Статья поступила в редакцию: 24.10.2026
Статья принята к публикации: 30.10.2026
Статья опубликована: 07.11.2026

УДК 581.5

DOI: 10.32743/UniChem.2026.149.11.23635

Влияние агрохимических свойств засолённых почв на рост и морфометрические показатели Amorpha fruticosa L. в условиях Республики Каракалпакстан

Косбаулиева Баян Жарылкасыновна
ассистент кафедры Общая биологи
Каракалпакский государственный университет им. Бердаха
Республика Узбекистан, г. Нукус
E-mail: abboz-2@mail.ru

Ешчанова Саиёра Шукурилла кизи
ст. науч. сотр., Институт сельского хозяйства и агротехнологий Каракалпакстана
Республика Узбекистан, г. Нукус

Influence of agrochemical properties of saline soils on the growth and morphometric parameters of *Amorpha fruticosa L.* in the Republic of Karakalpakstan

Kosbaulieva Bayan Zharylkasynovna
Assistant
Department of General Biology, Berdakh Karakalpak State University

Eshchanova Saiyora Shukurilla kizi
Senior research fellow, Institute of Agriculture and Agrotechnologies of Karakalpakstan
Republic of Uzbekistan, Nukus

Аннотация

Статья посвящена оценке влияния агрохимических свойств засолённых почв на рост и морфометрические показатели *Amorpha fruticosa L.* в условиях Южного Приаралья. Исследования проведены в 2026 г. на трёх площадках Республики Каракалпакстан: в Нукусе, Элликкалинском и Тахтакупырском районах. Агрохимические показатели определяли в слоях почвы 0–30 и 30–50 см, а морфометрический анализ охватывал 90 растений, по 30 экземпляров на каждой площадке. Установлено, что средняя высота растений существенно различалась между территориями: в Элликкале она составила 3,10±0,53 м, тогда как в Нукусе — 2,01±0,41 м, а в Тахтакупыре — 2,01±0,57 м. Различия подтверждены однофакторным дисперсионным анализом ($F=45,53$; $p<0,001$) и критерием Краскела–Уоллиса ($H=41,97$; $p<0,001$). Элликкалинская площадка характеризовалась минимальным содержанием

Библиографическое описание: Косбаулиева Б.Ж., Ешчанова С.Ш. кизи Влияние агрохимических свойств засолённых почв на рост и морфометрические показатели Amorpha fruticosa L. в условиях Республики Каракалпакстан // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2026. 11(149). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/23635

растворимых солей — 1,0831 % в слое 0–30 см и 1,2238 % в слое 30–50 см, при содержании гумуса 0,59 % и общего азота 0,0068–0,0070 %. В Нукусе и Тахтакупыре солевая нагрузка была значительно выше, а рост растений — ниже. Полученные результаты показывают, что в исследованных условиях повышенное засоление выступает вероятным ограничивающим фактором роста A. fruticosa, даже при сравнительно благоприятном содержании отдельных элементов питания. Результаты могут быть использованы при подборе устойчивых кустарников для озеленения, фитомелиорации и восстановления засолённых территорий Каракалпакстана.

Abstract

This study evaluates the influence of the agrochemical properties of saline soils on the growth and morphometric parameters of *Amorpha fruticosa L*. in the Southern Aral Sea region. Field investigations were conducted in 2026 at three sites in the Republic of Karakalpakstan: Nukus, Ellikkala District, and Takhtakupyr District. Soil properties were determined at depths of 0–30 and 30–50 cm, while morphometric measurements included 90 plants, with 30 individuals examined at each site. Mean plant height differed markedly among the study areas: 3.10 ± 0.53 m in Ellikkala, compared with 2.01 ± 0.41 m in Nukus and 2.01 ± 0.57 m in Takhtakupyr. The differences were confirmed by one-way ANOVA ($F = 45.53$; $p < 0.001$) and the Kruskal–Wallis test ($H = 41.97$; $p < 0.001$). The Ellikkala site had the lowest soluble salt content, 1.0831 % at 0–30 cm and 1.2238 % at 30–50 cm, together with 0.59 % humus and 0.0068–0.0070 % total nitrogen. Salt loads were substantially higher at Nukus and Takhtakupyr, where plant growth was lower. The results indicate that, under the studied conditions, increased soil salinity is a likely limiting factor for A. fruticosa growth even when some nutrient indicators are comparatively favorable. These findings may support the selection of stress-tolerant shrubs for landscaping, phytomelioration, and restoration of salt-affected lands in Karakalpakstan.

