

Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем

Г. К. Булахтина¹✉

¹ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Россия

✉ E-mail: gbulah@mail.ru

Аннотация. Цель. Исследование направлено на проведение адаптационной оценки аридных кормовых кустарниковых растений для реставрации деградированных пастбищных экосистем в полупустынной зоне юга России в современных условиях аридизации климата. **Методы.** Дана оценка адаптационным возможностям, в том числе полевой всхожести семян, реакции на засуху, урожайности кормовых кустарниковых растений джужгуна безлистного, терескена серого и прутняка простертого в современных климатических условиях на светло-каштановых почвах. **Результаты.** Исследования проводились в жестких аридных климатических условиях (отсутствие продуктивной влаги в почве весь летний период) на неплодородных почвах (содержание гумуса – 0,68–0,74 %). Полевая всхожесть семян составила 24,9 % (джужгун), 32,6 % (прутняк), 75,6 % (терескен). Для выбранных кустарников были определены лучшие сроки посева – с ноября по январь. К третьему году вегетации высота растений составила 84–110 см, что будет способствовать задержанию снега на пастбище. Все исследуемые кормовые кустарники с мая по сентябрь имели урожайность выше, чем естественный травостой пастбища, в 1,8–4,5 раза. **Научная новизна.** Все изучаемые кустарники показали высокий адаптивный жизненный потенциал в аридных полупустынных условиях региона исследования, в том числе высокую засухоустойчивость, нетребовательность к почвенному плодородию, длительный вегетационный период (140–270 дней) и высокую продуктивность, которая превышала естественный травостой. Использование этих кустарников в восстановлении деградированных пастбищ увеличит не только их продуктивность на 43–79 %, но и питательную ценность, в т. ч. по кормовым единицам в 1,3 раза, по переваримому протеину – в 1,7 раза. Все это даст возможность увеличить кормовую емкость восстановленных пастбищ.

Ключевые слова: опустынивание, аридные пастбищные экосистемы, полевая всхожесть, кормовые кустарники, питательная ценность, урожайность.

Для цитирования: Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11.

Дата поступления статьи: 23.11.2021, **дата рецензирования:** 06.12.2021, **дата принятия:** 10.12.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

От общей площади нашей планеты (510 млн км²) площадь мировых земельных ресурсов составляет всего 26,3 % (134 млн км²). Сельскохозяйственные угодья занимают 4810 млн га, или около 36 % мирового земельного фонда. Эти земли должны обеспечить растущий спрос населения на продукты животноводства, особенно на мясо и животные жиры. Индустриализация животноводства не способна полностью заменить использование пастбищных ресурсов, которые большей частью сосредоточены в аридных областях мира. По качеству продукция, полученная от животных, которые выращены на сухостепных и полупустынных пастбищах, значительно лучше, чем от животных, выращенных во влажных областях или

на откормочных предприятиях. Поэтому обеспеченность сельскохозяйственных животных пастбищными кормовыми угодьями приобретает решающее значение. Пастбища являются необходимыми и ценными не только из-за особого сочетания природных трав и кустарников, обеспечивающих полным набором витаминов, микро и макроэлементов организм животного: такие условия содержания скота на пастбище, как свежий воздух, активное движение, солнечное освещение, повышают общий жизненный тонус организма, укрепляют иммунитет, улучшают воспроизводство стада (отары), способствуют более быстрому развитию молодняка, усиливают аппетит, повышают прирост живой массы и др. Пастбищное животноводство остается рентабельным и выгодным, поскольку

происходит использование «бесплатного» природного потенциала. Одна кормовая единица на пастбище дешевле в 2–3 раза, чем при выращивании кормовых растений на полях. Причем если использовать эти аридные земли в земледелии без орошения, дохода не будет.

Однако у выпаса животных на пастбищах имеется и другая сторона. Отношение к природным пастбищам без учета их емкости (перевыпас) привело в настоящее время к экологическому бедствию на всей территории аридных регионов не только России, но и всего мира. Так, наши ученые уже в 60–70-е годы забили тревогу о том, что в Прикаспии уменьшились биоразнообразие и продуктивность растительного покрова пастбищ, а дефицит белка в корме составил 10–12 % [1 с. 6; 2 с. 3199, 3 с. 16].

Наши коллеги в Казахстане серьезно беспокоятся о том, что из-за антропогенной деградации степной фитоценоз многих пастбищ представлен 4–5 видами растений [4].

В Алтайском крае и Кыргызской Республике увеличивается площадь открытых, полностью лишенных растительности участков [5; 6].

Однако наряду с антропогенным фактором в современных условиях невозможно исключить и климатические изменения. Наибольшая опасность деградационных процессов возникает при совместном воздействии природных и антропогенных факторов, что вызывает эффект синергизма [7, с. 65; 8].

Исследования изменения климата выявили отрицательную динамику показателей увлажнения аридных пастбищ юга России, которая сохранится и в последующие годы. Происходят ксерофитизация растительности и аридизация климата, губительно действующие на растительность естественных пастбищ [9–11].

