

Статья поступила в редакцию: 26.05.2026

Статья принята к публикации: 07.07.2026

Статья опубликована: 07.08.2026

УДК 581.192.2:577.161.2:543.544.5

DOI: 10.32743/UniChem.2026.146.8.23221

**Astragalus ferganensis (Fabaceae): морфологические особенности и
количественное определение водорастворимых витаминов в органах
растения методом ВЭЖХ**

Болтабоев Умарали Умматали угли

базовый докторант (PhD)

Кокандский государственный университет

Узбекистан, г. Коканд

ORCID: 0009-0002-4471-9378

E-mail: boltaboyevumarjon6@gmail.com

Тожибоев Достонбек Рахимжон угли

д-р филос. (PhD) по химии, преподаватель

Кокандский государственный университет

Узбекистан, г. Коканд

ORCID: 0009-0005-2893-7940

E-mail: dostonbektojiboyev410@mail.ru

Хужаев Вахобжон Умарович

д-р хим. наук, проф.

Кокандский государственный университет

Узбекистан, г. Коканд

ORCID: 0009-0001-9922-3989

E-mail: xujayev_030@mail.ru

**Morphological characteristics of Astragalus ferganensis (Fabaceae) and
quantitative analysis of water-soluble vitamins in different plant organs using
high-performance liquid chromatography (HPLC)**

Boltaboyev Umarali Ummatali u'gli

Doctoral candidate (PhD)

Kokand State University

Uzbekistan, Kokand

Tojiboyev Dostonbek Rakhimjon u'gli

PhD

in Chemistry, Lecturer, Kokand State University

Uzbekistan, Kokand

Khujaev Vakhobjon Umarovich

doctor of Chemical Sciences, Professor

Kokand State University

Uzbekistan, Kokand

Аннотация

Настоящее исследование посвящено количественному изучению содержания водорастворимых витаминов в различных органах *Astragalus ferganensis* (Popov) B.Fedtsch. ex Korol. Объектом исследования является эндемичный вид, распространённый в предгорных районах Ферганской долины. Образцы растений были собраны в полевых условиях и проанализированы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Содержание витаминов определяли в пересчёте на сухую массу и выражали в мг/100 г.

Результаты исследования показали неравномерное распределение витаминов по органам растения. В стеблях и листьях были выявлены витамин B₁ в количестве 1,965 мг/100 г и витамин PP — 0,925 мг/100 г, что свидетельствует о высокой метаболической активности данных органов. В корнях наибольшее содержание показал витамин B₁₂ — 16,299 мг/100 г. В околоплоднике установлено наличие витамина PP (0,377 мг/100 г) и витамина B₁₂ (3,337 мг/100 г). В семенах обнаружен витамин B₉ (1,186 мг/100 г), а также витамины B₂ (0,467 мг/100 г), PP (0,491 мг/100 г) и B₁₂ (3,258 мг/100 г).

Полученные результаты позволяют рассматривать *Astragalus ferganensis* как перспективный природный источник водорастворимых витаминов.

Abstract

This study is devoted to the quantitative investigation of water-soluble vitamins in different organs of *Astragalus ferganensis* (Popov) B.Fedtsch. ex Korol. The research object is an endemic species distributed in the foothill regions of the Fergana Valley. Plant samples were collected under field conditions and analyzed using high-performance liquid chromatography (HPLC). Vitamin contents were determined on a dry weight basis and expressed as mg/100 g.

The results revealed an uneven distribution of vitamins among the plant organs. In the stems and leaves, vitamin B₁ and vitamin PP were detected at concentrations of 1.965 mg/100 g and 0.925 mg/100 g, respectively, indicating a high metabolic activity of these organs. The roots exhibited the highest content of vitamin B₁₂, reaching 16.299 mg/100 g. In the pericarp, vitamin PP (0.377 mg/100 g) and vitamin B₁₂ (3.337 mg/100 g) were identified. The seeds contained vitamin B₉ (1.186 mg/100 g), as well as vitamin B₂ (0.467 mg/100 g), vitamin PP (0.491 mg/100 g), and vitamin B₁₂ (3.258 mg/100 g).

The obtained results suggest that *Astragalus ferganensis* represents a promising natural source of water-soluble vitamins and may be considered a valuable plant resource for further phytochemical and pharmacological studies.