Ключевые слова: Amorpha fruticosa L, засоление почвы, гумус, азот, рост растений, Каракалпакстан, Южное Приаралье.

Keywords: Amorpha fruticosa L, soil salinity, humus, nitrogen, plant growth, Karakalpakstan, Southern Aral Sea region.

Введение

Засоление почв относится к основным экологическим факторам, ограничивающим продуктивность растительного покрова в аридных и семиаридных регионах. Для Южного Приаралья данная проблема имеет особое значение вследствие высокой испаряемости, дефицита атмосферных осадков, минерализации грунтовых вод и вторичного накопления легкорастворимых солей в почвенном профиле. В этих условиях подбор древесных и кустарниковых растений, способных сохранять устойчивый рост при повышенной солевой нагрузке, представляет практический интерес для озеленения, фитомелиорации и восстановления деградированных территорий.

Amorpha fruticosa L. — многолетний кустарник семейства Fabaceae, характеризующийся широким экологическим диапазоном. Вид способен произрастать на почвах различной реакции среды и проявляет определённую устойчивость к засолению и засухе. Однако устойчивость вида не означает отсутствия морфометрической реакции на изменение почвенных условий.

Цель исследования — определить особенности роста *Amorpha fruticosa L.* в различных почвенно-экологических условиях Республики Каракалпакстан и оценить связь пространственных различий морфометрических показателей растений с засолением и агрохимическим состоянием почвы.

Материалы и методы

Исследования проведены в 2026 г. на трёх территориях Республики Каракалпакстан: Ботаническом саду г. Нукуса, Ботаническом саду имени Амира Темура Элликкалинского района и территории «Кыпшак аул» Тахтакупырского района. Агрохимические анализы почв выполнены Центром агрохимического анализа Республики Каракалпакстан. Для каждой территории исследованы слои 0–30 и 30–50 см. В почвенных образцах определяли сухой остаток, pH, суммарное содержание солей, подвижный фосфор P_2O_5, обменный калий K_2O, гумус, общий азот, нитратную форму азота NO_3, обменный аммоний NH_4, содержание органических веществ, показатель EC/TDS и влажность.

На каждой территории выполнены морфометрические измерения 30 экземпляров *A. fruticosa*; общий объём выборки составил 90 растений. Для статистического сравнения использовали высоту растений и другие однозначно интерпретируемые морфометрические показатели. Рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение (M±SD). Межгрупповые различия по высоте оценивали однофакторным ANOVA и критерием Краскела–Уоллиса; попарные сравнения — критерием Манна–Уитни с поправкой Холма. Уровень значимости принимали $p < 0{,}05$. Поскольку для каждой территории лабораторный анализ почвы представлен одним профилем с двумя глубинами, почвенные показатели не рассматривались как независимые повторности. Связь «почва–растение» интерпретировалась на уровне площадок. Для обобщения слоя 0–50 см рассчитывали средневзвешенные значения с учётом мощности горизонтов: $(X_{0\text{-}30}\times 30 + X_{30\text{-}50}\times 20)/50$.

Результаты и обсуждение

Исследованные территории существенно различались по уровню засоления, реакции среды и обеспеченности элементами питания. Наиболее низкое содержание солей отмечено в Элликкале. В Нукусе и Тахтакупыре наблюдалось увеличение содержания солей в горизонте 30–50 см (Таблица 1).

