

УДК 504.062.2

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В АРИДНЫХ РЕГИОНАХ

© 2021 г. Р.М. Адамова*, М-Р. А. Казиев**

**Дагестанский государственный университет*

Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 43а. E-mail: adamov45@inbox.ru

***Федеральный Аграрный научный центр Республики Дагестан,*

Россия, 367014, г. Махачкала, пр. Акушинского, Научный городок

Поступила в редакцию 07.10.2020. После доработки 01.11.2020. Принята к публикации 01.12.2020.

Рассмотрены эколого-биологические аспекты создания защитных лесных насаждений. Результаты исследований могут служить основой для разработки мероприятий по рациональному использованию земельных ресурсов и созданию защитных лесонасаждений в аридных условиях. Дана оценка интродукционных ресурсов дендрофлоры для создания защитных лесных насаждений и впервые исследована микотрофность видов для определения возможностей их использования в защитных лесных насаждениях. Критерии, определяющие микотрофность древесных растений, и диагностика их устойчивости дают возможность оценить эффективность работ по интродукции и репродукции древесных пород, а также могут быть использованы при разработке общей программы восстановления естественных лесных фитоценозов.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, аридные территории, интродукция, лесовосстановление, микориза, сукцессия.

DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10147

Искусственное лесоразведение является одним из эффективных путей создания защитных лесных насаждений и основным элементом в комплексе мероприятий по борьбе с деградацией земельных угодий и вовлечением их в сельскохозяйственный оборот. Исследования, направленные на сдерживание процессов остепнения и опустынивания земель, имеют важное государственное значение.

Актуальность исследований состоит в необходимости выявления видового состава дендрофлоры, который может решить задачу формирования защитных лесных насаждений в аридных условиях (Семенютина, 2005).

Целью настоящей работы является разработка научной основы средообразующей и стабилизирующей функции искусственных защитных насаждений, повышение их устойчивости и долговечности, что является актуальным направлением в современной концепции устойчивого природопользования. Основное направление для достижения постоянства лесопользования и повышения устойчивости антропогенных лесов – это формирование второго поколения искусственных лесных экосистем естественным путем.

Функции микотрофности видов дендрофлоры, выявленные в результате исследований, являются основным условием решения этой проблемы и создают возможность для управления процессами, обеспечивающими интродукцию, сохранение и размножение новых видов, внедряемых в защитные лесные насаждения (Шемаханова, 1962; Лобанов, 1971).

Объекты и методы исследований

Методологической основой проведения исследований явился комплексный подход, включающий типовые методы исследований по таксации и лесоводству.

Исследования по формированию естественной смены древесных пород проводились в условиях центральной предгорной зоны Дагестана. При этом изучалось формирование лесных сообществ в различных природных фациях (островковых, прирусловых, террасных, склоновых участках) с целью

выявления устойчивого видового состава при различной степени антропогенной трансформации среды.

Объектом исследований служили также лесные насаждения в сухостепных, полупустынных районах, почвозащитные аридные редколесья Тарки-Тау и бархана Сарыкум.

Исследование проводилось на основе методик, разработанных в процессе изучения микотрофности интродуцированных видов для определения их использования в защитном лесоразведении (Шемаханова, 1962; Лобанов, 1971; Шубина, 1990).

Исследованиями планировалось изучение двух типов сукцессий (Сукачева, 1942; Лавренко, 1959; West et al., 1981): 1) восстановительные смены после пожаров и 2) восстановительные смены после рубок с разработкой способа, позволяющего обеспечить прорастание семян, плодов и приживаемость сеянцев на территории после пирогенных воздействий, а также воспроизвести лесную экологическую среду с улучшенными показателями по видовому составу, ценности древесины и не древесной продукции леса.

На основе разработок отечественных исследователей на территории Ботанического сада Дагестанского государственного университета, которая расположена в аридных условиях, проводились интродукционные работы, направленные на решение общей задачи изучения новых видов древесных растений и испытание в полевых условиях их регенерационных возможностей в разных формах и стадиях развития: семена, сеянцы (лесной подрост), саженцы с выявлением оптимальных жизненных периодов в онтогенезе, при которых в полной мере проявляются признаки устойчивости (Лапин, Сиднева, 1973; Лапин и др., 1979).

