

Махмудов А.В.
Институт Ботаники АН РУз, PhD, старший научный сотрудник
Абдураимов О.С.
Институт Ботаники АН РУз, PhD, старший научный сотрудник
Алламуротов А.Л.
Институт Ботаники АН РУз, PhD, старший научный сотрудник
Махмудов В.
ФерГУ, Факультет естественных наук, к.б.н., доцент

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА

Аннотация: в ходе исследования был проведён корреляционный анализ морфологических признаков, урожайности и абиотических факторов у трёх видов: *Ferula tadshikorum*, *Ungernia victoris* и *Inula grandis*. Установлены значимые взаимосвязи между рядом морфологических признаков и урожайностью, что позволяет рассматривать их в качестве критериев отбора высокопродуктивных индивидов. Наибольшее влияние на урожайность оказывали диаметр корня (*F. tadshikorum*), высота местности (*U. victoris*) и температурные условия (*I. grandis*). Анализ индекса ценности использования (UV) выявил высокую востребованность *F. tadshikorum* и *U. victoris* как лекарственно-сырьевых ресурсов. Полученные данные подчёркивают необходимость комплексного подхода к охране и рациональному использованию природных популяций этих видов.

Ключевые слова: корреляция, урожайность сырья, *F. tadshikorum*, *U. victoris* и *I. grandis*, абиотические факторы

Maxmudov A.V.
O‘zR FA Botanika instituti, PhD, katta ilmiy xodim
Abduraimov O.S.
O‘zR FA Botanika instituti, PhD, katta ilmiy xodim
Allamurotov A.L.
O‘zR FA Botanika instituti, kichik ilmiy xodim
Maxmudov V.
FarDU Tabiiy fanlar fakulteti, b.f.n., dotsent

JANUBIY O‘ZBEKISTON DORIVOR O‘SIMLIKLARI TABIIY POPULYATSIYALARI HOSILDORLIGINING KORRELYATSION TAHLILI

Annotatsiya: Tadqiqot jarayonida *Ferula tadshikorum*, *Ungernia victoris* va *Inula grandis* turlarida morfologik belgilar, hosildorlik va abiotik omillar o‘rtasida korrelyatsion tahlillar amalga oshirildi. Bir qator morfologik belgilar bilan hosildorlik o‘rtasida muhim o‘zaro bog‘liqliklar aniqlandi, bu esa ularni yuqori mahsuldorlikka ega individlarni tanlab olish mezonlari sifatida ko‘rib chiqish imkonini beradi. Hosildorlikka eng katta ta’sir ko‘rsatgan omillar

quyidagilarga ko'ra: *F. tadshikorum* uchun ildiz diametri, *U. victoris* uchun hududning dengiz sathidan balandligi va *I. grandis* uchun harorati ko'rsatkichlari qayd etildi. Foydalanish qiymati indeksi (UV) tahliliga ko'ra *F. tadshikorum* va *U. victoris* turlarining dorivor xom-ashyo resurslari sifatida yuqori talabga ega ekanligini ko'rsatdi. Olingan ma'lumotlar ushbu turlar tabiiy populyatsiyalarini muhofaza qilish va ularni oqilona foydalanishda kompleks yondashuv zarurligini ta'kidlaydi.

Kalit so'zlar: korrelyatsiya, xom-ashyo hosildorligi, *F. tadshikorum*, *U. victoris* va *I. grandis*, aboitik omillar

Maxmudov A.V.

Institute of Botany Academy Sciences Republic of Uzbekistan, PhD, senior researcher

Abduraimov O.S.

Institute of Botany Academy Sciences Republic of Uzbekistan, PhD, senior researcher

Allamurotov A.L.

Institute of Botany Academy Sciences Republic of Uzbekistan, PhD, junior researcher

Maxmudov V.

