

Оригинальная статья

УДК 581.4:581.522

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-3-20>

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕСТООБИТАНИЙ И МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ *HERACLEUM MANTEGAZZIANUM* SOMMIER & LEVIER (ARIACEAE, ARIALES) НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

И. В. Далькэ[✉], И. Ф. Чадин, И. Г. Захожий

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН
Россия, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28

Поступила в редакцию 11.02.2025 г., после доработки 11.11.2025 г., принята 12.11.2025 г., опубликована 31.03.2026 г.

Аннотация. В ходе маршрутных наблюдений выявлены местообитания растений *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier на территории Карачаево-Черкесской Республики и Краснодарского края. Анализ климатических данных показал, что в естественном ареале на Западном Кавказе оптимальные условия для роста и развития вида складываются в диапазоне высот от 700 до 1300 м над уровнем моря. Лимитирующими факторами расселения выступают длительность периода с устойчивым снежным покровом и высота снежного покрова, которые определяют возможность стратификации семян и вероятность холодового повреждения зимующих органов растений. В естественных местообитаниях на Кавказе растения встречаются одиночно или группами, насчитывающими до 30 – 50 особей. На трансформированных территориях вид формирует монодоминантные заросли с близким к 100% проективным покрытием. В репродуктивный период растения вступают в возрасте от 2 до 4 полных лет жизни. Высота генеративных особей *H. mantegazzianum* достигает 350 см, масса наиболее крупных растений – от 11 до 20 кг, что сопоставимо с характеристиками особей этого вида во вторичном ареале.

Ключевые слова: *Heracleum mantegazzianum*, морфометрические признаки, фитомасса, календарный возраст, Западный Кавказ, снежный покров, климат

Финансирование. Экспедиционные работы выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-54-18002). Анализ данных и подготовка рукописи статьи были проведены в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (№ госрегистрации 125020301262-2). Работа выполнена с использованием УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)».

Соблюдение этических норм. Исследования проводили без использования животных и без привлечения людей в качестве испытуемых.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Далькэ И. В., Чадин И. Ф., Захожий И. Г. Агроклиматические условия местообитаний и морфометрическая характеристика растений *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Ariaceae, Aiales) на территории Западного Кавказа // Поволжский экологический журнал. 2026. № 1. С. 3 – 20. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-3-20>

[✉] Для корреспонденции. Лаборатория экологической физиологии растений Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

ORCID и e-mail адреса: Далькэ Игорь Владимирович: <https://orcid.org/0000-0001-5711-9916>, dalke@ib.komisc.ru; Чадин Иван Федорович: <https://orcid.org/0000-0001-6299-2285>, chadin@ib.komisc.ru; Захожий Илья Григорьевич: <https://orcid.org/0000-0003-0918-745X>, zakhozhiy@ib.komisc.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Экспансия чужеродных видов является одной из ключевых угроз для биоразнообразия и функционирования природных экосистем. Понимание механизмов, определяющих успех биологического вторжения и распространения инвайдеров, важно для разработки мер по их контролю (Pyšek et al., 2020; Gioria et al., 2023). Особый интерес представляют виды, демонстрирующие высокую инвазионную способность в пределах вторичного ареала, но остающиеся недостаточно изученными в границах естественного распространения.

К таким видам относятся *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier и *Heracleum sosnowskyi* Manden. – представители секции Pubescentia рода *Heracleum*. Это крупнотравные растения сем. Зонтичные, родиной которых является Кавказ (Marchenko, 1953; Pyšek et al., 2007). На основании сходств габитуса, отношения растений к экологическим факторам местообитаний, а также благодаря высокому инвазионному потенциалу эти виды объединяют в комплекс инвазионных (гигантских, высокорослых) борщевиков (Nielsen et al., 2008; Pyšek et al., 2007; Zakhozhiy et al., 2022).

На протяжении последних десятилетий высокорослые борщевики активно расселяются за пределами естественного ареала, вызывая экологические и социально-экономические проблемы (Otte, Franke, 1998; Pyšek et al., 2007; Nielsen et al., 2008; Afonin et al., 2017; Ozerova, Krivosheina, 2018; Dalke et al., 2024). *H. mantegazzianum* и *H. sosnowskyi* получили инвазионный статус «виды-трансформеры». Такие растения активно внедряются в естественные и полустественные сообщества, изменяют облик экосистем, нарушают сукцессионные связи, выступают в качестве эдификаторов и доминантов, образуя значительные по площади монодоминантные сообщества, вытесняют и препятствуют возобновлению видов природной флоры (Pyšek et al., 2007; Senator, Vinogradova, 2023).

Экспансия гигантских борщевиков отмечается на значительной территории Европейского континента: южная граница распространения в России расположена выше 50° с. ш. (Afonin et al., 2017), самые северные находки отмечены на Скандинавском и Кольском полуостровах (Pyšek et al., 2007; Menshakova, 2011; Zakhozhiy et al., 2022). Западная граница инвазионного ареала включает Британские острова (Pyšek et al., 2007; Nielsen et al., 2008), восточная граница захватывает территорию Урала (Abramova et al., 2021).

Несмотря на успехи в изучении распространения и экологии высокорослых борщевиков во вторичном ареале, вопросы взаимодействия этих видов с окружающей средой в пределах нативного ареала раскрыты недостаточно (Aprikyan, 1979; Tarpeiner, Cernusca, 1998; Pergl et al., 2006).

Недавно было установлено, что растения из интродукционных популяций гигантских борщевиков Мурманской области и Республики Коми, ранее относимые к виду *H. sosnowskyi*, идентичны по таксономически значимым признакам и ДНК-маркерам *H. mantegazzianum* из нативной части ареала на Западном Кавказе (Shadrin et al., 2024 a). Это дает основание: 1) называть изучаемые популяции инвазионного гигантского борщевика – *H. mantegazzianum* (борщевик Мантегацци), при-

зная вид *H. sosnowskyi* (борщевик Сосновского) конспецифичным с *H. mantegazzianum* как минимум в пределах исследованной части вторичного ареала; 2) обобщать сведения о структуре и продуктивности популяций гигантских инвазионных борщевиков, пределах толерантности растений по отношению к климатическим ресурсам среды обитания, механизмах поддержания демографической структуры популяция инвайдера в естественном и вторичном ареале (Zakhozhiy et al., 2022; Dalke et al., 2024).

Heracleum mantegazzianum (борщевик Мантегацци) многолетний, летнезеленый, травянистый, стержнекорневой, моноподиально нарастающий монокарпик с полурозеточным прямостоячим побегом. Возобновляется исключительно семенами. Подземная часть растений представлена погруженным каудексом, на верхушке которого закладывается терминальная зимующая почка возобновления. Главный корень ветвится до 3 – 4-го порядков, корни имеют контрактильные свойства. Стебель полый, до 3 и более метров в длину. Прикорневые (розеточные) и стеблевые листья тройчато- или перистосложные (Satsyperova, 1984). Зонтики многочисленные, 5 – 7 шт.; центральный зонтик самый крупный. Плод – сухой дробный колонковидный вислоплодник, распадающийся на два плоских мерикарпия, которые условно называют семенами (Tkachenko, 2020).

