Статья поступила в редакцию: 10.09.2026
Статья принята к публикации: 25.09.2026
Статья опубликована: 07.10.2026

УДК 581.9+631.53

DOI: 10.32743/UniChem.2026.148.10.23473

Виды рода *Astragalus* L.: ботаническое разнообразие и перспективы сохранения в центральной Азии

Хомидова Хурсантош Юсуф кизи
учитель биологии общеобразовательная школа №138 Чиланзарского района
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Кодиров Улугбек Хамрокулович
ст. науч. сотр., Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Турдиев Достон Эргаш угли
мл. науч. сотр
Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Ташкент
Жамалова Дилафруз Неъматилла кизи
мл. науч. сотр
Имл. науч. сотр.,
Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: dilafruz.bel.91@mail.ru

Astragalus L. species: botanical diversity and conservation prospects in Central Asia

Khomidova Khursantosh
Biology Teacher
General Secondary School No. 138,
Chilanzar District,
Republic of Uzbekistan, Tashkent
Kodirov Ulugbek
Senior scientific research Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Republic of Uzbekistan, Tashkent
Turdiev Doston
Junior scientific research Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Republic of Uzbekistan, Tashkent
Jamalova Dilafruz
Junior scientific research,
Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: Виды рода Astragalus L.: ботаническое разнообразие и перспективы сохранения в Центральной Азии // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. Хомидова Х.Ю. кизи [и др.]. 2026. 10(148). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/23473

Аннотация

Род *Astragalus* L. (Fabaceae) является одним из наиболее многочисленных родов покрытосеменных растений и характеризуется высоким видовым разнообразием, а также экологическим, лекарственным и природоохранным значением. Центральная Азия, включая Узбекистан, отличается значительным разнообразием видов *Astragalus*, среди которых встречаются редкие и эндемичные таксоны. Деградация местообитаний, интенсивный выпас скота, изменение климата и ограниченное естественное возобновление создают угрозу сохранению ряда видов. В связи с этим культура *in vitro* и микроклональное размножение рассматриваются как перспективные методы сохранения и размножения редких растений *ex situ*. В настоящем обзоре обобщены опубликованные данные по проращиванию семян, введению эксплантов в культуру, индукции каллуса, регенерации и размножению побегов, укоренению и акклиматизации растений рода *Astragalus*. Особое внимание уделено использованию среды Murashige–Skoog и фитогормонов, включая BA/BAP, кинетин, TDZ, IBA, IAA, NAA и 2,4-D. Показано, что эффективность культивирования существенно зависит от видовой специфичности и состава питательной среды. Культуры *in vitro* также могут использоваться для получения биологически активных вторичных метаболитов, включая флавоноиды и астрагалозиды. Несмотря на достигнутые результаты, виды *Astragalus* Центральной Азии остаются недостаточно изученными, что обосновывает необходимость разработки эффективных видоспецифических протоколов *in vitro* для их сохранения и биотехнологического использования.

Abstract

The genus *Astragalus* L. (Fabaceae) is one of the largest genera of flowering plants and is characterized by high species diversity as well as ecological, medicinal, and conservation importance. Central Asia, including Uzbekistan, is particularly rich in *Astragalus* species, among which numerous rare and endemic taxa occur. Habitat degradation, intensive grazing, climate change, and limited natural regeneration threaten the conservation of several species. Therefore, *in vitro* culture and micropropagation are considered promising approaches for the conservation and ex situ propagation of rare *Astragalus* plants. This review summarizes published data on seed germination, explant establishment, callus induction, shoot regeneration and multiplication, rooting, and plant acclimatization in *Astragalus* species. Particular attention is given to the effects of Murashige–Skoog (MS) medium and plant growth regulators, including BA/BAP, kinetin, TDZ, IBA, IAA, NAA, and 2,4-D. The reviewed studies demonstrate considerable species-specific responses of Astragalus explants to culture conditions and growth regulator combinations. *In vitro* cultures can also serve as valuable systems for the production of biologically active secondary metabolites, including flavonoids and astragalosides. Despite existing research, Central Asian *Astragalus* species remain insufficiently studied, highlighting the need to develop species-specific in vitro protocols for their conservation, *ex situ* propagation, and biotechnological utilization.

Ключевые слова: Astragalus L, культура тканей, in vitro-регенерация, каллусная культура, сохранение растений, Центральная Азия, Узбекистан.

Keywords: Astragalus L, tissue culture, in vitro regeneration, callus culture, plant conservation, Central Asia.