Fergana State University, Faculty of Natural Sciences, PhD, Associate Professor

CORRELATION ANALYSIS OF PRODUCTIVITY OF NATURAL POPULATIONS OF MEDICINAL PLANTS IN SOUTHERN UZBEKISTAN

Abstract: This article presents the results of correlation analysis of morphological features, productivity and abiotic factors in three species: *Ferula tadshikorum*, *Ungernia victoris* and *Inula grandis*. Significant relationships between a number of morphological features and productivity have been established, which allows us to consider them as selection criteria for highly productive individuals. The greatest influence on productivity was exerted by root diameter (*F. tadshikorum*), terrain altitude (*U. victoris*) and temperature conditions (*I. grandis*). Analysis of the use value index (UV) revealed a high demand for *F. tadshikorum* and *U. victoris* as medicinal raw materials. The data obtained emphasize the need for an integrated approach to the protection and rational use of natural populations of these species.

Key words: correlation, raw material yield, *F. tadshikorum*, *U. victoris* and *I. grandis*, abiotic factors

Введение

В последние годы значительно возросла популярность лекарственных средств растительного происхождения, что вызвало заметное повышение спроса на сырьё дикорастущих лекарственных, пищевых и некоторых технических растений, заготавливаемых на обширных территориях Республики Узбекистан [1].

Применение математико-статистических методов является важнейшей и неотъемлемой составной частью анализа результатов исследований. Значительно интерес представляет использование методов корреляции и регрессии для анализа результатов исследований [2]. Термин «корреляция» (от лат. *correlation* – соотношение, связь, зависимость) появился в XIX веке, благодаря работам английского математика Карло Пирсона и английского антрополога и психолога Френсиса Гальтона [3]. Что даёт анализ корреляционных связей? Коэффициенты корреляции варьируют в диапазоне от -1,00 до 1,00. Позитивная величина свидетельствует о совместном возрастании величин, а негативная – противоположной связи [4]. Анализ коэффициента корреляции позволяет установить взаимосвязь между различными характеристиками растений. Если корреляция между двумя признаками положительная и значимая, улучшение одного признака окажет значительное влияние на другой признак [5].

По результатам анализа данных за последние пять лет, годовой объём спроса на сырьё в Республике Узбекистан составляет 106,5 тонны для *F. tadshikorum*, 22,5 тонны для листьев *U. victoris* и 52,7 тонны для корней *I. grandis*. В связи с этим в рамках данного исследования были проведены научные исследования, направленные на оценку продуктивности естественных популяций данных видов с использованием метода корреляционного анализа.

Материалы и методы

Объекты исследований. Объектами исследования являются перспективные лекарственные растения с высоким спросом: *Ferula tadshikorum* Pimenov (Apiaceae), *Ungernia victoris* Vved. ex. Artjush. (Amaryllidaceae) и *Inula grandis* Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey. (Asteraceae) (рис.1).



Цветущее растения



Сырьё (коренная смола)

Ferula tadshikorum Pimenov



Вегетирующее растения



Сырьё (листья)

Ungernia victoris Vved. ex. Artjush.



Вегетирующее растения



Корень зрелого растения

Inula grandis Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey.

Рис. 1. Объекты исследований

F. tadshikorum эндемик Юго-западного Памиро-Алая с сокращающейся численностью. Занесён в Красную книгу Узбекистана и Таджикистана. На сегодняшний день на территории Узбекистана эксплуатационные запасы сырья *F. tadshikorum* полностью сокращены [6]. *U. victoris* является перспективным лекарственным растением, высоко оценивается в народной медицине и современной медицине [7]. *U. victoris* редкий эндемик Юго-западного Памиро-Алая сильно сокращающимся ареалом. Вид занесён на Красную книгу Узбекистана с статусом 2 [8]. *I. grandis* является одним из наиболее распространенных видов во флоре Узбекистана. Этот вид находит широкое применение в народной медицине для лечения различных заболеваний [9]. *I. grandis* является основным участником растительных сообществ медового значения юга Узбекистана, так как, проективное покрытие растений составляет в среднем 30% [10]. По результатам предыдущих исследований, урожайность подземной фитомассы растения в южном Узбекистане составляет в среднем 497,5 кг/га [11].