В жизненном цикле *H. mantegazzianum* выделяют четыре периода: латентный, виргинильный, генеративный и сенильный. Период покоя у семян длится несколько месяцев и обусловлен недоразвитием зародыша. Доразвитие зародыша происходит при низких положительных температурах (от +2 до +5°C). Для семян характерен надземный тип прорастания, полевая всхожесть составляет 20 – 70%. Прегенеративный период длится от 1 до 5 (и более) лет. После короткого периода всходов, появления корешка и гипокотили, несущего семядоли, формируется первый настоящий лист. Дальнейшее развитие связано с образованием прикорневых листьев, активным ростом надземных и подземных органов. Генеративный период длится один вегетационный сезон (Satsyperova, 1984).

Цель работы – выявление мест обитаний *H. mantegazzianum* в границах Западного Кавказа, количественная оценка морфометрических признаков растений, анализ погоднo-климатических факторов, лимитирующих расселение вида в высотном градиенте и определение пределов толерантности растений по отношению к этим факторам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на территории Западного Кавказа (Карачаево-Черкесская Республика и Краснодарский край) в июле 2022 г. Учеты растений *H. mantegazzianum* выполняли из транспорта при движении по выбранному маршруту вдоль высотного градиента и в ходе пеших маршрутных обследований. Места произрастания *H. mantegazzianum* фиксировали с помощью GPS-навигаторов и фотоснимков, привязанных к географическим координатам.

При публикации данных на портале Глобального информационного фонда по биоразнообразию (Global Biodiversity Information Facility, GBIF, <https://www.gbif.org/ru>)

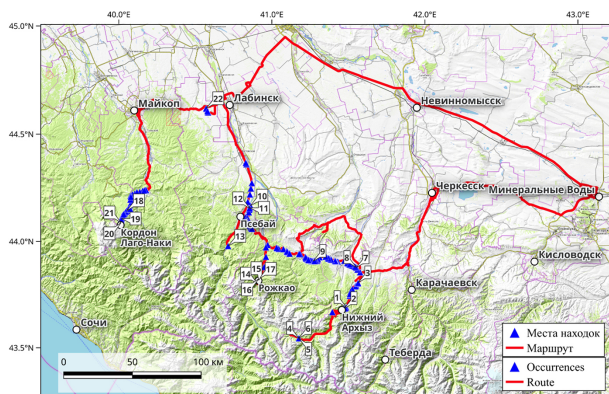


Рис. 1. Район проведения работ на Западном Кавказе, маршрут наблюдений, места обнаружения *Heracleum mantegazzianum*. Выносками с номерами обозначены локалитеты отбора проб почвенных образцов и растений для оценки морфометрических признаков и составления гербарных образцов (июль 2022 г.). Числа на выносках являются полевыми номерами образцов растений

Fig. 1. Western Caucasus study area, including observation routes, *Heracleum mantegazzianum* occurrence locations, and collection sites for soil and plant samples for morphological assessment and herbarium specimen preparation (July 2022). The numbered callouts indicate the localities of collecting samples of soil and plants to evaluate morphological features and compile herbarium specimens (July 2022). The numbers on the callouts are the field numbers of plant samples

ний оценивали по количеству листьев, форме и степени рассеченности листовой пластинки (Satsyperova, 1984).

Растения выкапывали, разделяли на органы, измеряли наибольшую длину подземной части, максимальный диаметр каудекса, длину генеративного побега и его диаметр у основания, длину черешков листьев, подсчитывали количество листьев каждой особи. Взвешивали массу отдельных органов в свежем состоянии. Долю сухого вещества структурных компонентов фитомассы определяли весовым методом, после высушивания образцов до постоянной массы при температуре 80°C.

Площадь листьев определяли по их фотоизображениям. Перед съемкой листья размещали на темной подложке, в кадр помещали масштабную линейку. Обработку изображений проводили в программе ImageJ (Schneider et al., 2012).

Календарный возраст растений определяли по количеству годичных приростов на продольном срезе каудекса (Dalke et al., 2023b).

Для гербаризации растений отбирали небольшой сегмент соцветия и средний лист с генеративного побега, который разрезали и размещали на нескольких гербарных листах. Гербаризированные сборы были депонированы в Научный герба-

использовали данные о 493 местах находок *H. mantegazzianum* (рис. 1), которые располагались на расстоянии не менее 30 м друг от друга (Dalke et al., 2023a).

Для анализа морфометрических признаков и гербаризации были отобраны растения из 11 местообитаний в интервале абсолютных отметок высот 304 – 1654 м над уровнем моря (н.у.м.). Семь обследованных локалитетов относятся к слабо-нарушенным территориям, четыре – к территориям с минимальной антропогенной трансформацией (рис. 2).

Общее количество включенных в выборку генеративных особей *H. mantegazzianum*, отобранных в 11 локалитетах, составило 16 шт., имматурных – 10 шт., виргинильных – 9 шт. Онтогенетические состояния расте-

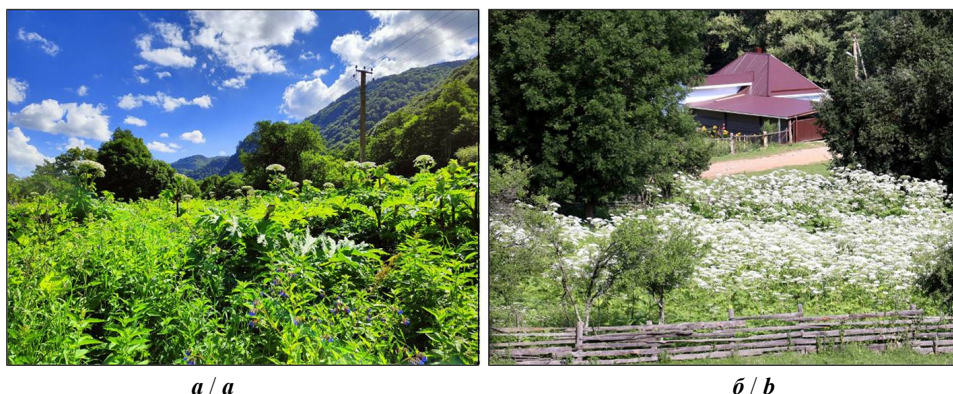


Рис. 2. Типичные места обитания *Heracleum mantegazzianum* на Западном Кавказе: *a* – локальная ценопопуляция на территории с минимальной антропогенной трансформацией; *б* – локальная ценопопуляция на трансформированной территории
Fig. 2. Typical *Heracleum mantegazzianum* habitats in the Western Caucasus: *a* – local cenopopulation in the territory with minimal anthropogenic transformation; *b* – local cenopopulation in the transformed territory

рий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Ссылки на изображения гербарных листов и географические координаты находок опубликованы нами ранее (Shadrin et al., 2024 *b*). Примеры изображений гербарных листов приведены на рис. 3.

Количественный анализ почвенного банка семян *H. mantegazzianum* проводили в локалитетах, для которых были выполнены исследования морфометрических признаков растений. Для сбора и учёта семян (здесь и далее термин «семена» мы условно применяем к мерикарпиям *H. mantegazzianum*) использовали почвенный пробоотборник с внутренним диаметром 10.5 см и высотой 3.5 см, как это было описано нами ранее (Dalke et al., 2025*a*). На расстоянии около 0.5 м от генеративных растений отбирали 2 почвенные пробы, в которых подсчитывали количество пустых семенных оболочек, живых и мертвых семян ($N = 32$ пробы). Пустые семенные оболочки и поврежденные семена были хорошо различимы по цвету и плотности, которую оценивали при надавливании иглой (Dalke et al., 2025*a*).

