

САДОВОДСТВО И ЛЕСОВОДСТВО

HORTICULTURE AND FORESTRY

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1028

EDN: GAXHUR

УДК 582.635.12:630(470.46)



Научная статья

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ
В ПРОЦЕССЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ РАСТЕНИЙ
ULMUS PUMILA L. К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ
ФАКТОРАМ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ
АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.В. Калмыкова, К.А. Мельник, А.И. Передриенко

Аннотация

Обоснование. Исследования проводились в Астраханской области, где распространены пыльные бури и присутствует дефицит осадков. В данном регионе могут произрастать всего лишь несколько видов древесно-кустарниковых растений, одним из которых является *Ulmus pumila* L. Адаптация этого вида во многом зависит от способности приспосабливаться к засухе путем регулирования внутренней водной среды в период вегетации в условиях полупустыни. При дефиците влаги в почве у засухоустойчивых деревьев вяза приземистого в большей степени выражены защитные реакции саморегулирования.

Цель. Оценка физиологических параметров адаптации *Ulmus pumila* L. к неблагоприятным факторам среды в условиях Астраханской области.

Материалы и методы. Объектами являлись две группы растений: пойменные насаждения и насаждения зеленых зонтов *Ulmus pumila* L. в Харабалинском районе Астраханской области. Степень засухоустойчивости *Ulmus pumila* L. оценивалась по состоянию оводненности листьев и функционирования пигментных систем растения в жаркий летний период.

Результаты. Установлено, что наивысшие показатели водоудерживающей способности наблюдались у насаждений зеленых зонтов. Содержание хлорофилла в листьях *Ulmus pumila* L. варьирует в среднем от 31 до 30 мг/см в двух популяциях.

Заключение. Длительная засуха и высокая среднесуточная температура в Астраханской области, ухудшили показатели пигментов в листьях, но протекание жизненных процессов растений у двух насаждений происходит стабильно и угнетения таксонов не наблюдалось. *Ulmus pumila* L. имеет высокую адаптацию к малым пригодным почвам для растительности в Астраханской области.

Ключевые слова: адаптация; *Ulmus pumila* L.; пигменты зеленого листа; засухоустойчивость; оводненность

Для цитирования. Калмыкова, Е. В., Мельник, К. А., & Передриенко, А. И. (2025). Физиологические параметры формирования засухоустойчивости в процессе приспособления растений *Ulmus pumila* L. к неблагоприятным факторам среды в условиях Астраханской области. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 505-520. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1028>

Original article

PHYSIOLOGICAL PARAMETERS FORMATION OF DROUGHT RESISTANCE IN THE PROCESS OF ADAPTATION OF PLANTS *ULMUS PUMILA* L. TO ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION

E.V. Kalmykova, K.A. Melnik, A.I. Peredrienko

Abstract

Background. The studies were carried out in the Astrakhan region, where dust storms are common and there is a deficit of precipitation. Only a few species of trees and shrubs can grow in this region, one of which is *Ulmus pumila* L. The adaptation of this species largely depends on the ability to adapt to drought by regulating the internal water environment during the growing season in semi-desert conditions. When there is a lack of moisture in the soil, drought-resistant elm trees have more pronounced protective self-regulatory reactions.

Purpose. Assessment of physiological parameters of adaptation of *Ulmus pumila* L. to unfavorable environmental factors in the conditions of the Astrakhan region.

Materials and methods. The objects were two groups of plants: floodplain plantings and plantings of green umbrellas *Ulmus pumila* L. in the Kharabalinsky district of the Astrakhan region. The degree of drought resistance of *Ulmus pumila* L. was assessed by the state of water content of the leaves and the functioning of the plant pigment systems in the hot summer period.

Results. It was found that the highest indicators of water-holding capacity were observed in plantings of green umbrellas. The chlorophyll content in the leaves of *Ulmus pumila* L. varies on average from 31 to 30 mg/cm in two populations.

Conclusion. Prolonged drought and high average daily temperatures in the Astrakhan region worsened the indicators of pigments in the leaves, but the life processes of plants in two plantings were stable and no suppression of taxa was observed. *Ulmus pumila* L. has a high adaptation to small soils suitable for vegetation in the Astrakhan region.