Таким образом, исследования, направленные на сдерживание процессов опустынивания земель, имеют большое государственное значение. Актуальность исследований состоит в необходимости выявления таких растений, которые смогут решить задачу не только сохранения, но и увеличения видового разнообразия и продуктивности пастбищ в аридных условиях.

Научные исследования проводились на базе ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в Астраханской области. В настоящее время пастбища на территории Астраханской области, которые занимают более 50 % всей площади региона, – это полупустынные деградированные фитоценозы, заполненные в основном растениями травянистой формы [12, с. 63]. Учеными-лесомелиораторами доказана устойчивость к деградации полевых агроландшафтов с применением кустарниковых насаждений. Эти насаждения предотвращают эрозионные процессы, способствуют дополнительному снегозадержанию в зоне их влияния, уменьшению глубины промерзания зимой и увеличению влажности почвы в летний период [13–16].

Однако в настоящее время большая часть таких насаждений (около 75 %) находится в крайне угнетенном состоянии из-за климатических и антропогенных факторов [17; 18].

Целью нашей работы стало проведение адаптационной оценки аридных кормовых кустарниковых растений для реставрации деградированных пастбищных экосистем в полупустынной зоне юга России в современных условиях аридизации климата.

Методология и методы исследования (Methods)

Регион исследования – северная часть Астраханской области – это зона полупустыни с резко континентальным засушливым климатом в сочетании с комплексами зональных светло-каштановых почв с солонцами. Сумма активных температур составляет 3100–3600 °С. Летние максимальные температуры достигают 42–45 °С. Осадки – в пределах 130–250 мм (данные последних 5 лет), коэффициент увлажнения – 0,11–0,33. По гранулометрическому составу почвы преимущественно легко- и среднесуглинистые, местами супесчаные.

Для нашего региона перспективны такие виды семейств: гречишные (Polygonaceae) – джугун безлистный (жугун, кандым) (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke), маревые (Chenopodioideae) – терескен серый (крашенинниковия терескеновая) (*Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey.) и прутняк простертый (изень, кохия) (*Kochia prostrata* (L.) Schrad) [19].

Семенной материал для исследования был собран с дикорастущих растений в пределах Астраханской области: терескен и изень – в Черноярском районе, джугун – в Наримановском.

Общая площадь делянок под один вид – 210 м². Посев семенами рядовой с междурядьем 1,4 м. Повторность трехкратная. Площадь делянки под одну повторность – 70 м². Глубина заделки семян – 0,5–1,0 см. Норма высева, согласно методическим указаниям ВИР¹, составляет для терескена – 8, изеня – 3, джугуна – 15 кг/га (в расчете на 100-процентную всхожесть).

Фенологические наблюдения проводились по рекомендациям И. Г. Грингоф, Ю. С. Лынова² через каждые 5 дней (высоту растений отмечали в конце вегетационного периода); учет урожайности биомассы – по методике ВНИИ кормов³. Агрохимический анализ почвы и растений проводился в Государственном центре агрохимической службы «Астраханский» (г. Астрахань). Визуальную оценку состояния посева осуществляли по 5-балльной шкале⁴ в одни и те же часы, при расположении солнца «за спиной»: 0 – полная гибель, 1 – очень плохое состояние, 2 – плохое, 3 – удовлетворительное,

¹ Изучение коллекции многолетних кормовых растений (методические указания) / Под ред. А. И. Иванова. Ленинград: ВИР, 1985. 47 с.

² Грингоф И. Г., Лынов Ю. С. Методическое пособие по фенологическим наблюдениям. Ленинград, 1991. 201 с.

³ Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе / А. А. Кутузова, К. Н. Привалова, Н. И. Георгиади. Москва: Угрешская типография, 2015. 68 с.

⁴ Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 336 с.

4 – хорошее, 5 – отличное; оценку реакции растений на засуху – по 9-балльной шкале⁵: 1 – очень слабая (незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев), 3 – слабая (пожелтение всех прикорневых листьев), 5 – средняя (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев), 7 – сильная (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев и потеря тургора зелеными листьями), 9 – очень сильная (пожелтение листьев, потеря ими тургора и недоразвитие генеративных органов, т. е. соцветия не выходят из влагалищ верхнего листа).

Результаты (Results)

На первом этапе был проведен анализ почвы опытного участка и природного пастбища региона исследования. В результате было выявлено, что почвы идентичны и имеют очень низкую обеспеченность по содержанию гумуса (0,68–0,74 %); очень низкую – азота щелочногидролизуемого (21 мг/кг); высокую – фосфора подвижного (27–28 мг/кг); высокую – калия подвижного (264–298 мг/кг).