Для характеристики экологических условий и пригодности изученной территории для произрастания *H. mantegazzianum* использовали климатические параметры и индексы (отношения). Многолетние (1970 – 2019 гг.) метеоданные суточного разрешения для мест находок *H. mantegazzianum* на Кавказе были получены из базы данных GHCN-Daily Национального центра экологической информации США (Menne et al., 2012). Использовали данные для переменной T_{max} (максимальная температура за сутки, °C), T_{min} (минимальная температура за сутки, °C), PRCP (количество осадков, мм), SNWD (высота снежного покрова, см). Для каждого дня дополнительно вычисляли переменную TAVG (средняя температура за сутки, °C).

Теплообеспеченность территории оценивали по сумме среднесуточных температур воздуха $\geq 5^{\circ}\text{C}$ – переменная SAT5. Рассчитывали количество календарных

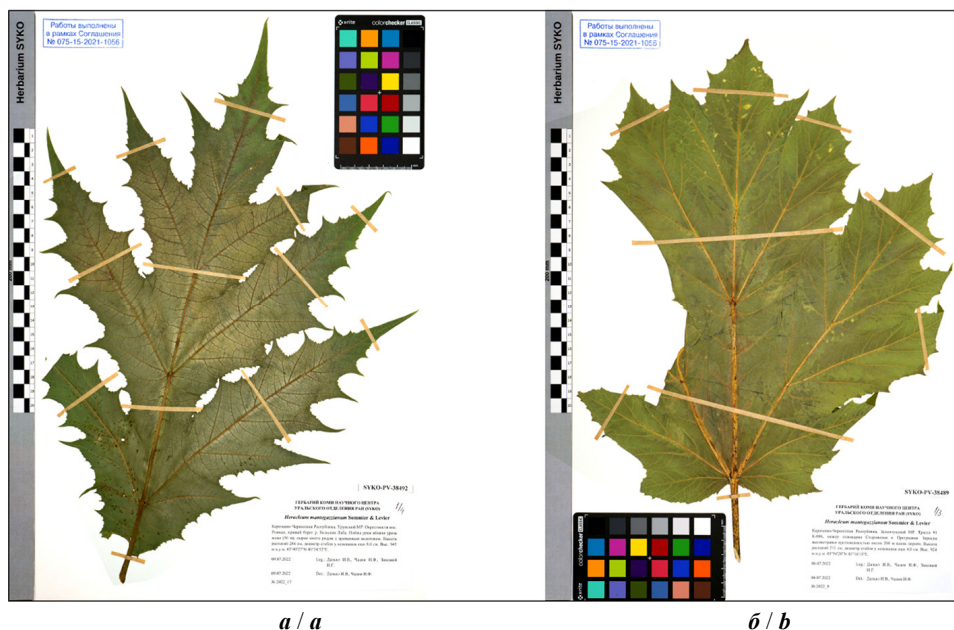


Рис. 3. Изменчивость степени рассечения листа, форма долей сегментов листа и конечного сегмента листа растений *Heracleum mantegazzianum* на Западном Кавказе: *а* – Россия, Карачаево-Черкесская Республика, Урупский МР, Рожжао, окрестности пос. Рожжао, правый берег р. Большая Лаба (пойма реки вблизи уреза воды (50 м), сырое место рядом с временным водотоком; координаты: 43°49'27"N, 40°54'52"E; полевой номер: 17); *б* – Россия, Карачаево-Черкесская Республика, Зеленчукский МР, Зеленчукская, трасса 91 К-006, между станицами Сторожевая и Преградная (заросли высокотравья протяженностью около 200 м вдоль дороги; координаты: 43°54'28"N, 41°16'15"E; полевой номер: 9)

Fig. 3. Variability of the degree of leaf dissection, the shape of the lobes of the leaf segments and the top segment of the leaf of plants *Heracleum mantegazzianum* in the Western Caucasus: *a* – Russian Federation, Karachay-Cherkess Republic, Urupsky district, the village Rozhkao and its vicinity, the right bank of the Bolshaya Laba river (the floodplain of the river near the water's edge (50 m), a damp place next to a temporary watercourse; coordinates: 43°49'27"N, 40°54'52"E; field number: 17); *b* – Russian Federation, Karachay-Cherkess Republic, Zelenchuksky district, v. Zelenchukskaya, highway 91 K-006, between the villages of Storozhevaya and Pregradnaya (tallgrass thickets about 200 m long along the road; coordinates: 43°54'28"N, 41°16'15"E; field number: 9)

дней с $T_{AVG} \geq 5^{\circ}\text{C}$ – переменная $DAYS_SAT5$. Условия перезимовки растений оценивали по медианной высоте снежного покрова за январь – февраль – AVG_SNWD . О суровости зимнего периода судили по значению индекса ID^w , равному отношению суммы отрицательных температур воздуха к количеству осадков в зимний период. Обоснование выбора указанных выше климатических параметров и индексов приведено в работе (Zakhochiy et al., 2022).

Для определения продолжительности периода с условиями пригодными для стратификации семян рассчитывали переменную $DAYS_STRAT$:

$$\text{DAYS_STRAT} = D_1 + D_2,$$

где DAYS_STRAT – количество дней, пригодных для стратификации семян; D_1 – количество дней в году без снежного покрова, но с температурой воздуха от 0 до +5°C; D_2 – количество дней в году с наличием снежного покрова.

Названия и географические координаты метеостанций, набор данных с климатическими индексами опубликованы в репозитории Zenodo (Dalke et al., 2025b). В расчетах не использовали годы, для которых было зафиксировано менее 330 дней наблюдений температуры воздуха. С учетом указанных ограничений были использованы данные с 17 метеостанций со средним числом лет наблюдений 17. Обработку метеоданных автоматизировали с помощью скрипта, написанного на языке программирования Python (Chadin, 2021).

Для оценки центральной тенденции выборок использовали медианные значения и медианное абсолютное отклонение. Расчеты проводили в среде R (R Core Team, 2025), для оценки медианного абсолютного отклонения не использовали фактор масштабирования (1.4826).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Находки *H. mantegazzianum* были приурочены к лугам, поймам рек, сельскохозяйственным угодьям, обочинам дорог. Около 70% находок были локализованы на высотах в диапазоне от 700 до 1300 м н.у.м. (минимум 300, максимум 1718 м н.у.м.). В составе высокотравья растения *H. mantegazzianum* обнаруживались одиночно или группами, насчитывающими до 30 – 50 особей. В некоторых локалитетах с нарушенным растительным и почвенным покровом численность растений *H. mantegazzianum* составляла от сотен до нескольких тысяч особей всех возрастов (см. рис. 2). Плотность генеративных особей в локальных ценопопуляциях варьировала в широких пределах – от 0.04 до 2 шт/м².