Введение

Род *Astragalus* L. относится к семейству Fabaceae и является одним из наиболее богатых видами родов покрытосеменных растений. Представители рода распространены преимущественно в Северном полушарии, особенно широко представлены в Евразии. Таксономическая сложность *Astragalus* обусловлена значительным морфологическим разнообразием, региональным эндемизмом и наличием групп с недостаточно изученным видовым статусом. Современные молекулярно-филогенетические исследования представителей Центральной Азии также показывают важность комплексного использования морфологических и молекулярных данных при изучении систематики рода (Munkhtulga et al., 2026).

Центральная Азия является важным центром разнообразия и эндемизма *Astragalus*. На основании анализа гербарных материалов в Горносреднеазиатской провинции было выявлено 47 таксонов нескольких секций рода, из которых 35 являются эндемиками исследованной территории (Tojibaev et al., 2014). Высокое видовое разнообразие *Astragalus* сопровождается значительными природоохранными проблемами. Многие виды имеют узкий ареал и произрастают в горных, предгорных, пустынных и полупустынных местообитаниях. Выпас скота, деградация местообитаний, эрозия почв, засухи и другие экологические факторы могут отрицательно влиять на малочисленные популяции. Особое значение проблема имеет для Узбекистана. Флористические исследования указывают на наличие около 268 видов *Astragalus* в пределах современной территории страны (Tojibaev et al., 2014). Среди них имеются узкоареальные эндемики и редкие виды.

Современные исследования *Astragalus centralis* E. Sheld. показывают критическое состояние данного узкоэндемичного узбекского вида (Khabibullaev et al., 2026). Аналогично, *Astragalus austroferganicus* Kamelin & V.M.Vinogr. характеризуется крайне ограниченным распространением и нуждается в мониторинге и мероприятиях по сохранению ex situ (Khoshimova et al., 2025).

Традиционное размножение редких видов *Astragalus* может быть ограничено низкой доступностью семян, физическим покоем семян, низкой всхожестью и малочисленностью природных популяций. Поэтому культура тканей и микроклональное размножение представляют перспективный альтернативный подход.

Целью настоящего обзора является обобщение опубликованных данных о размножении видов *Astragalus in vitro*, определение основных факторов, влияющих на регенерацию и размножение, а также оценка перспектив применения данных методов для редких и эндемичных видов Центральной Азии, прежде всего Узбекистана.

Материалы и методы

Настоящая работа выполнена в формате литературного обзора. Были проанализированы научные публикации, посвященные культуре тканей *Astragalus*, микроклональному размножению, регенерации in vitro, каллусным культурам, корневым культурам, продукции вторичных метаболитов и сохранению редких видов. Поиск литературы проводился по научным базам данных и платформам научных издательств, включая PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, Turkish Journal of Botany, PhytoKeys, Phytotaxa и региональные

ботанические издания. Использовались комбинации поисковых терминов: «*Astragalus in vitro*», «*Astragalus micropropagation*», «*Astragalus tissue culture*», «*Astragalus regeneration*», «*Astragalus callus culture*», «*Astragalus Central Asia*», «*Astragalus Uzbekistan*» и соответствующие термины.

Особое внимание уделялось исследованиям, в которых были представлены конкретные типы эксплантов, состав питательных сред, концентрации фитогормонов, показатели регенерации, укоренения и акклиматизации.

Результаты и обсуждение

Виды *Astragalus* являются важными компонентами природных экосистем и обладают значительным фитохимическим и лекарственным потенциалом. Ряд представителей рода содержит флавоноиды, полисахариды, тритерпеновые сапонины и другие биологически активные вещества. Особое внимание уделяется *Astragalus membranaceus* и близкородственным таксонам благодаря накоплению циклоартановых сапонинов — астрагалозидов (Li et al., 2023).

Биотехнологическое значение *Astragalus* связано главным образом с двумя направлениями: сохранением редких видов и устойчивым получением ценных вторичных метаболитов. Культура in vitro позволяет контролировать условия выращивания и получать растительный материал независимо от сезонных и экологических ограничений (Li et al., 2023).

Для Центральной Азии природоохранный аспект имеет особое значение. Тянь-Шань отличается высоким уровнем эндемизма сосудистых растений, а *Astragalus* относится к числу наиболее представленных родов эндемичной флоры (Mosyakin et al., 2020)

Успешное микроклональное размножение начинается с получения стерильных и физиологически жизнеспособных эксплантов. Семена являются одним из наиболее удобных исходных материалов, поскольку из проростков можно получать гипокотили, семядоли, апикальные и пазушные почки.

