



ВЛИЯНИЕ НАСЕКОМЫХ-ОПЫЛИТЕЛЕЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИДОВ *FERULA SAMARKANDICA* KOROVIN И *FERULA DSHIZAKENSIS* KOROVIN В ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

^{1,2}Усанов У. Н. ORCID ID 0000-0002-1059-3271,

¹Халимов Ф. З. ORCID ID 0000-0003-0624-4586,

³Умиров Н. У. ORCID ID 0000-0001-6135-4337

¹Самаркандский государственный университет, Самарканд, Республика Узбекистан,
e-mail: usanov0892@gmail.com;

²Государственный природный заповедник «Зомин», Джизак, Республика Узбекистан;

³Джизакский государственный педагогический университет, Джизак, Республика Узбекистан

Виды рода *Ferula* Lindl. представляют собой ценные лекарственные растения, широко используемые в традиционной и современной медицине благодаря биологически активным соединениям, включая эфирные масла и смолы. Устойчивость популяций этих растений во многом определяется их семенной продуктивностью, которая обеспечивает естественное возобновление и поддержание генетического разнообразия. Настоящее исследование посвящено изучению влияния насекомых-опылителей на семенную продуктивность двух эндемичных видов – *Ferula samarkandica* Korovin и *Ferula dshizakensis* Korovin в горных экосистемах Узбекистана. Для оценки вклада перекрестного опыления растения были изолированы от насекомых с помощью мелкоячеистой сетки до начала цветения, в то время как контрольные растения развивались в естественных условиях. После окончания цветения семена каждого растения были собраны и проанализированы по числу паракладиев, зонтиков и сформировавшихся семян. Результаты показали, что исключение насекомых-опылителей привело к значительному снижению семенной продуктивности обоих видов, тогда как вегетативные характеристики, такие как высота растений и количество паракладиев, оставались стабильными. У *F. samarkandica* изоляция растений от насекомых-опылителей привела к снижению урожайности на 29 %, в то время как у *F. dshizakensis* – на 23 %. Полученные данные подчеркивают важность насекомых-опылителей для воспроизводства этих эндемичных видов. Сохранение популяций ключевых опылителей имеет решающее значение для поддержания семенной продуктивности *F. samarkandica* и *F. dshizakensis*, особенно в условиях антропогенного воздействия и изменения климата. Дальнейшие исследования должны быть направлены на определение спектра основных опылителей, оценку их численности и сезонной динамики.

Ключевые слова: *Ferula samarkandica*, *Ferula dshizakensis*, паракладий, зонтик, урожай семян, опылители

INFLUENCE OF INSECT POLLINATORS ON SEED PRODUCTIVITY OF *FERULA SAMARKANDICA* KOROVIN AND *FERULA DSHIZAKENSIS* KOROVIN IN MOUNTAIN ECOSYSTEMS

^{1,2}Usanov U. N. ORCID ID 0000-0002-1059-3271,

¹Khalimov F. Z. ORCID ID 0000-0003-0624-4586,

³Umirov N. U. ORCID ID 0000-0001-6135-4337

¹Samarkand State University, Samarkand, Republic of Uzbekistan,
e-mail: usanov0892@gmail.com;

²Zomin State Nature Reserve, Jizzakh, Republic of Uzbekistan;

³Jizzakh state pedagogical university, Jizzakh, Republic of Uzbekistan

Species of the genus *Ferula* Lindl. are valuable medicinal plants widely used in both traditional and modern medicine due to their biologically active compounds, including essential oils and resins. The stability of populations of these plants largely depends on their seed productivity, which ensures natural regeneration and the maintenance of genetic diversity. The present study investigates the influence of insect pollinators on the seed productivity of two endemic species – *Ferula samarkandica* Korovin and *Ferula dshizakensis* Korovin – in the mountain ecosystems of Uzbekistan. To assess the contribution of cross-pollination, plants were isolated from insects using fine mesh netting before the beginning of flowering, while control plants developed under natural conditions. After the flowering period, seeds from each plant were collected and analyzed in terms of the number of paracladia, umbels, and developed seeds. The results showed that the exclusion of insect pollinators led to a significant reduction in seed productivity in both species, whereas vegetative characteristics such as plant height and the number of paracladia remained stable. In *F. samarkandica*, isolation from insect pollinators resulted in a 29 % decrease in seed yield, while in *F. dshizakensis* the reduction was 23 %. These findings highlight the important role of insect pollinators in the reproduction of these endemic species. The conservation of key pollinator populations is essential for maintaining the seed productivity of *F. samarkandica* and *F. dshizakensis*, particularly under conditions of anthropogenic pressure and climate change. Further studies should focus on identifying the main pollinator species and assessing their abundance and seasonal dynamics.