Морфометрические характеристики растений *H. mantegazzianum* представлены в таблице. Длина репродуктивного побега (общая длина стебля и центрального зонтика) в период цветения растений варьировала от 157 до 350 см. Высота генеративных особей отрицательно связана с отметками высот мест обитания, на которых были собраны растения (коэффициент корреляции Спирмена $r = -0.72$, $p = 0.0019$). В диапазоне высот 300 – 600 м н.у.м. максимальная высота растений *H. mantegazzianum* составляла 350 см. С увеличением высоты над уровнем моря до 1500 – 1700 м длина репродуктивного побега сокращалась в 1.5 – 2 раза. Статистически значимой связи других оцененных нами морфометрических показателей растений с абсолютными отметками высот местообитаний не было обнаружено, в связи с этим результаты оценки количественных характеристик объединены в общие выборки в соответствии с принадлежностью растений к той или иной онтогенетической группе (см. таблицу).

Генеративные особи формировали 5 – 10 прикорневых и стеблевых листьев, суммарная площадь листовых пластинок варьировала от 40 до 787 дм²/особь. В период цветения растения характеризовались высокой изменчивостью накопления фитомассы: при медианном значении 4.6 кг минимальная величина этого показателя составляла 0.9 кг, максимальная 19.6 кг. Масса надземных органов (в расчете

на свежий растительный материал) существенно превышала массу подземных органов, вклад корней и каудекса составлял 22% от массы генеративной особи. На долю листовых пластинок приходилось 19%, черешков листьев, стебля и соцветий в сумме 59% общей фитомассы. Медианное значение длины корней генеративных особей составляло 65 см, диаметра каудекса – 7 см (см. таблицу). Расположенные на каудексе почки возобновления были погружены в почву на глубину от 5 до 20 см.

Морфометрические характеристики растений *Heracleum mantegazzianum* (Западный Кавказ, июль 2022 г.)

Table. Morphological traits of *Heracleum mantegazzianum* (Western Caucasus, July 2022)

Показатель / Parameter	Имматурная особь / Immature stage (N = 10)	Виргинильная особь / Virginile stage (N = 9)	Генеративная особь / Generative stages (N = 16)
Общая длина каудекса и корней, см / Total length of caudex and roots, cm	15±5	30±10	60±18
Диаметр каудекса (максимальный), см / Caudex diameter (maximum), cm	1.0±0.5	2.0±0.5	8.0±1.0
Длина репродуктивного побега, см / Reproductive shoot length, cm	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	234±36
Диаметр репродуктивного побега у основания, см / Basal stem diameter, cm	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	5±1
Длина листа (максимальная), см / Leaf length (maximum), cm	60±12	87±13	125±15
Площадь листьев, дм ² /особь / Leaf area, dm ² /ind.	1.6±1.3	10.5±5.9	198±85
Количество листьев, шт. / Number of leaves, pcs./ind.	1±0	2±0	7±2
Удельная поверхностная плотность листьев (УППЛ), г сух. массы/дм ² / Specific density of leaves, g DW/ dm ²	0.24±0.04	0.37±0.07	0.60±0.12
Общая фитомасса, г сыр. массы/особь / Total phytomass, g FW/ind.	21±13	156±65	4600±2150

Примечание. Представлены медианные значения ± медианное абсолютное отклонение.
Note. Values are presented as median ± median absolute deviation.

Масса имматурных особей *H. mantegazzianum* варьировала в диапазоне 3 – 122 г, виргинильных – 42 – 800 г. На долю надземных органов растений приходилось около 80% общей фитомассы. Площадь листовых пластинок имматурных растений составляла 0.1 – 8 дм²/особь, виргинильных – 2 – 50 дм²/особь. Удельная поверхностная плотность листьев имматурных и виргинильных растений была в 1.7 и 2.5 раза ниже, чем для листьев генеративных особей.

Календарный возраст генеративных растений *H. mantegazzianum* варьировал от 2 до 4 полных лет жизни. Имматурные особи были представлены растениями в возрасте 1 полного года жизни, возраст виргинильных особей составлял от 2 до 4 полных лет.

Исследование почвенного банка семян показало, что в летний период численность живых семян находилась на относительно низком уровне. В 32 почвенных пробах, отобранных возле генеративных растений, из 11 локалитетов живые семена

(2 шт.) были обнаружены только в одной пробе. В трех пробах было найдено по одному нежизнеспособному семени. В 13 почвенных пробах присутствовали пустые семенные оболочки в количестве от 3 до 26 шт.

Анализ метеорологических данных (1970 – 2019 гг.) позволил оценить температурный режим вегетационного периода и условия перезимовки растений *H. mantegazzianum* на Западном Кавказе. На равнинных и предгорных ландшафтах среднесуточная температура воздуха $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (DAYS_SAT5) наблюдалась на протяжении 274 дней в году (медианное значение) (рис. 4, а), а поступление тепла согласно показателю SAT5 достигало 4680°C (медианное значение). В горах на высоте около 1600 м н.у.м. показатель DAYS_SAT5 снижался до 213 дней, а теплообеспеченность территорий суммой температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$ сокращалась в 1.5 раза (3072°C).

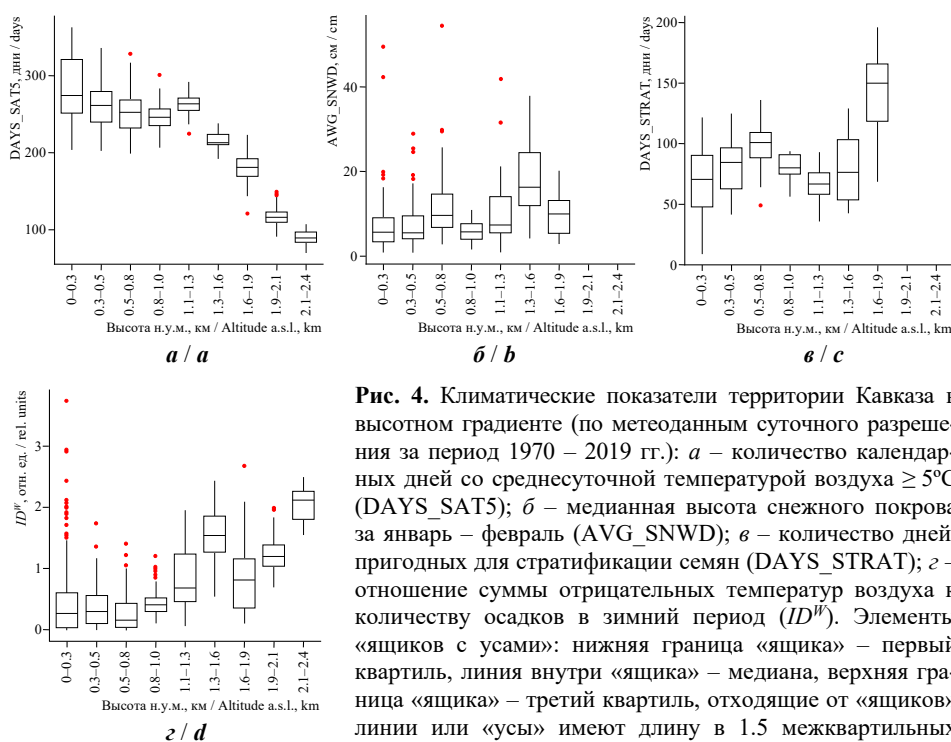


Рис. 4. Климатические показатели территории Кавказа в высотном градиенте (по метеоданным суточного разрешения за период 1970 – 2019 гг.): а – количество календарных дней со среднесуточной температурой воздуха $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (DAYS_SAT5); б – медианная высота снежного покрова за январь – февраль (AVG_SNWD); в – количество дней, пригодных для стратификации семян (DAYS_STRAT); г – отношение суммы отрицательных температур воздуха к количеству осадков в зимний период (ID^w). Элементы «ящичков с усами»: нижняя граница «ящика» – первый квартиль, линия внутри «ящика» – медиана, верхняя граница «ящика» – третий квартиль, отходящие от «ящичков» линии или «усы» имеют длину в 1.5 межквартильных размаха каждый, ● – выбросы

