) можно получить при отборе (отбраковке) разных вариантов скрещиваний всех трех видов вяза (таблицы 1, 2).

Ивовые (*Salicaceae*). Виды и формы, взятые для гибридизации:

Тополь белый (серебристый) (*Populus alba*) (г. Волгоград) – дерево высотой 35–40 м, диаметр ствола достигает 2 м. Быстрорастущий вид, используемый в декоративных, озеленительных, берегоукрепительных насаждениях. Главное достоинство данного вида – засухо-, морозоустойчивость, дымо- и газоустойчивость, а также малый процент поражения сердцевинной гнилью.

Тополь Болле Камышинский (*Populus alba* × *alba v. pyramidalis*). Гибрид, полученный А. В. Альбенским путем скрещивания тополя белого с тополем Болле. Основные достоинства – зимостойкость, быстрый рост, декоративность. Подходит для выращивания в озеленительных и полезащитных насаждениях.

Таблица 1

Схема скрещиваний разных видов ильмовых

Отцовские виды	Вяз приземистый (<i>Ulmus pumila</i>)	Вяз обыкновенный (<i>Ulmus laevis</i>)	Вяз листоватый (берест) (<i>Ulmus carpinifolia</i>)	Вяз приземистый, форма пирамидальная (<i>Ulmus pumila</i> × <i>pyramidalis</i>)
Материнские виды				
Вяз приземистый (<i>Ulmus pumila</i>)		+	+	
Вяз обыкновенный (<i>Ulmus laevis</i>)	+			
Вяз листоватый (берест) (<i>Ulmus carpinifolia</i>)	+			
Вяз приземистый, форма пирамидальная (<i>Ulmus pumila</i> × <i>pyramidalis</i>)	+	+	+	

Agrotechnologies

Table 1

The scheme of crosses of different types of elm

Paternal views	<i>Ulmus pumila</i>	<i>Ulmus laevis</i>	<i>Ulmus carpinifolia</i>	<i>Ulmus pumila</i> × <i>pyramidalis</i>
Материнские виды				
<i>Ulmus pumila</i>		+	+	
<i>Ulmus laevis</i>	+			
<i>Ulmus carpinifolia</i>	+			
<i>Ulmus pumila</i> × <i>pyramidalis</i>	+	+	+	

Таблица 2

Схема скрещиваний разных видов ильмовых, направление селекции при гибридизации ильмовых для лесомелиорации и озеленения

Исходные виды	Место выделения	Хозяйственно ценные признаки
Вяз листоватый (берест) (<i>Ulmus carpinifolia</i>)	ЗЛН (Богдинский заповедник, клоновая ЛСП Кировского лесничества)	Засухо-, зимостойкий, долговечен в условиях полупустынь
Вяз приземистый (мелколистный) (<i>Ulmus pumila</i>)	ЗЛН Астраханской, Волгоградской обл., ЛСП Кировского лесничества	Устойчив к графйозу, листогрызущим вредителям, ажурность кроны, интенсивный рост, солеустойчивость
Вяз обыкновенный (<i>Ulmus laevis</i>)	ЗЛН Астраханской, Волгоградской обл., ЛСП Кировского лесничества	Засухоустойчивость, декоративность

Table 2

The scheme of crosses of different species of elm trees, the direction of breeding during hybridization of elm trees for forest reclamation and landscaping

Initial views	Place of allocation	Economically valuable signs
<i>Ulmus carpinifolia</i>	Protective forest stands (Bogdinsky Nature Reserve, forest seed plantations of Kirov forestry)	Drought-, winter-hardy, durable in semi-desert conditions
<i>Ulmus pumila</i>	Protective forest stands of Astrakhan, Volgograd region, forest seed plantations of Kirov forestry	Resistant to graphiosis, leaf-eating pests, crown tracery, intensive growth, salt resistance
<i>Ulmus laevis</i>	Protective forest stands of Astrakhan, Volgograd region, forest seed plantations of Kirov forestry	Drought resistance, decorative

Тополь дельтовидный (канадский) (*Populus deltoides*). Дерево высотой 40–45 м с диаметром ствола 2 м, среднезасухоустойчивое, морозостойкое, теплолюбивое, устойчивое к вредителям и болезням.

Тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское») (*Populus bolleana*) – быстрорастущее декоративное дерево высотой 30–35 м с диаметром кроны 80–100 см (форма кроны – пирамидальная). В насаждениях преобладают мужские особи, отлично возобновляемые корневыми отпрысками

и порослью. Засухоустойчивый, теплолюбивый, ветроустойчивый вид, отлично переносящий засоление почв, ввиду чего имеет преимущество перед другими видами тополей.

Тополь берлинский (ФГУП «Волгоградское») (*P. berolinensis* Dipp.). Получен в Берлинском ботаническом саду от свободного опыления тополей лавролистного и пирамидального. Достигает высоты 35 м. Имеет хорошо выраженный малосбежистый ствол и широкопирамидальную или вытянуто-яйцевидную густую крону. Размножается преимущественно стеблевыми черенками. Зимостоек, при достаточном увлажнении растет быстро. Этот гибрид может быть рекомендован для полезащитных лесных полос на орошаемых землях и посадок по балкам.