Методы исследований

Для определения урожайности природных популяций растений использовано пособие “Ресурсоведение и стандартизация лекарственного растительного сырья” [12]. Урожайность сырья определяли в вегетационный

период растений (апрель-июнь). Для расчёта средней урожайности растений было выделено по 10 мониторинговых участков размером 10x10 м (МР). С целью определения взаимосвязи между признаками коэффициент корреляции оценивали между урожайностью (Р) и морфологическими признаками растений. Кроме того, для анализа учитывали урожайность (Р), высота над уровнем моря местности (Н), показатели абиотических факторов, т.к. температура воздуха (t^0), влажность воздуха (АН) в период сбора сырья растений (рис.2Д). Определение коэффициента корреляции между признаками осуществлялось на основе методических указаний «Корреляционный анализ» [3]. Для анализа морфологических признаков учитывались типы сырья зрелых (товарных) растений. Для каждого вида были отобраны по четыре характерных морфологических показателя. В частности, у *F. tadshikorum* основным видом сырья является корневая смола, поэтому для анализа отобраны число розеточных листьев (NRL), длина розеточных листьев (LRL), ширина розеточных листьев (WRL) и диаметр корня (RD) (рис.2А). Для *U. victoris* диаметр луковицы (DO), длина листа (LL), ширина листа (WL), длина придаточных корней (LAR) (рис.2Б). Для *I. grandis* высота растений (PH), общее количество листьев (TNL), длина листа (LL), ширина листьев (WL) (рис.2С). В своё очередь, определены индекс ценности (UV) сырья использования каждого растения по рекомендации Pardo de Santayana (2008) и NELLY (2024) [13,14].