Fig. 4. Climatic indicators of the Caucasus region along an altitudinal gradient (based on daily resolution meteorological data for the period of 1970–2019): а – the number of calendar days with an average daily air temperature $\geq 5^{\circ}\text{C}$ (DAYS_SAT5); б – the median height of snow cover for January–February (AVG_SNWD); в – the number of days suitable for seed stratification (DAYS_STRAT); г – the ratio of the sum of negative air temperatures to the amount of precipitation in winter (ID^w). The elements of the box-and-whiskers plot: the bottom of the box is the first quartile, the line inside the box is the median, the top the box is the third quartile, whiskers extending to 1.5 * interquartile range from the box, and ● individual outlier points (beyond the whiskers)

В самые холодные месяцы (январь – февраль) на высотах 300 – 1700 м, где находки *H. mantegazzianum* были наиболее частыми, медианные значения высоты снежного покрова (AVG_SNWD) составляли от 1 до 50 см (см. рис. 4, б). В этот период года средненежная температура воздуха имела размах от -22 до +2°C. Минимальная температура опускалась до -36°C (Dalke et al., 2025b).

Количество дней, пригодных для стратификации семян (DAYS_STRAT), составляло 89 ± 16 дней (медиана $\pm$ медианное абсолютное отклонение) (см. рис. 4, в). Минимальные значения DAYS_STRAT (9 дней) отмечены на высотах ниже 100 м н.у.м., с увеличением высоты местности до 2070 м н.у.м. величина DAYS_STRAT достигала 196 дней.

С повышением высоты над уровнем моря суровость зимнего периода, оценённая по значению индекса ID^W , возрастала (см. рис. 4, г). Максимальные значения $ID^W \geq 2$, наблюдаемые в отдельные годы, свидетельствуют о возможности возникновения погодных условий, ухудшающих условия перезимовки растений *H. mantegazzianum*.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ключом к пониманию причин успешного вторжения чужеродных видов на новые территории является изучение демографической структуры популяций, морфометрических признаков, физиологических и экологических свойств вида, сформировавшихся в границах естественного ареала (Pyšek et al., 2020; Gioria et al., 2023). Описанию гигантских инвазионных борщевиков в естественной части ареала посвящено ограниченное число работ, даже с учетом возможности объединения наблюдений за *H. mantegazzianum* и *H. sosnowskyi* (Shadrin et al., 2024a).

В научной литературе и в базе данных Глобального информационного фонда по биоразнообразию (GBIF) информация о находках *H. mantegazzianum* в границах вторичного ареала на порядок превышает данные о распространении этого вида в нативном ареале. По состоянию на январь 2025 г. для всей территории Кавказа в GBIF представлено 737 географически привязанных записей о находках *H. mantegazzianum* (*H. sosnowskyi*), 493 из которых опубликованы нами в ходе сбора материала в рамках данного исследования (Dalke et al., 2023a).

Общей закономерностью изменения погодно-климатических условий в границах Большого Кавказа является уменьшение температуры воздуха с высотой и увеличение теплообеспеченности территории с запада на восток на одних и тех же высотах (Prirodnye usloviya..., 1966; Efremov et al., 2007). Высокая степень расчлененности рельефа Кавказа не позволяет однозначно связывать климатические условия мест произрастания растений с их абсолютной высотой. В зависимости от экспозиции, крутизны склонов, наличия котловин или локальных понижений в рельефе микроклимат участков поверхности, расположенных на одной высоте, может существенно различаться (Prirodnye usloviya..., 1966; Efremov et al., 2007). Тем не менее, высоту местообитания растений над уровнем моря можно использовать как базовый предиктор климатических условий, к которым адаптирован изучаемый вид растений.

Данные о распространении *H. mantegazzianum* в высотном градиенте от Предкавказской равнины (200 – 300 м н.у.м.) до высот 1800 м н.у.м. в долинах рек Ар-

хыз, Большой Зеленчук, Большая Лаба, Малая Лаба, окрестностях плато Лаго-Наки позволил нам выявить диапазон высот Западного Кавказа, с максимальной частотой встречаемости *H. mantegazzianum*: от 700 до 1300 м н.у.м.

Практически весь Кавказский регион (вплоть до высот 3000 м н.у.м.) характеризуется достаточной для роста и развития *H. mantegazzianum* теплообеспеченностью территории. Растения этого вида способны к ассимиляции углекислого газа и активному росту уже при температуре воздуха +5°C (Otte, Franke, 1998; Dalke et al., 2024). На верхней высотной границе распространения *H. mantegazzianum* годовой показатель SAT5 был почти в три раза выше биологического минимума SAT5, выявленного нами для популяций *H. mantegazzianum* на северной границе вторичного ареала (Zakhzhiziy et al., 2022).

Обеспеченность влагой также не является фактором, ограничивающим распространение изучаемого вида в границах Кавказа. Гидротермический коэффициент превышает критическое для растений *H. mantegazzianum* значение 1.25 (Afonin et al., 2017) на большей части территории Большого и Малого Кавказа (Afonin et al., 2008).

Семена *H. mantegazzianum* характеризуются глубоким морфофизиологическим покоем. Для выхода из состояния покоя требуется длительная стратификация, во время которой происходит доразвитие зародыша, протекающее только во влажной среде при температурах от 0 до +5°C (Satsyperova, 1984). Стратификация длится не менее 60 дней, а у отдельных семян может продолжаться до 180 дней (Dalke et al., 2025a). Обычно оптимальные условия для холодовой стратификации семян складываются при наличии устойчивого снежного покрова.

Проведенный нами расчет количества дней (DAYS_STRAT), в течение которых может происходить холодовая стратификация семян *H. mantegazzianum*, показал, что именно на высотах, где вероятность встречи этого растения наиболее высока, количество таких дней (по проанализированным метеоданным) устойчиво превышает указанный порог 60 дней (см. рис. 4, в). Следует учитывать, что в отрицательных формах рельефа снег задерживается значительно дольше, чем на склонах и гребнях. По наблюдениям исследователей флоры Кавказа, высокотравные сообщества образуются по днищам ложин, где снежный покров задерживается на 1-2 месяца дольше (Zernov, 2006; Gulov et al., 2022).

К настоящему времени отсутствует единое мнение о характерном для *H. mantegazzianum* (*H. sosnowskyi*) типе почвенного банка семян (Tkachenko, 2020; Moravcová et al., 2022). Ряд авторов (Gudžinskas, Žalneravičius, 2018; Dalke et al., 2025a) приводят сведения о быстром прорастании подавляющей части семян урожая текущего года уже весной следующего года, на основании чего семенной банк *H. mantegazzianum* рассматривают как временный. В некоторых случаях наблюдается сохранение небольшой части семян в почве до трех (1.2% семян) и даже семи лет (0.1% семян) (Moravcová et al., 2022), т. е. семенной банк рассматривается как краткосрочно-постоянный.