Одной из основных проблем является покой семян. У многих представителей Fabaceae твердая семенная оболочка ограничивает поступление воды и замедляет прорастание. Исследование *Astragalus thracicus* и *Astracantha aitosensis* показало, что скарификация семян после стерилизации способствует повышению всхожести и ускоряет получение стерильных проростков (Vasilev et al., 2026). В исследовании *A. glycyphyllos* также было показано положительное влияние скарификации на прорастание; максимальная зарегистрированная всхожесть в исследованных условиях составила 67,8 % (Krasteva et al., 2026). Таким образом, предпосевная обработка семян может быть одним из ключевых этапов введения *Astragalus* в культуру *in vitro*.

Наиболее часто используемой базовой средой в исследованиях *Astragalus* является среда Murashige–Skoog (MS). Однако оптимальные концентрации и сочетания фитогормонов существенно различаются в зависимости от вида и типа экспланта. Для индукции и размножения побегов важное значение имеют цитокинины. В исследованиях применялись BA/BAP, кинетин, зеатин и TDZ.

Для *Astragalus chrysochlorus* максимальное размножение составило 13 побегов на один гипокотильный эксплант при использовании MS с 0,5 мг/л транс-зеатинрибозида. Укоренение достигало 93 % на среде MS без регуляторов роста с 2 % сахарозы (Hasançebi et al., 2011). В исследовании *A. glycyphyllos* максимальная частота регенерации составила 95 % на MS с 0,5 мг/л TDZ (Krasteva et al., 2026).

Ауксины преимущественно используются для укоренения или индукции каллуса. IAA и IBA часто применяются для стимуляции корнеобразования, тогда как 2,4-D и NAA могут стимулировать образование каллуса или корней в зависимости от вида и концентрации. Для *A. membranaceus* var. *alpinus* наиболее высокий показатель укоренения был получен на среде B5 с 0,1 мг/л IBA (Han et al., 2014).

Каллусные культуры имеют значение как для регенерации растений, так и для изучения вторичного метаболизма. Соотношение ауксинов и цитокининов является одним из основных факторов, определяющих направление развития экспланта. У *Astragalus chrysochlorus* образование каллуса из гипокотильных эксплантов происходило на MS с 0,5 мг/л 2,4-D. Последующая регенерация путем непрямого органогенеза осуществлялась на MS с 0,5 мг/л зеатинрибозида (Hasançebi et al., 2011). Для *A. thracicus* и *A. aitosensis* молодые проростки также показали пригодность в качестве источника эксплантов для получения каллуса. Оптимизация гормонального состава позволила получить эмбриогенный каллус и обеспечить развитие побегов (Vasilev et al., 2026). Следовательно, каллусные культуры могут использоваться не только для размножения, но и как клеточные системы для биохимических исследований.

Размножение побегов является центральным этапом микроклонального размножения, поскольку многократное субкультивирование позволяет быстро увеличивать количество регенерантов. Исследования показывают выраженную видоспецифичность реакции. У *A. chrysochlorus* транс-зеатинрибозид обеспечивал высокую интенсивность размножения (Hasançebi et al., 2011). Для *A. nitidiflorus* эффективным стимулятором пролиферации побегов оказался BA; применение двухслойной системы способствовало удлинению побегов и улучшению последующего укоренения (Cano-Castillo et al., 2009).

Укоренение обычно проводится после этапа размножения побегов. В зависимости от вида оно может происходить на среде без гормонов либо при добавлении низких концентраций ауксинов. Перевод растений из условий *in vitro* в почвенные или тепличные условия является критическим этапом микроклонального размножения. Растения, выращенные *in vitro*, находятся при высокой влажности и контролируемом питании и поэтому требуют постепенной адаптации к внешним условиям. Исследования редких видов *Astragalus* показывают, что успешное укоренение не всегда означает высокую выживаемость после переноса в почву. Поэтому необходима поэтапная акклиматизация. Исследования *A. nitidiflorus* были непосредственно ориентированы на разработку методов размножения для сохранения эндемичного и исчезающего вида (Cano-Castillo et al., 2009).