В качестве интродуцентов были изучены 46 видов древесных и кустарниковых растений. В это число вошли 6 видов растений, принадлежащих к 3-м семействам из отдела Голосеменные (*Pinophyta* или *Gymnospermae*) и 40 видов растений, принадлежащих к 25 семействам и 5 подклассам из отдела Покрытосеменные (*Magnoliophyta* или *Angiospermae*).

Результаты исследований

Создание защитных лесных насаждений в регионах, подверженных в сильной степени антропогенной деградации (остепнению, опустыниванию), является сложной задачей, для решения которой необходимо изучение закономерностей взаимосвязи экологических и биологических особенностей роста и развития древесной растительности.

Получены данные по видовому разнообразию и количеству древесных пород в различных природных фациях засушливых регионов.

Элементы рельефа имеют относительно устойчивые виды, характерные для региональных условий их развития (табл. 1).

Коэффициент сходства дендрофлор (Серенсена-Чекановского) при попарном сравнении изменяется в пределах 0.36-0.40%, т. е. имеет умеренные значения (табл. 2). Из общего числа видов по всему району исследований ни один вид не отмечен более чем в двух районах. Оценка сходства дендрофлор показала, что все элементы рельефа одинаково близки по этому показателю – 0.40, 0.40 и 0.36 (Зайцев, 1984).

Максимальное видовое богатство демонстрирует терраса (15 видов), далее по рангу убывания числа видов следуют склоновые участки (13) и береговая линия (10).

Исследования по формированию лесных сообществ в различных природных фациях позволили нам установить виды растений, представляющих интерес для интродукции в сухостепные условия и внедрения их в защитные лесонасаждения. Жизненная форма растений и полученные данные фенологических наблюдений отражают комплекс адаптивных характеристик видов к определенным условиям среды (Булыгин, 1970; Зайцев, 1981).

Технология выращивания сопутствующего расширению ассортимента, представленного для защитного лесоразведения в аридных условиях, является одним из главных результатов исследований.

Одним из важных направлений была также реинтродукция автохтонов из разных природных зон региона. Группировки нагорных ксерофитов могут быть использованы для интродукции в сухостепные условия и внедрения их в защитные лесонасаждения. Отличительными их чертами являются сильная ксероморфность покрова. Вместе с сухими горными степями обнаженные склоны с

редкими группами нагорных ксерофитов образуют наиболее типичный ландшафт аридных условий. За достаточно длительный период растения этих местообитаний приобрели устойчивую адаптацию к засушливым условиям. Поэтому их интродукция в сухостепные условия является своевременным мероприятием. Экспериментально установлен видовой состав, который может решить задачу пионерного (первоначального) формирования лесных ценозов в защитных барьерных зонах (Серебряков, 1962; Черепанов, 1995).

Таблица 1. Видовой состав и смена древесных пород естественных лесных сообществ в предгорной зоне Дагестана.

Название вида	Элементы рельефа							
	Речной островок		Береговая линия		Терраса		Склон	
	Шт.	%	Шт.	%	Шт.	%	Шт.	%
Орех грецкий (<i>Juglas regia</i> L.)							4	5.1
Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)							3	3.8
Бук восточный (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky)							7	8.9
Мушмула обыкновенная (<i>Eriobotrya germanica</i> L.)							3	3.8
Калина обыкновенная, или красная (<i>Viburnum opulus</i> L.)							2	2.5
Вяз гладкий, или обыкновенный (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)							3	3.8
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)							6	7.6
Дуб скальный (<i>Quercus petraea</i> Mattschka L.)							2	2.5
Яблоня восточная (<i>Malus orientalis</i> Uglitzk)					3	4.6	2	2.5
Лещина обыкновенная или орешник (<i>Corulus avellana</i> L.)					13	20.0	16	20.3
Кизил обыкновенный (<i>Cornus mas</i> L.)					4	6.2	9	11.4
Граб обыкновенный (<i>Carpinus caucasica</i> Grossh)					3	4.6	18	22.8
Груша кавказская (<i>Pyrus caucasica</i> Fed.)					2	3.1	4	5.1
Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguine</i> Pall.)					3	4.6		
Роза собачья (<i>Rosa canina</i> L.)					6	9.2		
Бирючина обыкновенная (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)					2	3.1		
Мушмула германская (<i>Mespilus germanica</i> L. Mill)			2	6.5	5	7.7		
Айва обыкновенная (<i>Cydonia oblonga</i> Mill)			4	12.9	7	10.8		
Боярышник обыкновенный (<i>Crataegus laevigata</i> (Poir) DC)			5	16.1	4	6.2		
Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i> L.)			2	6.5	3	10.8		
Слива колючая (<i>Prunus spinosa</i> L.)			2	6.5	4	6.2		
Слива растопыренная (<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.)			6	19.4				
Ежевика сизая (<i>Rubus caesius</i> L.)			4	12.9	6	9.2		
Ива белая (<i>Salix alba</i> L.)	30	3.2	3	9.7				
Осина обыкновенная (<i>Populus tremula</i> L.)	243	26.1	2	6.5				
Тополь белый (<i>Populus alba</i> L.)	131	14.1	1	3.2				
Тополь сереющий, серый (<i>Populus x. canescens</i> Ait Smith)	50	5.4						
Тамарикс многоветвистый (<i>Tamarix ramosissima</i> Led.)	476	51.2						
Количество экземпляров (N)	930	100	31	100	65	100	79	100
Количество видов (S)	5		10		15		13	

Примечание к таблице 1: жирным шрифтом выделены связывающие виды дендрофлоры.

Использование микоризной почвы значительно ускоряет и облегчает микоризообразование (табл. 3). До внесения микоризной почвы процент зараженности семян к началу октября составлял 10%, с внесением микоризной почвы он возрос до 43%.

Таблица 2. Матрица сходства состава дендрофлор предгорной зоны Дагестана.

Районы	Речной островок	Береговая линия	Терраса	Склон
Речной островок	1.00	0.40	0.00	0.00
Береговая линия	0.40	1.00	0.40	0.00
Терраса	0.00	0.40	1.00	0.36
Склон	0.00	0.00	0.36	1.00
N (видовое богатство)	5	10	15	13

Таблица 3. Характеристика роста микоризных семян дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) первого года.

Дата сбора корней	Сеянцы, не получившие микоризную почву			Сеянцы, получившие микоризную почву		
	Количество сеянцев	Количество микоризных сеянцев		Количество сеянцев	Количество микоризных сеянцев	
		Абсолютное	%		Абсолютное	%
01.08. 2015	30	0	0	30	1	3.3
30.08.2015	30	0	0	30	5	16.7
15.09.2015	30	1	3.3	30	9	30.0
07.10.2015	30	3	10.0	30	14	43.0

Комбинационное распределение 46 интродуцированных видов дендрофлоры по двум качественным признакам (степень микотрофности и тип корневой системы) и полученным значениям коэффициентов взаимной сопряженности Пирсона – 0.78, Чупрова – 0.53 показало, что между микотрофностью интродуцированных видов дендрофлоры и типом корневой системы существует тесная связь (Громыко, 2013). Учет этих закономерностей важен для разработки методов планирования защитного лесоразведения.

Сдерживающими факторами сукцессий лесных экосистем являются пожары, потепление климата, ливневый характер осадков, вспышки массового размножения непарного шелкопряда.

Лесовосстановление после катастрофических лесных пожаров обычным способом не достаточно эффективно, поскольку семена плохо всходят, сеянцы практически не приживаются, а прижившиеся слабо растут из-за отсутствия микоризообразующего грибного компонента почвы (МГКП).

Из интродуцированных видов высокую адаптационную степень проявили следующие виды: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), каркас кавказский (*Celtis caucasica* Willd.), робиния лжеакация, или белая акация (*Robinia pseudacacia* L.), конский (горький) каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), вяз гладкий, или обыкновенный (*Ulmus laevis* Pall.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), калина обыкновенная, или красная (*Viburnum opulus* L.) и др. получили высокий балл перспективности (табл. 4).

На наш взгляд они являются наиболее приспособленными и адаптированными по генетическим, физиологическим и экологическим особенностям проявляемых в засушливых условиях.

Многочисленными опытами доказано, что своевременное обеспечение высокомикотрофных пород микоризами эктотрофного типа – важное условие хорошей приживаемости, дальнейшего роста сеянцев и саженцев, устойчивости растений в неблагоприятных условиях.

Проведенные исследования позволили создать базу данных по микотрофности интродуцированных видов дендрофлоры.

Таблица 4. Балльная оценка показателей жизнеспособности и перспективности интродуцированных растений (в среднем за 2010-2017 гг.).