Оценка почвенного банка семян, проведенная нами в ходе выполнения данного исследования, показала, что обнаружение живых мерикарпиев *H. mantegazzianum* в летний период является редким событием. Вместе с тем наличие в пробах

почв пустых семенных оболочек (40% проб) и нежизнеспособных семян (9% проб) косвенно свидетельствует о быстром расхождении семян урожая предыдущего года.

С нашей точки зрения именно совокупность экологических условий района проведения исследований, в том числе температурный режим зимнего периода и наличие устойчивого снежного покрова, определяет отсутствие у *H. mantegazzianum* долговременного почвенного семенного банка.

На северной границе инвазионного ареала *H. mantegazzianum* климатическими факторами, лимитирующими распространение вида, являются условия зимнего периода (Zakhochiy et al., 2022). Зимующие органы *H. mantegazzianum* обладают низкой морозостойкостью и полностью погибают при понижении температуры почвы на глубине залегания почек возобновления ниже -5°C (Chadin et al., 2019; Dalke et al., 2020).

Для оценки возможности повреждения подземных органов *H. mantegazzianum* вследствие промерзания почв можно использовать индекс суровости зимы ID^W , связывающий температуру воздуха и высоту снежного покрова. Согласно величинам ID^W условия перезимовки *H. mantegazzianum* можно отнести к достаточно благоприятным: даже для мест обитания растений на высоте 1700 м в горной части Кавказа значение этого индекса не превышает 2, в то время как в наиболее суровых зимних условиях на северной границе инвазионного ареала величина ID^W колеблется в диапазоне от 3 до 6 (Zakhochiy et al., 2022).

Важно отметить, что в предгорной и равнинной части Кавказа за счет небольшой высоты и неустойчивости снежного покрова в сочетании с понижениями температур до -30°C периодически складываются менее благоприятные условия для перезимовки подземных органов *H. mantegazzianum*.

Одним из интегральных показателей пригодности экологических факторов территории для роста и развития растений выступают параметры продукционного процесса. Во вторичном ареале на территории России близкие к оптимальным по тепловому режиму и влагообеспеченности условия для *H. mantegazzianum* складываются в таёжной зоне (Afonin et al., 2017). По целому ряду показателей среды район проведения исследований на Кавказе имеет большое сходство с климатическими условиями таёжной зоны Европейского Северо-Востока. В этих географически удаленных районах растения *H. mantegazzianum* характеризуются высокой продуктивностью, вероятно близкой к потенциально возможной. Как следует из полученных нами данных, масса генеративных особей и площадь формируемой ими ассимиляционной поверхности оказываются близки к показателям, приведенным в литературе для растений самоподдерживающихся популяций на территории Республики Коми (Dalke et al., 2024).

Большая площадь ассимиляционной поверхности (до $5 \text{ м}^2/\text{особь}$) и особенности размещения листового аппарата в пространстве способствуют эффективному перехвату световых ресурсов, поддерживают высокую фотосинтетическую продуктивность генеративных особей, одновременно затеняя низкорослые растения (Tarpeiner, Cernusca, 1998; Ryšek et al., 2007; Dudova et al., 2019; Dalke et al., 2024). Адаптируясь к снижению светового довольствия внутри травостоя, прегенератив-

ные растения *H. mantegazzianum* формируют более тонкие листовые пластинки, накапливая в два раза меньше сухого вещества на единицу площади ассимилирующей поверхности.

Конкуренция за световой ресурс среды является важным фактором, ограничивающим распространение высокорослых борщевиков. В составе высокотравной растительности Кавказа представители рода *Heracleum* часто произрастают совместно с другими крупнотравными видами (*Angelica tatianae* Bordz., *Milium effusum* L., *Macrosciadium alatum* (M. Bieb.) V. N. Tikhom. & Lavrova, *Cephalaria gigantea* (Ledeb.) Bobrov, *Rumex alpinus* L.), что приводит к формированию полидоминантной структуры субальпийских лугов (Dudova et al., 2019; Gulov et al., 2022). Расселению и прорастанию семян борщевиков может препятствовать слой накопленной ветоши других растений (Akatonov, Akatova, 2017; Gulov et al., 2022). В таких условиях проективное покрытие высокорослых борщевиков в высокотравных сообществах, как правило, невысокое – в диапазоне от 5 до 25% (Pyšek et al., 2007).

Вместе с тем, антропогенная трансформация ландшафтов создает благоприятные условия для массового расселения *H. mantegazzianum*. Доминирование высокорослых борщевиков описано в субальпийских травяных сообществах, где эти растения выращивали для силосования (Tappeiner, Cernusca, 1998). По нашим наблюдениям, в условиях Западного Кавказа на заброшенных приусадебных участках, залежах, окраинах сельскохозяйственных угодий, по обочинам дорог проективное покрытие растений *H. mantegazzianum* достигает 80 – 100% (см. рис. 2).

Трансформация территории человеком приводит к снижению конкуренции на начальных этапах ее зарастания. Растения *H. mantegazzianum* способны захватывать такие участки и доминировать на них благодаря высокой семенной продуктивности, раннему отрастанию, большим размерам, эффективному использованию солнечного света и элементов минерального питания, как на уровне отдельных особей, так и на уровне всей ценопопуляции (Otte, Franke, 1998; Pyšek et al., 2007; Ozerova, Krivosheina, 2018; Dalke et al., 2024). В формируемых видом монодоминантных сообществах отдельные особи *H. mantegazzianum* вынуждены в первую очередь конкурировать не с растениями других видов, а с особями *H. mantegazzianum*, находящимися в разных онтогенетических состояниях (Dalke et al., 2024, 2025a).

По нашим оценкам, на Кавказе 44% генеративных особей *H. mantegazzianum* приступали к репродукции на третий год жизни (два полных года жизни), 37% – на четвертый год (три полных года жизни), а 19% плодоносили на пятый год (четыре полных года жизни). Во вторичном ареале нередко наблюдается увеличение максимального календарного возраста генеративных растений. Согласно И. В. Далькэ с соавторами (Dalke et al., 2023b) в ценопопуляциях *H. mantegazzianum* на территории Республики Коми только 12% генеративных особей находились в возрасте двух полных лет, 23% особей переходили к цветению в возрасте трех полных лет, а 54% – в возрасте от четырех до шести лет. Сходные данные были получены ранее в ходе интродукционных исследований высокорослых борщевиков (Bolotova, 1974).

Изменение сроков вступления растений *H. mantegazzianum* в репродуктивный этап (переход к цветению в разном календарном возрасте) является одним из спо-

собов поддержания непрерывного потока поколений, обеспечивающих снижение риска гибели популяции в случае наступления неблагоприятных условий (Bolotova, 1974; Dalke et al., 2024).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований свидетельствуют, что около двух третей находок мест обитаний *H. mantegazzianum* на Западном Кавказе были локализованы на высотах 700 – 1300 м н.у.м. В пределах этих высот наблюдаются наиболее благоприятные условия для стратификации семян, роста, развития и перезимовки растений.

К факторам, определяющим границы естественного ареала *H. mantegazzianum* на Западном Кавказе, следует отнести погодно-климатические условия зимнего сезона. Места произрастания этого вида тесно связаны с особенностями снегонакопления и температурного режима территории в зимние месяцы. Снежный покров создает оптимальные условия, как для перезимовки подземных органов растений *H. mantegazzianum*, так и для внутрисеменного доразвития зародыша семян.