Центральная Азия является перспективным регионом для развития биотехнологии *Astragalus*, поскольку здесь сосредоточено большое количество эндемичных видов. Для Узбекистана ранее было указано около 268 видов *Astragalus* в пределах современных

государственных границ (Tojibaev et al., 2014). Значительная часть из них имеет ограниченные ареалы. В частности, таксономический статус *A. zerabulaki* был недавно исследован с использованием данных хлоропластного генома (Karimov et al., 2026).

Заключение

Центральная Азия является перспективным регионом для развития биотехнологии Astragalus, поскольку здесь сосредоточено большое количество эндемичных видов. Особого внимания требуют *Astragalus centralis*, *A. austroferganicus*, *A. zerabulaki* и другие узкоареальные таксоны. Современные исследования продолжают уточнять их таксономический статус и природоохранное положение. При этом многие центральноазиатские виды остаются практически неизученными с точки зрения культуры тканей. В сравнении с хорошо изученным лекарственным видом *A. membranaceus* количество опубликованных протоколов для узбекских эндемиков значительно меньше. Это формирует важное перспективное направление исследований.

Список литературы

1. Cano-Castillo, M., Serrano-Martínez, F. & Casas, J.L. In vitro propagation of Astragalus nitidiflorus (Leguminosae), an endemic and endangered species from south-east of Spain. Acta Horticulturae, 812, P. 571–576. – 2009. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.812.79.
2. Han, M.S., No, S.A., Kwak, M.C. & Moon, H.K. Micropropagation of a rare plant species, Astragalus membranaceus Bunge var. alpinus N // Journal of Plant Biotechnology. – 2014. – T. 41, № 2. – P. 100–106.
3. Hasançebi, S., Kara, N.T. Çakır, Ö., & Arı, Ş. Micropropagation and root culture of Turkish endemic Astragalus chrysochlorus (Leguminosae). Turkish Journal of Botany. – 2011. – T. 35, № 2. – P. 203–210. – DOI: 10.3906/bot-1007-48.
4. Karimov, B., Yusupov, Z., Ruzimatov, E., Karimov, F. & Tojibaev, K. Chloroplast genome evidence in assessing the taxonomic status of Astragalus zerabulaki Popov (Fabaceae), an endemic of Uzbekistan. Phytotaxa. – 2026. – T. 744, № 3. – P. 249–260. – DOI: 10.11646/phytotaxa.744.3.5.
5. Khabibullaev B. et al. The Uzbek endemic Astragalus centralis E. Sheld. is Critically Endangered and at serious risk of extinction without urgent conservation action // Oryx. – 2026. – P. 1–4.
6. Khoshimova, N.G., Khoshimov, Kh. R. & Batoshov, A.R. On the species Astragalus austroferganicus Kamelin & V.M.Vinogr. listed in the Red Book of the Republic of Uzbekistan. Research Focus International Scientific Journal. – 2025. – T. 4, № 6. – P. 28–31. – DOI: 10.66073/researchfocus.v4i6.1668.
7. Mosyakin, S.L. et al. An annotated checklist of endemic vascular plants of the Tian-Shan Mountains in Central Asian countries. Phytotaxa. – 2020. – T. 464, № 2. – P. 101–140. – DOI: 10.11646/phytotaxa.464.2.1.

8. Shkondrov, A. et al. Induction of flavonoid biosynthesis by in vitro cultivation of Astragalus glycyphyllos L. Pharmacia. – 2020. – T. 67, № 2. – P. 95–99. – DOI: 10.3897/pharmacia. 67.e50390.
9. Shkondrov, A. et al. Flavonoids in in vitro cultures of Astragalus hamosus. Pharmacia. – 2021. – T. 68, № 4. – P. 927–931. – DOI: 10.3897/pharmacia.68.e76460.
10. Shkondrov, A. et al. Biotechnological approaches for sustainable production of astragaloside I, II and IV from endemic species of Astracantha aitosensis and Astragalus membranaceus by in vitro cultures. Pharmacia. – 2023. – T. 70, № 4. – P. 1449–1453. – DOI: 10.3897/pharmacia. 70.e114989.
11. Tojibaev K.S. et al. Distribution patterns of species of the genus Astralalus L.(sect. Macrocystis, Laguropsis and Chaetodon) in the territory of Mountain Middle Asian province // Turczaninowia. – 2015. – T. 18. – P. 17–38.
12. Vasilev H. et al. Development of in vitro cultures from Astragalus thracicus Griseb and Astragalus aitosensis (Ivanisch.) and evaluation of their bioproduction potential // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). – 2026. – T. 164.