Ключевые слова: *Astragalus ferganensis*, Fabaceae, эндемичное растение, морфологическая характеристика, распространение, водорастворимые витамины, ВЭЖХ, биологически активные вещества.

Библиографическое описание: Болтабоев У.У.У., Тожибоев Д.Р.У., Хужаев В.У. *Astragalus ferganensis* (Fabaceae): морфологические особенности и количественное определение водорастворимых витаминов в органах растения методом ВЭЖХ // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2026. 8(146). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/23221>

Keywords: *Astragalus ferganensis*, Fabaceae, endemic plant, morphological characteristics, distribution, water-soluble vitamins, high-performance liquid chromatography (HPLC), biologically active compounds.

Введение

Род *Astragalus* L. является одним из крупнейших и наиболее полиморфных родов семейства Fabaceae, широко распространённым на земном шаре и встречающимся на всех континентах, за исключением Австралии [18, 17]. В настоящее время данный род насчитывает от 3000 до 3095 видов (по отдельным данным — до 3156 видов), при этом одним из основных центров его видового разнообразия является Евразийский материк (рис. 1) [6, 7, 17].

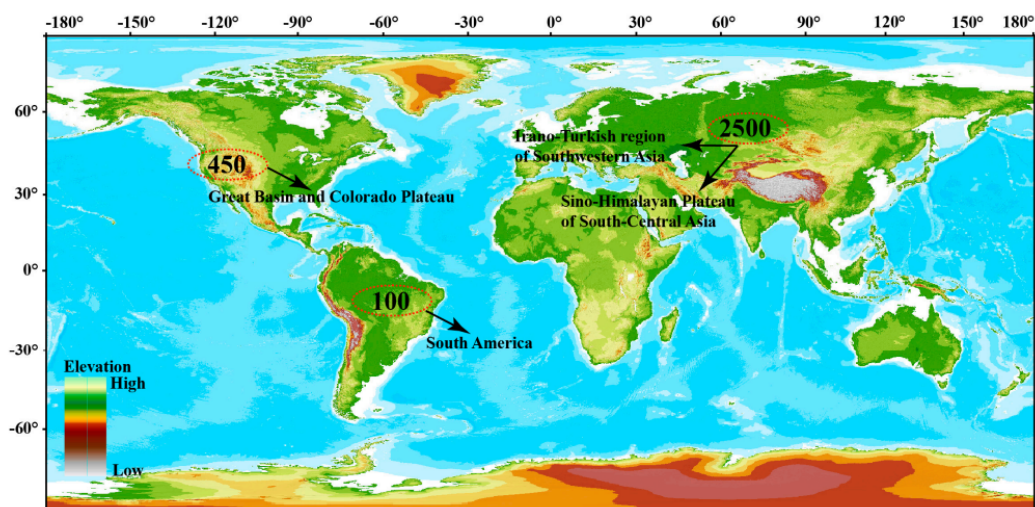


Рисунок 1. Основные центры распространения рода *Astragalus* (Dong et al., 2024)

Число видов рода *Astragalus* во флоре Казахстана составляет 308 [3, 16], во флоре Китая — 401 [8], во флоре Узбекистана первоначально было отмечено 239 видов [24], а впоследствии их количество увеличилось до 268 [13]. Во флоре Ирана зарегистрировано 826 видов данного рода [10].

Для флоры Средней Азии первоначально было приведено 592 вида рода *Astragalus* [4], однако последующие исследования показали, что их количество превышает 600 видов. Данный регион считается одним из мировых центров с наиболее высоким уровнем эндемизма представителей рода *Astragalus* [21].

К основным морфологическим признакам рода *Astragalus* относятся однолетние и многолетние травянистые растения, кустарники и, реже, полукустарники. Листья преимущественно непарноперистые, реже парноперистые, тройчатые или простые. Цветки собраны в кистевидные или колосовидные соцветия. Чашечка колокольчатая или трубчатая, иногда вздувающаяся в период плодоношения. Венчик мотылькового типа, киль острый или тупой. Бобы двугнёздные, реже одногнёздные, различной формы, сидячие либо расположенные на ножке, с перепончатой или кожистой оболочкой [11].

С хозяйственной точки зрения отдельные виды рода *Astragalus* имеют важное практическое значение. В частности, на основе астрагала нутового (*Astragalus cicer* L.) в США и Канаде выведены высокопродуктивные сорта, рекомендованные для использования

в качестве сенокосных и пастбищных культур. Данный вид вступает в симбиотические отношения с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium*, что способствует существенному повышению урожайности [5, 20].