Метеоусловия периода исследования отмечены высокими летними температурами (среднемесячные – 25–28 °С) и наличием суховеев (до 25 % вегетационного периода). По количеству осадков наиболее засушливым выделился 2020 г., когда в период с мар-

та по декабрь выпало всего 78,7 мм. Наиболее показательны для определения условий вегетации опытных аридных кустарников данные по наличию продуктивной влаги в слое почвы 0–1 м по годам исследования (рис. 1). На графике видно, что в основном в летний период продуктивная влага в почве отсутствует. Это главный показатель аридных условий произрастания изучаемых растений.

Прежде чем произвести посев, мы определили лабораторную и полевую всхожесть семян кустарников (таблица 1).

Данные лабораторной и полевой всхожести значительно отличаются у изеня (на 42,7 %), а у терескена и джугуна – в пределах 8–11 %.

Результаты определения полевой всхожести семян в зависимости от сроков посева в условиях региона исследования приведены в таблице 2.

По данным таблицы 2 видно, что лучшие сроки посева – это ноябрь, декабрь и январь, когда полевая всхожесть у терескена в пределах 74–82 %, у изеня – 44–45% и у джугуна – 25–26 %. При февральском посеве всхожесть была уже несколько ниже, а при мартовском – минимальная по сравнению с подзимним и зимним посевами.

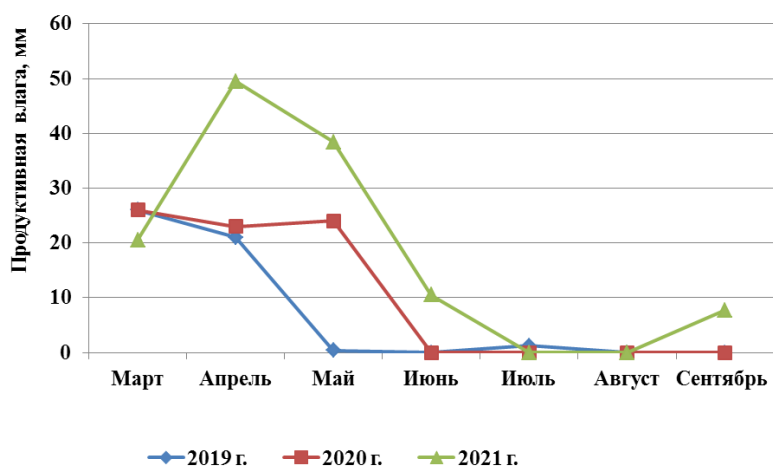


Рис. 1. Динамика продуктивного запаса влаги в слое почвы 0–1 м по годам исследования

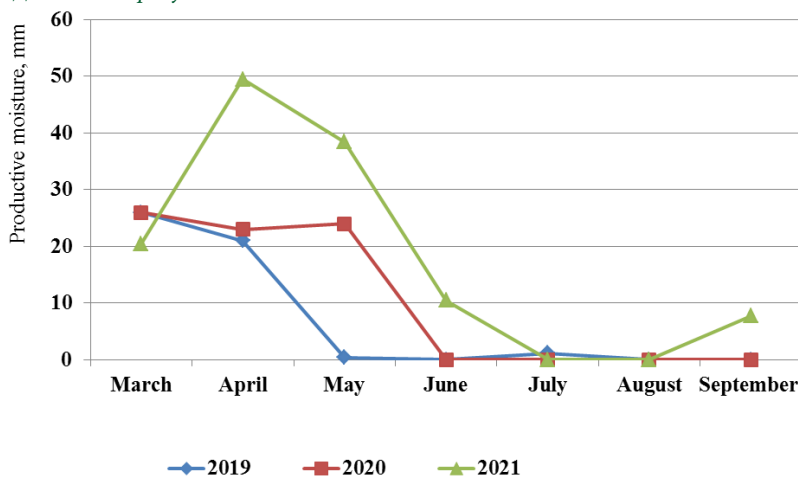


Fig. 1. Dynamics of the productive moisture reserve in the 0–1 m soil layer by years of study

⁵ Изучение коллекции многолетних кормовых растений (методические указания) / Под ред. А. И. Иванова. Ленинград: ВИР, 1985. 47 с.

Лабораторная и полевая всхожесть семян кормовых кустарников, 2019 г.

Виды растений	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %
<i>Eurotia ceratoides</i>	84,2	75,6
<i>Kochia prostrata</i>	75,3	32,6
<i>Calligonum aphyllum</i>	36,4	24,9

Table 1

Laboratory and field germination of seeds of forage shrubs, 2019

Plant species	Laboratory germination, %	Field germination, %
<i>Eurotia ceratoides</i>	84.2	75.6
<i>Kochia prostrata</i>	75.3	32.6
<i>Calligonum aphyllum</i>	36.4	24.9

Таблица 2

Влияние сроков посева на полевую всхожесть семян кормовых кустарников

Виды растений	Полевая всхожесть, %				
	Срок посева				
	14.11	12.12	16.01	15.02	14.03
<i>Eurotia ceratoides</i>	77,4	74,3	82,1	66,3	42,7
<i>Kochia prostrata</i>	45,2	44,0	44,0	38,8	25,6
<i>Calligonum aphyllum</i>	25,6	26,0	26,0	24,2	18,3

Table 2

Influence of sowing dates on field germination of seeds of forage shrubs

Plant species	Field germination, %				
	Sowing time				
	14.11	12.12	16.01	15.02	14.03
<i>Eurotia ceratoides</i>	77.4	74.3	82.1	66.3	42.7
<i>Kochia prostrata</i>	45.2	44.0	44.0	38.8	25.6
<i>Calligonum aphyllum</i>	25.6	26.0	26.0	24.2	18.3

По плану исследования были определены сроки прохождения фаз вегетации кормовых растений и составлены фенологические спектры (таблица 3).