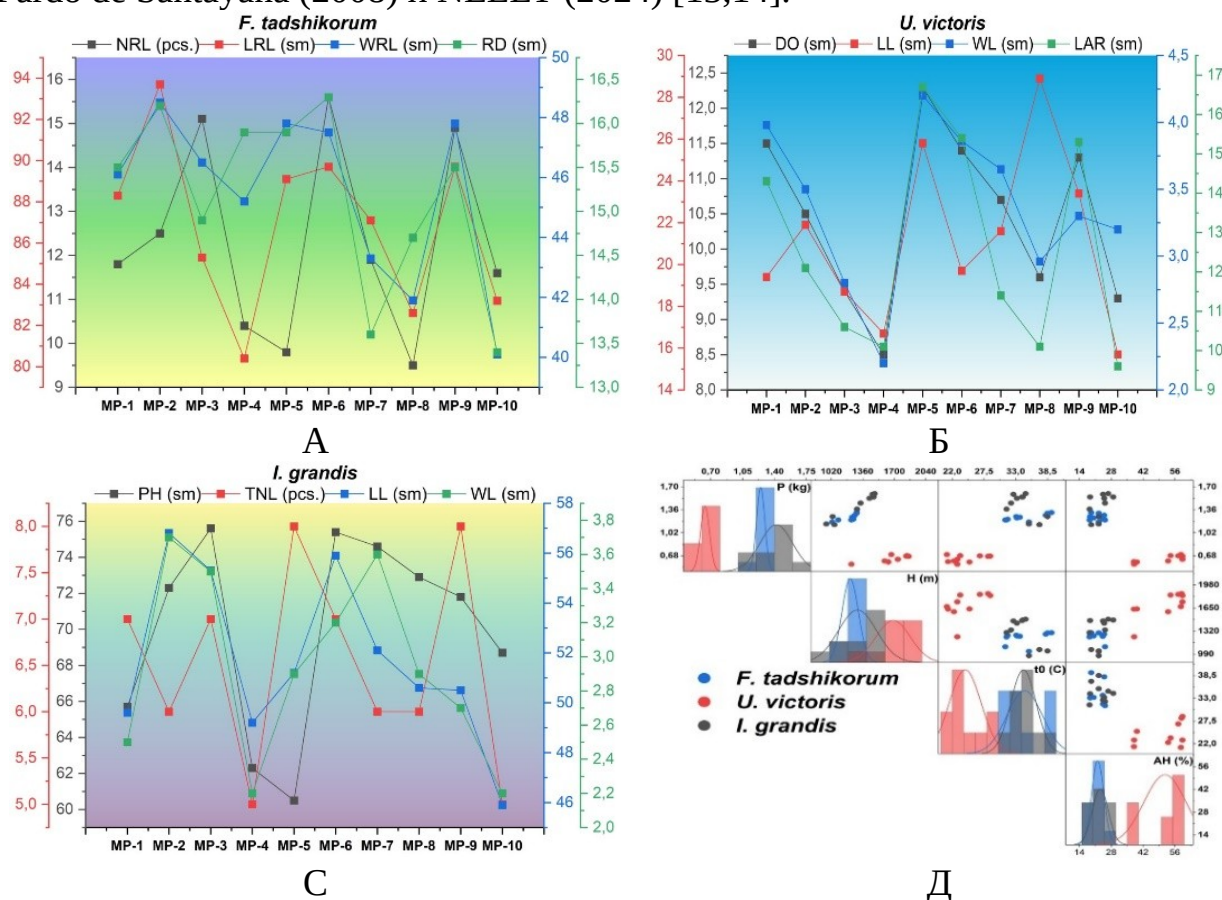


Рис. 2. Морфологические показатели (А,Б,С: МР – мониторинговые участки), урожайность и показатели абиотических факторов (Д) растений

В то же время в нашей республике в этих направлениях также проводится множество научных исследований [15-18].

Результаты

При анализе корреляционных зависимостей между морфологическими признаками у *F. tadshikorum* установлено, что между диаметром корня и шириной розеточных листьев наблюдается сильная положительная корреляция ($r=0,85$). Также зафиксирована высокая степень корреляции между длиной и шириной розеточных листьев ($r=0,72$). В то же время связь между числом розеточных листьев и другими морфологическими признаками оказалась слабой ($r=0,19-0,45$). Наиболее высокая степень корреляции между морфологическими признаками и урожайностью выявлена для диаметра корня ($r=0,87$) и ширины розеточных листьев ($r=0,71$), что указывает на их значительное влияние на формирование урожайности. Остальные морфологические признаки показали слабую взаимосвязь с урожайностью ($r=0,057-0,31$). Анализ взаимосвязей между урожайности и абиотическими факторами показал, что наибольшее влияние оказывают высота местности (Н) и температура воздуха: между этими факторами и урожайностью установлена сильная положительная корреляция ($r=0,77$). Отрицательная слабая связь отмечена между урожайностью и влажностью воздуха ($r=-0,18$). Кроме того, выявлена сильная положительная корреляция между с факторами высота и температуры и количеством розеточных листьев ($r=0,84$), что может указывать на опосредованное влияние абиотических условий на морфологическое развитие растений (рис.3А).

Корреляционный анализ морфологических признаков *U. victoris* показал наличие сильной положительной связи между диаметром луковицы, шириной листа и длиной придаточных корней ($r=0,92-0,93$), что указывает на их тесную взаимозависимость в развитии растения. Наименьшая степень корреляции отмечена между шириной и длиной листьев ($r=0,29$), что свидетельствует о слабой взаимосвязи между этими параметрами. Анализ взаимосвязи урожайности с абиотическими факторами выявлено сильную положительную корреляцию с высотой местности ($r=0,81$), а также среднюю степень связи с влажностью воздуха ($r=0,71$). В то же время установлена слабая корреляция между урожайностью и температурой воздуха ($r=0,37$), что позволяет предположить менее выраженное влияние температурного режима на формирование урожая *U. victoris* по сравнению с другими экологическими факторами (рис.3Б).

По анализу корреляционных связей морфологических признаков *I. grandis* показал сильной положительной связи между длиной и шириной листа ($r=0,87$). Также у *I. grandis* отмечено между высоты растений и количеством листьев практически нет связей ($r=0,0075$). Остальные морфологические признаки взаимосвязано между собой слабой ($r=0,24-0,32$) и умеренной ($r=0,55-0,65$) степени. Анализ взаимосвязи урожайности с абиотическими факторами выявлено почти функциональную связь между

высоты местности ($r=0,98$). Степень связи между температуры воздуха отмечено средняя отрицательная ($r=-0,53$) связь. Взаимосвязь между влажности воздуха отмечено в среднем ($r=0,51$) степени (Рис3.В).