Keywords: adaptation; *Ulmus pumila* L.; green leaf pigments; drought resistance; water content

For citation. Kalmykova, E. V., Melnik, K. A., & Peredrienko, A. I. (2025). Physiological parameters formation of drought resistance in the process of adaptation of plants *Ulmus pumila* L. to adverse environmental factors in the conditions of the Astrakhan region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(2), 505-520. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-2-1028>

Введение

Опустынивание является серьезным и глобальным вопросом мирового уровня, который несёт за собой губительные последствия для видового разнообразия древесно-кустарниковой растительности. Суровый жаркий климат является одним из важнейших причин опустынивания [2-3; 11-12]. Практика защитного лесоразведения настоятельно требует изыскания путей и методов повышения биологической устойчивости лесных насаждений сухой степи [4; 6; 8; 20]. Значительный, теоретический и практический интерес среди засухоустойчивых растений представляют интродуцированные и адаптированные различные виды рода *Ulmus*. Одним из распространённых видов является *Ulmus pumila* L. [1; 5-6]. В этом регионе на позициях с тяжелыми лесорастительными условиями трудно подобрать другую древесную породу, превосходящую по устойчивости вяз или способную заменить его. Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о том, что вяз приземистый более устойчив

к засухе и засолению, чем берест, ясень зеленый, акация белая и другие породы [7; 14; 20].

Родина родового комплекса *Ulmus pumila* L. охватывает восточную часть Азии, северную часть Монголии, а также имеет северо-западную границу природного ареала в Восточном Казахстане. В России *U. pumila* используют в Забайкалье, среднем и нижнем Приамурье, Приморье, в качестве лесных защитных полос и живой изгороди. *Ulmus pumila* L представляет интерес для озеленения городов и поселков, особенно в районах с малоплодородными почвами с низкой лесистостью.

Засухоустойчивость растений – это один из приемов адаптивности в сухостепных условиях [9; 11; 13; 15-17]. Засухоустойчивые древесные виды растений рационально расходуют воду и минеральные - питательные вещества, это помогает стабилизировать и минимизировать негативный эффект от окружающей среды, а именно: изменять микроклимат, восстанавливать почвенный покров и создавать микроклимат под зелеными зонтами [1; 3-4; 10; 18-19].

Цель исследования – обосновать физиологические параметры формирования засухоустойчивости в процессе приспособления растений *Ulmus pumila* L. к неблагоприятным факторам среды в условиях Астраханской области.

Научная новизна заключается в том, что выявление адаптационных механизмов является важнейшим этапом комплексных исследований для определения перспективности вида *Ulmus pumila* в аридных условиях юга России. Такие исследования необходимы для последующего восстановления деградированных территорий и рационального использования *Ulmus pumila*.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на модельных деревьях на двух пробных площадках: пойменные насаждения и насаждения зеленых зонтов *Ulmus pumila* L., которые произрастали в Харабалинском районе Астраханской области.

Первая группа растений (пойменные насаждения *Ulmus pumila* L.) находится на участке, который расположен в прикаспийской провинции в зоне бурых полупустынных почв в Волго-Ахтубинской пойме.

Вторая группа растений (насаждения зеленых зонтов *Ulmus pumila* L.) расположена на территории участков пустынно-степного типа, где грунтовые воды не оказывают существенного влияния на режим почвенной влажности.

Данные насаждения *Ulmus pumila* L. находились на участках с различными водно-физическими и гранулометрическими свойствами почвы. Оба участка засоленные (от 14,3 до 51,1 мг/кг). Почвы очень бедные, так как органическое вещество не превышает 1,3 %, а важные питательные минеральные вещества (NPK) для растений в большом недостатке (таблица 1).

Таблица 1.

**Почвенные свойства объектов исследования в условиях
Харабалинского района Астраханской области**

Наименование показателя	1 группа	2 группа
Хлорид (мг/кг)	51,1±7,7	14,3±2,2
Фосфор общий (%)	0,292±0,094	0,135±0,044
Азот общий (%)	0,12±0,07	0,03±0,06
Калий (мг/кг)	7,8±1,3	8,5±1,4
Органическое вещество (%)	1,3±0,26	0,204±0,041

Характерной особенностью климата является преобладание сильных ветров восточного и юго-восточного направления. Среднее количество дней в году с суховеями – 113. Относительная влажность воздуха подвержена колебаниям в течение вегетационного периода, в августе опускалась до 36 % (таблица 2).