Keywords: *Ferula samarkandica*, *Ferula dshizakensis*, paracladium, umbel, seed yield, pollinators

Введение

Известно, что Узбекистан богат лекарственными растениями, и интерес к ним высок с древних времен. В научной медицине и народной терапии республики встречается более 750 видов растений, обладающих лечебными свойствами. Среди них наибольшее число относится к семейству зонтичных (*Apiaceae* L.) – 119 видов, принадлежащих к 57 родам. В настоящее время важным считается промышленное возделывание этих растений, определение их природных запасов и изучение факторов, влияющих на их численность [1, 2].

В последние годы установлено, что виды рода *Ferula* (*Apiaceae*) характеризуются высоким содержанием биологически активных вторичных метаболитов и обладают сложными репродуктивно-биологическими особенностями. Представители данного рода опыляются преимущественно насекомыми, что является важным экологическим фактором, определяющим семенную продуктивность и устойчивость популяций [3].

Естественная продуктивность растений во многом зависит от ряда экологических факторов, среди которых одним из важных являются насекомые. С одной стороны, насекомые-вредители причиняют серьезные повреждения растениям, с другой стороны, насекомые-опылители обеспечивают воспроизводство растений. Несмотря на многочисленные свидетельства сокращения численности опылителей в разных регионах мира, угроза, которую это представляет для популяций растений, остается не до конца ясной, поскольку растения нередко способны образовывать семена без участия животных-опылителей. Количественная оценка вклада опылителей в образование семян, на основе глобальной базы данных, включающей 1174 вида растений: без опылителей треть видов цветковых растений вовсе не образует семян, а у половины наблюдается снижение плодовитости на 80 % и более [4].

В мире насчитывается 180–185 видов рода *Ferula* Lindl., в странах СНГ – 106 видов, в Центральной Азии – 105 видов, в Узбекистане – 48 видов, в Западном Тянь-Шане – более 50 видов, в системе Памиро-Алая – около 50 видов, из них в Западном Памиро-Алае – 33 вида [5]. Виды *Ferula* имеют долгую историю применения экстрактов в различных медицинских и терапевтических контекстах из-за их хорошо документированной значительной биологической активности. Эти экстракты использовались как в человеческой, так и в ветеринарной

практике для лечения широкого спектра заболеваний, включая головные боли, расстройства пищеварения, ревматизм, артрит и опухолевую активность [6, 7]. Поэтому в последнее время особое внимание уделяется сохранению популяций редких видов [8] и культивированию дикорастущих видов, созданию новых плантаций [9].

Ferula samarkandica Korovin – монокарпическое растение. Корень с несколькими расширенными, боковыми, ветвящимися ответвлениями. Стебель желто-зеленый, не толстый, высотой до 1,0 м, в средней части образует продолговато-овальные сложные зонтики, которые ветвятся. Зонтики разнообразны, конечные – сидячие, 8–14 (до 20) лучей, диаметром 5–7 см, боковые собраны в 2–5 соцветий. Зонтики содержат 10–15 цветков, с несколькими пленчатymi оберточками; листья опадающие. Чашечка треугольно-зубчатая. Лепестки желтые, с центральной жилкой, острые, загнутые внутрь. Цветет в мае, плодоносит в июне [10]. *Ferula samarkandica* встречается на высоте 700–3300 м над уровнем моря, на песчаных, каменисто-галечниковых склонах. Является смолоносным, эфиромасличным и кормовым растением [11, 12], цветки богаты нектаром [13].