Виды древесных растений	Жизненная форма	Возраст растений, лет	Балл зимостойкости	Показатели жизнеспособности							Общая оценка	
				Одревеснение побегов	Зимостойкость	Сохранение формы роста	Побегообразование	Прирост в высоту	Генеративное развитие	Возможные способы размножения в культуре	Сумма показателей жизнеспособности	Группа перспективности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Семейство Хвойные (<i>Pinaceae</i>) Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	Д	18	I	20	25	10	5	5	25	ИП (7)	97	I*
Семейство Ильмовые, или Вязовые (<i>Ulmaceae</i>) Вяз гладкий, или обыкновенный (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	Д	18	II	20	20	10	5	2	25	ИП (7)	89	II
Семейство Каркасовые (<i>Celtidaceae</i>) Каркас кавказский (<i>Celtis caucasica</i> Willd.)	Д	18	III	20	15	10	5	5	25	ИП (7)	87	II
Семейство Бобовые, или Мотыльковые (<i>Fabaceae</i>) Робиния лжеакация, или белая акация (<i>Robinia pseudacacia</i> L.)	Д	20	III	20	15	5	5	5	25	ИП (7)	87	II
Семейство Конскокаштановые (<i>Hippocastanaceae</i>) Конский (горький) каштан обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	Д	19	II	20	20	10	5	5	25	ИВР (3)	89	II
Подкласс Астериды (<i>Asteridae</i>) Семейство Маслиновые (<i>Oleaceae</i>) Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Д	18	II	20	20	10	5	5	25	ИВР (3)	88	II
Семейство Калиновые (<i>Viburnaceae</i>) Калина обыкновенная, или красная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	К	9	II	20	20	10	5	5	25	ИП (7)	92	I

Примечания к таблице 4: * – баллы перспективности для защитного лесоразведения: I – вполне перспективные, II – перспективные, III – менее перспективные; ИП (7) – искусственный посев, ИВР (3) – искусственное вегетативное размножение; ПС (1) – привлечение семян или растений из других районов

Из интродуцированных видов дендрофлоры, в сухостепные условия 9 (19.5%) оказались без микоризы (индекс 1), у 24 (52.1%) видов – слабая (индекс 2), 11 (23.9%) – средняя (индекс 3) и 4 (8.6%) – сильная степень развития микоризы (индекс 4).

Виды дендрофлоры с сильной степенью микотрофности платан восточный (*Platanus orientalis* L.), бук восточный (*Fagus orientalis* Lipsky., *Quercus robur* L.) эндо- или эктомикоризы характеризует необходимость их использования в условиях богатых гумусом почвах. Такие виды не имеют шансов или утратили свою устойчивость в бедных почвах.

Виды дендрофлоры с индексом 1 представляют наибольший интерес для первоначального их внедрения во вновь создаваемые барьерные зоны защитных лесных насаждений, поскольку у этих видов корни проникают глубоко в почву для всасывания воды и растворенных в ней элементов минерального питания: эфедра двуколосковая (*Ephedra distachya* L.), шелковица белая (*Morus alba* L.), шелковица черная (*M. nigra* L.), бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos* L.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), абрикос обыкновенный (*Armeniaca vulgaris* Lam.), смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh.) и др.

Особенности микоризации корневых систем однолетних сеянцев приведены в таблице 3 на примере дуба черешчатого (*Quercus robur* L.; Лобанов, 1971).

По результатам исследования разработан инновационный способ восстановления лесополос после пожаров, защищенный Патентом РФ (Адамов и др., 2013).

Предлагаемый способ позволяет обеспечить 100% прорастание семян, формирование плодов и приживаемость сеянцев на территории после пирогенных воздействий.

Экспериментально доказано, что возврат микоризообразующего грибного компонента почвы, т.е. создание условий для образования новой микоризы выступает главным условием воспроизводства леса на гарях.

Характерная особенность разработанной технологии состоит в том, что гари не расчищаются, сгоревшие деревья и кустарники не удаляются, как пища (легкодоступный углерод) для первых живых организмов гарей – пирогенных грибов, способствующих восстановлению биоразнообразия и целостности прежней компонентной среды леса.

Выводы

Интродукция имеет первостепенное значение в сухостепных, полупустынных и пустынных условиях. Большинство из них – местные виды, автохтоны, или достаточно адаптировавшиеся интродуценты из других, более жарких регионов.

Выявлены общие закономерности формирования биоразнообразия в различных природных фациях, позволяющие обеспечить возможность интродукции многих устойчивых его видов в сухостепные условия юга России для создания защитных лесных насаждений.

Разработаны основные направления и практические рекомендации по интродукции 21 вида древесно-кустарниковых растений в аридных условиях для расширения ассортимента деревьев и кустарников для защитного лесоразведения, разработана информационная база данных их экологической эффективности для создания барьерных защитных лесных насаждений.

Определена группировка нагорных ксерофитов для интродукции в сухостепных аридных регионах для использования в защитном лесоразведении: барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.), каркас кавказский (*Celtis caucasica* Willd.), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), держидерево (*Paliurus spina-christi* Mill.), слива колючая (*Prunus spinosa* L.), груша иволистная (*Pyrus salicifolia* Pall.), роза собачья (*Rosa canina* L.) и др.

Созданная информационная база данных по степени микотрофности позволяет формировать состав и структуру защитных лесных насаждений, а также последующее их обогащение микотрофными видами. Из изученных видов 9 оказались без микоризы. Гледичия трёхколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.) – имеют индекс микотрофности 1; у 24 видов – слабая микотрофность (каркас кавказский (*Celtis caucasica* Willd.), роза собачья (*Rosa canina* L.) и др.) – индекс микотрофности 2; у 11 видов – средняя микотрофность (клен полевой (*Acer campestre* L.), боярышник обыкновенный (*Crataegus laevigata* (Poir) Dc.) и др.) – индекс микотрофности 3; а у 4 видов – сильная микотрофность (бук восточный (*Fagus orientalis* Lipsky.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) и др.) – индекс микотрофности 4.

Комбинационное распределение видов дендрофлоры по степени микотрофности и типу корневой системы указывает на тесную связь между этими показателями (критерии Пирсона – 0.78).

По результатам исследований разработан инновационный способ восстановления лесных насаждений после пожаров, защищенный Патентом РФ №2492627, который позволяет обеспечить 100% прорастание семян, плодов и приживаемость сеянцев на территории после пирогенных воздействий, а также воспроизвести лес и полную лесную экологическую среду с улучшенными показателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гасанов Ш.Ш.* 2006. Структурная экология // Методология и методы. Махачкала: ИД Наука плюс. 200 с.
- Громько Г.Л.* 2013. Теория статистики. Практикум. 5-е изд., исп. и доп. М.: ИНФРА-М. 238 с.
- Зайцев Г.Н.* 1981. Фенология древесных растений. М.: Наука. 120 с.
- Лавренко Е.М.* 1959. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения // Полевая геоботаника. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР. С. 12-75.
- Латин П.И., Сиднева С.В.* 1973. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Изд-во ГБС. С. 7-67.
- Латин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н.* 1979. Интродукция лесных пород. М.: Лесная промышленность. 224 с.
- Лобанов Н.В.* 1971. Микротрофность древесных растений. М.: Лесная промышленность. 216 с.
- Погиба С.П., Курносоев Г.А., Казанцева Е.В.* 2003. Методы количественной генетики в лесной селекции // Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 260400 и 260500. 3-е изд. М.: МГУЛ. 36 с.
- Семянина А.В.* 2005. Лесомелиорация и обогащение дендрофлоры аридных регионов России. Дис. ... док. сельхоз. наук. Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации. 440 с.
- Серебряков И.Г.* 1962. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа. 377 с.
- Смирнова О.В.* 2008. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс // Успехи современной биологии. Т. 128. № 2. С. 129-144.
- Адамов М.Г., Адамова Р.М., Яровенко А.Ю.* 2013. Способ восстановления лесополосы после пожаров. Патент на изобретение № 2492627. Авторы патента: 20.09.2013.
- Сукачев В.Н.* 1942. Идея развития фитоценологии // Советская ботаника. № 1-3. С. 5-17.
- Черепанов С.К.* 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья – 95. 990 с.
- Шемаханова Н.М.* 1962. Микотрофия древесных пород. М.: Изд-во АН СССР. 374 с.
- Шубин В.И.* 1973. Микотрофность древесных пород и ее значение при разведении леса в таежной зоне. Л.: Наука. 262 с.
- West D.C., West H.H., Shugart D.F., Botkin D.F.* 1981. Plant Succession and Soil Development in Coastal Sand Dunes of Subtropical Eastern Australia // Forest Succession. Concepts and Application. Ch. 8. Springer-Verlag. New-York. Heidelberg. Berlin. P. 107-131.