В условиях высокой конкуренции в полидоминантных высокотравных сообществах с развитым травостоем вклад *H. mantegazzianum* в общее проективное покрытие составляет не более 5 – 25%. На территориях с нарушенным почвенно-растительным покровом вид способен формировать монодоминантные заросли со 100% проективным покрытием. Растения *H. mantegazzianum* характеризуются высокими показателями продуктивности, которые оказываются близки к показателям накопления фитомассы растениями этого вида во вторичном ареале.

Репродуктивный период растений *H. mantegazzianum* на Западном Кавказе наступает в возрасте от 2 до 4 полных лет жизни. Переход к репродукции в разном календарном возрасте способствует повышению устойчивости популяции *H. mantegazzianum* при наступлении неблагоприятных условий для роста и развития или стравливания надземной части растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Abramova L. M., Golovanov Y. M., Rogozhnikova D. R. Sosnowsky's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden., Apiaceae) in Bashkortostan. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2021, vol. 12, iss. 2, pp. 127–135. <https://doi.org/10.1134/S2075111721020028>

Afonin A. N., Luneva N. N., Li Y. S., Kotsareva N. V. Ecological-geographical analysis of distribution pattern and occurrence of cow-parsnip (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) with respect to area aridity and its mapping in European Russia. *Russian Journal of Ecology*, 2017, vol. 48, iss. 1, pp. 86–89. <https://doi.org/10.1134/S1067413617010039>

Afonin A. N., Greene S. L., Dzyubenko N. I., Frolov A. N., eds. *Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds* [Online]. 2008. Available at: <https://agroAtlas.ru> (accessed January 20, 2025).

Akatov V. V., Akatova T. V. Post-grazing recovery of subalpine meadows on Lagonaki upland (the West Caucasus). *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*, 2017, vol. 122, iss. 2, pp. 42–54 (in Russian).

Aprikyan S. V. Study of species of the genus Hogweed (*Heracleum* L.) in the natural flora of the Armenian SSR. *Bulletin of the Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Armenian SSR*, 1979, no. 25, pp. 134–140 (in Russian).

Bolotova E. S. Life expectancy of Sosnovsky cow parsnip under culture conditions in the central zone of the Komi ASSR. In: *Biological Research in the North-East of the European Part of the USSR (Yearbook)*. Syktyvkar, Komi Institute of Biology, Branch of the USSR Academy of Sciences Publ., 1974, pp. 54–59 (in Russian).

Chadin I. F., Dalke I. V., Malyshev R. V. Evaluation of *Heracleum sosnowskyi* frost resistance after snow cover removal in early spring. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2019, vol. 10, iss. 1, pp. 83–91. <https://doi.org/10.1134/S2075111719010041>

Chadin I. Global historical climatology network-daily database data file converter. *Zenodo*, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4518811>

Dalke I. V., Chadin I. F., Malyshev R. V., Zakhochiy I. G., Tishin D. V., Kharevsky A. A., Solod E. G., Shaikina M. N., Popova M. Y., Polyudchenkov I. P., Tagunova I. I., Lyazev P. A., Belyaeva A. V. Laboratory and field assessment of the frost resistance of Sosnowsky's Hogweed. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2020, vol. 11, iss. 1, pp. 9–20. <https://doi.org/10.1134/S2075111720010026>

Dalke I., Zakhochiy I., Chadin I. *Heracleum mantegazzianum* occurrences recorded during short expedition in Karachay-Cherkess Republic (Russia) in 2022. Version 1.1. Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. *Occurrence Dataset*, 2023a. <https://doi.org/10.15468/g7mzru>

Dalke I. V., Maslova S. P., Plyusnina S. N., Zraychenko E. S., Bobrov Yu. A. A new method for determining the calendar age of plants of *Heracleum sosnowskyi* and evaluation based on the age composition in cenopopulations of the species in the north. *Russian Journal of Ecology*, 2023b, vol. 54, iss. 3, pp. 221–228. <https://doi.org/10.1134/S1067413623030013>

Dalke I. V., Maslova S. P., Zakhochiy I. G., Golke G. A., Smotrina Yu. A. Structure of cenopopulations of *Heracleum sosnowskyi* and mechanisms for maintaining their stability under the north conditions. *Russian Journal of Ecology*, 2024, vol. 55, iss. 2, pp. 79–88. <https://doi.org/10.1134/S1067413624020024>

Dalke I. V., Malyshev R. V., Zakhochiy I. G., Chadin I. F. Bet-hedging strategies in *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) populations of the European Northeast Russia. *Biology Bulletin Reviews*, 2025a, vol. 15, iss. 5, pp. 662–672. <https://doi.org/10.1134/S2079086425700136>

Dalke I., Chadin I., Zakhochiy I. Supplementary materials for the manuscript “The agroclimatic conditions of habitats and the morphostructural characteristics of *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) plants on the territory of Western Caucasus”. *Zenodo*, 2025b. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14789474>

Dudova K. V., Dzhatdoeva T. M., Dudov S. V., Akhmetzhanova A. A., Tekeev D. K., Onipchenko V. G. Competitive strategy of the subalpine tallgrass species of Northwest Caucasus. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 2019, vol. 74, no. 3, pp. 179–187 (in Russian).

Efremov Yu. V., Panov V. D., Lurye P. M., Ilyichev Yu. G., Panova S. V., Lutkov D. A. Orography, Glaciation, Climate of the Great Caucasus: Parience of the Complex Characteristic and Interrelat. Krasnodar, Kuban State University Publ., 2007. 338 p. (in Russian).

Gioria M., Hulme P. E., Richardson D. M., Pyšek P. Why are invasive plants successful? *Annual Review of Plant Biology*, 2023, vol. 74, pp. 635–670. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-070522-071021>

Gudžinskas Z., Žalneravičius E. Seedling dynamics and population structure of invasive *Heracleum sosnowskyi* (Apiaceae) in Lithuania. *Annales Botanici Fennici*, 2018, vol. 55, iss. 4/6, pp. 309–320. <https://www.jstor.org/stable/26849000>

Gulov D. M., Onipchenko V. G., Martynenko V. B., Fedorov N. I., Logvinenko O. A., Uzdеноv U. B., Khubieva O. P. Composition of aboveground phytomass of subalpine tallgrass in

Teberdinsky National Park. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*, 2022, vol. 127, iss. 5, pp. 46–53 (in Russian).

Marchenko A. A. *Biological Features and Feed Advantages of Sosnovsky Hogweed (Heracleum sosnowskyi Manden.)*: Diss. Cand. Sci. (Biol.). Leningrad, 1953. 255 p. (in Russian).

Menne M. J., Durre I., Vose R. S., Gleason B. E., Houston T. G. An overview of the Global Historical Climatology Network-Daily Database. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2012, vol. 29, iss. 7, pp. 897–910. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00103.1>

Menshakova M. Yu. Species of the Black Book of flora of Average Russia on the territory of Murmansk. *Natural Sciences*, 2011, no. 3, pp. 50–55 (in Russian).