Ferula dshizakensis Korovin – поликарпическое растение. Корень цилиндрический, корневая шейка волокнистая, с остатками прошлогодних листьев. Стебель тонкий, прочный, с немного утолщенными узлами, в верхней части слабо ветвящийся, длиной до 30 см. Зонтики разнообразные, почти сидячие, с 5–10 лучами, длиной до 4,0 см; боковые – с 1–3 длинночерешковыми соцветиями. Зонтики содержат по 10 цветков, лепестки желтые, овальные [10]. *Ferula dshizakensis* произрастает на высоте 800–1500 м над уровнем моря, на каменистых и галечниковых горных склонах, в трещинах скал. Цветет в мае – июне, плодоносит в июне – июле [11].

По определению насекомых, трофически связанных с представителями рода *Ferula*, проведен ряд исследований [14]. В последних работах установлено, что в составе энтомофауны вида *Ferula kuhistanica* встречаются 95 видов, относящихся к 8 отрядам, 48 семействам и 85 родам [15], при этом среди опылителей зарегистрированы 37 видов, относящихся к 4 отрядам и 17 семействам. По видовому разнообразию среди опылителей лидируют жуки (16 видов), двукрылые (14 видов) и перепончатокрылые (11 видов) [16].

У ферулы имеется ряд свойственных ей особенностей, которые создают условия для эффективности многих опылителей.

Во-первых, околоцветник ферулы не очень глубокий, что облегчает доступ к нектару, особенно многим двукрылым насекомым. Во-вторых, цветки ферулы желтого цвета, что является привлекательным для многих насекомых. Еще одной особенностью ферулы является ее запах, который привлекает не только опылителей, но и сапрофагов и некрофагов. Поэтому на феруле всегда можно встретить множество разных насекомых.

Цель исследования – определить влияние насекомых-опылителей на семенную продуктивность видов рода *Ferula*.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2024–2025 гг. в горных экосистемах Узбекистана. Изучение влияния насекомых-опылителей на семенную продуктивность *Ferula samarkandica* Korovin проводилось на территории Зоминского государственного природного заповедника (Бахмальское отделение, район Гуралашсойского обхода) на высоте 1780–2024 м над уровнем моря (39°41'00"N, 68°13'46"E; 39°37'59"N, 68°16'57"E). Исследования *Ferula dshizakensis* Korovin выполнялись в 2025 г. в северо-западной части Молгузарского хребта (район «Ворота Амир Темура») на высоте 400–500 м над уровнем моря (40°04'28"N, 67°41'54"E).

Определение видов растений проводилось с использованием материалов Гербарного центра Института ботаники АН Республики Узбекистан и определителей флоры Средней Азии. Морфологические признаки и жизненные формы растений изучались

по методам И. Т. Серебрякова, И. А. Раменского и др.

Для оценки роли насекомых-опылителей применялся эксперимент с исключением опылителей. В каждом исследуемом участке были выделены две экспериментальные группы растений:

1. Эксперимент (исключение опылителей) – соцветия растений до начала цветения изолировались мелкой ячейистой сеткой, предотвращающей доступ насекомых-опылителей (рис. 1).

2. Контроль (открытое опыление) – растения находились в естественных условиях и были доступны насекомым.

В каждом варианте анализировалось по 10 растений ($n = 10$) каждого вида. После окончания цветения изоляционный материал удаляли. После созревания семян проводился сбор семенного материала с каждого растения отдельно.

Для каждого растения определяли следующие показатели: высота растения (см), количество паракладиев и количество сформировавшихся семян. Количество семян рассматривалось как показатель реальной семенной продуктивности.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета Statistica 10.0. Все значения представлены в виде среднего значения \pm стандартная ошибка среднего (Mean \pm SE). Для сравнения экспериментальной и контрольной групп применялся двусторонний t-тест Стьюдента для независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.



Рис. 1. Растения, изолированные от насекомых сеткой (А – *Ferula samarkandica*, В – *Ferula dshizakensis*) (Зоминский государственный заповедник)

Примечание: фото авторов

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Как показали исследования продуктивность семян растений ферулы существенно различалась между экспериментальными и контрольными вариантами. Полученные результаты представлены в табл. 1 и 2.

Полученные результаты демонстрируют важную роль насекомых-опылителей в формировании семенной продуктивности исследованных видов рода *Ferula*. Исключение насекомых из процесса опыления привело к значительному снижению числа сформировавшихся семян у обоих видов.