Тополь белый Первенец Узбекистана (*P. nivea* × *tremula*). Тополь гибридного происхождения, получен в 1949 г. В. М. Ровским и Г. П. Озолиным от скрещивания тополя снежно-белого с осиною гигантской. Отличается быстротой роста – маточное дерево в возрасте 12 лет при обильном поливе имело в высоту 23 м и диаметр 27 см. Ствол прямой, слегка ребристый; кора снизу трещиноватая, выше – гладкая, синевато-серого цвета летом и беловатая зимой. Крона широкопирамидальная, образуемая некрупными ветвями. В насаждении

ствол хорошо очищается от сучьев. Представлен только женскими экземплярами. Хорошо размножается стеблевыми черенками. Нетребователен к почве, при достаточной влагообеспеченности переносит засоление; устойчив к цитоспориозу и поражению тополевой щитовкой.

Тополь черный пирамидальный (*Populus nigra pyramidalis*) – самый быстрорастущий вид тополей. Дерево высотой 30–35 м, с диаметром ствола 2,5 м. Нетребователен к типу почв, солеустойчив, отлично выдерживает затопление, ввиду чего может использоваться в противоэрозийных насаждениях. Может быть рекомендован к посадке в озеленительные и полезащитные насаждения (таблица 3).

Результаты (Results)

Для характеристики наследования продуктивности гибридный материал распределялся в связи с систематической отдаленностью видов, отобранных для скрещивания. Скрещивание видов рода *Ulmus* проводилось в апреле. Ранее при скрещиваниях было обнаружено, что после кастрации рыльца были готовы к опылению, но пыльники не раскрывались, поэтому опылялись изолированные цветки на молодых деревьях без кастрации (таблица 4).

Таблица 3
Схема скрещиваний тополей

Отцовские виды Материнские виды	Тополь белый (Волгоград) (<i>Populus alba</i>)	Тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское») (<i>Populus Bolleana f. pyramidalis</i>)
Тополь Болле Камышинский (<i>Populus alba</i> × <i>alba v. pyramidalis</i>)	+	+
Тополь дельтовидный (<i>Populus deltoids</i>)	+	+
Тополь берлинский (ФГУП «Волгоградское») (<i>Populus berlinensis</i>)	+	+
Тополь пирамидальный (Камышин)	+	
Тополь черный пирамидальный (<i>Populus nigra f. pyramidalis</i>)	+	+
Тополь белый «Первенец Узбекистана» (<i>Populus nivea</i> × <i>tremula</i>)		+

Table 3
Scheme of poplar crosses

Paternal views Maternal views	<i>Populus alba</i> (Volgograd)	<i>Populus Bolleana f. pyramidalis</i> (Volgograd)
<i>Populus alba</i> × <i>alba v. pyramidalis</i>	+	+
<i>Populus deltoids</i>	+	+
<i>Populus berlinensis</i>	+	+
<i>Populus pyramidalis</i> (Kamyshin)	+	
<i>Populus nigra f. pyramidalis</i>	+	+
<i>Populus nivea</i> × <i>tremula</i>		+

Таблица 4
Варианты скрещиваний вязов

№ варианта скрещивания	Скрещиваемые виды*
1	В × Б
2	В × Б
3	В × Б
4	В × Во
5	В × Во
6	Вп × Во
7	Вп × Б
8	В × Вп
9	Вп × В

*Примечание. В – вяз приземистый – типичный, Во – вяз обыкновенный (гладкий), Вп – вяз пирамидальный, Б – вяз граболистный (берест).



Рис. 1. Полученные гибридные семена и растения вяза
Fig. 1. Obtained hybrid seeds and elm plants

Спустя две недели с момента начала опыта семена завязались лишь на трех вариантах – 4, 5 и 8 (рис. 1). В ходе исследований было установлено, что лучше всего семена сохраняются в герметически закрытых колбах.

Выявлено, что совпадение или сближение дат цветения позволяет получать искусственным путем гибриды ильмовых или гибридные семена можно получать ежегодно путем переопыления и использовать их для создания гибридных насаждений.

Количества семян было крайне мало из-за старшего возраста опытных исходных образцов, для сохранения материала они были перемещены в пи-

Table 4
Variants of elm crosses

No. of the crossing option	Crossed species*
1	<i>E</i> × <i>H</i>
2	<i>E</i> × <i>H</i>
3	<i>E</i> × <i>H</i>
4	<i>E</i> × <i>Ec</i>
5	<i>E</i> × <i>Ec</i>
6	<i>Ep</i> × <i>Ec</i>
7	<i>Ep</i> × <i>H</i>
8	<i>E</i> × <i>Ep</i>
9	<i>Ep</i> × <i>E</i>

* Note. *E* – squat elm – typical, *Ec* – common elm (smooth), *Ep* – pyramidal elm, *H* – hornbeam elm.