Moravcová L., Carta A., Pyšek P., Skálová H., Gioria M. Long-term seed burial reveals differences in the seed-banking strategies of naturalized and invasive alien herbs. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, article no. 8859. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12884-0>

Nielsen C., Hartvig P., Kollmann J. Predicting the distribution of the invasive alien *Heracleum mantegazzianum* at two different spatial scales. *Diversity Distribution*, 2008, vol. 14, iss. 2, pp. 307–317. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00456.x>

Otte A., Franke R. The ecology of the Caucasian herbaceous perennial *Heracleum mantegazzianum* Somm. et Lev. (Giant Hogweed) in cultural ecosystems of Central Europe. *Phytocoenologia*, 1998, vol. 28, iss. 2, pp. 205–232. <https://doi.org/10.1127/phyto/28/1998/205>

Ozerova N. A., Krivosheina M. G. Patterns of secondary range formation for *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* on the territory of Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2018, vol. 9, iss. 2, pp. 155–162. <https://doi.org/10.1134/S2075111718020091>

Pergl J., Perglova I., Pyšek P., Dietz H. Population age structure and reproductive behaviour of the monocarpic perennial *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) in its native and invaded distribution ranges. *American Journal of Botany*, 2006, vol. 93, iss. 7, pp. 1018–1028. <https://doi.org/10.3732/ajb.93.7.1018>

Prirodnye usloviya i estestvennye resursy SSSR. Kavkaz. Red. I. P. Gerasimov, N. V. Dumitrashko [Gerasimov I. P., Dumitrashko N. V., eds. Natural Conditions and Natural Resources of the USSR. The Caucasus]. Moscow, Nauka, 1966. 482 p. (in Russian).

Pyšek P., Cock M. J. W., Nentwig W., Ravn H. P., eds. *Ecology and Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. Cambridge, CABI International, 2007. 324 p.

Pyšek P., Bacher S., Kühn I., Novoa A., Catford J. A., Hulme P. E., Pergl J., Richardson D. M., Wilson J. R. U., Blackburn T. M. Macroecological Framework for Invasive Aliens (MAFIA): Disentangling large-scale context dependence in biological invasions. *NeoBiota*, 2020, vol. 62, pp. 407–461. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.52787>

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing, 2025. Available at: <https://www.R-project.org> (accessed November 1, 2025).

Satsyperova I. F. *Borshcheviki flory SSSR – novye kormovye rasteniya* [Hogweeds of the USSR Flora: New Fodder Plants]. Leningrad, Nauka, 1984. 233 p. (in Russian).

Schneider C., Rasband W., Eliceiri K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 2012, vol. 9, iss. 7, pp. 671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>

Senator S. A., Vinogradova Y. K. Invasive plants of Russia: Results of inventory, peculiarities of distribution, and management issues. *Biology Bulletin Reviews*, 2023, vol. 13, iss. 6, pp. 681–690. <https://doi.org/10.1134/S2079086423060130>

Shadrin D. M., Dalke I. V., Zakhochiy I. G., Shilnikov D. S., Kozhin M. N., Chadin I. F. DNA barcode marker analysis of *Heracleum sosnowskyi* Manden. and *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) from European Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2024a, vol. 15, iss. 3, pp. 416–431. <https://doi.org/10.1134/S2075111724700309>

Shadrin D., Dalke I., Zakhozhiy I., Shilnikov D., Kozhin M., Chadin I. Supplementary materials for the manuscript “*Heracleum sosnowskyi* or *Heracleum mantegazzianum*? DNA-based identification of invasive hogweeds (Apiaceae) in two key regions of the species’ invasion history in the former USSR”. *Zenodo*, 2024b. Available at: <https://DOI.org/10.5281/zenodo.10439140>

Tappeiner U., Cernusca A. Model simulation of spatial distribution of photosynthesis in structurally differing plant communities in the Central Caucasus. *Ecological Modelling*, 1998, vol. 113, iss. 1, pp. 201–223. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(98\)00144-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(98)00144-6)

Tkachenko K. G. Heteromericarpy of *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Umbelliferae = Apiaceae). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, vol. 181, no. 4, pp. 156–163 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-156-163>

Zakhozhiy I. G., Dalke I. V., Chadin I. F., Kanev V. A. Ecogeographical analysis of the *Heracleum persicum*, *H. mantegazzianum*, and *H. sosnowskyi* distribution at the northern limit of their secondary ranges in Europe. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2022, vol. 13, iss 2, pp. 203–214. <https://doi.org/10.1134/S2075111722020138>

Zernov A. S. *Flora of the North-Western Caucasus*. Moscow, KMK Scientific Press, 2006. 664 p. (in Russian).

Agroclimatic conditions of habitats and morphometric characteristics of *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae, Apiales) in the Western Caucasus

I. V. Dalke , I. F. Chadin, I. G. Zakhzhizhiy

*Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
28 Kommunisticheskaya St., Syktyvkar 167982, Russia*

Received: February 11, 2025 / revised: November 11, 2025 / accepted: November 12, 2025 / published: March 31, 2026

Abstract: During our route surveys, few habitats of *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier were identified in the Karachay-Cherkess Republic and Krasnodarsky region. Analysis of climatic data have shown that within its native range in the Western Caucasus, the optimal conditions for the growth and development of this species occur at elevations ranging from 700 m to 1300 m asl. The limiting factors for its dispersal are the duration of the period with stable snow cover and snow depth, which determine the possibility of seed stratification and the risk of cold damage to overwintering plant organs. In its natural habitats in the Caucasus, such plants occur singly or in groups of up to 30–50 individuals. In disturbed habitats, the species forms monodominant stands with foliage projective cover close to 100%. Plants enter the reproductive phase at the age of 2 to 4 full years. The height of generative *H. mantegazzianum* individuals reaches 3.5 m, and the mass of the largest plants ranges from 11 to 20 kg, which is comparable to the characteristics of individuals of this species in its invasive range. Voucher specimens of *H. mantegazzianum* collected in the Western Caucasus are deposited at the SYKO scientific herbarium (<https://ib.komisc.ru/add/herbarium>).

Keywords: *Heracleum mantegazzianum*, morphological traits, phytomass, calendar age, Western Caucasus, climate, snow depth

Funding: The expedition was carried out with financial support from the Russian Foundation for Basic Research (project No. 20-54-18002). Data analysis and preparation of the manuscript were carried out as part of the state assignment of the Institute of Biology and Fundamental Issues of the Komi Science Centre of the Urals Branch of the Russian Academy of Sciences (No. 125020301262-2). The work was performed using the facilities of the “Scientific Herbarium of the Institute of Biology at the Komi Science Centre of the Urals Branch of the Russian Academy of Science (SYKO)”.

Ethics approval and consent to participate: This work does not contain any studies involving human and animal subjects.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Dalke I. V., Chadin I. F., Zakhzhizhiy I. G. Agroclimatic conditions of habitats and morphometric characteristics of *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae, Apiales) in the Western Caucasus. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2026, no. 1, pp. 3–20 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-3-20>

 **Corresponding author:** Laboratory of Ecological Plant Physiology, Institute of Biology of Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Igor V. Dalke: <https://orcid.org/0000-0001-5711-9916>, dalke@ib.komisc.ru; Ivan F. Chadin: <https://orcid.org/0000-0001-6299-2285>, chadin@ib.komisc.ru; Ilya G. Zakhzhizhiy: <https://orcid.org/0000-0003-0918-745X>, zakhzhizhiy@ib.komisc.ru.