Таблица 1. Основные агрохимические характеристики почвы на исследуемых территориях

Показатель	Нукус 0–30 / 30–50	Элликкала 0–30 / 30–50	Тахтакупыр 0–30 / 30–50
pH	8,9 / 8,9	9,0 / 8,9	7,8 / 7,8
Соли, %	2,5718 / 4,9817	1,0831 / 1,2238	2,8653 / 4,1134
P_2O_5, мг/кг	16,27 / 18,93	7,33 / 23,06	7,33 / 7,33

Показатель	Нукус 0–30 / 30–50	Элликкала 0–30 / 30–50	Тахтакупыр 0–30 / 30–50
K_2O, мг/кг	88 / 130	120 / 162	242 / 220
Гумус, %	0,27 / 0,13	0,59 / 0,59	1,71 / 0,14
Общий N, %	0,0018 / 0,0022	0,0070 / 0,0068	0,0068 / 0,0055
NO_3, мг/л	68,4 / 82,1	48,2 / 50,4	89,3 / 69,3
NH_4, мг/кг	25,6 / 29,2	28,2 / 30,1	40,2 / 39,8
Орг. вещество, %	0,18 / 0,12	0,82 / 0,86	0,70 / 0,65
EC/TDS	1040 / 680	740 / 800	2620 / 1350
Влажность, %	9,6 / 7,2	2,1 / 2,5	5,2 / 8,5

Средняя высота растений в Элликкале достигала 3,10±0,53 м, тогда как в Нукусе и Тахтакупыре она составляла около 2,01 м. Однофакторный дисперсионный анализ выявил высокозначимые различия между площадками ($F=45,53$; $p<0,001$). Критерий Краскела–Уоллиса подтвердил различия ($H=41,97$; $p<0,001$) (Таблица 2).

Таблица 2. Морфометрические показатели Amorpha fruticosa, M±SD

Территория	n	Высота, м	Длина листа, см	Ширина листа, см
Нукус	30	2,01±0,41	2,86±0,73	1,52±0,51
Элликкала	30	3,10±0,53	3,73±0,77	1,67±0,50
Тахтакупыр	30	2,01±0,57	2,23±0,40	0,94±0,51

Наиболее высокая средняя высота растений отмечена в Элликкале, где средневзвешенное содержание солей в слое 0–50 см было минимальным. В Нукусе и Тахтакупыре средневзвешенная солевая нагрузка была приблизительно втрое выше, а средняя высота растений — существенно ниже (Таблица 3, рис. 1).

Таблица 3. Содержание солей в почве и средняя высота A. fruticosa

Территория	Соли 0–30, %	Соли 30–50, %	Средневзвешенно 0–50, %	Высота, м
Нукус	2,5718	4,9817	3,5358	2,01±0,41
Элликкала	1,0831	1,2238	1,1394	3,10±0,53
Тахтакупыр	2,8653	4,1134	3,3645	2,01±0,57