Кроме того, представители рода *Astragalus* широко используются в традиционной китайской медицине как ценные лекарственные растения. Они обладают иммуностимулирующими свойствами, способствуют улучшению кровообращения и применяются при лечении состояний, связанных с так называемым «дефицитом крови» [14].

Распространение и ботаническая характеристика *Astragalus ferganensis*. Вид *Astragalus ferganensis* (Popov) B.Fedtsch. ex Korol. был впервые описан в 1937 году [12]. Данный вид является эндемиком Ферганской долины и распространён преимущественно в адырных и предгорных районах региона (рис. 2) [22].

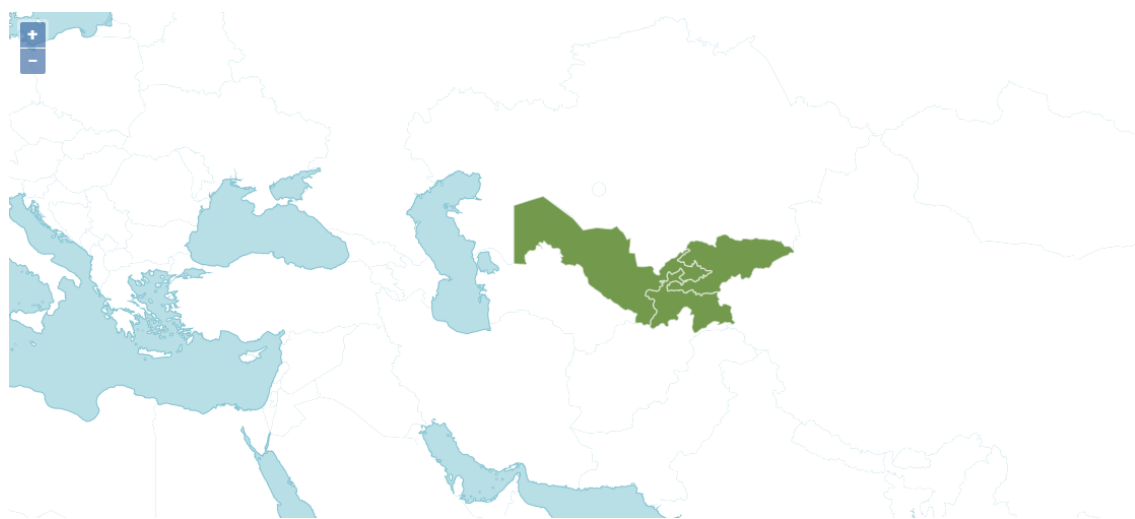


Рисунок 2. Общее распространение *Astragalus ferganensis* (POWO, 2025)

Морфологическая характеристика. *Astragalus ferganensis* – многолетнее густоопушённое растение высотой 5–20 см. Подземный стебель короткий, одревесневающий. Стебли приподнимающиеся или прямостоячие, покрытые белыми волосками, серовато-белого цвета. Прилистники треугольные или треугольно-ланцетные, длиной 2–4 мм. Листья длиной 2–6 см, черешки 0,5–2,5 см, густоопушённые. Листочки в числе 3–6 пар, округлые или эллиптические, с обеих сторон густоопушённые.

Цветоносы равны листьям или немного длиннее, 2,5–8 см. Соцветие короткое, почти зонтиковидное, состоит из 3–11 цветков. Чашечка трубчатая, длиной 17–18 мм. Венчик фиолетово-розового цвета. Бобы почти сидячие, продолговато-овальные, длиной 22–25 мм, густоопушённые, многосемянные [24].

Astragalus ferganensis цветёт в марте–апреле, плодоносит в апреле–мае.

Экология. Произрастает на предгорных равнинах и в предгорных районах на высотах 500–1400 м над уровнем моря, преимущественно на щебнистых и каменистых почвах [24].

Распространение. Встречается в Андижанской, Наманганской и Ферганской областях Узбекистана, а также на территориях Таджикистана и Кыргызстана [4].

Хозяйственное значение. Представляет собой ценное весеннее пастбищное растение, поедаемое сельскохозяйственными животными [24].

Сбор образцов. Образцы *Astragalus ferganensis* для химического анализа были собраны в мае 2025 года в верхних адырных участках села Сарикурган Ферганской области, по берегам реки Сох (рис. 3). Гербарные образцы хранятся в гербарном фонде кафедры биологии Кокандского государственного университета (KD).

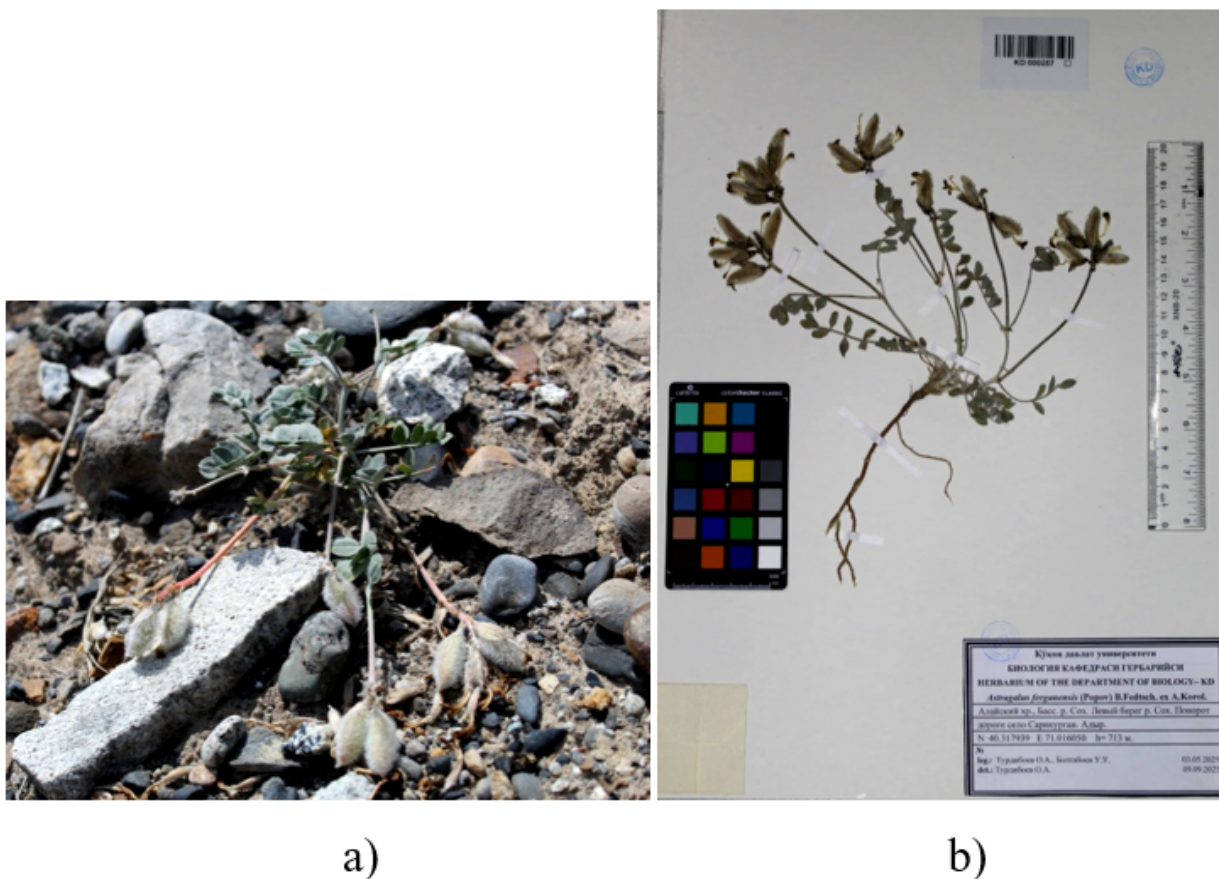


Рисунок 3. *Astragalus ferganensis*: *a* - полевой образец, *b* - гербарный образец

Материалы и методы

Определение содержания водорастворимых витаминов в различных вегетативных и генеративных органах *Astragalus ferganensis* проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Анализы выполнялись на хроматографе, оснащённом диодно-матричным детектором (DAD), в режиме градиентной элюции. Идентификация и количественная оценка витаминов осуществлялись на основе их спектральных характеристик, зарегистрированных в диапазоне 200–400 нм [1].

Хроматографические анализы проводились на приборе Agilent Technologies 1260 (США). В процессе разделения в качестве подвижной фазы использовалась градиентная система, состоящая из ацетонитрила и буферного раствора с pH = 2,92: в интервале 0–6 мин — 4:96, 6–9 мин — 10:90, 9–15 мин — 20:80 и 15–20 мин — вновь 4:96. Скорость потока подвижной фазы составляла 0,75 мл/мин, объём инъекции — 10 мкл.

Разделение проводили на колонке Eclipse XDB-C18 (5,0 мкм; 4,6 × 250 мм). Детектирование осуществляли при длинах волн 254, 272, 292, 297 и 360 нм. Количественное определение витаминов выполняли в соответствии с официальными методическими указаниями, приведёнными в Государственной фармакопее Российской Федерации, XIV издание [1]. Результаты выражали в мг/100 г сухой массы.

Результаты и обсуждение

В стеблях и листьях, корнях, околоплоднике и семенах *Astragalus ferganensis* был определён количественный состав водорастворимых витаминов, при этом установлено их неравномерное распределение по органам растения (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание водорастворимых витаминов в органах *Astragalus ferganensis* (мг/100 г)

Органы	B ₁	B ₆	B ₉	PP	C	B ₂	B12
Корень	-	-	-	0,303	-	1,124	16,299
Стебель и листья	1,965	-	-	0,925	-	-	2,741
Семена	-	-	1,186	0,491	-	0,467	3,258
Околоплодник	-	-	-	0,377	-	-	3,337

Согласно полученным результатам, в стеблях и листьях *Astragalus ferganensis* преимущественно обнаружены витамин B₁ (1,965 мг/100 г) и витамин PP (0,925 мг/100 г), что свидетельствует о высокой метаболической активности этих органов. Вместе с тем в данных органах также зафиксировано относительно значительное содержание витамина B₁₂ (2,741 мг/100 г). Указанное явление, вероятно, связано с процессами обмена коферментов в фотосинтетически активных тканях.

В корневом органе витаминный состав характеризуется иной спецификой: установлено, что наибольшее содержание приходится на витамин B12 (16,299 мг/100 г). Кроме того, в корнях выявлены витамин B2 (1,124 мг/100 г) и витамин PP в меньшем количестве (0,303 мг/100 г). Полученные результаты свидетельствуют о протекании интенсивных биосинтетических и аккумулятивных процессов в тканях корня.

В кожуре плодов витамины обнаружены в относительно низких концентрациях и представлены преимущественно витамином PP (0,377 мг/100 г) и витамином B12 (3,337 мг/100 г). Это объясняется тем, что данный орган выполняет преимущественно защитную функцию, в связи с чем его метаболическая активность является сравнительно низкой.

В семенах установлено наличие витамина B9 (1,186 мг/100 г), что представляет особый интерес, поскольку данный витамин играет ключевую роль в процессах эмбрионального развития и клеточного деления. Кроме того, в семенах выявлены витамины B2 (0,467 мг/100 г), PP (0,491 мг/100 г) и B12 (3,258 мг/100 г), что подтверждает высокую биологическую ценность генеративных органов.

В целом установлено, что распределение витаминов по органам у *Astragalus ferganensis* тесно связано с его морфологическим строением, условиями произрастания и многолетней жизненной формой. Наличие водорастворимых витаминов у данного вида, произрастающего в предгорных районах, может рассматриваться как один из механизмов адаптации растения к стрессовым факторам среды.

Распределение водорастворимых витаминов по органам у *Astragalus ferganensis* обусловлено морфологическими и экологическими особенностями данного вида. Сопоставление полученных результатов с данными, приведёнными для других видов рода *Astragalus*, позволяет выявить как общие закономерности, так и видоспецифические особенности.

В частности, в исследованиях, проведённых на видах *Astragalus membranaceus* и *Astragalus mongholicus*, установлено, что водорастворимые витамины, особенно витамины группы В, преимущественно накапливаются в корнях и надземных вегетативных органах [25,2]. В нашем исследовании также выявлено высокое содержание витамина В12 в корне *A. ferganensis*, что согласуется с данной тенденцией. Это свидетельствует о том, что у видов рода *Astragalus* корень выполняет не только функцию запасного органа, но и является важным центром аккумуляции биологически активных веществ.

С другой стороны, преобладание витаминов В1 и РР в стеблях и листьях *A. ferganensis* связано с высокой интенсивностью энергетического обмена и окислительно-восстановительных процессов в фотосинтетически активных тканях, что частично согласуется с результатами, полученными для видов *Astragalus glycyphyllos* и *Astragalus cicer* [9,23]. Указанные виды также характеризуются сравнительно высоким содержанием витаминов, поддерживающих метаболические процессы, в надземных органах.

Обнаружение витамина В9 в семенах свидетельствует о высокой биологической ценности генеративных органов *A. ferganensis*. Аналогичная закономерность отмечена и для *Astragalus sinicus* и некоторых видов *Astragalus*, произрастающих в Центральной Азии, где наличие фолатов в семенах напрямую связано с процессами эмбрионального развития и прорастания [15]. Полученные результаты указывают на потенциал семян как фармакологически и биологически активного растительного сырья.

Относительно низкое содержание витаминов в кожуре плодов объясняется тем, что данный орган преимущественно выполняет защитную функцию. В то же время наличие витамина В12 свидетельствует о том, что в кожуре плодов также могут протекать определённые биосинтетические или аккумулятивные процессы. Подобное явление отмечено и у некоторых видов *Astragalus*, произрастающих в горно-пустынных условиях, и рассматривается как один из механизмов адаптации к стрессовым факторам среды [19].

В целом, профиль витаминов, выявленный у *Astragalus ferganensis*, отражает общие особенности, характерные для других видов рода *Astragalus*, и одновременно подтверждает, что данный вид является эндемичным и адаптированным к предгорным условиям Ферганской долины. Дифференцированное распределение витаминов по органам тесно связано с морфологическим строением, многолетней жизненной формой и экологическими условиями произрастания, что позволяет рассматривать данное растение как перспективный источник биологически активных веществ.

Заключение

В результате проведённых исследований установлено, что *Astragalus ferganensis* (Popov) B.Fedtsch. ex Korol. является эндемичным видом, характерным для предгорных районов Ферганской долины, а его морфологические и экологические особенности свидетельствуют об адаптации к данным условиям. Выявлено, что вегетативные и генеративные органы растения чётко дифференцированы морфологически, и данное обстоятельство тесно связано с неравномерным распределением водорастворимых витаминов по органам.

Анализы, проведённые методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, показали, что витамины группы В и витамин РР накапливаются в различных органах в неодинаковых количествах. Высокое содержание витамина В12 в корнях свидетельствует о важной роли данного органа как центра аккумуляции биологически активных веществ. Наличие в стеблях и листьях витаминов, связанных с энергетическим обменом, а в семенах — витаминов, играющих ключевую роль в процессах клеточного деления и развития, подтверждает физиологическую активность растения.

Полученные результаты показывают, что витаминный профиль, выявленный у *Astragalus ferganensis*, отражает общие закономерности, характерные для других видов рода *Astragalus*, и в то же время обладает специфическими особенностями, обусловленными экологическими условиями и эндемичностью вида. Данные результаты позволяют рассматривать *Astragalus ferganensis* как природный источник водорастворимых витаминов, а также как перспективный объект для дальнейших научных и прикладных исследований в качестве биологически активного растительного сырья.

Список литературы

1. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. XIV ed. OFS.1.2.3.0017.15. [Methods for quantitative determination of vitamins]. Moscow, 2018. (In Russ.).
2. Abd Elkader H.T.A.E., Essawy A.E., Al-Shami A.S. *Astragalus* species: phytochemistry, biological actions and molecular mechanisms. *Phytochemistry*, 2022, vol. 202, article 113293 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/>. (дата обращения 07.08.2026)
3. Abdulina S.A. [List of vascular plants of Kazakhstan]. Almaty, Gylym Publ., 1999. 187 P. (In Russ.).
4. Abdullaeva M.N., Kamelin R.V., Kovalevskaya S.S. et al. *Astragalus* L. In: [Identification guide to the plants of Central Asia]. Tashkent, Fan Publ., 1981, vol. 6, P. 70–281. (In Russ.).
5. Acharya S.N. AC Oxley II cicer milkvetch. *Canadian Journal of Plant Science*, 2001, vol. 81, P. 749–751.
6. *Astragalus of the World*. Available at: (accessed 12 December 2025) [Электронный ресурс]. URL: <https://astragalusofworld.com>. (дата обращения 07.08.2026)
7. Chaudhary L.B., Rana T.S., Anand K.K. Current status of the systematics of *Astragalus* L. (Fabaceae) with special reference to the Himalayan species in India. *Taiwania*, 2008, vol. 53, no. 4, P. 338–355.

8. Dong P., Wang L., Chen Y., Wang L., Liang W., Wang H., Guo F. Germplasm resources and genetic breeding of Huang-Qi (*Astragali Radix*): A systematic review. *Biology*, 2024, vol. 13, no. 8, article 625 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/>. (дата обращения 07.08.2026)
9. Durazzo A., Lucarini M., Souto E.B. et al. *Astragalus* (*Astragalus membranaceus*): botanical, geographical, and pharmacological perspectives. *Food Chemistry*, 2021, vol. 338, article 128063.
10. Ghahremaninejad F. Notes about *Astragalus* (Leguminosae) in Iran. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 2015, vol. 117, P. 279–281.
11. Goncharov N.F. et al. *Astragalus* L. In: [Flora of the USSR]. Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1946, vol. 12, P. 1–873. (In Russ.).
12. International Plant Names Index (IPNI). *Astragalus ferganensis*. Available at: (accessed 23 November 2025) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ipni.org>. (дата обращения 07.08.2026)
13. Khasanov F. Red Book of the Republic of Uzbekistan. Plants. Tashkent, Chinor ENK Publ., 2019. P. 16–50.
14. Law S., Lo C.H., Han J., Leung A.W., Xu C. Traditional Chinese herb, *Astragalus*: possible for treatment and prevention of COVID-19? *Herba Polonica*, 2020, vol. 66, no. 4, P. 79–84.
15. Li S., Qian Y., Zhang Y. Nutritional and functional characteristics of seeds of selected *Astragalus* species // *Journal of Food Composition and Analysis*,. – 2018. – P. 1–7.
16. Perezhogin Yu.V., Borodulina O.V., Erokhin N.G., Kubentaev S.A. [New localities of species of the genus *Astragalus* L. in Kazakhstan]. *Fundamental and Experimental Biology*, 2023, vol. 110, no. 2, P. 107–112. (In Russ.).
17. Plants of the World Online (POWO). *Astragalus* L. Available at: (accessed 11 December 2025) [Электронный ресурс]. URL: <https://powo.science.kew.org>. (дата обращения 07.08.2026)
18. Podlech D., Zarre S. A taxonomic revision of the genus *Astragalus* L. (Leguminosae) in the Old World. Vol. 1. Wien, Naturhistorisches Museum Wien Publ., 2013. 822 P.
19. Rundel P.W., Arroyo M.T.K., Cowling R.M., Keeley J.E., Lamont B.B., Pausas J.G., Vargas P. Fire and plant diversification in Mediterranean-climate regions. *Ecology Letters*, 2015, vol. 18, no. 5, P. 451–466.
20. Townsend C.E., Kenno H., Brick M.A. Compatibility of cicer milkvetch in mixtures with cool-season grasses. *Agronomy Journal*, 1990, vol. 82, no. 2, P. 262–266.
21. Tozhibaev K.Sh., Beshko N.Yu., Azimova D.E., Turginov O.T. [Distribution features of species of the genus *Astragalus* L. in the Mountain Central Asian Province]. *Turczaninowia*, 2015, vol. 18, no. 2, P. 17–38. (In Russ.).
22. Turdiboev O.A., Davlatboyeva R.M. Revision of the collection of the genus *Astragalus* L. in the herbarium of Kokand State University (KD). In: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Actual Problems and Prospects of Modern Biology”. Andijan, 2025, P. 293–295.
23. Turtueva N., Sagdullaeva D., Karimov A. Biologically active compounds of Central Asian *Astragalus* species. *Chemistry of Natural Compounds*, 2013, vol. 49, no. 4, P. 650–654.

-
24. Vvedenskiy A.I. Astragalus L. In: [Flora of Uzbekistan]. Tashkent, Academy of Sciences of the Uzbek SSR Publ., 1955, vol. 3, P. 474–674. (In Russ.).
25. Zhang D., Tan L., Yao L., Tao W., Gong R., Luo R., Cao W. Astragalus flavonoids: biological activities and pharmacological mechanisms. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2020, Article ID 9726431 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/>. (дата обращения 07.08.2026)