По многолетним данным сумма осадков за год – 227 мм. Самый жаркий месяц – июль, так как среднемесячная температура составляет – 25,0 °С.

Таблица 2.

Климатические показатели Харабалинского района

Показатели		Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура воздуха, °С	многолетние значения	-8,7	-7,6	-0,9	9,3	17,6	22,3	25,0	23,6	16,5	8,8	0,9	-6,1
	2023 г.	-5,8	-3,8	8,0	13,4	18,6	23,1	25,8	26,6	18,7	11,5	7,0	4,1
Осадки, мм	многолетние значения	17	15	22	15	18	23	22	17	17	20	20	21
	2023 г.	19	35	11	15	49	31	43	7	13	23	45	23
Относительная влажность воздуха, %	многолетние значения	84	83	78	58	52	49	50	52	53	70	80	85
	2023 г.	64	83	66	57	63	48	45	36	59	72	81	80

В 2023 году за весь период выпало всего 314 мм, что послужило хорошей влагозарядкой почвы и оптимальному развитию древесной растительности, за теплый период (апрель-сентябрь) выпало 158 мм осадков. В целом вегетационный период в 2023 году по температурному режиму оказался немного теплее среднегодовых показателей на 2,5-3,1 °С.

Степень засухоустойчивости оценивалась по состоянию их водного режима и по визуальной оценке в период засухи. Обводненность листьев определялась путем высушивания растительных образцов до постоянной массы при температуре 105°C (в трехкратной повторности). Расчет общего количества воды (Р) в % от сырого веса навески проводился по формуле:

$$P = \frac{100(a-b)}{a},$$

где а - вес сырой навески, (г); б - вес сухой навески, (г)

Листья *Ulmus pumila* L. отбирались из средней части кроны южной стороны в трехкратной повторности в третьей декаде июля. У каждой повторности первоначальный вес составлял от 2,0 до 3,5 г (таблица 3).

Таблица 3.

Масса растительных образцов листьев *Ulmus pumila* L., г

Объект	Повторность	Вес сырой навески, г	Вес сухой навески, г
1 группа	I	3,48	1,52
	II	3,42	1,49
	III	2,25	0,92
2 группа	I	2,04	0,70
	II	2,04	0,77
	III	2,05	0,82

Пигменты в листьях вида *Ulmus pumila* L. измерялись устройством DUALEX Scientific. Измерения проводили в середине апреля (20°C) и в конце июля (36°C).

Статистическая обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа с использованием IBM и стандартного пакета MS Excel.

Результаты исследования

Проведенные исследования позволяют выявить разницу в водном режиме деревьев вяза, которые адаптировались к условиям произрастания с комплексом неблагоприятных факторов.

Обводненность листьев является в водном режиме важной характеристикой, определяющей засухоустойчивость растений. Данный показатель

варьировал от 54 до 66 %, в среднем общая оводненность насаждений зеленых зонтов была выше на 3 %, чем у растений в пойменных условиях (рисунок 1).

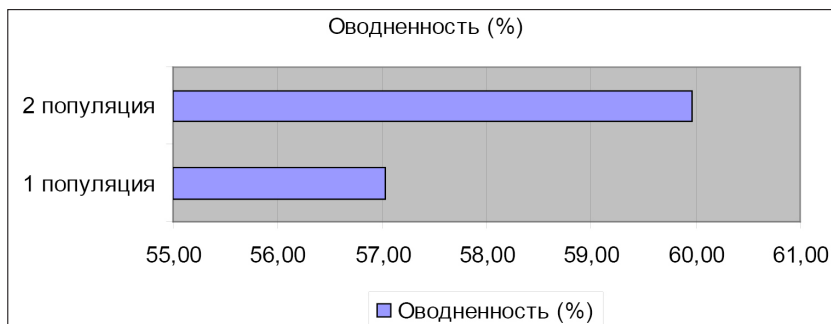


Рис. 1. Оводненность *Ulmus pumila* L. в засушливых условиях Астраханской области

Экспериментально доказано, что в период почвенной засухи в насаждениях зеленых зонтов складывается более благоприятный внутренний водный баланс, чему способствует высокая потенциальная поглотительная способность корней, экономное расходование воды листьями на испарение и способность тканей корней и побегов повышать сопротивление обезвоживанию.

Сохранение жизнедеятельности растений при недостаточном водоснабжении тесно связано с функционированием пигментных систем. Важным фактором, влияющим на пигментный комплекс фотосинтезирующего организма, является влагообеспеченность. Растения с высокой устойчивостью к засухе теряют меньше воды и у них более стабилен хлорофилл – белковолипидный комплекс пластид.

При сравнительном анализе содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Ulmus pumila* L. в течение вегетационного периода отмечены изменения. Показатели хлорофилла снизились во время засушливого периода в июле, разница составила 1,54 мкг/см². Содержание флавоноидов и антоцианов повысилось к третьей декаде июля до 2,07 и 0,39 мкг/см², соответственно (рисунок 2).

Проведенные исследования позволяют выявить разницу в содержании фотосинтетических пигментов между двумя группами растений.

Анализ экспериментальных данных показал, что показатель хлорофилла в листьях вяза в насаждениях зеленых зонтов выше (29,39 мкг/см²), чем в пойменных насаждениях. Увеличение содержания хлорофиллов говорит

о более выраженной приспособительной реакции растений к недостатку влаги в почве и воздухе.

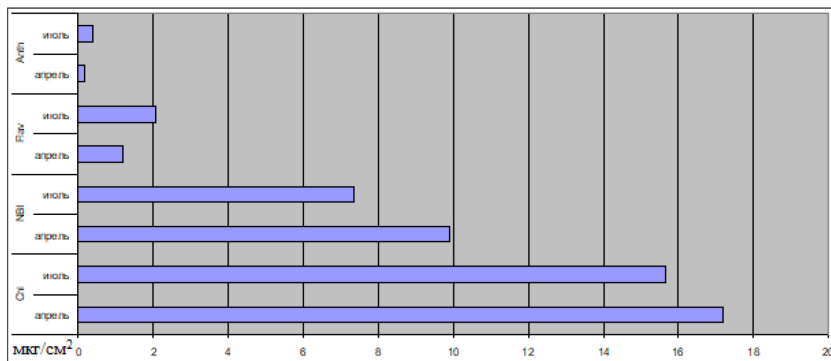


Рис. 2. Изменения содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Ulmus pumila* L (хлорофилл (Chl), флавоноиды (Flan), антоцианы (Anth), NBI – индекс азотного баланса) в течение вегетационного периода 2023 г.

Количественное значение флавоноидов и антоцианов в листьях *Ulmus pumila* L у двух популяций колеблется незначительно от 0,94 до 1,95 мкг/см² (флавоноиды) и от 0,31 до 0,45 мкг/см² (антоцианы). В листьях растений, произрастающих в районе зеленых зонтов, отмечено низкое содержание флавоноидов 0,94 мкг/см², что можно связать с меньшим уровнем защитных функций, которые регулируются этим показателем.

Анализируя соотношение количества хлорофилла и флавоноидов, выраженное индексом азотного питания, отмечаем наибольший недостаток азота у растений в пойме (8,39 мкг/см²).

Среднее значение индекса азотного баланса в насаждениях зеленых зонтов находится на уровне 31,58 мкг/см², что указывает на оптимальные условия фотосинтеза азотного питания, повышения динамики протекание процессов синтеза метаболитов, на активный рост и развитие растений (рисунок 3).

Изменения статистических параметров в содержании флавоноидов у двух популяций *Ulmus pumila* L имели незначительную разницу, это говорит о том, что в течение всего эксперимента данные таксоны не подвергались заражению болезнями и вредителями. Общий физиобиологический анализ двух популяций *Ulmus pumila* L показал, что популяция 1 находится в более благоприятных условиях, так как среднее количество содержанию хлорофилла выше 10 ($p < 0,05$). Вторая популяция превосходит первую (5-6 у.е.) по среднему содержанию индекса азотного баланса, что указывает на

боле высокий уровень азотного питания, который влияет на активный рост и развитие растений (рисунок 4).

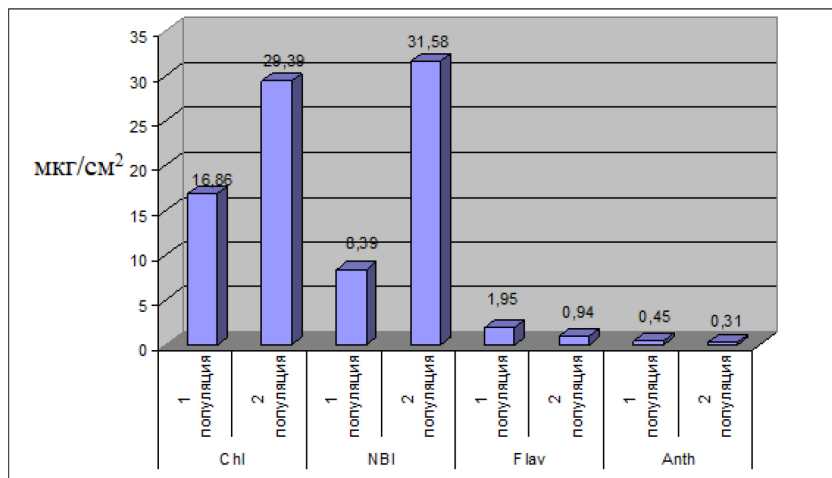


Рис. 3. Физиологическое состояние деревьев вяза приземистого в условиях Астраханской области

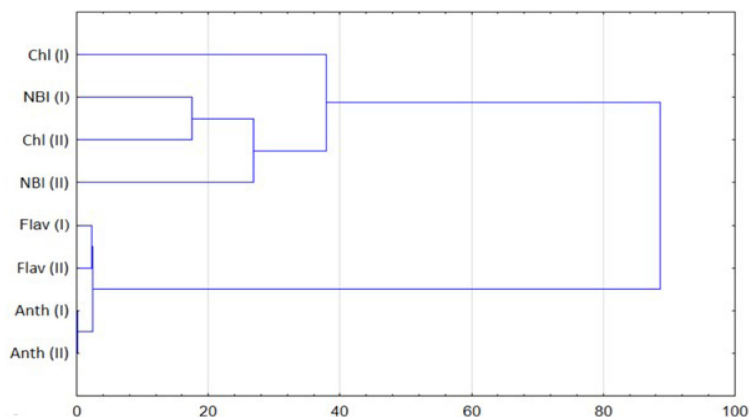


Рис. 4. Изменения статистических параметров в содержании пигментов зеленого листа *Ulmus pumila* L. в условиях Астраханской области

По измерениям пигментов в листьях хлорофилла (Chl), флавоноидов (Flav), антоцианов (Anth) установлено, что протекание жизненных процессов растений у двух популяций происходит стабильно и угнетения таксо-

нов не наблюдалось. Однако, к более засухоустойчивым можно отнести деревья, произрастающие в насаждениях зеленых зонтов Харабалинского района Астраханской области.

Следовательно, в результате приспособления засухоустойчивые деревья приобретают физиологические признаки, обеспечивающие существование в условия сухой степи и полупустыни.

Заключение

В результате исследования выявлено, при дефиците влаги в почве у засухоустойчивых деревьев вяза приземистого в большей степени отмечены защитные реакции саморегулирования. Результаты показали, что наивысшие показатели водоудерживающей способности были зафиксированы у второй популяции *Ulmus pumila* L, так как расположен таксон в более неблагоприятных условиях и вынужден проявлять более выраженные приспособительные реакции растений к недостатку влаги в почве и воздухе.

Экспериментально доказано, что в период почвенной засухи в насаждениях зеленых зонтов складывается более благоприятный внутренний водный баланс, чему способствует высокая потенциальная поглотительная способность корней, экономное расходование воды листьями на испарение и способность тканей корней и побегов повышать сопротивление обезвоживанию.

Установлено, что в начале вегетационного периода содержание хлорофилла высокое – в среднем до 18 мг/см², а в середине лета показатели падают на 9 %. При сравнительном анализе содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Ulmus pumila* L. в течение вегетационного периода отмечены изменения. Содержание флавоноидов и антоцианов повышалось к третьей декаде июля до 2,07 и 0,39 мкг/см². Наименьшее колебание показателей пигментной системы зеленого листа в период вегетации зафиксированы у антоцианов.

В результате исследования выявлено, что *Ulmus pumila* L. является засухоустойчивым видом в Харабалинском районе, так как в засушливом климате имеет способность удерживать запас воды, при этом относительно благополучно произрастает в полупустыне. Данный вид адаптировался к малым пригодным почвам для растительности, хорошо переносит засоление почвы и высокую температуру.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено по Государственному заданию №FNFE-2020-0004 (регистрационный номер 121041200195-4) ФНЦ агроэкологии РАН.

Список литературы

1. Иозус, А. П., Завьялов, А. А., & Крючков, С. Н. (2018). Биоэкологическая характеристика древесных видов в условиях выращивания в сухой. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, (10), 131-134. EDN: <https://elibrary.ru/vlprlq>
2. Кулик, К. Н., Манаенков, А. С., & Есмагулова, Б. Ж. (2021). Лесная мелиорация пастбищ засушливой зоны РФ и пути повышения её эффективности. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*, 3(63), 30-40. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-02> EDN: <https://elibrary.ru/xeavzv>
3. Манаенков, А. С., & Рыбашлыкова, Л. П. (2020). Повышение эффективности восстановления растительного покрова в современных очагах дефляции на пастбищах Северо-Западного Прикаспия. *Аридные экосистемы*, 26(4), 116-126. EDN: <https://elibrary.ru/kgyqkq>
4. Манаенков, А. С., Рыбашлыкова, Л. П., Сивцева, С. Н., и др. (2023). Лесопастбищное освоение опустыненных земель Прикаспия. *Аридные экосистемы*, 29(1), 15-24. <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-1-15-24> EDN: <https://elibrary.ru/cznxb>
5. Лепеско, В. В., & Рыбашлыкова, Л. П. (2021). Долговечность вяза приземистого *Ulmus pumila* L. в защитном лесоразведении на полупустынных землях Астраханского Заволжья. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*, 16(1), 77-85. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-77-85> EDN: <https://elibrary.ru/cravrd>
6. Соломенцева, А. С., Крючков, С. Н., & Егоров, С. А. (2024). Влияние гуминового удобрения на рост и развитие гибридов *Ulmus pumila* L. *Природообустройство*, (1), 122-129. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-122-129> EDN: <https://elibrary.ru/wpvnmp>
7. Сурхаев, Г. А., & Сурхаева, Г. М. (2022). Эколого-биологические аспекты формирования пастбищезащитных насаждений вяза в фитомелиорации Западного Прикаспия. *Научно-агрономический журнал*, 4(119), 44-49. <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.119.4.007.44-49> EDN: <https://elibrary.ru/wpgqjd>
8. Agina, E. A., Mohamed, S. M., Ghatas, Y., & Shayeb, N. (2021). Influence of water regime treatments on growth of *Rosmarinus Officinalis* L. plant. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 401-410. <https://doi.org/10.21608/sjfp.2021.211809> EDN: <https://elibrary.ru/xdules>

9. Blum, A. (2018). Drought Resistance. *Plant Breeding for Stress Environments*, 43-77. <https://doi.org/10.1201/9781351075718-3>
10. Carley, D. S., Gragg, L. A., Taggart, M. J., et al. (2021). Estimation of water stress tolerance of six woody plant species. *Horticult Int J*, 5(2), 64, pp. 72. <https://doi.org/10.15406/hij.2021.05.00205> EDN: <https://elibrary.ru/ueadts>
11. De Jonge, I. K., Olff, H., Mayemba, E. P., Berger, S. J., & Veldhuis, M. P. (2023). Understanding woody plant encroachment: a plant functional trait approach. *bioRxiv*, pp. 548581. <https://doi.org/10.1101/2023.07.11.548581>
12. Lepesko, V. V., Belyaev, A. I., Pleskachev, Yu. N., Pugacheva, A. M., Rybashlykova, L. P., & Fomin, S. D. (2019). Monitoring the state and ecological ameliorative effect of tree and shrub coulisse and row plantings on pastures in the arid conditions of the northern Caspian. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 341. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012103> EDN: <https://elibrary.ru/vbxile>
13. McCormick, E., Dralle, D. N., Khan, W. J., & Tune, A. K. (2021). Widespread woody plant use of water stored in bedrock. *Nature*, 597(7875), 225-229. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03761-3>
14. Murdiyarso, D., Iska, L., Bayu, B., Hanggara, M., & Fitriani, S. (2021). Managing Water Regimes. In *Wetland Carbon and Environmental Management* (pp. 355-369). <https://doi.org/10.1002/9781119639305.ch19>
15. Sayed, J. K., Sayed, H. M., & Zahra, J. A. (2019). Drought resistance index to select drought resistant plant species based on leaf water potential measurements. *Journal of Arid Land*, pp. 623-635. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0024-7>
16. Simunic, I., Likso, T., Miseckaite, O., & Palma, O. L. (2019). Climate changes and soil water regime. In *Marine lake (Rogoznica) as a model for EcoSystem functioning in a changing environment*. <https://doi.org/10.17707/AgricultFor-est.65.3.01> EDN: <https://elibrary.ru/rglehh>
17. Vlasenko, M., & Trubakova, K. (2019). Water regime Poaceae family species in the drought conditions. *Agrarian Bulletin*, pp. 2-8. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e230788.72509133
18. Wesche, K., Walther, D., von Wehrden, H., & Hensen, I. (2011). Trees in the desert: reproduction and genetic structure of fragmented *Ulmus pumila* forests in Mongolian drylands. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.01.012> EDN: <https://elibrary.ru/okwfi>
19. Xiao, Yu., Ruo-X., Yuan, C., & Shen, Chao. (2021). Growth stability of four drought resistant plant species in different regions. *Journal of Applied Ecology*, pp. 4212-4222. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202112.011>

20. Yuan, Y., Ge, L., Yang, H., & Wei, Z. (2018). Meta-analysis of experimental warming effects on woody plant growth and photosynthesis in forests. *Journal of Forestry Research*, 29(3), 727-733. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0499-z> EDN: <https://elibrary.ru/oxozom>

References

1. Iozus, A. P., Zavyalov, A. A., & Kryuchkov, S. N. (2018). Bioecological characteristics of tree species under cultivation in dry conditions. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, (10), 131-134. EDN: <https://elibrary.ru/vlprlq>
2. Kulik, K. N., Manayenkov, A. S., & Esmaulova, B. Zh. (2021). Forest reclamation of pastures in the arid zone of the Russian Federation and ways to improve its efficiency. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo Kompleksa: Nauka i Vysshee Professionalnoe Obrazovanie*, 3(63), 30-40. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-02> EDN: <https://elibrary.ru/xeaavz>
3. Manayenkov, A. S., & Rybashlykova, L. P. (2020). Improving the efficiency of vegetation recovery in modern deflation foci on pastures of the Northwestern Caspian region. *Arid Ecosystems*, 26(4), 116-126. EDN: <https://elibrary.ru/kgyqkq>
4. Manayenkov, A. S., Rybashlykova, L. P., Sivtseva, S. N., et al. (2023). Silvopastoral development of desertified lands of the Caspian region. *Arid Ecosystems*, 29(1), 15-24. <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-1-15-24> EDN: <https://elibrary.ru/cznxb>
5. Lepesko, V. V., & Rybashlykova, L. P. (2021). Longevity of *Ulmus pumila* L. in protective afforestation on semi-desert lands of the Astrakhan Trans-Volga region. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry*, 16(1), 77-85. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-77-85> EDN: <https://elibrary.ru/cravrd>
6. Solomentseva, A. S., Kryuchkov, S. N., & Egorov, S. A. (2024). Effect of humic fertilizer on the growth and development of *Ulmus pumila* L. hybrids. *Land Management*, (1), 122-129. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-122-129> EDN: <https://elibrary.ru/wpvnmp>
7. Surkhaev, G. A., & Surkhaeva, G. M. (2022). Ecological and biological aspects of pasture-protective plantations of elm in the phytoreclamation of the Western Caspian region. *Scientific and Agricultural Journal*, 4(119), 44-49. <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.119.4.007.44-49> EDN: <https://elibrary.ru/wpgqjd>
8. Agina, E. A., Mohamed, S. M., Ghatas, Y., & Shayeb, N. (2021). Influence of water regime treatments on growth of *Rosmarinus Officinalis* L. plant. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 401-410. <https://doi.org/10.21608/sjfp.2021.211809> EDN: <https://elibrary.ru/xdules>

9. Blum, A. (2018). Drought Resistance. *Plant Breeding for Stress Environments*, 43-77. <https://doi.org/10.1201/9781351075718-3>
10. Carley, D. S., Gragg, L. A., Taggart, M. J., et al. (2021). Estimation of water stress tolerance of six woody plant species. *Horticult Int J*, 5(2), 64, pp. 72. <https://doi.org/10.15406/hij.2021.05.00205> EDN: <https://elibrary.ru/ueadts>
11. De Jonge, I. K., Olff, H., Mayemba, E. P., Berger, S. J., & Veldhuis, M. P. (2023). Understanding woody plant encroachment: a plant functional trait approach. *bioRxiv*, pp. 548581. <https://doi.org/10.1101/2023.07.11.548581>
12. Lepesko, V. V., Belyaev, A. I., Pleskachev, Yu. N., Pugacheva, A. M., Rybashlykova, L. P., & Fomin, S. D. (2019). Monitoring the state and ecological ameliorative effect of tree and shrub coulisse and row plantings on pastures in the arid conditions of the northern Caspian. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 341. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012103> EDN: <https://elibrary.ru/vbxile>
13. McCormick, E., Dralle, D. N., Khan, W. J., & Tune, A. K. (2021). Widespread woody plant use of water stored in bedrock. *Nature*, 597(7875), 225-229. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03761-3>
14. Murdiyarso, D., Iska, L., Bayu, B., Hanggara, M., & Fitriani, S. (2021). Managing Water Regimes. In *Wetland Carbon and Environmental Management* (pp. 355-369). <https://doi.org/10.1002/9781119639305.ch19>
15. Sayed, J. K., Sayed, H. M., & Zahra, J. A. (2019). Drought resistance index to select drought resistant plant species based on leaf water potential measurements. *Journal of Arid Land*, pp. 623-635. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0024-7>
16. Simunic, I., Likso, T., Miseckaite, O., & Palma, O. L. (2019). Climate changes and soil water regime. In *Marine lake (Rogoznica) as a model for EcoSystem functioning in a changing environment*. <https://doi.org/10.17707/AgricultFor-est.65.3.01> EDN: <https://elibrary.ru/rglehh>
17. Vlasenko, M., & Trubakova, K. (2019). Water regime Poaceae family species in the drought conditions. *Agrarian Bulletin*, pp. 2-8. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e230788.72509133
18. Wesche, K., Walther, D., von Wehrden, H., & Hensen, I. (2011). Trees in the desert: reproduction and genetic structure of fragmented *Ulmus pumila* forests in Mongolian drylands. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.01.012> EDN: <https://elibrary.ru/okwfi>
19. Xiao, Yu., Ruo-X., Yuan, C., & Shen, Chao. (2021). Growth stability of four drought resistant plant species in different regions. *Journal of Applied Ecology*, pp. 4212-4222. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202112.011>

20. Yuan, Y., Ge, L., Yang, H., & Wei, Z. (2018). Meta-analysis of experimental warming effects on woody plant growth and photosynthesis in forests. *Journal of Forestry Research*, 29(3), 727-733. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0499-z> EDN: <https://elibrary.ru/oxozom>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Калмыкова Елена Владимировна, главный научный сотрудник, зав. лабораторией биоэкологии древесных растений, д-р с.-х. наук, доцент
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской Академии Наук»
(ФНЦ агроэкологии РАН)
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
kalmykova.elena-1111@yandex.ru*

Мельник Кристина Андреевна, младший научный сотрудник, лаборатория биоэкологии древесных растений
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской Академии Наук»
(ФНЦ агроэкологии РАН)
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
melnik-k@vfanc.ru*

Передриенко Анна Ивановна, аспирант, инженер-исследователь лаборатории биоэкологии древесных растений
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской Академии Наук»
(ФНЦ агроэкологии РАН)
пр. Университетский, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация
peredrienko-a@vfanc.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elena V. Kalmykova, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants, Dr. agricultural Sciences, Associate Professor
Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (FSC Agroecology RAS)

97, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
kalmykova.elena-1111@yandex.ru

SPIN-code: 1736-9543

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>

ResearcherID: AAY-3733-2020

Scopus Author ID: 57216752208

Kristina A. Melnik, Junior Researcher, Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (FSC Agroecology RAS)

97, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
melnik-k@vfanc.ru

SPIN-code: 1736-9543

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7103-6436>

ResearcherID: AAE-5262-2021

Scopus Author ID: 57458285500

Anna I. Peredrienko, Graduate Student, Research Engineer at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (FSC Agroecology RAS)

97, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400062, Russian Federation
peredrienko-a@vfanc.ru

SPIN-code: 7382-9521

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1717-1725>

Поступила 15.04.2024

После рецензирования 09.06.2024

Принята 26.06.2024

Received 15.04.2024

Revised 09.06.2024

Accepted 26.06.2024