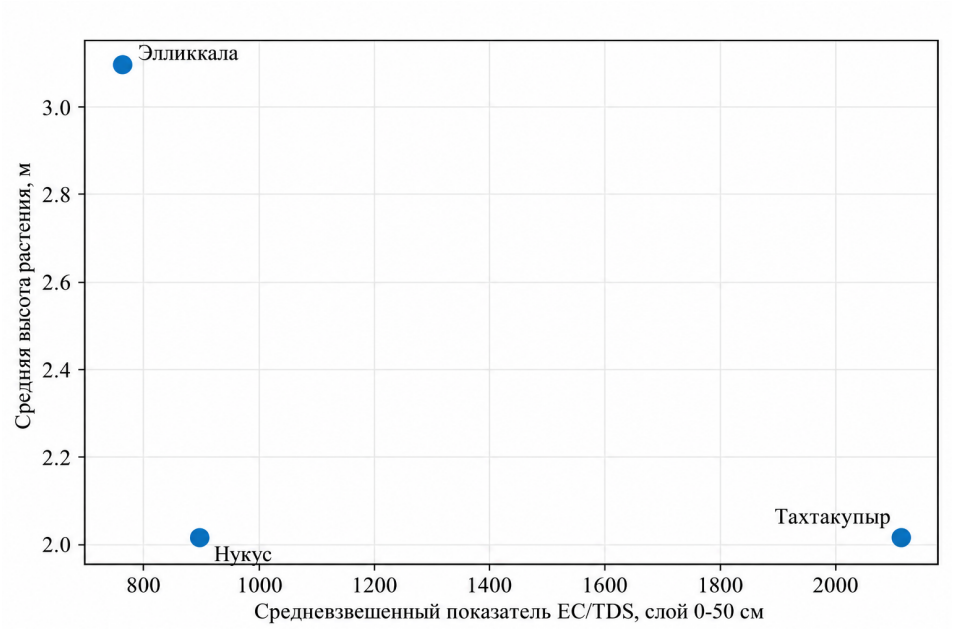


Рисунок 1. Связь средневзвешенного содержания солей в слое 0–50 см со средней высотой Amorpha fruticosa

Максимальное средневзвешенное значение EC/TDS зарегистрировано в Тахтакупырском районе — 2112, что приблизительно в 2,8 раза превышало показатель Элликкалы. При этом средняя высота растений в Тахтакупыре составляла 2,01±0,57 м против 3,10±0,53 м в Элликкале. Поскольку единица EC/TDS в исходных лабораторных протоколах отдельно не указана, значения приведены без переинтерпретации единиц.

Таблица 4. Показатели EC/TDS почвы и средняя высота Amorpha fruticosa L. на исследованных территориях

Территория	**EC/TDS 0–30**	**EC/TDS 30–50**	**Средневзвешенно 0–50**	**Высота, м**
Нукус	1040	680	896	2,01±0,41
Элликкала	740	800	764	3,10±0,53
Тахтакупыр	2620	1350	2112	2,01±0,57

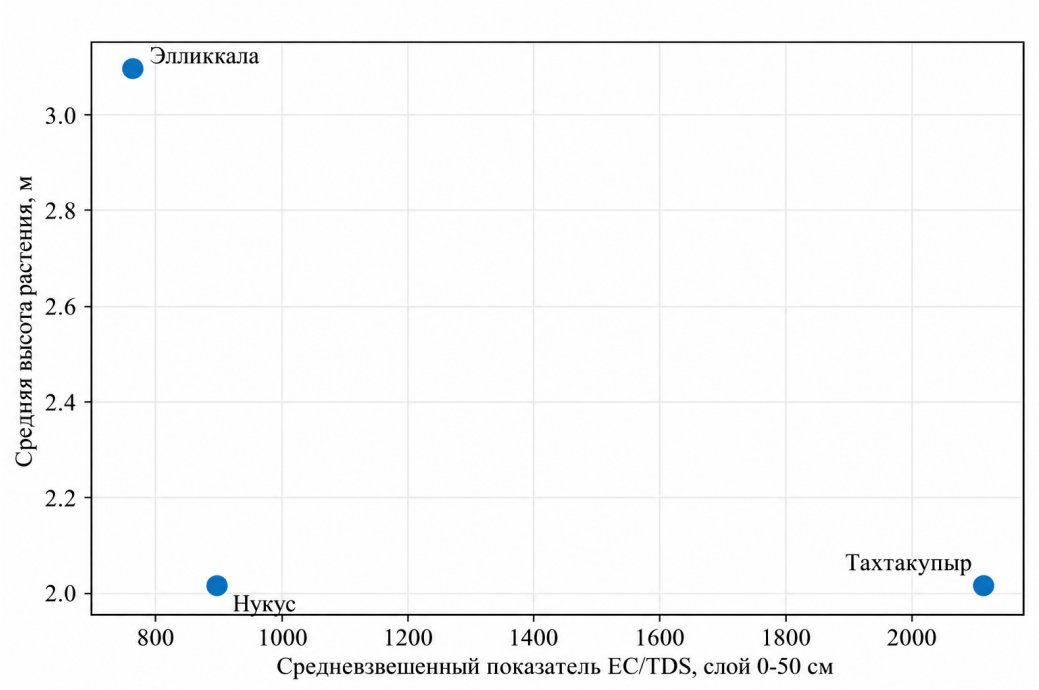


Рисунок 2. Связь средневзвешенного показателя EC/TDS слоя 0–50 см со средней высотой Amorpha fruticosa

Максимальное содержание отдельных компонентов почвенного плодородия не соответствовало максимальному росту растений. В Тахтакупыре средневзвешенное содержание гумуса было выше, чем в Элликкале, а содержание общего азота было сопоставимым, однако средняя высота растений оставалась существенно ниже (Таблица 5, рис 3).

Таблица 5. Содержание гумуса и общего азота в почве и высота Amorpha fruticosa L. на исследованных территория

Территория	**Гумус 0–30, %**	**Гумус 30–50, %**	**Гумус 0–50, %**	**N 0–30, %**	**N 30–50, %**	**N 0–50, %**	**Высота, м**
Нукус	0,27	0,13	0,214	0,0018	0,0022	0,00196	2,01
Элликкала	0,59	0,59	0,590	0,0070	0,0068	0,00692	3,10
Тахтакупыр	1,71	0,14	1,082	0,0068	0,0055	0,00628	2,01

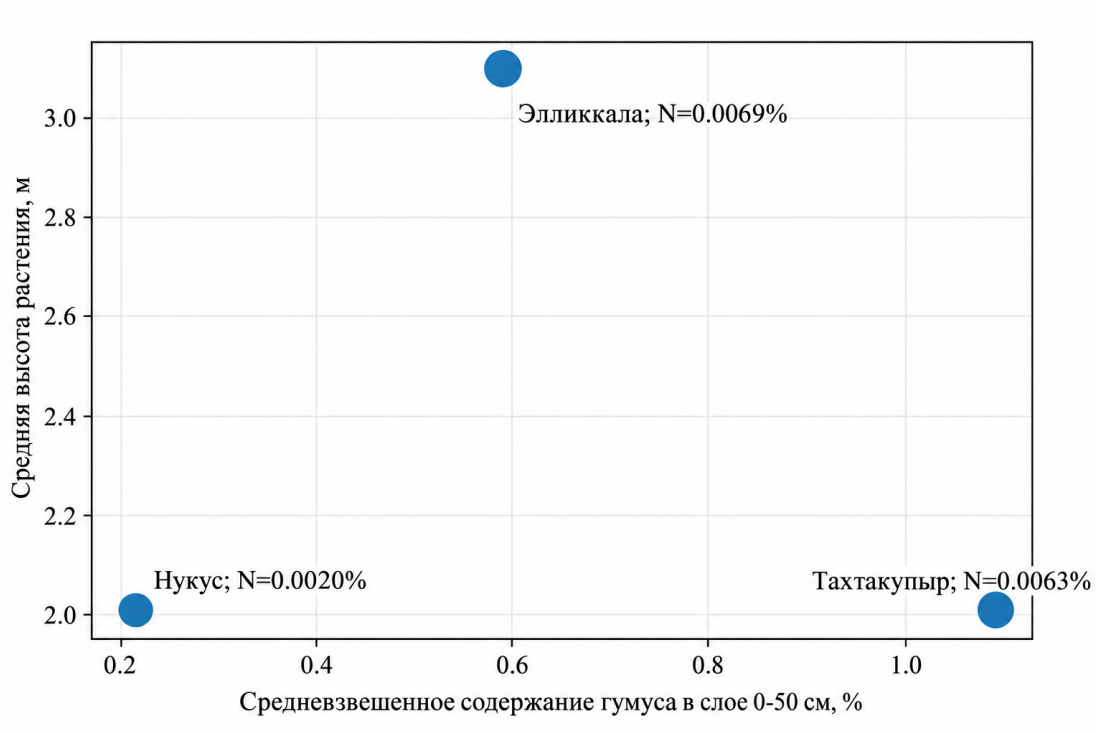


Рисунок 3. Соотношение средневзвешенного содержания гумуса, общего азота и средней высоты Amorpha fruticosa

Попарный анализ показал достоверное превышение высоты растений Элликкалы относительно Нукуса и Тахтакупыра ($p < 0{,}001$ после поправки Холма). Между Нукусом и Тахтакупыром значимых различий по высоте не выявлено. Величина эффекта для фактора «площадка» составила $\eta^2 = 0{,}511$, то есть около 51 % общей вариабельности высоты в данной выборке связано с различиями между исследованными площадками.