Анализ индекса ценности использования растений (UV) показал, что наивысшие значения отмечены у *F. tadshikorum* ($UV=5,84\pm0,72$) и *U. victoris* ($UV=5,14\pm0,62$). Это свидетельствует о высоком уровне востребованности данных видов в медицине и других отраслях на территории республики, что, в свою очередь, может указывать на интенсивное антропогенное давление на природные популяции, независимо от их текущего состояния и степени обеспеченности сырьевой базой. У *I. grandis* индекс ценности использования оказался на среднем уровне, что позволяет предположить, что существующие природные ресурсы в настоящее время способны удовлетворить потребности в данном виде без риска для его устойчивости (рис. 3Г).

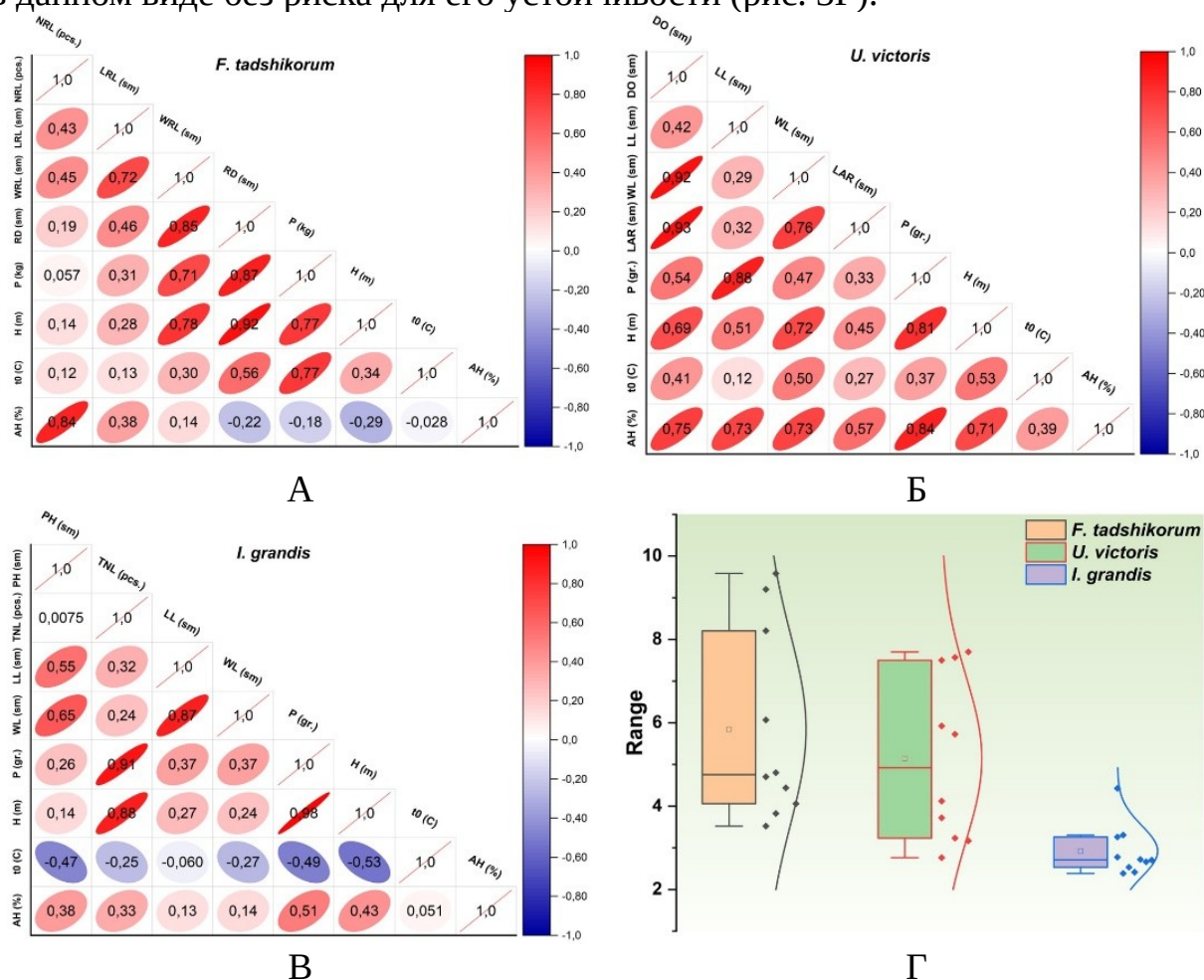


Рисунок 3. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи урожайности с морфологическими и абиотическими факторами у исследуемых видов растений: (А,Б,В). Индекс ценности использования растений (Г).

Выводы

Проведённый корреляционный анализ позволил установить значимые взаимосвязи между морфологическими признаками, урожайностью и абиотическими факторами у трёх изучаемых видов, что даёт основание

рассматривать выявленные параметры в качестве потенциальных критериев отбора высокопродуктивных товарных индивидов. У *F. tadshikorum* выявлена высокая степень корреляции между диаметром корня и шириной розеточных листьев ($r=0,85$), а также между длиной и шириной розеточных листьев ($r=0,72$). Наиболее выраженная связь с урожайностью зафиксирована у диаметра корня ($r=0,87$) и ширины розеточных листьев ($r=0,71$), что подчёркивает значимость этих признаков в формировании продуктивности растения. Среди абиотических факторов наибольшее влияние на урожайность оказывают высота местности и температура воздуха ($r=0,77$). Также обнаружена сильная корреляция между совокупным фактором «высота + температура» и числом розеточных листьев ($r=0,84$), что может свидетельствовать о влиянии условий среды на развития растений. У *U. victoris* установлена тесная взаимосвязь между диаметром луковицы, шириной листа и длиной придаточных корней ($r=0,92-0,93$), что говорит о сбалансированном развитии этих органов. Урожайность данного вида в наибольшей степени зависит от высоты местности ($r=0,81$) и, в меньшей степени, от влажности воздуха ($r=0,71$). Температурный фактор оказывает слабое влияние на продуктивность ($r=0,37$). У *I. grandis* наиболее выраженной оказалась корреляция между длиной и шириной листа ($r=0,87$), тогда как высота растения и число листьев практически не взаимосвязаны ($r=0,0075$). Урожайность демонстрирует почти функциональную зависимость от высоты местности ($r=0,98$), тогда как температура воздуха влияет отрицательно и на среднем уровне ($r=-0,53$), а влажность умеренно положительно ($r=0,51$).

Оценка индекса ценности использования (UV) показала, что наибольший спрос на лекарственно-сырьевые ресурсы наблюдается у *F. tadshikorum* ($UV=5,84\pm 0,72$) и *U. victoris* ($UV=5,14\pm 0,62$), что подчёркивает их высокую значимость. *I. grandis* демонстрирует средние значения UV, что свидетельствует о достаточности текущих природных ресурсов для удовлетворения потребностей в этом растении.

Полученные результаты указывают на необходимость комплексного подхода к охране и устойчивому использованию популяций этих видов, с учётом как морфологических характеристик, так и влияния абиотических факторов.

Благодарность

Данное исследование выполнено в рамках государственной программы Лаборатории «Кадастра природных растительных ресурсов и популяционной биологии» Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан «Изучение современного состояния ресурсных видов Центрального Узбекистана, разработка научных основ создания плантаций на основе интенсивных технологий перспективных видов» (2025-2029 гг.) и фундаментального проекта FL-9524115063 «Биоклиматический и геопространственный анализ ресурсного потенциала лекарственных растений

республики, закономерности их адаптации и распространения (на примере рода *Ferula* L.) 2025-2029 гг.».