Анализ показателей в обоих видах показал, что высота растений и количество паракладиев статистически не отличались между экспериментом и контролем. Так, у *F. samarkandica* средняя высота составила 118,20±2,66 см в эксперименте и 117,80±1,75 см в контроле ($p = 0,696$), а у *F. dshizakensis* – 47,10±4,82 см и 47,20±4,37 см соответственно ($p = 0,962$). Это указывает на то, что изоляция от опылителей не оказывает влияния на вегетативный рост растений и формирование соцветий. Подобный результат согласуется с представлениями о том, что развитие генеративных структур у многолетних зонтичных в значительной степени определяется ресурсным состояни-

ем растения и условиями среды (свет, влага, почвенное питание), а не самим процессом опыления.

Количество паракладиев, являющихся косвенным показателем потенциальной семенной продуктивности, также не изменилось под влиянием исключения опылителей. У *F. samarkandica* этот показатель составил 17,60±1,26 в эксперименте и 17,90±1,20 в контроле ($p = 0,5927$), у *F. dshizakensis* – 8,80±0,63 и 8,70±0,67 ($p = 0,7364$). Это подтверждает, что формирование числа вторичных соцветий заложено на ранних стадиях онтогенеза и в меньшей степени зависит от наличия опылителей в текущем сезоне.

Кардинально иная картина наблюдается в отношении количества семян (рис. 2). В обоих видах выявлено значимое и резкое снижение семенной продуктивности при отсутствии опылителей. У *F. samarkandica* в экспериментальном варианте формировалось в среднем 467,40±29,54 семян, тогда как в контроле – 657,80±25,47 ($t = -15,436$; $p < 0,0001$), что соответствует снижению урожайности на 29%. У *F. dshizakensis* семенная продуктивность уменьшалась с 237,10±9,93 семян в контроле до 183,10±5,88 семян в эксперименте ($t = -14,802$; $p < 0,0001$), что составляет примерно 23 % потерь.

Таблица 1

Влияние опылителей на продуктивность семян у *Ferula samarkandica* (n = 10)

Показатель	Эксперимент (Mean ± SE)	Контроль (Mean ± SE)	t	p	Вывод
Высота растений, см	118,20±2,66	117,80±1,75	0,397	0,696	Различия незначимы
Количество паракладиев, шт.	17,60±1,26	17,90±1,20	-0,545	0,593	Различия незначимы
Количество семян, шт.	467,40±29,54	657,80±25,47	-15,436	< 0,0001	Значимые различия, в контроле семян больше

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Влияние опылителей на продуктивность семян у *Ferula dshizakensis* (n = 10)

Показатель	Эксперимент (Mean ± SE)	Контроль (Mean ± SE)	t	p	Вывод
Высота растений, см	47,10±4,82	47,20±4,37	-0,049	0,962	Различия незначимы
Количество паракладиев, шт.	8,80±0,63	8,70±0,67	0,342	0,736	Различия незначимы
Количество семян, шт.	183,10±5,88	237,10±9,93	-14,802	< 0,0001	Значимые различия, в контроле семян больше

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

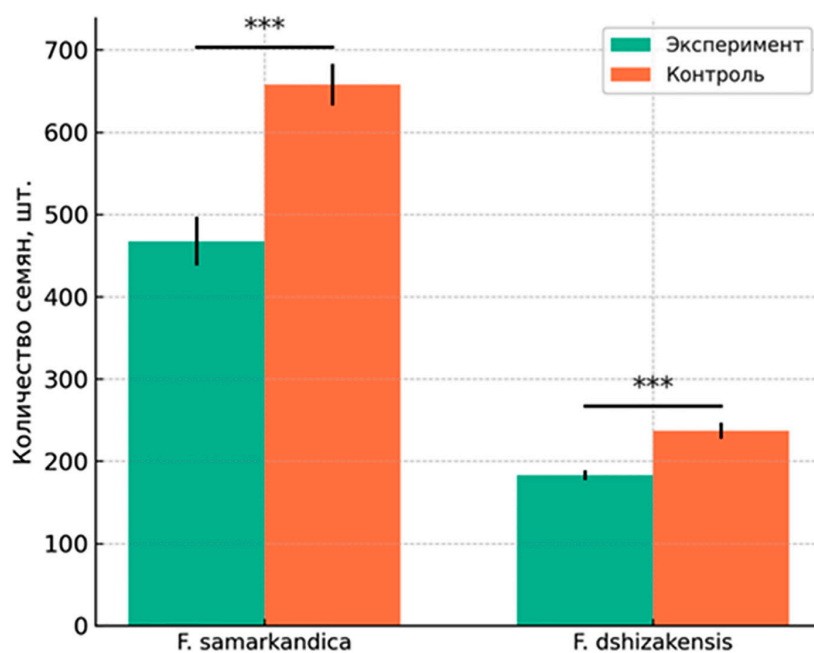


Рис. 2. Семенная продуктивность видов *F. samarkandica* и *F. dshizakensis* в контрольном и экспериментальном вариантах
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таким образом, отсутствие доступа насекомых к соцветиям приводит к резкому снижению числа полноценных семян, что указывает на ключевую роль насекомых-опылителей в воспроизводстве обоих видов. Несмотря на то, что зонтичные растения могут образовывать семена и при самоопылении, эффективность этого процесса существенно ниже. Пыльца, переносимая насекомыми (пчелы, двукрылые, жуки), обеспечивает более полное оплодотворение и формирование полноценного семенного материала.

Сравнение двух изученных видов показывает, что *F. samarkandica* характеризуется более высокой абсолютной семенной продуктивностью, что, вероятно, связано с большими размерами растений и более развитой системой соцветий. Однако относительное снижение урожайности при исключении опылителей оказалось сходным у обоих видов, что указывает на общую зависимость представителей рода *Ferula* от насекомоопыления.

С экологической точки зрения полученные данные подчеркивают необходимость сохранения популяций насекомых-опылителей в местах произрастания *F. samarkandica* и *F. dshizakensis*. Уменьшение численности или исчезновение ключевых опылителей в результате антропогенного воздействия, изменения климата или деградации местообитаний может привести к снижению ре-

продуктивного успеха этих видов, а вследствие этого – к сокращению их популяций. Это особенно актуально для эндемичных или узкоареальных видов, к которым относятся рассматриваемые растения.

Заключение

Проведенное исследование показало, что исключение насекомых-опылителей существенно влияет на формирование семенной продуктивности изученных видов рода *Ferula*. При изоляции соцветий от насекомых наблюдалось значительное снижение количества сформировавшихся семян: у *Ferula samarkandica* – примерно на 29 %, у *Ferula dshizakensis* – на 23 % по сравнению с растениями, опылявшимися в естественных условиях.

В то же время вегетативные показатели растений, такие как высота и количество паракладиев, статистически не различались между экспериментальными и контрольными вариантами. Это свидетельствует о том, что вегетативное развитие растений в меньшей степени зависит от наличия опылителей, тогда как формирование семян напрямую связано с эффективностью энтомофильного опыления.

Полученные результаты подтверждают важную роль насекомых-опылителей в репродуктивной биологии *Ferula samarkandica* и *Ferula dshizakensis* и подчеркивают значение опылительных взаимодей-

ствий для поддержания устойчивости популяций этих видов в природных условиях.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на выявление спектра основных опылителей, оценку их численности и сезонной динамики, а также на изучение качественных характеристик семян и генетических последствий ограниченного перекрестного опыления. Такой комплексный подход позволит разработать научно обоснованные меры по сохранению как самих растений, так и их опылителей, что важно для устойчивости горных экосистем Средней Азии.

Список литературы

1. Belolipov I. V., Abzalova N., Abzalov A. Natural flora of Uzbekistan as sources for new medicinal products – botanical nutraceuticals // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. № 2. P. 144–146. URL: <https://science-sd.com/461-24823> (дата обращения: 26.04.2026).
2. Abduraimov O., Makhmudov A., Shomurodov Kh., Mamatqosimov O., Mavlanov B., Allamurotov A., Abduraimov A. Resource Stock, Age Structure, and Seed Productivity of *Ferula varia* (Schrenk) Trautv. in Central Uzbekistan // Environment and Ecology Research. 2025. Vol. 3. Is. 13. P. 400–408. DOI: 10.13189/eer.2025.130308.
3. Soltani S., Amin G., Salehi-Sourmaghi M. H., Iran-shahi M. Histone deacetylase inhibitory and cytotoxic activities of the constituents from the roots of three species of *Ferula* // Iranian Journal of Basic Medical Sciences. 2019. Vol. 22. P. 93–98. DOI: 10.22038/ijbms.2018.34338.8151.
4. Rodger J. G., Bennett J. M., Razanajatovo M., Knight T. M., Kleunen M., Ashman T-L., Steets J. A., Hui C., Arceo-Gómez G., Burd M., Burkle L. A., Burns J. H., Durka W., Freitas L., Kemp J. E., Li J., Pauw A., Vamosi J. C., Wolowski M., Xia J., Ellis A. G. Widespread vulnerability of flowering plant seed production to pollinator declines // Science Advances. 2021. Vol. 7. Is. 42. P. eabd3524. DOI: 10.1126/sciadv.abd3524.
5. Rahmonqulov U., Avalboyev O. N. O'zbekiston kovraklari (monografiya) // «Fan va texnologiya» nashriyoti, Toshkent. 2016. 240-b.
6. Kavaz D., Faraj R. K. Investigation of composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic characteristics from *Juniperus sabina* and *Ferula communis* extracts // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. P. 7193. DOI: 10.1038/s41598-023-34281-x.
7. Deniz G. Y., Laloglu E., Koc K., Geyikoglu F. Hepatoprotective potential of *Ferula communis* extract for carbon tetrachloride induced hepatotoxicity and oxidative damage in rats // Biotechnic & Histochemistry. 2019. Vol. 94. Is. 5. P. 334–340. DOI: 10.1080/10520295.2019.1566831.
8. Wang Q., Dong H., Liu Z., Chen B., Yu Y., Chen M. Resource stock, age structure, and seed prediction of *Ferula sinkiangensis* K.M. Shen // Bangladesh Journal of Botany. 2024. Vol. 53. Is. 30. P. 765–772. DOI: 10.3329/bjb.v53i30.76676.
9. Khojimatov O. K., Bussmann R. W., Khamraeva D. T. Some aspects of morphobiology, conservation of resource potential, crop cultivation and harvesting of raw materials of promising *Ferula* species // Ethnobotany Research and Applications. 2021. Vol. 22. P. 1–8. DOI: 10.32859/era.22.31.1-8.
10. Флора Узбекистана. Т. 4 / Под ред. А. И. Введенского. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1959. 506 с.
11. Авалбаев О. Н. Биоэкология видов рода *Ferula* Lindl. Западного Памиро-Алая и совершенствование методов их рационального использования: дисс. ... докт. фил. (PhD) по биол. наукам. Самарканд, 2020. 120 с.
12. Жуманиязова Ф. Ф., Мукумов И. У., Шакирова Ш. Ф. Род *Ferula* L. во флоре Джизакской области // Вестник Науки. 2020. Т. 5. № 8. С. 64–75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rod-ferula-l-vo-flore-dzhizakskoy-oblasti> (дата обращения: 24.04.2026).
13. Avalbaev O. N. The Biology of Flowering of Some Pamir-Alai Species of the Genus *ferula* L. // American Journal of Plant Sciences. 2018. Vol. 9. Is. 8. P. 1740–1746. DOI: 10.4236/ajps.2018.98126.
14. Давлетшина А. Г., Радзивиловская М. А. Энтомофауна каврака // Узбекский биологический журнал. 1965. № 1. С. 57–62.
15. Абдуллаев Э. Н., Халимов Ф. З., Хамзаев Р. А., Рахимов М. Р., Усанов У. Н., Алиев Д. Видовой состав энтомофауны коврака (*Ferula kuhistanica*) в Зарафшанском хребте // Вестник Хорезмской академии Мамуна. 2021. № 1. С. 15–21.
16. Khalimov F., Rakhimov M., Khamzaev R., Abdullaev E., Usanov U. Composition and structure of the entomofauna of *Ferula* (*Ferula kuhistanica*) in different sections of the Zarafshan Ridge // Journal of the Entomological Research Society. 2023. Vol. 25. Is. 2. P. 275–286. DOI: 10.51963/jers.2023.86.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.