На рисунке 4 представлено распределение высоты *Amorpha fruticosa* на трёх исследованных территориях — в Нукусе, Элликкалинском и Тахтакупырском районах. Наиболее высокие значения отмечены в Элликкале, где средняя высота растений составила 3,10±0,53 м. Основная часть измеренных растений здесь характеризовалась высотой около 2,8–3,5 м, что свидетельствует о более интенсивном росте по сравнению с двумя другими площадками

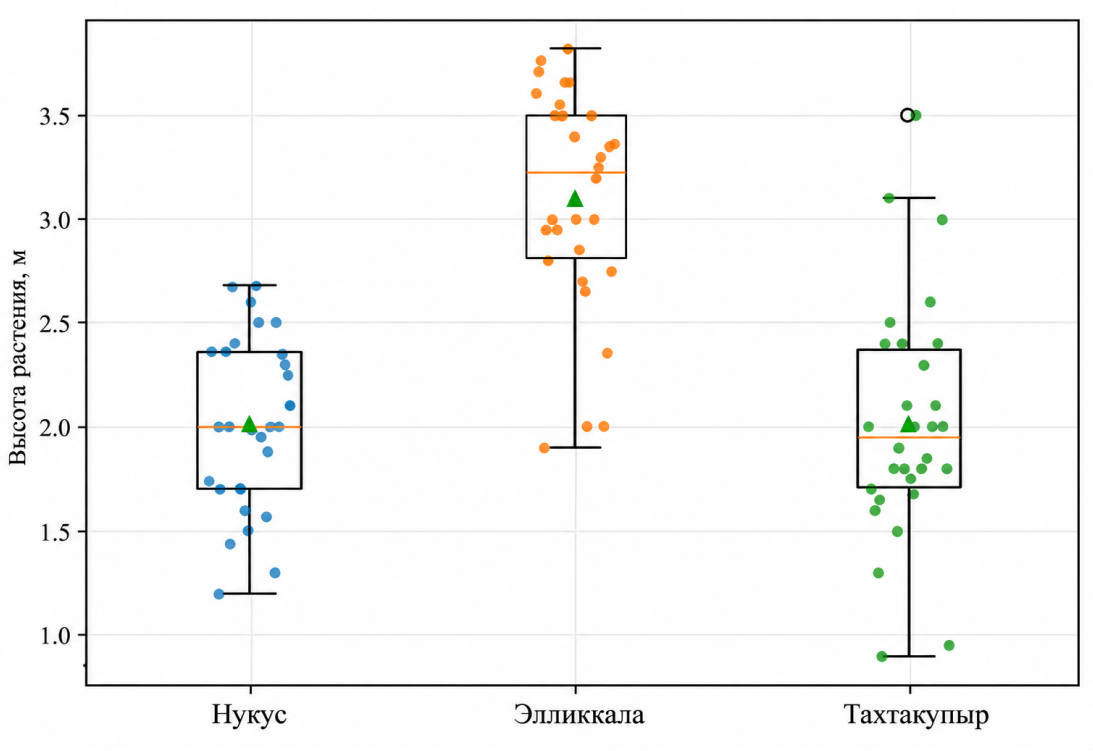


Рисунок 4. Распределение высоты Amorpha fruticosa на исследовательских площадках Нукуса, Элликкалы и Тахтакупыра (n=30 на площадку)

Совместный анализ почвенных и морфометрических данных показывает, что наиболее интенсивный рост A. fruticosa наблюдался на площадке с минимальной солевой нагрузкой, а не на территории с максимальным содержанием гумуса или минеральных форм азота. Элликкала характеризовалась содержанием солей около 1,1–1,2 % по всему исследованному профилю и средней высотой растений 3,10 м. В Нукусе и Тахтакупыре содержание солей было существенно выше, особенно в горизонте 30–50 см, а средняя высота составляла около 2 м.

Особенно информативно сравнение Элликкалы и Тахтакупыра. В Тахтакупыре верхний горизонт содержал 1,71 % гумуса, 242 мг/кг K_2O, 89,3 мг/л NO_3 и 40,2 мг/кг NH_4, однако растения не демонстрировали соответствующего усиления роста. Это позволяет предположить, что повышенная солевая нагрузка ограничивает реализацию потенциально благоприятного действия питательных элементов.

Высокий pH Элликкалинской почвы (8,9–9,0) не сопровождался снижением роста при сравнительно низком содержании солей. Следовательно, в исследованном диапазоне сама щёлочная реакция среды не объясняет наблюдаемые различия в высоте растений.

Полученные зависимости следует интерпретировать как межплощадочные экологические ассоциации. На каждой территории исследован один почвенный профиль, поэтому расчёт регрессионной или корреляционной значимости для связи почвенных показателей со средней высотой при n=3 площадках методически недостаточен. Для подтверждения причинно-следственной связи необходимо увеличить число независимых почвенных повторностей и проводить отбор почвы непосредственно в ризосфере отдельных растений.

Заключение

Наиболее интенсивный рост Amorpha *fruticosa* зарегистрирован в Элликкалинском районе, где средняя высота растений составила 3,10±0,53 м против 2,01±0,41 м в Нукусе и 2,01±0,57 м в Тахтакупырском районе. Элликкалинская площадка характеризовалась одновременно минимальной солевой нагрузкой: содержание солей составляло 1,0831 % в слое 0–30 см и 1,2238 % в слое 30–50 см. В Нукусе содержание солей возрастало с 2,5718 до 4,9817 %, а в Тахтакупыре — с 2,8653 до 4,1134 %. При этом высокое содержание гумуса, калия и минеральных форм азота в верхнем горизонте Тахтакупырской площадки не сопровождалось максимальным ростом растений, что указывает на вероятное ограничивающее действие повышенной солевой нагрузки. Таким образом, при оценке пригодности почв для произрастания *A. fruticosa* необходимо комплексно учитывать содержание растворимых солей, показатель EC/TDS, вертикальное распределение гумуса и азота, а также водный режим корнеобитаемого слоя. Для более строгой количественной оценки взаимосвязи «почва–рост» в дальнейших исследованиях необходимо увеличить число независимых почвенных повторностей на каждой площадке.

Список литературы

1. Абдиниязова Г. Дж., Избасханова Х.Б. Amorpha fruticosa L. o‘simligining bioekologiyasi va dorivor xususiyatlari // Partner conferences of the International Scientific Journal Research Focus. – 2026. – Т. 1, № 4. – P. 46–48. – DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/QAXAI/1012.
2. Асаматдинов А.О., Кудыяров О.А., Маткаримова Г.Х. Оценка агроэкологического состояния засолённых почв Караузякского и Тахтакупырского районов Республики Каракалпакстан // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2026. – № 7 (148). – DOI: 10.32743/UniTech.2026.148.7.23184.
3. Карроматов И.Д., Такаева Ш.К. Экзотическое лекарственное растение аморфа кустарниковая // Биология и интегративная медицина. – 2019. – № 1 (29). – С. 220–226.
4. Косбаулиева Б.Ж. Экспериментальное исследование прорастания семян аморфы кустарниковой (Amorpha fruticosa L.) в лабораторных и тепличных условиях // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. – 2026. – № 5 (143). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/22666 (дата обращения: 26.10.2026).
5. Мелиқўзиев А.А., Ергешев Д.А., Махкамов Т.Х. Инвазив ўсимлик Amorpha fruticosa L. нинг биоэкологик хусусиятлари ва кўпайтириш усуллари // Academic Research in Educational Sciences. – 2022. – Т. 3, № 7. – С. 168–175.
6. Отенова Ф.Т. Анализ показателей индекса засоленности почвы в различных районах Каракалпакстана // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. – 2025. – № 12 (138). – DOI: 10.32743/UniChem.2025.138.12.21369.
7. Gao Z.-W., Mu Y.-G., Ding J.-J. et al. The effects of salinity stress on Amorpha fruticosa Linn. seed germination, physiological and biochemical mechanisms // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2024. – T. 52, № 1. – Art. 13552. – DOI: 10.15835/nbha52113552.

8. Liu Z., Yang Y., Yang L. et al. Cloning and Functional Analysis of ZFP5 from Amorpha fruticosa for Enhancing Drought and Saline-Alkali Resistance in Tobacco // International Journal of Molecular Sciences. – 2025. – T. 26, № 8. – Art. 3792. – DOI: 10.3390/ijms26083792.
9. Sun X., Hu S., Wang X. et al. De novo assembly of Amorpha fruticosa L. transcriptome in response to drought stress provides insight into the tolerance mechanisms // PeerJ. – 2021. – T. 9. – DOI: 10.7717/peerj.11044.
10. Yang Y., Liu Z., Yang L. et al. Functional study of the AfRAP2 gene in Amorpha fruticosa L. tolerance to saline-alkali and drought stress // BMC Plant Biology. – 2026. – T. 26. – Art. 1532. – DOI: 10.1186/s12870-026-09778-y.

References

1. Abdiniyazova G.J., Izbasxanova X.B. [Bioecology and medicinal properties of the Amorpha fruticosa L. plant] // Partner conferences of the International Scientific Journal Research Focus. – 2026. – Vol. 1, No. 4. – P. 46–48. – DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/QAXAI/1012.
2. Asamatdinov A.O., Kudyyarov O.A., Matkarimova G.Kh. [Agroecological assessment of saline soils in the Karauzyak and Takhtakupyr districts of the Republic of Karakalpakstan] // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2026. – No. 7 (148). – DOI: 10.32743/UniTech.2026.148.7.23184. (In Russ.).
3. Karomatov I.D., Takaeva Sh.K. [Exotic medicinal plant – false indigo bush] // Biologiya i integrativnaya meditsina. – 2019. – No. 1 (29). – P. 220–226. (In Russ.).
4. Kosbaulieva B.Zh. [Experimental study of seed germination of false indigo bush (Amorpha fruticosa L.) under laboratory and greenhouse conditions] // Universum: khimiya i biologiya: elektron. nauchn. zhurn. – 2026. – No. 5 (143) [Электронный ресурс]. – URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/22666 (accessed: 26.10.2026). (In Russ.).
5. Meliqo‘ziev A.A., Ergeshev D.A., Makhkamov T.Kh. [Bioecological characteristics and propagation methods of the invasive plant Amorpha fruticosa L.] // Academic Research in Educational Sciences. – 2022. – Vol. 3, No. 7. – P. 168–175.
6. Otenova F.T. [Analysis of soil salinity index indicators in various areas of Karakalpakstan] // Universum: khimiya i biologiya. – 2025. – No. 12 (138). – DOI: 10.32743/UniChem.2025.138.12.21369. (In Russ.).
7. Gao Z.-W., Mu Y.-G., Ding J.-J. et al. The effects of salinity stress on Amorpha fruticosa Linn. seed germination, physiological and biochemical mechanisms // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2024. – Vol. 52, No. 1. – Art. 13552. – DOI: 10.15835/nbha52113552.
8. Liu Z., Yang Y., Yang L. et al. Cloning and Functional Analysis of ZFP5 from Amorpha fruticosa for Enhancing Drought and Saline-Alkali Resistance in Tobacco // International Journal of Molecular Sciences. – 2025. – Vol. 26, No. 8. – Art. 3792. – DOI: 10.3390/ijms26083792.

9. Sun X., Hu S., Wang X. et al. De novo assembly of Amorpha fruticosa L. transcriptome in response to drought stress provides insight into the tolerance mechanisms // PeerJ. – 2021. – Vol. 9. – DOI: 10.7717/peerj.11044.
10. Yang Y., Liu Z., Yang L. et al. Functional study of the AfRAP2 gene in Amorpha fruticosa L. tolerance to saline-alkali and drought stress // BMC Plant Biology. – 2026. – Vol. 26. – Art. 1532. – P. 4–6. – DOI: 10.1186/s12870-026-09778-y.