По фенологическим спектрам видно, что джужгун вегетирует небольшой период для создания поедаемой кормовой массы (март – май), с середины июня, когда созревают плоды, молодые зеленые побеги подсыхают и частично опадают. Кустарник терескен и полукустарничек прутняк, имея одинаковый фенологический спектр, почти в два раза дольше набирают кормовую массу, чем джужгун, однако все эти растения круглый год являются источником высокопитательного хорошо поедаемого корма, причем у джужгуна животные поедают уже опавшие побеги и плоды.

Определение состояния посевов и реакции растений на засуху проводилось в начале цветения и в наиболее жаркий и засушливый месяц летнего сезона. Исследования показали, что все кормовые растения имели отличное состояние посева (5 баллов). Реакция на засуху: 82 % – очень слабая (незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев – 1 балл), 10 % – слабая (пожелтение всех прикорневых листьев – 3 балла) и 8 % – реакция средняя (5 баллов) – пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев. Эти показатели говорят о высокой засухоустойчивости изучаемых растений и их способности участвовать в восстановлении деградированных аридных пастбищ.

По окончании вегетационного периода проводилось измерение высоты растений по годам исследования (таблица 4).

В итоге было отмечено, что исследуемые растения являются достаточно высокорослыми и быстрорастущими, что очень важно для снегозадержания и создания защиты от ветров на пастбищах.

По плану исследования было изучено развитие корневой системы кустарников. По данным И. Н. Бейдемана (1934), В. М. Свешниковой (1952), С. А. Бедарева (1968), на развитие корневой системы оказывают заметное влияние гранулометрический состав почвы, а также влажность и засоленность. Исследования С. А. Бедарева⁶, который в 1968 г. проводил 92 раскопки корневой системы терескена серого на серобурых супесчаных почвах в естественных условиях произрастания (в гипсовой пустыне Бетпак-Дала), показали, что корневая система взрослого растения проникает на глубину 190 см. При этом в горизонтальном направлении корни распространялись на 170–180 см при нарушении роли стержневого корня. А по данным З. Ш. Шамсутдинова (1975)⁷, на светлых сероземах к концу первого года жизни корни терескена серого проникают на глубину 130 см, а в возрасте 10 лет – на 600 см.

⁶ Бедарев С. А. Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана // Труды КазНИГМП. 1968. Вып. 4.1. С. 200–275.

⁷ Шамсутдинов З. Ш. Создание долголетних пастбищ в аридной зоне Средней Азии. Ташкент: Фан, 1975. 176 с.

Таблица 3

Фенологические спектры изучаемых растений, 2019–2021 гг.

Агротехнологии

Виды растений	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Eurotia ceratoides</i>												
<i>Kochia prostrata</i>												
<i>Calligonum aphyllum</i>												

Примечание. Фазы вегетации: Возобновление (зеленый), Ветвление (темно-зеленый), Цветение (светло-зеленый), Плодоношение (желтый), Созревание, конец вегетации (оранжевый, красный).
Условное обозначение: (цветовая шкала от зеленого к красному)

Table 3

Phenological spectra of the studied plants, 2019–2021

Plant species	Months of the year											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Eurotia ceratoides</i>												
<i>Kochia prostrata</i>												
<i>Calligonum aphyllum</i>												

Note. Vegetation phases: Renewal (green), Branching (tillering) (dark green), Flowering (earring) (light green), Fruiting (yellow), Ripening, end of vegetation (orange, red).
Symbol: (color scale from green to red)

Таблица 4

Динамика изменения высоты кормовых кустарников по годам вегетации, 2019–2021 гг.

Виды растений	Высота растений, см		
	Год вегетации		
	1-й	2-й	3-й
<i>Eurotia ceratoides</i>	25,5 ± 2,3	68,4 ± 2,0	84 ± 2,5
<i>Kochia prostrata</i>	30,5 ± 3,4	64,5 ± 3,6	92 ± 2,1
<i>Calligonum aphyllum</i>	34,2 ± 2,6	91,7 ± 3,3	110,5 ± 4,2

Table 4

Dynamics of changes in the height of forage shrubs by growing years, 2019–2021

Plant species	Plant height, cm		
	Vegetation year		
	1 st	2 nd	3 rd
<i>Eurotia ceratoides</i>	25.5 ± 2.3	68.4 ± 2.0	84 ± 2.5
<i>Kochia prostrata</i>	30.5 ± 3.4	64.5 ± 3.6	92 ± 2.1
<i>Calligonum aphyllum</i>	34.2 ± 2.6	91.7 ± 3.3	110.5 ± 4.2

Многие исследователи отмечают, что кустарники полупустынной и пустынной зон имеют высокую экологическую пластичность корневой системы, способной приспосабливаться к различным типам почв, отличающихся водно-физическими, агрохимическими свойствами и механическим составом.

В Казахстане на барханных песках Т. К. Тусупова и М. О. Байтасов⁸ в 2010–2012 гг. исследовали динамику развития корневой системы джужгуна и терескена. Они показали, что за три года у джужгуна корни проникли в глубину на 21,2 см, а ширина распространения горизонтальных корней достигла 418 см. у терескена глубина проникновения корней составила 23 см, а ширина – до 209 см.

Последние исследования, проведенные в Калмыкии Н. З. Шамсутдиновым и Д. В. Аркинчевым⁹ показали, что на бурых полупустынных глинистых и тяжелосуглинистых солонцеватых почвах глубина

проникновения корней терескена через три года после посева составила 320 см, ширина – 160 см, а у прутняка простертого – 215 и 150 см соответственно.

Наши исследования на светло-каштановых суглинистых солонцеватых почвах показали следующее:

1) в конце первого года вегетации глубина проникновения корней терескена составила 118–124 см, а боковые корни (ширина) – 126–130 см; у прутняка вертикальные корни (глубина) составили 78–88 см, а горизонтальные – 69–74 см; у джужгуна – 65–74 и 78–99 см соответственно;

⁸ Тусупова Т. К., Байтасов М. О. Развитие корневых систем пустынных пород в Мойынкумских барханных песках Уштобинского государственного учреждения лесного хозяйства [Электронный ресурс] // Издәністер, нәтижелер. Исследования, результаты. 2014. URL: <https://articlekz.com/article/12572> (дата обращения: 05.11.2021).

⁹ Аркинчев Д. В., Шамсутдинов Н. З. Внутривидовое разнообразие терескена серого (*Eurotia ceratoides*) как исходного материала для селекции // Кормопроизводство. 2015. № 4. С. 38–43.

Урожайность зеленой массы кормовых кустарников в сравнении с естественным травостоем пастбища, средние данные за 2019–2021 гг., т/га

Варианты	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Контроль – естественное пастбище	1,0	0,36	0,95	1,05	1,5	0,97
<i>Kochia prostrata</i>	3,6	5,6	3,1	2,8	1,9	3,4
<i>Eurotia ceratoides</i>	4,7	5,78	4,5	4,4	3,1	4,5
<i>Calligonum aphyllum</i>	2,1	2,3	2,0	1,5	0,5	1,7
HCP ₀₅						0,23

Table 5

Productivity of green mass of forage shrubs in comparison with natural grass stand of pastures, average data for 2019–2021, t/ha

Variants	May	June	July	August	September	Average
Control – natural pasture	1.0	0.36	0.95	1.05	1.5	0.97
<i>Kochia prostrata</i>	3.6	5.6	3.1	2.8	1.9	3.4
<i>Eurotia ceratoides</i>	4.7	5.78	4.5	4.4	3.1	4.5
<i>Calligonum aphyllum</i>	2.1	2.3	2.0	1.5	0.5	1.7
LSD ₀₅						0.23

Таблица 6

Содержание питательных веществ в исследуемых видах кормовых растений в сравнении с растительной массой естественного пастбища, 2020 г.

Варианты	Содержание в 1 кг			
	Сырой жир, г	Сырая клетчатка, г	Переваримый протеин, г	Корм. ед.
<i>Eurotia ceratoides</i>	14,3	321	49,2	0,62
<i>Kochia prostrata</i>	11,8	214	77,6	0,49
<i>Calligonum aphyllum</i>	25,6	114	58,5	0,51
Естественная растительность	13,5	186	45,3	0,38
HCP ₀₅				0,05

Table 6

The content of nutrients in the studied types of forage plants in comparison with the plant mass of natural pasture, 2020

Variants	Content in 1 kg			
	Crude fat, g	Raw fiber, g	Digestible protein, g	Feed units
<i>Eurotia ceratoides</i>	14.3	321	49.2	0.62
<i>Kochia prostrata</i>	11.8	214	77.6	0.49
<i>Calligonum aphyllum</i>	25.6	114	58.5	0.51
Natural vegetation	13.5	186	45.3	0.38
LSD ₀₅				0.05

2) в конце второго года вегетации вертикальные корни у терескена составили 165–189 см, а горизонтальные – 142–148 см; у прутняка простертого вертикальные корни увеличились до 125–132 см, а горизонтальные – до 87–96 см; у джугуна глубина проникновения составила 115–137 см, а боковые корни достигли 135–158 см;

3) через три года вегетации корневая система изучаемых кустарников была представлена у терескена серого вертикальными корнями длиной 235–277 см и горизонтальными – 154–163 см; у прутняка простертого – 164–202 и 122–148 см соответственно, у джугуна безлистного – 155–179 и 155–214 см соответственно.

У всех кустарников отмечено наличие двух ярусов ветвления корней: первый – на глубине 40–65 см; второй – на глубине 80–150 см. Большое количество мелких корешков наблюдается на участках корней,

расположенных в более влажных горизонтах. Так, в 2020 г., когда была отмечена в период всей вегетации жесткая воздушная и почвенная засуха, такие мелкие корешки были зафиксированы на нижнем ярусе корневой системы, а в первую половину летнего периода 2021 г. при достаточно хороших осадках на корнях были отмечены такие мелкие корешки и в первом, и во втором ярусах.

При проведении раскопок корневой системы изучаемых растений было обнаружено, что эти полукустарники способны формировать сильно разветвленную систему крупных и мелких корней, которые используют влагу и питательные вещества почвы, объемом 10–15 м³. Именно такая объемная и развитая корневая система может позволить всем этим кустарникам нормально плодоносить и формировать довольно большой урожай фитомассы в суровых почвенно-климатических условиях.

Исследования З. Ш. Шамсутдинова и О. В. Зволинского¹⁰ показали, что наиболее интенсивный рост корневой системы у кустарников в полупустынных условиях Нижнего Поволжья происходит в первые три года вегетации. В последующие годы рост корней в глубину если и наблюдается, то очень медленный.

Трехлетние исследования позволили получить сведения о продуктивности и питательной ценности аридных кормовых растений (таблицы 5, 6).

Урожайность всех изучаемых растений превысила естественный травостой пастбищ более чем на 43–79 % (таблица 5). Из трех различных видов кормовых растений наиболее продуктивным в каждом месяце оказался терескен серый, среднегодовая урожайность посева которого превысила естественное пастбище в 4,5 раза; посева изенья и джугуна показали среднегодовую урожайность соответственно в 3,5 и в 1,8 раза выше, чем на контроле.

По содержанию основных питательных веществ у изучаемых кустарников (таблица 6) было отмечено, что терескен и изенья имеют высокую питательную ценность, в том числе по кормовым единицам они превысили естественную растительность в 1,3 раза, а по переваримому протеину – в 1,7 раза; джугун превысил контрольные показатели по кормовым единицам в 1,3 раза, однако он имеет низкий протеиновый показатель, что говорит о необходимости создания поливидовых посевов джугуна с участием высокобелковых растений (семейства бобовых и маревых).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По итогам проведенных трехлетних исследований были сделаны следующие выводы:

1) такие кормовые кустарники, как терескен, джугун и полукустарник изенья, необходимо использовать для восстановления деградированных полупустынных пастбищ на светло-каштановых почвах с солонцами в современных условиях повышения аридности климата;

2) исследуемые нами кормовые кустарники к третьему году жизни приобретают объемную и развитую корневую систему, благодаря которой они отличаются высокой засухоустойчивостью и не требовательны к почвенному плодородию;

3) лучшие сроки посева кустарников – с ноября по январь, однако в условиях полупустыни необходимо учитывать наличие влаги в почве, поскольку осенние засухи – частое явление в аридных регионах юга России;

4) опираясь на полученный фенологический спектр изучаемых кустарников, можно констатировать, что отдельно использовать джугун в фитомелиорации деградированных пастбищ не рационально, поскольку к июлю он уже завершает вегетацию;

5) исследуемые растения являются достаточно высокорослыми и быстрорастущими, что очень важно для создания защиты от ветров на пастбищах и для снегозадержания;

6) использование данных кустарников в рекультивации аридных пастбищ увеличит их видовое разнообразие, а также продуктивность и питательную ценность пастбищного корма, поскольку их урожайность превышает естественную растительность более чем на 43–79 %, а содержание кормовых единиц в 1 кг выше в 1,3 раза.

Библиографический список

- Кулик К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5–12.
- Tumanyan A. F., Khairova N. I., Vvedenskiy V. V., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10. No. 12. Pp. 3198–3200.
- Кулик К. Н., Петров В. И., Юферев В. Г., Ткаченко Н. А., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091.
- Кульжанова С. Н., Байдусен А. А., Ботабекова Б. Т., Жумадилова Н. Б., Кенжегулова С. О. Особенности влияния антропогенных факторов на степные растения и их трансформация // Кормопроизводство. 2017. № 7. С. 7–12.
- Золотов Д. В., Черных Д. В., Бирюков Р. Ю., Першин Д. К., Малыгина Н. С., Грибков А. В. Изменение землепользования в Алтайском крае: проблемы и перспективы достижения нейтрального баланса деградации земель // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092.
- Бобушев Т. С., Султаналиев К. Э. Оценка и адаптация подхода НБДЗ к классификации земельных ресурсов в Кыргызской Республике // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 43–47. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10094.
- Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 63–71.
- Guo Q., et al. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. No. 6. Pp. 524–525. DOI: 10.3390/rs9060525.

¹⁰ Зволинский О. В. Создание поликомпонентных мелиоративных агрофитоценозов с использованием культуры терескена (*Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey.) на Нижней Волге: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук [Электронный ресурс]. Москва: Российский университет дружбы народов, 2004. 24 с. URL: <https://rucont.ru/efd/34458> (дата обращения: 05.11.2021).

9. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01.
10. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 13–21.
11. Бабаева М. А., Осипова С. В. Динамика видового разнообразия и продуктивности растительных сообществ в аридных экосистемах // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 31–34.
12. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В., Кудряшова Н. И. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. No. 1 (82). С. 62–68. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10084.
13. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Эффективность применения кулис из сельскохозяйственных растений в системе стокорегулирующих лесополос // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 41–47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4.
14. Zhang S. T., Zhang J. Z., Liu Y., et al. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. Pp. 1991–2001.
15. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.
16. Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных регионах // Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 2 (87). С. 26–32. DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10147.
17. Сурхаев И. Г., Сурхаева Г. М., Рыбашлыкова Л. П. Закономерности порослевого лесовосстановления защитных древостоев робинии псевдоакации на Терско-Кумских песках // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 185–196. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20.
18. Беляков А. М., Тубалов А. А., Кошелев А. В. Состояние и меры по улучшению плодородия светло-каштановых почв в агролесоландшафтах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 30–36.
19. Шамсутдинов З. Ш., Косолапов В. М., Шамсутдинова Э. З., Благоразумова М. В., Шамсутдинов Н. З. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53/ № 2. С. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.

Об авторах:

Галина Константиновна Булахтина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом рационального природопользования, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 861367; +7 927 553-28-22, gbulaht@mail.ru

¹ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Солёное Займище, Россия

Study of the adaptive potential of fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems

G. K. Bulakhtina¹✉

¹ Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia

✉E-mail: gbulaht@mail.ru

Abstract. Purpose. The study is aimed at carrying out an adaptation assessment of arid fodder shrubs for the restoration of degraded pasture ecosystems in the semi-desert zone of southern Russia in the modern conditions of climate aridization. **Methods.** An assessment is given of the adaptive capabilities, including the field germination of seeds, the response to drought, the yield of fodder shrubs of leafless *Calligonum aphyllum*, *Eurotia ceratoides*, and *Kochia prostrata* in modern climatic conditions on light chestnut soils. **Results.** The studies were carried out in severe arid climatic conditions (lack of productive moisture in the soil throughout the summer period) on infertile soils (humus content – 0.68–0.74 %). Field germination of seeds was 24.9 (*Calligonum aphyllum*), 32.6 (*Kochia prostrata*),

75.6 (*Eurotia ceratoides*). For the selected shrubs, the best sowing dates were determined – November – January. By the third year of the growing season, the height of the plants was 84–110 cm, which will contribute to the retention of snow in the pasture. All studied fodder shrubs, from May to September, had a yield higher than the natural grass stand of the pasture by 1.8–4.5 times. **Scientific novelty.** All the shrubs under study showed a high adaptive life potential in the arid semi-desert conditions of the study region, including high drought resistance, low demands on soil fertility and a long growing season (140–270 days), high productivity, which exceeded the natural herbage. The use of these shrubs in the restoration of degraded pastures will not only increase their productivity by 43–79 %, but also the nutritional value in terms of feed units by 1.3 times, in terms of digestible protein – by 1.7 times. All this will make it possible to increase the forage capacity of the restored pastures.

Keywords: desertification, arid pasture ecosystems, field germination, fodder shrubs, nutritional value, productivity.

For citation: Bulakhtina G. K. Izuchenie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikovykh rasteniy dlya ispol'zovaniya v vosstanovlenii degradirovannykh polupustynnykh pastbishchnykh ekosistem [Study of the adaptive potential of fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 01 (216). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11. (In Russian.)

Date of paper submission: 23.11.2021, **date of review:** 06.12.2021, **date of acceptance:** 10.12.2021.

References

1. Kulik K. N. K 30-letiyu General'noy skhemy po bor'be s opustynivaniem Chernykh zemel' i Kizlyarskikh pastbishch [To the 30th anniversary of the General Scheme to Combat Desertification of the Black Lands and Kizlyar Pastures] // Arid Ecosystems. 2018. T. 24. No. 1 (74). Pp. 5–12. (In Russian.)
2. Tumanyan A. F., Khairova N. I., Vvedenskiy V. V., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10. No. 12. Pp. 3198–3200.
3. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geoinformatsionnyy analiz opustynivaniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Geoinformation analysis of desertification in the North-Western Caspian region] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091. (In Russian.)
4. Kul'zhanova S. N., Baydyusen A. A., Botabekova B. T., Zhumadilova N. B., Kenzhegulova S. O. Osobennosti vliyaniya antropogennykh faktorov na stepnye rasteniya i ikh transformatsiya [Features of the influence of anthropogenic factors on steppe plants and their transformation] // Kormoproizvodstvo. 2017. No. 7. Pp. 7–12. (In Russian.)
5. Zolotov D. V., Chernykh D. V., Biryukov R. Yu., Pershin D. K., Malygina N. S., Gribkov A. V. Izmenenie zemlepol'zovaniya v Altayskom krae: problemy i perspektivy dostizheniya neytral'nogo balansa degradatsii zemel' [Land use change in the Altai Territory: problems and prospects for achieving the Neutral Balance of Land Degradation] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 25–33. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10092. (In Russian.)
6. Bobushev T. S., Sultanaliev K. E. Otsenka i adaptatsiya podkhoda NBDZ k klassifikatsii zemel'nykh resursov v Kyrgyzskoy Respublike [Assessment and adaptation of the NBDZ approach to the classification of land resources in the Kyrgyz Republic] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 43–47. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10094. (In Russian.)
7. Dedova E. B., Gol'dvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. L. Degradatsiya zemel' Respubliki Kalmykiya: problemy i puti ikh vosstanovleniya [Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 2 (83). Pp. 63–71. (In Russian.)
8. Guo Q., et al. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. No. 6. Pp. 524–525. DOI: 10.3390/rs9060525.
9. Borodychev V. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sezonnnye izmeneniya kormovoy produktivnosti aridnykh pastbishch [Seasonal changes in fodder productivity of arid pastures] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01. (In Russian.)
10. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 13–21.
11. Babaeva M. A., Osipova S. V. Dinamika vidovogo raznoobraziya i produktivnosti rastitel'nykh soobshchestv v aridnykh ekosistemakh [Dynamics of species diversity and productivity of plant communities in arid ecosystems] // Vestnik of the Russian agricultural sciences. 2018. No. 1. Pp. 31–34. (In Russian.)
12. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K., Kudryashov A. V., Kudryashova N. I. Meliorativnaya effektivnost' kustarnikovykh kulis na aridnykh pastbishchakh yuga Rossii [Ameliorative efficiency of shrub backstage on arid pastures in the south of Russia] // Arid Ecosystems. 2020. T. 26. No. 1 (82). Pp. 62–68. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10084. (In Russian.)

13. Barabanov A. T., Kulik A. V. Effektivnost' primeneniya kulis iz sel'skokhozyaystvennykh rasteniy v sisteme stokoreguliruyushchikh lesopolos [The effectiveness of the use of wings from agricultural plants in the system of stock-regulating forest belts] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2019. No. 1 (53). Pp. 41–47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4. (In Russian.)
14. Zhang S. T., Zhang J. Z., Liu Y., et al. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. Pp. 1991–2001.
15. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigrorov Yu. N. Issledovanie adaptivnogo potentsiala kormovykh kustarnikov dlya sozdaniya zoomeliorativnykh nasazhdeniy v polupustynnykh pastbishchnykh ekosistemakh [Study of the adaptive potential of forage shrubs for creating zoo-reclamation plantings in semi-desert pasture ecosystems] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13. (In Russian.)
16. Adamova R. M., Kaziev M.-R. A. Ekologo-biologicheskie aspekty formirovaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy v aridnykh regionakh [Ecological and biological aspects of the formation of protective forest plantations in arid regions] // Arid Ecosystems. 2021. T. 27. No. 2 (87). Pp. 26–32. DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10147. (In Russian.)
17. Surkhaev I. G., Surkhaeva G. M., Rybashlykova L. P. Zakonomernosti poroslevogo lesovosstanovleniya zashchitnykh drevostoev robinii psevdookatsii na Tersko-Kumskikh peskakh [Patterns of coppice reforestation of protective forest stands of black locust pseudoacacia on the Tersko-Kuma sands] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 2 (62). Pp. 185–196. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-20. (In Russian.)
18. Belyakov A. M., Tubalov A. A., Koshelev A. V. Sostoyanie i mery po uluchsheniyu plodorodiya svetlo-kashtanovykh pochv v agrolesolandshaftakh [Status and measures to improve the fertility of light chestnut soils in agroforest landscapes] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2018. No. 2 (50). Pp. 30–36. (In Russian.)
19. Shamsutdinov Z. Sh., Kosolapov V. M., Shamsutdinova E. Z., Blagorazumova M. V., Shamsutdinov N. Z. O kontseptsii ekologicheskoy nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishchnykh agroekosistem [On the concept of an ecological niche and its role in the practice of designing adaptive arid pasture agroecosystems] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2018. T. 53. No. 2. Pp. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus. (In Russian.)

Authors' information:

Galina K. Bulakhtina¹, candidate of agricultural sciences, head of the department of environmental management, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 861367; +7 927 553-28-22, gbulaht@mail.ru

¹ Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia