References

1. Totsch K. U., Amelung W., Gerzabek M. H., Guggenberger G., Klumpp E. etc. Review Article. Microaggregates in soils. Plant Nutr. Soil Sci. 2018. V. 181. Pp.104-136.
2. Rodríguez-Roble U., Arredondo T., Huber-Sannwald E., Ramos-Leal J. A., Yépez E. A. Technical note: Application of geophysical tools for tree root studies in forest ecosystems in complex soils. Biogeosciences. 2017. No 14. Pp. 5343-5357.
3. Lehmann J., Kinyangi J. Organic matter stabilization in soil microaggregates: implications from spatial heterogeneity of organic carbon contents and carbon forms. Biogeochemistry. 2007. V. 85. Pp. 45-57.
4. Fonte S. J., Barrios E., Six J. Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. Geoderma. 2010. V. 155. Pp. 320-328.
5. Belobrov V. P., Yudin S. A., Yaroslavtseva N. V., et al. Changes in the physical properties of chernozems during direct sowing. Soil science. 2020. № 7. Pp. 880-890.
6. Kurachenko N. L., Khizhnyak S. V. Spatial Variation of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems and Gray Forest Soils of the Krasnoyarsk Forest-Steppe in Extremely Homogeneous Conditions of Soil Formation. Vestnik ASAU. 2010. № 1 (63). Pp. 35-40.
7. Kurachenko N. L., Babaev M. V. Humus Substances in the Formation of the Structural Organization of Soils of Technogenic Landscapes. Vestnik KrasGAU. 2014. № 9. Pp. 63-67.
8. Lebedeva I. I., Cheverdin Y. I., Titova T. V., Grebennikov A. M., Markina L. G. Structural State of Migration-Micellar (Typical) Agrochernozems of the Stone Steppe in the Conditions of Multi-Age Arable Land. Soil science. 2017. № 2. Pp. 227-238.
9. Bukhonov A. V., Khudyakov O. I., Borisov A. V. Changes in the Structural-Aggregate State of Soils in the Lower Volga Region for the Last 3500 Years in Connection with Climate Dynamics. Soil science. 2018. № 6. Pp. 710-719.
10. Aparin B. F., Mingareeva E. V., Sukhacheva E. Y., Sanzharova N. I. Concentrations of radionuclides (226Ra, 232Th, 40K, and 137Cs) in chernozems of Volgograd oblast sampled in different years. Eurasian Soil Science. 2017. V. 50. № 12. Pp. 1395-1405.
11. Pyatina E. V. Kozlovskaya Forest Dacha as a Unique Refugium of Macropedofauna. Agroforestry and Protective Afforestation – History and Development Prospects. Volgograd, 2023.

Информация об авторах

Апарин Борис Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В. В. Докучаева" (Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Биржевой проезд, д. 6), ORCID 0000-0001-6012-0168, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Мингареева Елена Валерьевна, старший научный сотрудник Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В. В. Докучаева" (Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Биржевой проезд, д. 6), ORCID 0000-0003-3683-9273, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Author's Information

Aparin Boris Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Scientific Director of the Central Museum of Soil Science named after V. V. Dokuchaev – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Soil Institute named after V. V. Dokuchaev" (Russian Federation, 199034, St. Petersburg, Birzhevoy proezd, 6), ORCID 0000-0001-6012-0168, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Mingareeva Elena Valerievna, Senior Research Fellow of the Central Museum of Soil Science named after V. V. Dokuchaev – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Soil Institute named after V. V. Dokuchaev" (Russian Federation, 199034, St. Petersburg, Birzhevoy proezd, 6), ORCID 0000-0003-3683-9273, e-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-04

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF SPECIES OF THE GENUS ATRAPHÁXIS IN ARID REGIONS OF SOUTH RUSSIA

Kalmykova E. V., Peredrienko A. I.

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Received 22.11.2023 Submitted 11.01.2024

The research was carried out on the topic of the State assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences: No. 121041200195-4 "Formation of multifunctional cluster dendrological expositions and their renovation into bioresource artificial and green landscape spaces of recreational type in sparsely forested regions of Russia", financed by the Ministry of Science and higher education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. The article analyzes the adaptation capabilities of steppe and semi-desert plants to unfavorable conditions (resistance to low and high temperatures in conditions of moisture deficiency) for their widespread use in enriching agrocenoses of forest-agrarian landscapes. The purpose of the work was to study the biological properties and ecological characteristics of populations of the genus *Atrapháxis,* to assess

their resistance to the soil and climatic conditions of the Lower Volga. **Objects.** Populations of the kurchavka of shrubby (*Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.) were studied in the Kamyshinsky district of the Volgograd region at the Nizhnevolzhskaya station for the selection of tree species – a branch of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences in the steppe zone on chestnut light loamy soils in combination with salt marshes, precipitation 320-390 mm, humidification coefficient 0.35. In the conditions of the Astrakhan region of the Kharabalinsky district, in the desert zone of light chestnut soils, solonetzic-desert, solonchak, with a precipitation amount of 180-250 mm and a moisture coefficient of 0.11, the kurchavka of prickly (*Atraphaxis spinosa* (L.)) was studied. **Materials and methods.** The bioecological properties of the selected objects were visually assessed according to five criteria: drought resistance (six-point scale of Pyatnitsky S.S.), winter hardiness (seven-point scale of the GBS RAS), assessment of the intensity of flowering and fruiting by the method of V. G. Kapper (five-point scale), vitality (three-point scale). The dynamics of the physiological state of the shrub during the growing season based on the indicators of the green leaf pigment system (chlorophyll, flavonoids, anthocyanins) was carried out using the DUALEX SCIENTIFIC+™ flavonoid and chlorophyll meter. **Results and conclusions.** It was revealed that the plants were able to adapt to stress conditions due to the high adaptive characteristics of the plant. Kurchavka, thanks to its high adaptive potential, forage and decorative qualities, the ability to purify the air, retain soil and prevent erosion, the curlew plays an important role in the ecosystem. It can grow singly and in sparse xerophytic shrub phytocenoses with buckthorn, almond, honeysuckle, etc. Prospects for further research have been identified – it is necessary to continue the ecological and biological study of species of the genus Atrapháxis in various habitats within the range and the development of mechanisms of introduction and reintroduction in the south of Russia to assess their potential for forest reclamation complexes.

Keywords: *adaptation of woody plants, pigments of the photosynthetic system, Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch.*

Citation. Kalmykova E. V., Peredrienko A. I. Ecological and biological features of species of the genus Atrapháxis in arid regions of south Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 42-53. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-04.
Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 630*266:582.35/99

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА *ATRAPHÁXIS* В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ ЮГА РОССИИ

Калмыкова Е. В., *доктор сельскохозяйственных наук, доцент*
Передриенко А. И., *аспирант, лаборант-исследователь*

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования выполнены по теме Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН: № 121041200195-4 «Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России», финансирование Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. В статье проанализированы адаптационные возможности степных и полупустынных растений к неблагоприятным условиям (устойчивость к низким и высоким температурам в условиях дефицита влаги) для их широко использования при обогащении агроценозов лесоаграрного ландшафта. Целью работы явилось изучить биологические свойства и экологические особенности популяций рода *Atrapháxis*, оценить их устойчивость к почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья. **Объекты.** Популяции курчавки кустарниковой (*Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.) изучались на территории Камышинского района Волгоградской области на Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН в степной зоне на каштановых легкосуглинистых почвах в комплексе с солончаками, количество осадков 320-390 мм, коэффициент увлажнения 0,35. В условиях Астраханской области Харабалинского района в пустынной зоне светло-каштановых почв, солонцевато-пустынных, солончаковых, с количеством осадков 180-250 мм и коэффициентом увлажнения 0,11 исследовалась курчавка колючая *(Atraphaxis spinosa* (L.). **Материалы и методы.** Биоэкологические свойства выбранных объектов визуально оценивали по пяти при-

знакам: засухоустойчивость (шестибалльная шкала Пятницкого С. С.), зимостойкость (семибалльная шкала ГБС РАН), оценка интенсивности цветения и плодоношения методом В. Г. Каппера (пятибалльная шкала), жизненность (трехбалльная шкала). Динамика физиологического состояния кустарника в течение вегетационного периода по показателям пигментной системы зеленого листа (хлорофилла, флавоноидов, антоцианов) была проведена устройством Флавонид- и хлорофиллометр DUALEX SCIENTIFIC+™. **Результаты и выводы.** Выявлено, что растения смогли приспособиться к стресс-условиям благодаря высоким адаптационным особенностям растения. Курчавка, благодаря высокому адаптационному потенциалу, кормовым и декоративным качествам, способности очищать воздух, удерживать почвы и предотвращать эрозию, играет важную роль в экосистеме. Может расти одиночно и в разреженных ксерофитных кустарниковых фитоценозах с крушиной, миндалем, жимолостью и др. Определены перспективы дальнейшего исследования – необходимо продолжить эколого-биологическое изучение видов рода *Atrapháxis* в различных местообитаниях в пределах ареала и разработку механизмов интродукции и реинтродукции на юге России для оценки их потенциала для лесомелиоративных комплексов.

Ключевые слова: *адаптация древесных растений, пигменты фотосинтетической системы, Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch.*

Цитирование. Калмыкова Е. В., Передриенко А. И. Эколого-биологические особенности видов рода *Atrapháxis* в засушливых регионах юга России. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 42-53. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-04.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В рамках реализации федерального проекта «Сохранение биоразнообразия и развитие экологического туризма» национального проекта «Экология» расширение исследований по экологии и биологии редких видов (около 15 % видов растений находится под угрозой исчезновения) помимо мониторинга состояния биоразнообразия, включено в приоритетную систему, обеспечивающую научную поддержку мер по сохранению дикой природы [13, 14].

Изучение популяций редких и эндемичных растений является перспективным методом исследования, поскольку популяции можно отнести к естественноисторическим и эволюционным единицам существования видов [11].

В связи с тем, что на юге России прослеживается тенденция значительного воздействия антропогенных факторов на изменение окружающей живой природы, важное значение имеют высокие потенциальные адаптационные возможности степных и полупустынных растений к неблагоприятным условиям (в особенности их устойчивость к низким и высоким температурам в условиях дефицита влаги) для их широкого использования при обогащении агроценозов лесоаграрного ландшафта [6, 8].

Род курчавка *Atrapháxis* (сем. гречишных) включает около 25 видов, распространённых в зонах пустынь, степей и нагорных сухих областях Восточного Средиземноморья, Передней, Центральной и Средней Азии, Кавказа, Крыма, Поволжья. Лимитирующими факторами для этого рода выпас скота и рекреация, пожары [1, 7, 10, 15, 16].

В связи с небольшой численностью и с распространением на ограниченной территории, прослеживается тенденция к полному исчезновению данных видов [2, 3, 4, 5, 9].

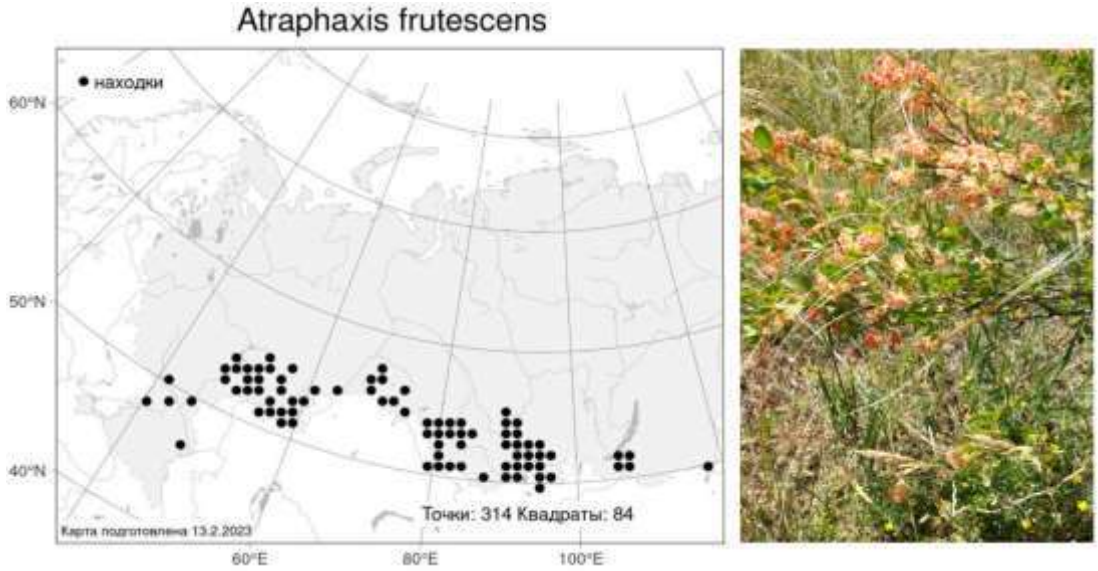
Цель работы – изучить биологические свойства и экологические особенности популяций рода *Atrapháxis*, оценить их устойчивость к почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Объектами исследований выступали курчавка кустарниковая (Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch.) и курчавка колючая (*Atraphaxis spinosa* (L.)). Популяции курчавки кустарниковой изучались на территории Камышинского района Волгоградской области на Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН в степной зоне на каштановых легкосуглинистых почвах в комплексе с солончаками, количество осадков 320-390 мм, коэффициент увлажнения 0,35. В условиях Астраханской области Харабалинского района в пустынной зоне светло-каштановых почв, солонцевато-пустынных, солончаковых, с количеством осадков 180-250 мм и коэффициентом увлажнения 0,11 исследовалась курчавка колючая.

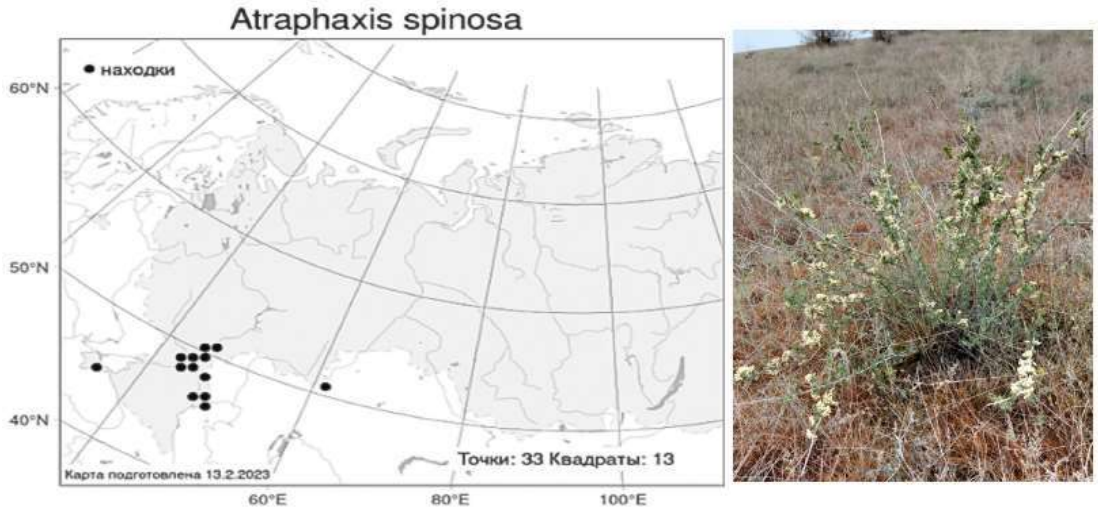
A. frutescens (L.) листопадный кустарник до 1,3 м высотой с обоеполыми цветками, ксерофит, олиготроф (рисунок 1а).

Ареал распространения *A. frutescens* (L.) Нижний Дон и Нижняя Волга, Заволжье, Западная Сибирь, Казахстан, Прибалкалье. Включен в списки редких видов флоры Волгоградской области, внесён в Красные книги Саратовской области и Астраханской.

A. spinosa (L.) летнезеленый листопадный кустарник с обоеполыми цветками, распространен в Закавказье, Дагестане, Казахстане, Средней Азии, Турции, Иране, Афганистане, Западном Китае. Внесён в Красные книги Саратовской области (1996) и Республики Калмыкия (2010, 2014).



А



в

Рисунок 1 – Ареал распространения курчавки кустарниковой (а) и курчавки колючей (в) [12]
Figure 1 – Distribution area of the kurchavka of shrubby (a) and kurchavka of prickly (в) [12]

Эти виды имеют высокие кормовые характеристики. Лучше поедаются животными весной и в начале лета.

Биоэкологические свойства выбранных объектов визуально оценивали по пяти признакам: засухоустойчивость и зимостойкость (шестибалльная шкала Пятницкого С. С.) (таблица 1), оценка интенсивности цветения и плодоношения методом В. Г. Каппера (пятибалльная шкала), жизненность (трехбалльная шкала).

Таблица 1 – Шкала устойчивости к низким и высоким температурам по Пятницкому С. С.
Table 1 – Scale of resistance to low and high temperatures according to Pyatnitsky S. S.

Зимостойкость / Winter hardiness	Балл / Point	Степень адаптации / Degree of adaptation	Засухоустойчивость / Drought tolerance
Растение не повреждается зимними условиями / The plant is not damaged by winter conditions	1	1,0	Растения не реагируют на засушливые условия / Plants do not respond to arid conditions
Повреждаются эпизодически однолетние побеги до 50% / Annual shoots are occasionally damaged up to 50%	2	0,8	Тургор листвы и хвои пониженный, растения заметно снижают прирост в этот или последующий год / The turgor of foliage and needles is lowered, the plants noticeably reduce growth this or the next year
Полностью отмирают побеги текущего года и частично повреждаются более старые ветви / The shoots of the current year die off completely and the older branches are partially damaged	3	0,6	Повреждается хвоя, листва и молодые побеги, прирост данного или последующего года снижается многократно или вообще отсутствует / Needles, foliage and young shoots are damaged, the growth of a given or subsequent year decreases many times or is absent at all
Обмерзают 2-3-летние побеги и скелетные ветви / 2-3-year-old shoots and skeletal branches freeze	4	0,4	Повреждаются скелетные ветви, растение не восстанавливает своих размеров в последующий год / Skeletal branches are damaged, and the plant does not regain its size in the following year
Полностью погибает надземная часть растений (или выше уровня снежного покрова) / The above-ground part of the plants dies completely (or above the level of the snow cover)	5	0,2	Погибает вся надземная часть растения / The entire above-ground part of the plant dies
Растения вымерзают полностью / Plants freeze completely	6	0	Растение гибнет от засухи полностью / The plant dies completely from drought

Определение массы 1000 семян было проведено взвешиванием в трехкратной повторности на весах ВК-300. Морфометрические показатели плодов – длина и ширина – определяли с точностью до 0,01 мм (100 измерений для каждого вида).

Динамика физиологического состояния кустарника в течение вегетационного периода по показателям пигментной системы зеленого листа (хлорофилла, флавоноидов, антоцианов) была проведена устройством Флавонид- и хлорофиллометр DUALEX SCIENTIFIC+™ [11].

Результаты и их обсуждение. Курчавка кустарниковая и колючая обладают высокими адаптационными возможностями, зимостойки и засухоустойчивы. Растение цветет и плодоносит с 2-3 летнего возраста. В первый год идет интенсивный рост корневой системы, надземные боковые побеги появляются на второй год. Цветки собраны в короткие кисти, которые цветут в апреле-мае.

Таблица 2 – Эколого-биологические параметры изучаемых видов рода *Atrapháxis*
Table 2 – Ecological and biological parameters of the studied species of the genus *Atrapháxis*

Вид / Plant Species	Высота, м / Height, m	Устойчивость к низким температурам, балл / Resistance to low temperatures, score	Устойчивость к высоким температурам, балл / Resistance to high temperatures, score	Цветение, балл / Flowering, score	Плодоношение, балл / Fruiting, score	Жизненность, балл / Vitality, score
Курчавка кустарниковая / kurchavka of shrubby	1,22±0,3	1	1	5	5	1
Курчавка колючая / kurchavka of prickly	0,4±0,6	1	1	5	5	1

Беловатые веточки с серой корой и удлиненные побеги курчавки кустарниковой неколючие, прирост в 2023 г. составил 188 мм (рисунок 2 а). На прирост курчавки колючей большое влияние оказывают высокие температуры в течение летнего периода, которые задерживает прирост побегов. В условиях Астраханской области он находится на уровне 25 мм. К осени концы молодых побегов курчавки колючей теряют листья и становятся шиповатыми, колючими.

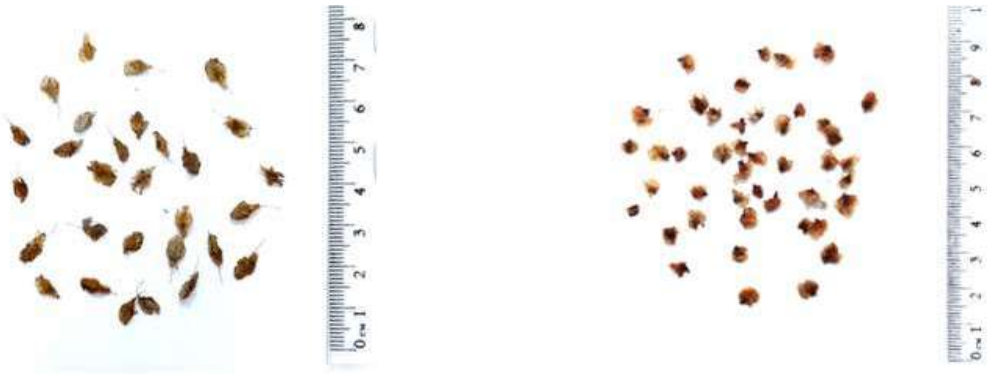
а в

Рисунок 2 – Прирост побегов курчавки кустарниковой (а) и курчавки колючей (в) в 2023 году
Figure 2 – Growth of shoots kurchavka of shrubby (a) and kurchavka of prickly (в) in 2023

Растения хорошо восстанавливаются от пня, прирост которых зависит от влияния внешних условий произрастания в течение вегетационного периода. Данная характеристика свидетельствует о ксерофитной природе курчавки и его экологическом оптимуме в зоне степей.

Данные виды размножаются семенами. Плоды трехгранные, темно-бурые от 2 до 5 мм в зависимости от вида (рисунок 3).

Семянка курчавки кустарниковой – ореховидная, почти крыловидно трехгранная, при созревании темно-бурая, блестящая (рисунок 3 а). Семянка курчавки колючей – ореховидная, плосковато-сплюснутая, двухгранная, при созревании светло-бурая или желтовато-зеленая, голая (рисунок 3 в). По массе 1000 семян прослеживается разница на 34,2 % в пользу курчавки кустарниковой.



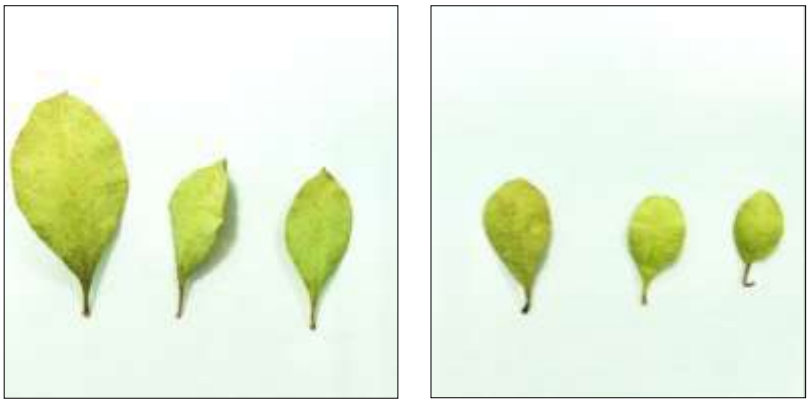
а в

Курчавка кустарниковая *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch.
Масса 1000 шт. семян
M.ср =1,90 ± 0,07 г / Weight of 1000 seeds
M.av = 1.90 ± 0.07 g

Курчавка колючая *Atraphaxis spinosa* (L.)
Масса 1000 шт. семян
M.ср = 1,25±0,06 г /
Weight of 1000 seeds M.sr = 1.25±0.06 g

Рисунок 3 – Внешний вид семянок изучаемых видов курчавки
Figure 3 – Appearance of achenes of the studied kurchavka species

Листья курчавки кустарниковой мелкие, жесткие, мясистые в среднем около 19 мм в длину и 9 мм в ширину (рисунок 4 а). У колючей – листья мельче, чем у предыдущего вида курчавки – в среднем 11 и 5 мм, соответственно (рисунок 4 в).



а в

Рисунок 4 – Листовые пластинки представителей рода *Atrapháxis*
(а – курчавка кустарниковая, в – курчавка колючая)
Figure 4 – Leaf blades of representatives of the genus Atrapháxis
(a – kurchavka shrubby, c – kurchavka prickly)

При разделении особей популяции курчавки кустарниковой по длине листа более многочисленной оказалась группа с размерами в интервале от 16 до 20 мм. При анализе частот ранжированного ряда по признаку ширина листа выявлено преобладание групп растений с показателями – от 6 до 10 мм. Это косвенно указывает на то, что растения хорошо приспосабливается к дефициту влаги, высоким температурам и солнечной радиации.

Анализ морфологических особенностей и пигментного комплекса растений видов родового комплекса *Atrapháxis* позволяет обосновать принципы морфогенеза в зависимости от меняющейся климатической и экологической обстановки и оценить перспективность и закономерности адаптации к условиям произрастания. Количественные показатели фотосинтетических пигментов величина непостоянная, носит сезонный характер. В наших исследованиях на основе сезонной динамики фотосинтетического аппарата растений курчавки кустарниковой отмечено накопление хлорофиллов *a+b* с 19,27 мкг/см^2 сырой массы в фазу полного зеленения до 20,11 мкг/см^2 сырой массы – максимальное содержание пигментов – в период окончания роста листьев и побегов, который приходится на третью декаду августа.

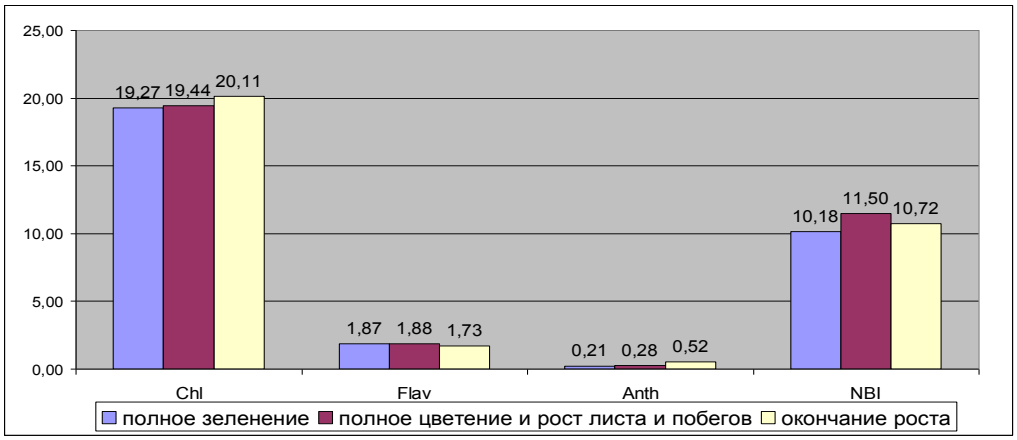


Рисунок 5 – Сезонная динамика фотосинтетического аппарата растений курчавки кустарниковой
(Chl – хлорофилл (мкг/см^2 сырой массы), Flav – флавоноиды (мкг/см^2 сырой массы),
Anth – антоцианы (мкг/см^2 сырой массы), NBI – индекс азотного баланса (у.е.))
Figure 5 – Seasonal dynamics of the photosynthetic apparatus plants of kurchavka shrubby
(Chl – chlorophyll (μg/cm2 wet weight), Flav – flavonoids (μg/cm2 fresh weight), Anth – anthocyanins
(μg/cm2 fresh weight), NBI – nitrogen balance index (cu))

Flav являются эффективными защитными компонентами растения и в условиях стрессовой нагрузки имеют тенденцию накапливаться. В связи с тем, что с начала июля 2023 г. в период полного цветения и активного роста листьев и побегов отмечался скачек температуры (рисунок 6), происходило максимальное накопление флавоноидов в листьях курчавки кустарниковой – 1,88 мкг/см^2 сырой массы с последующим понижением к концу вегетации до 1,73 мкг/см^2 сырой массы, так как растение постепенно приспособилось к повышенным температурам при среднесуточном показателе 30,05 ^{0}С.

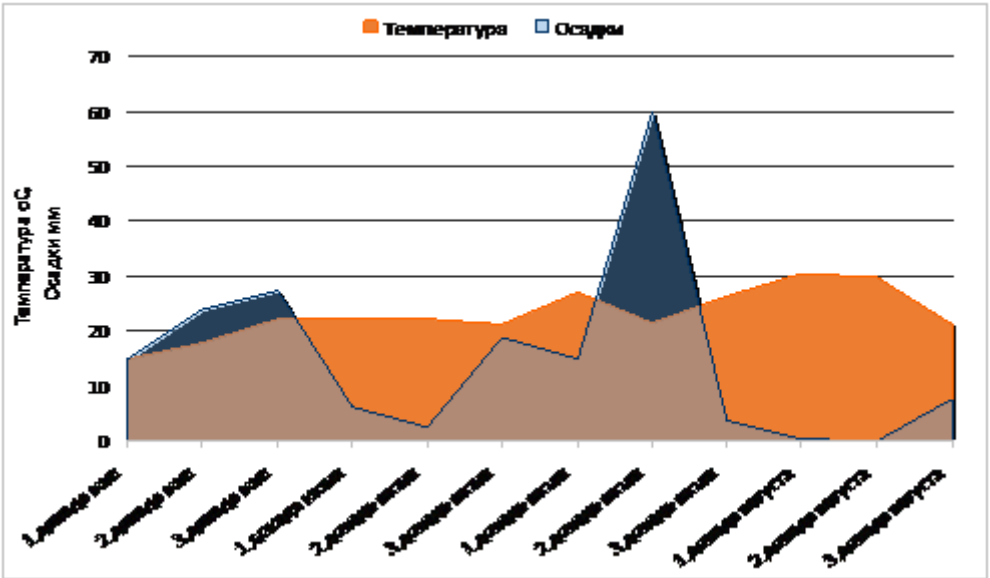


Рисунок 6 – Погодные условия произрастания курчавки кустарниковой в г. Камышине Волгоградской области, 2023 г
Figure 6 – Weather conditions for the growth of kurchavka shrubby in Kamyshin, Volgograd region, 2023

С повышением уровня хлорофиллов отмечалось повышение показателей антоцианов, которые выполняют защитные функции фотосинтетического аппарата в условиях возрастающих температурных максимумов.

На фоне температурного и водного стресса было исследовано функциональное состояние пигментного аппарата при помощи контролируемого увядания листьев (таблица 3).

Содержание хлорофиллов определяли в листьях в условиях произрастания (контроль), после 2 часов увядания при температуре воздуха +28°С и относительной влажности воздуха 50%, а также после восстановления водообеспеченности. После увядания в течение 2 часов содержание хлорофилла в листьях курчавки кустарниковой повысилось на 24%. После восстановления водообеспеченности в листьях происходило снижение содержания хлорофилла на 14,2%.

Таблица 3 – Состояние фотосинтетического аппарата при развитии водного стресса растений курчавки кустарниковой
Table 3 – The state of the photosynthetic apparatus during the development of water stress of kurchavka shrubby plants

Условия водного стресса / Water Stress Conditions	Chl мкг/см^2 сырой массы / Chl μg/cm2 of raw matter	Flav мкг/см^2 сырой массы / Flav μg/cm2 of raw matter	Anth мкг/см^2 сырой массы / Anth μg/cm2 of raw matter	NBI у.е.
На растении / On the plant	21,85±0,12	1,88±0,05	0,32±0,13	11,48±0,11
Увядание в течение 2 ч. / Wither within 2 hours	27,10±0,09	1,96±0,04	0,32±0,13	13,93±0,09
Восстановление тургора (12 часов в воде) / Turgor recovery (12 hours in the water)	24,95±0,10	2,08±0,04	0,24±0,18	12,03±0,10

Происходит понижение содержания Anth с 0,319 до 0,316 мкг/см^2 сырой массы в период увядания при повышении стрессовой нагрузки, что может свидетельствовать о замедлении процессов синтеза Anth в листьях курчавки кустарниковой, при одновременном увеличении содержания более эффективных компонентов защиты – флавоноидов с 1,88 до 1,96 мкг/см^2 сырой массы, NBI – индекс азотного баланса с 11,48 до 13,93 у.е.

При насыщении листовой пластины водой в течение 12 часов фиксировалось снижение содержания антоцианов до 0,24 мкг/см^2 сырой массы при наращивании значений флавоноидов.

Полученные результаты говорят о том, что растения смогли приспособиться к стресс-условиям благодаря высоким адаптационным особенностям растения.

К декоративным качествам родового комплекса *Atrapháxis* относится раскидистая форма свободнорастущего растения с густоветвистым общим габитусом кустарника, кожистая листва от сизо-зеленого до темно-зеленого цвета летом и желтого – осенью, густые многочисленные верхушечные кисти мелких цветков, которые долго сохраняют яркую окраску (таблица 4).

Таблица 4 – Адаптационные возможности видов родового комплекса *Atrapháxis*
Table 4 – Adaptive capabilities of species of the *Atraphaxis* generic complex

Видовое название растения / Species name of the plant	Адаптационные возможности / Adaptability				Декоративные достоинства / Decorative Features			
	требования к свету / Light Requirements	требования к почве / Soil Requirements	требования к влаге / Moisture Requirements	дымо- и газоустойчивость / Smoke and gas resistance	крона свободнорастущего растения / Crown of a free-growing plant		окраска листьев и соцветий / Color of leaves and inflorescences	
					форма / form	густота / density	Летом / in summer	Осенью / in autumn
Курчавка кустарниковая / kurchavka shrubby	Светолюбивая / Photophilous	Малая / Small	Малая / Small	Среднеустойчива / Moderately stable	Раскидистая / Sprawling	Средняя / Average	темно-зеленая / розово-желтая / Dark Green / Pink Yellow	Желтая / Yellow
Курчавка колючая / kurchavka prickly	Светолюбивая / Photophilous	Малая / Small	Малая / Small	Среднеустойчива / Moderately stable	Раскидистая / Sprawling	Средняя / Average	сизо-зеленая / молочная с розовым оттенком / bluish green / milky with a hint of pink	Желтая / Yellow

Очень светолюбивы, предпочитают произрастать только на умеренно сухих почвах, без длительного переувлажнения на теплых, открытых, солнечных участках с южной экспозицией.

Может расти одиночно и в разреженных ксерофитных кустарниковых фитоценозах с крушиной, миндалем, жимолостью и др.

Данный род выработал свой адаптационный механизм борьбы с засухой (рисунок 7), который проявляется защитной реакцией растения от испарения влаги при вхождении в состояние вынужденного покоя путем замедления или прекращения ростовых процессов и сбрасывания листьев (иногда полностью).

Рисунок 7 – Адаптационный механизм борьбы с засухой курчавки колючей в условиях Харабалинского района Астраханской области
Figure 7 – Adaptation mechanism of drought control of the kurchavka prickly in the conditions of the Kharabalinsky district of the Astrakhan region

Курчавка, благодаря высокому адаптационному потенциалу, кормовым качествам, способности очищать воздух, удерживать почвы и предотвращать эрозию, играет важную роль в экосистеме.

Заключение. В степных районах юга России курчавка кустарниковая и курчавка колючая хорошо растут и развиваются. Цветут и плодоносят с 2-3-летнего возраста. Данные виды имеют большую ценность благодаря хорошему приспособлению к засушливому климату и дефициту влаги аридной зоны.

Данная тенденция свидетельствует об успешной адаптации к экологическим условиям и перспективности данного вида при дальнейшем хозяйственном обогащении агроценозов лесоаграрного ландшафта.

Перспективы дальнейшего исследования – необходимо продолжить эколого-биологическое изучение видов рода *Atrapháxis* в различных местообитаниях в пределах ареала и разработку механизмов интродукции и реинтродукции на юге России для оценки их потенциала для лесомелиоративных комплексов.

Conclusions. In the steppe regions of the south of Russia, the akurchavka shrubby and kurchavka prickly grow and develop well. They bloom and bear fruit from the age of 2-3. These species are of great value due to their good adaptation to the arid climate and the lack of moisture in the arid zone.

This trend testifies to the successful adaptation to environmental conditions and the prospects of this species with further economic enrichment of agrocenoses of the forest-agrarian landscape.

Prospects for further research – further studies of species in various habitats within the range and the development of mechanisms of introduction and reintroduction in the south of Russia are needed to develop scientific recommendations for further study of populations and preservation of the gene pool of the genus Atraphaxis.

Библиографический список

1. Елисафенко Т. В. Состояние ценопопуляции редкого для Новосибирской области вида Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch (Polygonaceae L.). Проблемы региональной экологии. 2011. № 3. С. 133–137.

2. Елисафенко Т. В. Проблема сохранения генофонда природных популяций в интродукционных коллекциях. Коллекции как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов: тезисы докладов всероссийской конференции. Санкт-Петербург: Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2022. С. 14.

3. Викторов В. П., Куранова Н. Г., Черняева Е. В. Стратегии сохранения редких видов растений. Вестник Тверского государственного университета. Биология и экология. 2018. № 3. С. 106-129.

4. Ильина В. Н. Изменения базовых онтогенетических спектров популяций некоторых редких видов растений Самарской области при антропогенной нагрузке на местообитания. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24. № 3. С. 144–170.

5. Иозус А. П., Завьялов А. А., Крючков С. Н. Биоэкологическая характеристика древесных видов в условиях выращивания в сухой степи. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 131-134.

6. Крючков С. Н., Вдовенко А. В., Соломенцева А. С. Анализ жизнеспособности древесных видов в защитных лесных полосах аридной территории Волгоградской области. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 46-56.

7. Костиков Д. К., Банаев Е. В. Изменчивость морфологических признаков Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2. С. 109-113.

8. Кутафина Н. В., Краснопивцева А. Н. Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды. Вестник Российского университета дружбы народов. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 1. С. 21-28.

9. Малаева Е. В., Супрун Н. А., Ткаченко М. А. Деятельность Волгоградского регионального ботанического сада по сохранению биоразнообразия редких видов растений. Новости науки в АПК. 2019. № 1-2(12). С. 31-36.

10. Магомедова Б. М., Мингажова М. М. Сообщества с участием Atraphaxis daghestanica (Polygonaceae) в Докузпаринском районе Дагестана. Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 1. С. 107-111.

11. Магомедова Б. М. Морфометрическая изменчивость признаков побега курчавки Дагестанской (Atraphaxis daghestanica (Polygonaceae) в Докузпаринском районе Дагестана. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (70). С. 78-80.

12. Серегин А. П. Цифровой гербарий МГУ. М.: МГУ, 2023. https://plant.depo.msu.ru.

13. Шмараева А. Н., Федяева В. В., Шишлова Ж. Н. и др. Сохранение биоразнообразия растений на территории Государственного природного заказника «Горненский» (Ростовская область). Фиторазнообразие Восточной Европы. 2023. Т. 17. № 4. С. 184-196.

14. Васильев А. В., Васюков В. М., Зинченко Т. Д. и др. Стратегии сохранения биоразнообразия: региональный аспект. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30. № 3. С. 5-22.

15. Yurtseva O. V., Severova E. E., Bovina I. Y. Pollen morphology and taxonomy of Atraphaxis (Polygonaceae). Plant Systematics and Evolution. 2014. V. 300. № 4. P. 749–766.

16. Zhe Xua B., Ming-Li Zhanga C., The effect of past climatic oscillations on spatial genetic structure of Atraphaxis manshurica (Polygonoideae) in the Horqin sandlands, northern China. Biochemical Systematics and Ecology. 2015. V. 60. P. 88–94.

References

1. Elisafenko T. V. Status of the cenopopulation of the species Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch (Polygonaceae L.), rare for the Novosibirsk region. Problems of regional ecology. 2011. № 3. Pp. 133–137.

2. Elisafenko T. V. Problem of Preservation of the Gene Pool of Natural Populations in Introduction Collections. Collections as a Basis for the Study of Genetic Resources of Plants and Fungi: Abstracts of the All-Russian Conference. St. Petersburg: Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2022. P. 14.

3. Viktorov V. P., Kuranova N. G., Chernyaeva E. V. Strategies for the Conservation of Rare Plant Species. Bulletin of Tver State University. Biology and Ecology. 2018. № 3. Pp. 106-129.

4. Changes in the Basic Ontogenetic Spectra of Populations of Some Rare Plant Species in the Samara Region under Anthropogenic Pressure on Habitats. Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology. 2015. V. 24. № 3. Pp. 144–170.

5. Iosus A. P., Zavyalov A. A., Kryuchkov S. N. Bioecological Characteristics of Tree Species in Conditions of Cultivation in the Dry Steppe. International Journal of Applied and Basic Research. 2018. № 10. Pp. 131-134.

6. Kryuchkov S. N., Vdovenko A. V., Solomentseva A. S. Analysis of the Viability of Tree Species in Protective Forest Belts of the Arid Territory of the Volgograd Region. Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. 2022. № 5. Pp. 46-56.

7. Kostikov D. K., Banaev E. V. Variability of morphological characters of Atraphaxis frutescens (L.) C. Koch. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. V. 18. № 2. Pp. 109-113.

8. Kutafina N. V., Krasnopivtseva A. N. Physiological Foundations of Adaptation of Plant Organisms in the Conditions of Urbanized Environment. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ecology and life safety. 2017. V. 25. № 1. Pp. 21-28.

9. Malaeva E. V., Suprun N. A., Tkachenko M. A. Activity of the Volgograd Regional Botanical Garden to Preserve the Biodiversity of Rare Plant Species. News of science in the agro-industrial complex. 2019. № 1-2 (12). Pp. 31-36.

10. Magomedova B. M., Mingazhova M. M. Communities with Atraphaxis daghestanica (Polygonaceae) in the Dokuzparinsky District of Dagestan. Proceedings of the Gorskyi state agrarian university. 2017. V. 54. № 1. Pp. 107-111.

11. Magomedova B. M. Morphometric Variability of Signs of Atraphaxis daghestanica (Polygonaceae) Shoot in the Dokuzparinsky District of Dagestan. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. № 2 (70). Pp. 78-80.

12. Seregin A. P. Digital Herbarium of Moscow State University. Moscow: MSU Publ., 2023. https://plant.depo.msu.ru.

13. Shmaraeva A. N., Fedyaeva V. V., Shishlova Zh. N., et al. Conservation of plant biodiversity on the territory of the Gornensky State Nature Reserve (Rostov region). Phytodiversity of Eastern Europe. 2023. V. 17. № 4. Pp. 184-196.

14. Vasiliev A. V., Vasyukov V. M., Zinchenko T. D., et al. Biodiversity Conservation Strategies: Regional Aspect. Samarskaya Luka: Problems of Regional and Global Ecology. 2021. V. 30. № 3. Pp. 5-22.

15. Yurtseva O. V., Severova E. E., Bovina I. Y. Pollen morphology and taxonomy of Atraphaxis (Polygonaceae). Plant Systematics and Evolution. 2014. V. 300. № 4. Pp. 749–766.

16. Zhe Xua B., Ming-Li Zhanga C., The effect of past climatic oscillations on spatial genetic structure of Atraphaxis manshurica (Polygonoideae) in the Horqin sandlands, northern China. Biochemical Systematics and Ecology. 2015. V. 60. Pp. 88-94.

Информация об авторах

Калмыкова Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией биоэкологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8530-9995, e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Передриенко Анна Ивановна, лаборант-исследователь лаборатории биоэкологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1717-1725, e-mail: peredrienko-a@vfanc.ru

Author's Information

Kalmykova Elena Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, chief researcher, the head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants, «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97) ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8530-9995, e-mail: kalmykova.elena1111@yandex.ru

Peredrienko Anna Ivanovna, Research Assistant, Laboratory of Bioecology of Woody Plants, «Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1717-1725, e-mail: peredrienko-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-05

REACTION OF GRAY MUSTARD VARIETIES TO SOWING DATES IN THE SUBZONE OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: denis.mih@bk.ru

Received 28.03.2023 Submitted 29.12.2023

Introduction. This article presents the results of two-year observations of the formation of yields of three varieties of blue mustard at two sowing periods in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region. The control was the usual sowing time, when the soil warmed up to a seed depth of 6-7 degrees. The second sowing date was very early due to the frozen soil. Long-term observations of weather conditions were relatively favorable for the growth and development of mustard, which naturally affected both the photosynthetic parameters of the studied mustard varieties and their yields during both sowing periods. On average, in two years of research, ultra-early sowing proved to be the best. When growing mustard varieties during this sowing period, all photosynthetic parameters were significantly better than during the usual sowing period. The Gorlinka variety turned out to be the most productive. At the usual sowing time, it exceeded the Rushen variety by 10.5%, and the Slavyanka variety by 6.9%. With an extremely early sowing period, the advantage of the Gorlinka variety was even greater and amounted to 21.5 and 17.0%, respectively. The highest yield was achieved in 2023 for the Gorlinka variety – 2.25 t/ha, and the lowest – 1.48 t/ha for the Rushena variety in 2022. According to economic indicators, the Gorlinka variety turned out to be the most effective. The production of this variety at the usual sowing period was 70.9% more profitable than that of the Rushen variety, and 62.2% more profitable than that of the Slavyanka variety. At the earliest sowing date, the advantage of the Gorlinka variety was even greater and amounted to 74.4 and 62.6%, respectively.

Relevance. In recent years, interest in blue mustard has increased significantly in agricultural production. If in 2020 this crop occupied only 34 thousand hectares in the region, then in 2023 it will already be 104 thousand hectares. However, its yield varies greatly both from year to year and from region to region. In the region as a whole, the average yield of blue or Sarepta mustard does not exceed 1.0t/ha. The potential yield of modern varieties is estimated at 2.5-2.7 t/ha, and the Gorlinka variety is capable of producing up to 3.0 t/ha. Therefore, the search for ways to increase the yield of this valuable oilseed crop in the conditions of the Volgograd region is a completely relevant and timely task. **Object.** As the object of the study, two periods of sowing blue mustard were taken – Factor A: 1. Normal sowing time (control). 2. Extra early on thawed frozen soil. Factor B – three varieties of blue mustard: 1. Rushena (control). 2. Slavyanka.3. Gorlinka. **Materials and methods.** A two-factor field experiment was carried out on light chestnut soils of the Ilovlinsky district of the Volgograd region in 2022-2023. according to the method of Lukomets V.M. [1]. The registration area of the plot is 72 m2, the experiment is repeated three times. The predecessor is winter