Литературы

1. О.К. Хожиматов Лекарственные растения Узбекистана (свойства, применение и рациональное использование) – Т.: Маънавият, с. 328 (2021)
2. А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балиев, А.А. Фомина Корреляционный и факторный анализ признака семенной продуктивности капусты белокочанной // Овощи России (научно-практический журнал). №3. с. 22-24. <https://www.vegetables.su/jour/article/view/106/108> (2013)
3. М.А. Харченко, Корреляционный анализ // Учебное пособие для вузов. Воронеж. с. 31. (2008)
4. Л.А. Кротова, Л.А. Кротова, Е.Я. Белецкая Отбор в популяциях озимо-яровых гибридов пшеницы на основе фенотипических корреляций // Актуальные проблемы биологии и методики ее преподавания в школе и вузе: материалы III Международной научно-практической заочной конференции. с. 26–30. (2015)
5. Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Кашлева А.И. Корреляционный анализ признаков, характеризующих урожайность и качество продукции представителей рода *Allium* (подрод Сера) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. **22(1)**. с. 64–73. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-1-64-73> (2022)
6. A. Maxmudov, K. Tojibaev, O. Abduraimov, B. Mavlanov & A. Allamurotov. The current state of natural resources *Ferula tadshikorum* Pimenov in Uzbekistan // Plant science today. Vol **12(2)**: с. 1-16. <https://doi.org/10.14719/pst.3710> (2025)
7. М. Ходжиматов Дикорастущие лекарственные растения Таджикистана. – Душанбе: Гл. науч. ред. Тадж. Сов. Энциклопедии, с. 368 (1989)
8. Красная книга Республики Узбекистан. Ташкент. Изд. «Chinor». 181 с. (2019)
9. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство Asteraceae (Compositae). - СПб.: Наука, с. 352 (1993)
10. N.T. Atamuratova, R. Mukhamatzanova and Kh.Ch. Buriev Honey significance of forest lands in south Uzbekistan // Global Sustainability Conference GSC. Pp. 1-12. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/775/1/012013> (2021)
11. A.V. Mahmudov, O.S. Abduraimov, A.L. Allamurotov, V. Maxmudov, B.J. Mavlanov & O.T. Mamatkasimov Resources of *Inula grandis* Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey. in South Uzbekistan // Plant science today. Vol **11(3)**: 719-727. <https://doi.org/10.14719/pst.3392> (2024)
12. К.А. Пупыкина, С.Р. Хасанова, Н.В. Кудашкина, Э.Х. Галиахметова, Р.Р. Шакирова Ресурсоведение и стандартизация лекарственного растительного сырья // Уфа, Россия. 116 с. (2019)
13. J. Tardío, M. Pardo-de-Santayana Cultural importance indices: A comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria

(Northern Spain) // Econ Bot. **62 (1)**: 24-39. DOI: 10.1007/s12231-007-9004-5. (2008)

14. Cut Nelly, Lia Fitriyana, Taraha Dilla Santi, Saudah Diversity of traditional vegetables and spices as local food security for the Gayo Tribe, Aceh, Indonesia // Biodiversitas. Vol **25(12)**, December Pages: 4699-4711. (2024)

15. O.S. Abduraimov, I.N. Kovalenko, A.V. Makhmudov, A.L. Allamurotov, & B.J. Mavlanov Ontogenetic structure of cenopopulations of *Allium pskemense* (Amaryllidaceae) in Uzbekistan. Biosystems Diversity, Vol **30(1)**, 88–94. DOI: [10.15421/012209](https://doi.org/10.15421/012209). (2022)

16. O. Abduraimov, W. Li, H. Shomurodov, Y. Feng The Main Medicinal Plants in Arid Regions of Uzbekistan and Their Traditional Use in Folk Medicine. Plants **12(16)**, 2950; <https://doi.org/10.3390/plants12162950> (2023)

17. N.Yu. Beshko, O.S. Abduraimov, U.Kh. Kodirov, F.M. Madaminov, A.V. Maxmudov The Current State of Cenopopulations of Some Endemic and Rare Species of the Genus *Tulipa* L. (Liliaceae) in the Tashkent Region (Uzbekistan). Arid Ecosystems, Vol **13(3)**, pp. 295–305 (2023)

18. O. Mamatkasimov, B. Kurbaniyazov, A. Maxmudov, A. Allamurotov, B. Mavlanov, O. Abduraimov Diversity, Distribution, and Phytocenology of the Genus *Aegilops* L. (Poaceae) in Uzbekistan. Environment and Ecology Research **13(1)**, 1 - 15. <https://doi.org/10.13189/eer.2025.130101>. (2025)