тательную среду, но не выжили. Оставшиеся растения помещены под дальнейшие наблюдения в климатостат. Опыт требует дальнейшего изучения в целях подбора материала и вариантов скрещивания, так как нанесение пыльцы на рыльца или введение ее в изоляторы не изменяет результатов скрещивания.

Гибриды В × Вп, полученные от переопыления, имеют достаточно хорошее развитие и интенсивный рост, следовательно, можно рассчитывать, что гибридные семена являются основой создания быстрорастущих насаждений.

В апреле также проводилась работа по скрещиванию видов рода *Populus*. В результате подбора и изучения исходного материала было получено 10 вариантов скрещивания:

1. Тополь Болле камышинский × тополь белый (Волгоград).
2. Тополь пирамидальный (Камышин) × тополь белый (Волгоград).
3. Тополь дельтовидный × тополь белый (Волгоград).
4. Тополь Болле камышинский × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское»).
5. Тополь черный пирамидальный × тополь белый (Волгоград).
6. Тополь берлинский (ФГУП «Волгоградское») × тополь белый (Волгоград).
7. Тополь дельтовидный × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское»).
8. Тополь белый Первенец Узбекистана × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское»).
9. Тополь черный пирамидальный × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское»).
10. Тополь берлинский (ФГУП «Волгоградское») × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское»).

Для предотвращения смешивания пыльцы в процессе опыления на женские ветви были надеты изоляторы (рис. 2).



Рис. 2. Опыленные женские особи тополя после скрещивания в лабораторных условиях
Fig. 2. Pollinated female poplar specimens after crossing in laboratory conditions

Таблица 5
Результаты проращивания семян гибридов тополя

Вариант скрещивания	Поставлено на проращивание, шт.	Проросло спустя 5 дней	Процент жизнеспособности семян
1	24	17	70,8
2	100	33	33
4	8	6	75
5	100	56	56
8	100	74	74
9	70	63	90
10	16	8	50

Table 5
Results of germination of poplar hybrid seeds

The option of crossing	Was put on germination, pcs.	Germinated after 5 days	The percentage of viability of seeds
1	24	17	70.8
2	100	33	33
4	8	6	75
5	100	56	56
8	100	74	74
9	70	63	90
10	16	8	50

В середине мая были собраны первые семена гибридов тополя, проявивших положительные результаты, и был проведен опыт проращивания семян на жизнеспособность (таблица 5, рис. 3).

В каждом случае опыта способность к выживанию, предположительно, может сочетаться с хозяйственно ценными признаками роста. Ввиду быстрого роста семян и сеянцев у тополей возможно получить высокие семенные семьи или клоны спустя несколько месяцев после отбора.

Основные исследования включали в себя изучение биологических и физиологических свойств семян, способов их хранения и подготовки к посеву.

Вариант скрещивания тополя белого Первенец Узбекистана с тополем Болле пирамидальным (ФГУП «Волгоградское») показал наилучший результат. На основании этих результатов появилась возможность отобрать сильно растущие сеянцы, расчеренковать их и размножить в отделении питомника.

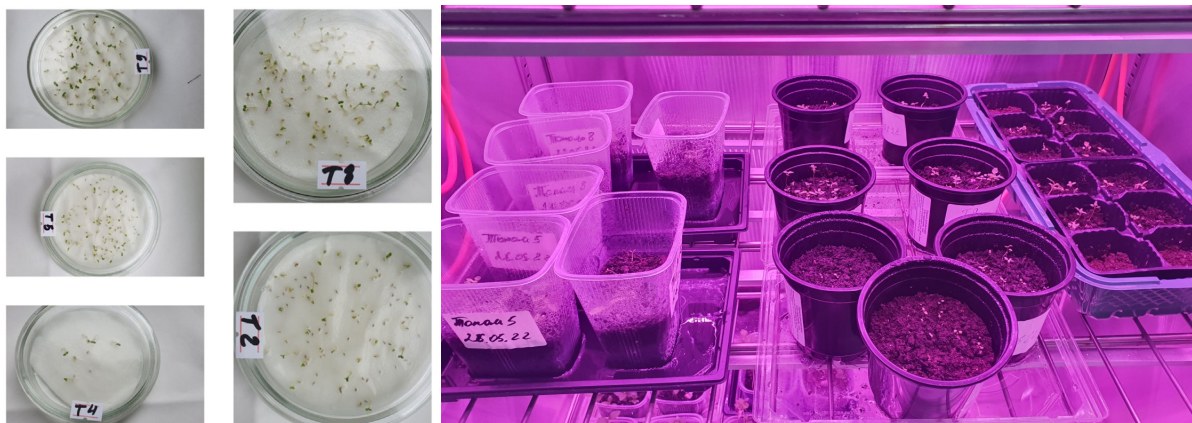


Рис. 3. Проращивание семян тополя в чашках Петри и под освещением в стеллаже для роста растений STELLAR-ФИТО LINE P6-C

Fig. 3. Germination of poplar seeds in Petri dishes and under lighting in a plant growth rack STELLAR-PHYTO LINE P6-C

Остальные семена стали отставать в развитии и отличались практически равномерным ростом и развитием. Выявленная закономерность имеет как теоретическое, так и практическое значение. В теоретическом плане она расширяет возможности селекции и генетики, в практическом позволяет определить хозяйственно ценные признаки и использовать результаты скрещивания в хозяйственных целях.

При посадке пророщенных семян на закрытый грунт и дальнейших наблюдениях было установлено, что на быстрый рост сеянцев влияла не генетическая информация, передаваемая материнским растением, а микроусловия места произрастания (таблица 6, рис. 5).

По итогам гибридизации тополей можно сделать выводы о том, что по результатам всхожести семян в 10 повторностях три варианта не дали семян (3, 6, 7). Процент всхожести составил 50 % у варианта скрещивания. Всхожесть семян у шести вариантов показала 50 % и более, только вариант скрещивания тополя пирамидального (Камышин) с тополем белым (Волгоград) имеет низкую всхожесть – всего 33 %, наилучшие показатели у следующих гибридов: тополь белый Первенец Узбекистана × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское») и тополь черный пирамидальный × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское»). Сохранность растений в целом удовлетворительная (рис. 6).

Основной задачей главных древесных видов в лесомелиоративных насаждениях аридной зоны является осуществление целевого лесомелиоративного влияния на функции лесной полосы. Однако конкретное проявление генетических особенностей древесной породы проявляется под непосредственным влиянием почвенно-гидрологических и климатических условий конкретного района произрастания.

В данный момент агролесомелиоративное устройство засушливых регионов требует подбора более жизнестойких, засухо- и морозостойких, а также солеустойчивых форм. По данным С. Н. Крючкова, на 1 га ЗЛН в сухостепной и полупустынной зоне Волгоградской области требуется 2,0 кг семян вяза и 0,4 кг семян тополя. На всю площадь защитных лесных насаждений требуется в сухой степи 3098 кг семян вяза и 124 кг семян тополя, в полупустынной зоне – 734 кг семян вяза. Из вышеизложенного видно необходимость выращивания разнообразного посадочного материала в зависимости от условий выращивания.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

При селекции тополей наилучший результат показали варианты скрещивания Первенец Узбекистана × тополь Болле пирамидальный (ФГУП «Волгоградское») и тополь черный пирамидальный × тополь Болле. Полученные гибриды отличаются хорошим ростом и развитием, быстрым приростом и увеличением размеров листовых пластин. Применение гибридизации позволит распространить их в культуре в различных географические районы страны и впоследствии успешно акклиматизировать в регионах, где они не росли, повысить производительность и долговечность насаждений тополя, увеличить общие размеры деревьев, повысить устойчивость к вредителям и болезням, создать новые декоративные формы. При скрещивании вяза, вероятно, присутствуют небольшие генетические различия между видами, в этом случае оплодотворение при попадании пыльцы другого вида происходило, но гибридный эмбрион развивался слабо, ввиду чего растение быстро погибало. Следует уделить внимание подбору видов для комбинаций скрещивания, изучению развития эмбриона в нескольких комбинациях скрещивания видов и улучшению гибридных комбинаций многократным повторением скрещиваний нескольких отобранных особей одного вида с особями другого вида.

Таблица 6
Сохранность гибридных тополей по вариантам скрещивания

Вариант скрещивания	Всего в закрытом грунте, шт.	Сохранность растений, %
1	4	100
2	17	29
4	3	0
5	39	23
8	19	32
9	50	26
10	6	83

Table 6
Preservation of hybrid poplars by crossing options

The option of crossing	Everything in the closed ground, pcs.	Plant safety, %
1	4	100
2	17	29
4	3	0
5	39	23
8	19	32
9	50	26
10	6	83

Агротехнологии

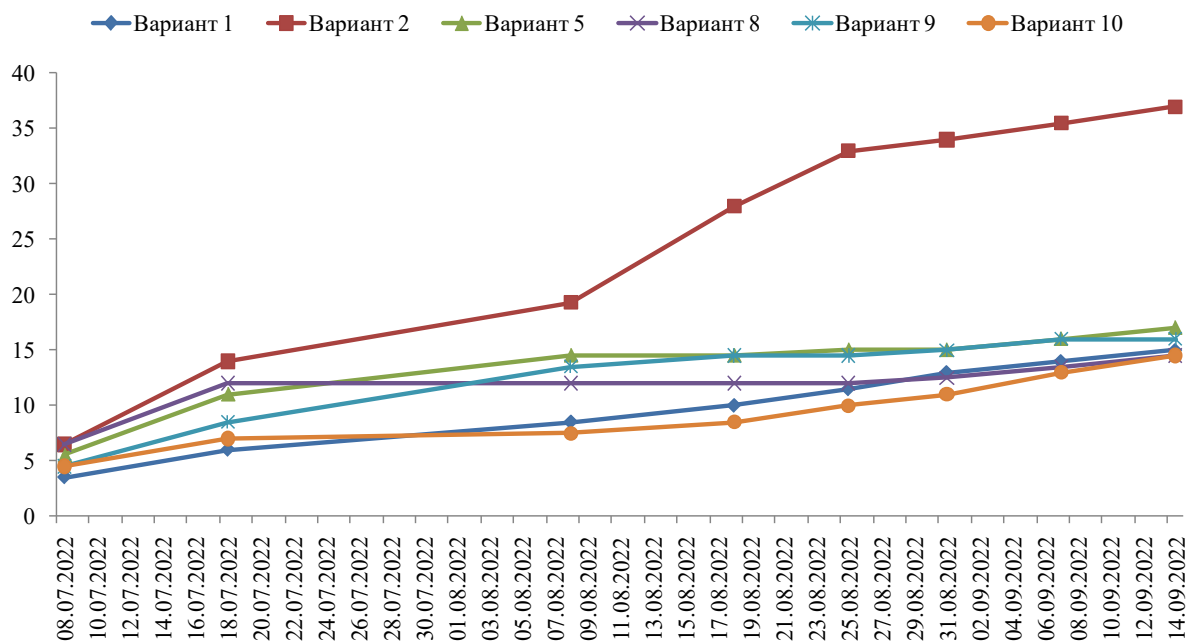


Рис. 5. Рост гибридных тополей в закрытом грунте по вариантам скрещивания

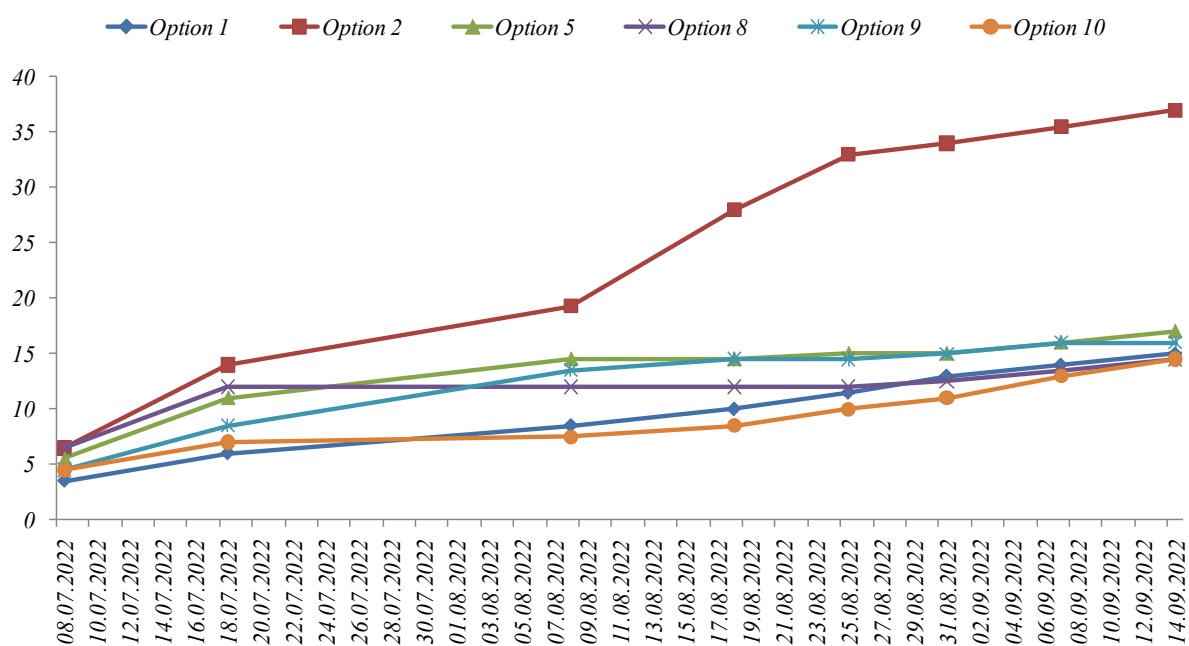


Fig. 5. Growth of hybrid poplars in the closed ground by crossing options



Рис. 6. Сеянцы тополей (варианты скрещиваний 1, 5, 8) в лабораторных условиях
 Fig. 6. Poplar seedlings (variants of crosses 1, 5, 8) in laboratory conditions

Скрещивая родственные между собой виды или географически удаленные биотипы в пределах вида, развивавшиеся и сложившиеся в различной обстановке, возможно в потомстве от этих скрещиваний отобрать такие гибридные растения, в которых объединяются потребности обоих видов или климатипов одного вида. Так, например, для тополя Болле (ареал – сухие субтропики) условия засушливой, солнечной и жаркой второй половины лета аридной зоны благоприятны для быстрого накопления вегетативной массы, а для североамериканского вида тополя дельтовидного эти условия могут быть неблагоприятными. В процессе исследования было установлено, что различные виды тополей, растущих в лесных полосах, обладают неодинаковым иммунитетом к сердцевинной гнили. Одни из них легко заболевают данной болезнью и быстро погибают или теряют хозяйственную ценность, другие же оказываются значительно более устойчивыми к гнили и растут здоровыми до зрелого возраста. Более высоким иммунитетом к заболеванию сердцевинной гнилью обладают те виды тополя, в кернах которых сильно развита механическая ткань (либриформ) и в меньшей степени ткани запасующие (сердцевинные лучи) и проводящие. Наиболее устойчивыми к гнили оказались виды, у которых в годичных слоях имеется либриформа от 70 % и выше по площади среза. Наоборот, виды тополя, у которых в годичных слоях по преимуществу развивается проводящая и запасующая ткани за счет механической, обычно легко подвержены заболеванию сердцевинной гнилью и

сильно ей повреждаются. У таких видов древесина при взятии образцов отличается рыхлостью и легко режется.

Наиболее устойчивые виды одновременно обладают сильным ростом, хорошо очищаются от побегов, и все эти особенности часто оказываются наследственными. Выявляя и размножая такие формы в природе, можно значительно улучшить производительность лесных полос и их санитарное состояние. Поскольку в ходе опыта были установлены варианты скрещиваний, когда гибриды были мало жизнеспособными, то в ходе последующих опытов возможен подбор тех комбинаций скрещивания, при которых будут получены семена, дающие особенно жизнестойкое и быстрорастущее потомство.

При объединении наследственных особенностей этих двух видов в новом гибриде последний может оказаться значительно лучше приспособленным к сильному вегетативному росту в более засушливых условиях. То же самое можно предполагать и в отношении его лучшей приспособленности и к другим факторам среды. Хорошая корнеотпрысковая способность тополя и вяза в засушливых условиях Волгоградской области дает лесному хозяйству возможность получать посадочный материал от наиболее удавшихся скрещиваний и от лучших по свойствам гибридных сеянцев первого поколения (F_1) в продолжение многих лет, сохраняя ценные наследственные особенности этих сеянцев. Для этого всю популяцию лучших по свойствам сеянцев (что может быть отмечено

уже на однолетних гибридах) можно высаживать в маточные плантации и через определенные промежутки времени выкапывать для лесных посадок высаженные сеянцы, а затем появляющиеся после их выкопки корневые отпрыски, которые в полной мере повторяют и сохраняют ценные свойства гибридных сеянцев первого поколения.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 122020100448-6 «Создание новых

конкурентноспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Библиографический список

1. Беляев А. И., Манаенков А. С., Пугачева А. М. [и др.]. Создание долговечных полезных лесных полос на юге Западной Сибири: методические рекомендации. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2022. 36 с.
2. Завьялов А. А., Иозус А. П. Некоторые итоги селекции вяза в сухой степи Юго-Востока Европейской территории России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 3. С. 66–70.
3. Завьялов А. А., Иозус А. П., Макаров В. М. Генетическая оценка результатов гибридизации кленов и вязов в условиях Юго-Востока Европейской части России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 173–176.
4. Иозус А. П., Завьялов А. А., Крючков С. Н. Гибридизация вязов *Ulmus* L. в сухой степи Юго-Востока Европейской территории России // Успехи современного естествознания. 2022. № 7. С. 14–19. DOI: 10.17513/use.37850.
5. Иозус А. П., Завьялов А. А., Крючков С. Н. Селекционное семеноводство перспективных интродуцентов в сухой степи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 1. С. 141–145.
6. Крючков С. Н., Вдовенко А. В., Воробьева О. М. [и др.]. Технология выращивания посадочного материала древесных видов в засушливых условиях Юга России. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. 108 с.
7. Кулик К. Н., Иванов А. Л., Рулев А. С. [и др.]. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, 2018. 36 с.
8. Крючков С. Н., Солонкин А. В., Соломенцева А. С. [и др.]. Растения коллекционного фонда ФНЦ агроэкологии РАН как источники ценных признаков для биоресурсной коллекции // Генетические ресурсы растений для генетических технологий: к 100-летию Пушкинских лабораторий ВИР: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт Петербург, 2022. С. 30–32
9. Крючков С. Н., Беляев А. И., Пугачева А. М. [и др.] Научно-методические указания по сортовому семеноводству деревьев и кустарников для лесомелиорации аридных территорий (научно-методические рекомендации). Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. 52 с.
10. Милютин Л. И. Проблемы аналитической селекции древесных растений // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2018. Т. 21. С. 145–147.
11. Сахаров В. И. Методы оценки эколого-генетической структуры популяций древесных видов для выбора модели селекции. Алматы, 2006. 384 с.
12. Сиволапов А. И., Сиволапов В. А. Системы селекции тополей в связи с системами их размножения // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2020. Т. 8. № 1 (48). С. 144–149. DOI: 10.34220/2308-8877-2020-8-1-144-149.
13. Царев А. П., Плугатарь Ю. В., Царева Р. П. Селекция и сортоиспытание тополей: монография. Симферополь: Издательство Типография «Ариал», 2019. 252 с.
14. Solomentseva A. S., Kolmukidi S. V., Lebed N. I. et al. Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. Article number 012056. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012056.
15. Hilbert D. R., Koeser A. K., Roman L. A. et al. Selecting and Assessing Underutilized Trees for Diverse Urban Forests: A Participatory Research Approach // Frontiers in Ecology and Evolution. 2022. Vol. 10. Article number 759693. DOI: 10.3389/fevo.2022.759693.
16. Ghezehi S. B., Nichols E. G., Hazel D. W., Maier C. A. Adaptability of populus to physiography and growing conditions in the southeastern USA // Forests. 2019. Vol. 10. No 2. Article number 118. DOI: 10.3390/f10020118.
17. Yáñez M. A., Zamudio F., Espinosa C. et al. Assessing wood properties on hybrid poplars using rapid phenotyping tools // New Forests. 2020. DOI: 10.1007/s11056-020-09799-x.

Об авторах:

Сергей Николаевич Крючков¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8338-6460, AuthorID 357954; +7 999 625-12-23, kryuchkov@vfanc.ru

Александра Сергеевна Соломенцева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5857-1004, AuthorID 756338; +7 906 403-76-58, alexis2425@mail.ru

Алмагуль Кадыргалиевна Романенко¹, аспирант, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-6705-6135, AuthorID 1125490; +7 904 422-96-82, romanenko-ak@vfanc.ru

¹ Федеральное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

Intraspecific crosses of selected biotypes of the *Ulmus* and *Populus* genera to obtain heterotic breeding forms

S. N. Kryuchkov¹, A. S. Solomentseva^{1✉}, A. K. Romanenko¹

¹ Federal Research Centre for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉ E-mail: alexis2425@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is hybridization and breeding of tree species resistant to environmental conditions in conditions of desertification. **Research methodology** included the study of the growth, condition and durability of forms and hybrids, the identification of biological properties (drought, salt and frost resistance), the quality of trunks and decorativeness, the selection of parent pairs for crossing; the development of crossing techniques on cut branches. The order of work consisted of harvesting plant catkins, collecting pollen and cleaning it from impurities, harvesting branches and pollen, determining the viability of pollen, applying it to the mature stigma of the plant. The flowers of the ilmovs are bisexual, as a result of which they were castrated during crosses.

Results. Parental pairs were selected and hybridization was carried out among the following breeds: *Ulmus carpinifolia*, *Ulmus laevis*, *Ulmus pumila*, *Populus alba*, *Populus alba* × *Populus alba* v. *Populus pyramidalis*, *Populus deltoides*, *Populus bolleana*, *Populus berolinensis*, *Populus nivea* × *Populus tremula*, *Populus nigra pyramidalis*. Hybrid seedlings were obtained between different types of elms and between different types of poplars. The variant of crossing the white poplar Pervenets Uzbekistana with the Bolle F. pyramidal poplar (FGUP “Volgogradskoe”) showed the best results. **Scientific novelty** lies in the selection of breeding material resistant to various stress factors. Selection of initial and promising varieties of tree crops for further use in breeding, introduction, competitive and production tests.

Keywords: selection, heterosis, poplar, elm, crossing, hybridization.

For citation: Kryuchkov S. N., Solomentseva A. S., Romanenko A. K. Vnutrividovye skreshchivaniya vydelenykh biotipov rodov vyaz i topol' dlya polucheniya geterozisnykh selektsionnykh form [Intraspecific crosses of selected biotypes of the *Ulmus* and *Populus* genera to obtain heterotic breeding forms] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 06 (235). Pp. 23–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-23-34. (In Russian.)

Date of paper submission: 26.01.2023, **date of review:** 28.02.2023, **date of acceptance:** 01.03.2023.

References

1. Belyaev A. I., Manaenkov A. S., Pugacheva A. M. et al. Sozdanie dolgovechnykh polezashchitnykh lesnykh polos na yuge Zapadnoy Sibiri: metodicheskie rekomendatsii [Creation of long-lasting protective forest strips in the south of Western Siberia: methodological recommendations]. Volgograd: Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences, 2022. 36 p. (In Russian.)
2. Zav'yalov A. A., Iozus A. P. Nekotorye itogi selektsii vyaza v sukhoy stepi Yugo-Vostoka Evropeyskoy territorii Rossii [Some results of elm breeding in the dry steppe of the South-East of the European territory of Russia] // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019. No. 3. Pp. 66–70. (In Russian.)
3. Zav'yalov A. A., Iozus A. P., Makarov V. M. Geneticheskaya otsenka rezul'tatov gibridizatsii klenov i vyazov v usloviyakh Yugo-Vostoka Evropeyskoy chasti Rossii [Genetic evaluation of the results of hybridization of maples and elms in the conditions of the South-East of the European part of Russia] // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019. No. 4. Pp. 173–176. (In Russian.)

4. Iozus A. P., Zav'yalov A. A., Kryuchkov S. N. Gibrizatsiya vyazov *Ulmus L.* V sukhoy stepi Yugo-Vostoka Evropeyskoy territorii Rossii [Hybridization of elms *Ulmus L.* In the dry steppe of the South-East of the European territory of Russia] // *Successes of modern natural science*. 2022. No. 7. Pp. 14–19. DOI: 10.17513/use.37850. (In Russian.)
5. Iozus A. P., Zav'yalov A. A., Kryuchkov S. N. Seleksionnoe semenovodstvo perspektivnykh introdutsentov v sukhoy stepi [Breeding seed production of promising introducers in the dry steppe] // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2019. No. 1. Pp. 141-145. (In Russian.)
6. Kryuchkov S. N., Vdovenko A. V., Vorob'eva O. M. et al. Tekhnologiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala drevesnykh vidov v zasushlivykh usloviyakh Yuga Rossii [Technology of growing planting material of woody species in arid conditions of Southern Russia]. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2021. 108 p. (In Russian.)
7. Kulik K. N., Ivanov A. L., Rulev A. S. et al. Strategiya razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda [Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025]. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, 2018. 36 p. (In Russian.)
8. Kryuchkov S. N., Solonkin A. V., Solomentseva A. S. et al. Rasteniya kolleksionnogo fonda FNTs agroekologii RAN kak istochniki tsennykh priznakov dlya bioresursnoy kolleksii [Plants of the collection fund of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences as sources of valuable traits for a bioresource collection] // *Genetic resources of plants for genetic technologies: to the 100th anniversary of Pushkin laboratories VIR: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Saint Petersburg, 2022. Pp. 30–32. (In Russian.)
9. Kryuchkov S. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. et al. Nauchno-metodicheskie ukazaniya po sortovomu semenovodstvu derev'ev i kustarnikov dlya lesomelioratsii aridnykh territoriy (nauchno-metodicheskie rekomendatsii). [Scientific and methodological guidelines on varietal seed production of trees and shrubs for forest reclamation of arid territories (scientific and methodological recommendations)]. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2022. 52 p. (In Russian.)
10. Milyutin L. I. Problemy analiticheskoy seleksii drevesnykh rasteniy [Problems of analytical selection of woody plants] // *Fruit growing, seed growing, introduction of woody plants*. 2018. Vol. 21. Pp. 145–147. (In Russian.)
11. Sakharov V. I. Metody otsenki ekologo-geneticheskoy struktury populyatsiy drevesnykh vidov dlya vybora modeli seleksii [Methods for assessing the ecological and genetic structure of populations of tree species for selecting a breeding model]. Almaty, 2006. 384 p. (In Russian.)
12. Sivolapov A. I., Sivolapov V. A. Sistemy seleksii topoley v svyazi s sistemami ikh razmnozheniya [Poplar breeding systems in connection with their reproduction systems] // *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2020. Vol. 8. No. 1 (48). Pp. 144–149. DOI: 10.34220/2308-8877-2020-8-1-144-149. (In Russian.)
13. Tsarev A. P., Plugatar' Yu. V., Tsareva R. P. Seleksiya i sortoispytanie topoley: monografiya [Selection and variety testing of poplars: a monograph]. Simferopol: Izdatel'stvo Tipografiya "Arial", 2019. 252 p. (In Russian.)
14. Solomentseva A. S., Kolmukidi S. V., Lebed N. I. et al. Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow, 2020. Article number 012056. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012056.
15. Hilbert D. R., Koeser A. K., Roman L. A. et al. Selecting and Assessing Underutilized Trees for Diverse Urban Forests: A Participatory Research Approach // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 10. Article number 759693. DOI: 10.3389/fevo.2022.759693.
16. Ghezehei S. B., Nichols E. G., Hazel D. W., Maier C. A. Adaptability of populus to physiography and growing conditions in the southeastern USA // *Forests*. 2019. Vol. 10. No 2. Article number 118. DOI: 10.3390/f10020118.
17. Yáñez M. A., Zamudio F., Espinosa C. et al. Assessing wood properties on hybrid poplars using rapid phenotyping tools // *New Forests*. 2020. DOI: 10.1007/s11056-020-09799-x.

Authors' information:

Sergey N. Kryuchkov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-8338-6460, AuthorID 357954; +7 999 625-12-23, kryuchkov@vfanc.ru

Aleksandra S. Solomenseva¹, candidate of agriculture sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-5857-1004, AuthorID 756338; +7 906 403-76-58, alexis2425@mail.ru

Almagul K. Romanenko¹, postgraduate, junior researcher, ORCID 0000-0002-6705-6135, AuthorID 1125490; +7 904 422-96-82, romanenko-ak@vfanc.ru

¹Federal Research Centre for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia