

УДК 581.524.2

doi: 10.21685/2307-9150-2026-3-1

Рост и накопление фитомассы инвазионного вида *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier при формировании моновидового фитоценоза

И. В. Далькэ¹, Р. В. Малышев², Ю. А. Смотрина³

^{1,2}Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

³Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
Сыктывкар, Россия

¹dalke@ib.komisc.ru, ²malrus@ib.komisc.ru, ³smotrina-juliya@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Растения *Heracleum mantegazzianum* формируют высокопродуктивные и устойчивые ценопопуляции за пределами естественного ареала. Цель работы – оценка роста и накопления фитомассы *H. mantegazzianum* в трехлетнем моновидовом фитоценозе. *Материалы и методы.* Семена *H. mantegazzianum* высевали на участке свободном от других видов растений в среднетаежной подзоне Республики Коми. В течение 2023–2025 гг. наблюдали за ростом и развитием *H. mantegazzianum*, определяли фитомассу органов, индекс листовой поверхности, удельную поверхностную плотность листьев, относительную скорость роста (RGR), скорость чистой ассимиляции углерода (NAR), отношение площади листьев к массе растений (LAR). *Результаты.* После завершения зимней стратификации семян борщевика в течение двух лет оставались на виргинильном этапе развития. На третий год отдельные особи перешли к репродукции. В период вегетативного роста NAR составляла 7–12 г сухой массы/м² день, в репродуктивный период – 3 г сухой массы/м² день. За три года формирования фитоценоза показатель LAR растений снизился с 0,013 до 0,002 м²/г сухой массы. Несмотря на низкие значения RGR, до 31 мг/г сухой массы в день, *H. mantegazzianum* накапливали значительную биомассу благодаря расположению листьев в верхнем слое растительности и продолжительной вегетации. *Выводы.* В процессе формирования моновидового фитоценоза *H. mantegazzianum* наибольшим накоплением фитомассы отличались единичные особи. Изменение компонентов RGR (LAR и NAR) и ремобилизация накопленной биомассы обеспечивали рост и физиологическую целостность инвазионных растений в условиях высокой внутривидовой конкуренции.

Ключевые слова: *Heracleum mantegazzianum*, инвазия, моновидовой фитоценоз, внутривидовая конкуренция, относительная скорость роста, ремобилизация биомассы

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания «Физиологические и молекулярные механизмы интеграции клеточных процессов и целостности растительного организма: фотосинтез и дыхание» (№ 125020301262-2).

Для цитирования: Далькэ И. В., Малышев Р. В., Смотрина Ю. А. Рост и накопление фитомассы инвазионного вида *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier при формировании моновидового фитоценоза // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2026. № 3. С. 3–14. doi: 10.21685/2307-9150-2026-3-1

Growth and biomass accumulation of the invasive species *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier in the formation of a monospecific phytocenosis

I.V. Dalke¹, R.V. Malyshev², Yu.A. Smotrina³

^{1,2}Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

³Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

¹dalke@ib.komisc.ru, ²malrus@ib.komisc.ru, ³smotrina-juliya@yandex.ru

Abstract. *Background.* *Heracleum mantegazzianum* forms highly productive populations outside its native range. The purpose of this study is to assess the growth and biomass accumulation of *H. mantegazzianum* in an artificially created monospecific phytocenosis. *Materials and methods.* Seeds of *H. mantegazzianum* were sown in an area free from other plant species in the middle taiga subzone of the Komi Republic. From 2023 to 2025, we monitored the growth and development of *H. mantegazzianum*, measuring the biomass of plant organs, leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), and leaf area ratio (LAR). *Results.* After winter stratification, *H. mantegazzianum* remained in a dormant developmental stage for two years. In the third year, some individuals began to reproduce. During the vegetative growth phase, the NAR ranged from 7 to 12 g DW / m² day, while in the reproductive phase, it decreased to 3 g DW / m² day. Over the three years of phytocenosis development, the LAR of the plants decreased from 0.013 to 0.002 m²/g DW. Despite the relatively low values of RGR, up to 31 mg/g DW day, *H. mantegazzianum* accumulated substantial biomass, owing to its leaf positioning in the upper layer of the vegetation and the extended growing season. *Conclusions.* During the formation of a monospecific phytocenosis of *Heracleum mantegazzianum*, individual plants exhibited the highest biomass accumulation. Changes in the components of RGR (LAR and NAR) and the remobilization of accumulated biomass ensured the physiological integrity of the invasive species under conditions of high intraspecific competition.

Keywords: *Heracleum mantegazzianum*, invasion, monospecific phytocenosis, intraspecific competition, relative growth rate, biomass remobilization

Financing: the study was carried out as part of the state assignment "Physiological and molecular mechanisms of the integration of cellular processes and the integrity of the plant organism: photosynthesis and respiration" (№ 125020301262-2).

For citation: Dalke I.V., Malyshev R.V., Smotrina Yu.A. Growth and biomass accumulation of the invasive species *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier in the formation of a monospecific phytocenosis. *Izvestiya vyssshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = *University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2026;(3):3–14. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2026-3-1

Введение

Изучение функциональной пластичности и стратегий видов, эффективно распространяющихся за пределами естественного ареала, относят к ключевым вопросам инвазионной биологии [1]. Конкурентные преимущества растений,

их способность сохранять физиологическую целостность в новых местообитаниях оценивают на основе структурно-функциональных показателей и параметров роста [2, 3].

В настоящее время в составе инвазионных флор Европы широко распространены растения *Heracleum sosnowskyi* Manden. (борщевик Сосновского) и *H. mantegazzianum* Sommier & Levier (борщевик Мантегацци), объединенных в комплекс «гигантских борщевиков». Упомянутые виды характеризуются высоким экологическим сходством [4–7] и филогенетическим единством [8]. На этом основании мы называем изучаемые популяции инвазионного гигантского борщевика – *H. mantegazzianum*, признавая вид *H. sosnowskyi* конспектичным с *H. mantegazzianum* как минимум в пределах исследованной части вторичного ареала [7–10].

Во второй половине прошлого века виды рода *Heracleum* изучали, в том числе на территории Республики Коми, в качестве перспективных высокопродуктивных кормовых культур. Интенсивный прирост зеленой фитомассы рассматривали в качестве важнейшего преимущества этих растений. В 1990-е гг. распространение гигантских борщевиков в России вышло из-под контроля и приобрело характер экологического бедствия [5, 11–13].

В настоящее время многолетние самоподдерживающиеся ценопопуляции борщевиков сохраняют высокую продуктивность и темпы расселения в условиях вторичного (инвазионного) ареала [4, 5, 7, 14]. Устойчивость *H. mantegazzianum* к неблагоприятным внешним воздействиям обусловлена формированием внутри ценопопуляций фенотипических классов отличающихся между собой структурно-функциональной организацией, фенологическими ритмами, переходом в состояние покоя [7–10, 15].

Важную роль в поддержании численности популяций и регулярной репродукции играют ювенильные особи *H. mantegazzianum*, которые компенсируют низкую относительную скорость роста (RGR) благодаря продолжительной вегетации [2, 10]. Другие авторы указывают на высокие значения скорости запаса биомассы инвазионных борщевиков в сравнении с видами аборигенной флоры [4, 16]. В этой связи представляет интерес оценка динамики накопления фитомассы *H. mantegazzianum* разных возрастных состояний в процессе инвазии.

Целью нашего исследования было изучение показателей роста и механизмов поддержания физиологической целостности растений *H. mantegazzianum* при формировании трехлетнего фитоценоза.

Материалы и методы

Климат в районе исследования (среднетаежная подзона Республики Коми) умеренно континентальный, лето холодное. Среднесуточная температура самого теплого месяца (июль) +17 °С, самого холодного (январь) –16 °С. Годовое количество осадков около 700 мм. Снежный покров устанавливается в первой декаде ноября, сход снега наступает в конце апреля – начале мая. Среднесуточная температура воздуха переходит через отметку 0 °С во второй декаде апреля и в начале октября. Длительность безморозного периода достигает 190 дней [17].

Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier – многолетний, летнезеленый, травянистый, стержнекорневой, моноподиально нарастающий монокарпик с полурозеточным прямостоячим побегом, геофит [7, 13].

Для оценки ростовых показателей *H. mantegazzianum* осенью 2022 г. вблизи г. Сыктывкара (юго-западная часть Республики Коми) на участке с окультуренными почвами заложили четыре площадки размером 1×1 м. Согласно семенной продуктивности *H. mantegazzianum* на площадках было посеяно 10 тыс. шт. семян/м². В первые два года наблюдений (2023 и 2024 гг.) для описания и проведения ростового анализа растения *H. mantegazzianum* выкапывали на учетных площадях 0,04 м² ($n = 3$). На третий, 2025 г., учитывая значительные размеры надземной части фитоценоза, растения собирали с площади 1 м². Семена генеративных особей утилизировали для предотвращения распространения *H. mantegazzianum*.

Возрастные состояния *H. mantegazzianum* оценивали по форме и рассеченности листовых пластинок [13]. Собранные растения разделяли на органы – листья, черешки, стебли, каудекс, корни и определяли сырой вес. Пробы надземных и подземных частей высушивали при температуре 80 °С до постоянного веса, затем рассчитывали долю сухой биомассы (%) и распределение сухой биомассы по органам в структуре растений разного возраста. Отделенные от черешков листья раскладывали на плоскости и фотографировали. По снимкам с помощью программы ImageJ (<https://imagej.net/ij/>) определяли площадь листьев.

Результаты изучения архитектоники растений и стратегии «хеджирования ставок», направленной на выживание и поддержание плотности популяции *H. mantegazzianum* [7, 9], позволили предположить, что в процессе роста и формирования зарослей небольшая часть особей получает заметное преимущество в использовании ресурсов среды. Такие растения будут накапливать наибольшую фитомассу, т.е. демонстрировать наиболее высокую относительную скорость роста. В этой связи для оценки параметров роста *H. mantegazzianum* использовали сухой вес и площадь листовой поверхности наиболее крупных особей, выбранных после выполнения ростового анализа. С помощью приложения Excel [18] рассчитывали относительную скорость роста (RGR, г/г сухой массы/день), скорость чистой ассимиляции углерода (NAR, г сухой массы/м² день), отношение площади листьев к массе растений (LAR, м²/г сухой массы). Удельную поверхностную плотность листьев определяли как отношение сухой массы листьев к площади их поверхности (УППЛ, г/дм²).

Экологические условия при культивировании *H. mantegazzianum* описывали с помощью климатических показателей, рассчитанных на основе данных сервиса «Расписание Погоды» (<https://rp5.ru>). Накопление тепла в окружающей среде оценивали по сумме среднесуточных температур воздуха ≥ 5 °С (CAT5, °С) и длительности периода CAT5 (количество CAT5-дней). Влагообеспеченность территории определяли по количеству атмосферных осадков (мм) и гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК).

В таблицах и на рисунках приведены средние значения и стандартные отклонения.

Результаты

Анализ метеорологических условий в период проведения полевого опыта (2023–2025 гг.) показал, что в окрестностях г. Сыктывкара (среднетаежная подзона Республики Коми) теплообеспеченность окружающей среды

согласно сумме активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ (CAT5) составила в среднем $2226 \pm 60^{\circ}\text{C}$. Количество дней с CAT5 (CAT5-дни) было равно 162 ± 8 . В течение вегетации выпало в среднем 416 ± 96 мм осадков, а гидротермический коэффициент составил $2,1 \pm 0,6$.

Посеянные осенью семена в течение зимнего периода проходили холодную стратификацию, необходимую для доразвития зародыша. Семена прорастали сразу после схода снежного покрова весной следующего года (апрель-май 2023 г.) (рис. 1,а). В начале июня проростки переходили в ювенильное возрастное состояние. Листья молодых борщевиков полностью закрывали поверхность опытной площадки. Во второй половине вегетации (август–октябрь 2023 г.) половина растений в ценозе была имматурными, а единичные особи достигли виргинильного возрастного состояния. В конце вегетации плотность борщевиков первого года жизни составила 2117 ± 1828 шт./м², из них около 57 % находились в состоянии вынужденного покоя. У покоящихся растений отсутствовали надземные части, но сохранялся каудекс с почками возобновления и корни. Фитомасса особей *H. mantegazzianum* с подземными (каудекс, корни) и надземными органами (1–2 шт. листьев с черешками) варьировала от 50 мг до 16 г сырого веса. Благодаря черешкам разной длины листья располагались на высоте от 2 до 46 см. Удельная поверхностная плотность листьев составляла 0,4 г/дм², а индекс листовой поверхности (ИЛП) ценоза достигал 1,5 (рис. 1,б). С образованием снежного покрова черешки и листья *H. mantegazzianum* отмирали (ноябрь 2023 г.). Борщевики завершали вегетацию и переходили в состояние зимнего покоя до наступления весны следующего года.



Рис. 1. Растения *Heracleum mantegazzianum* на опытных площадках в составе моновидового фитоценоза:
а – проростки; б – однолетние; в – двулетние;
г – трехлетние цветущие особи (2023–2025 гг.)

На второй год вегетации сразу после схода снега (апрель 2024 г.) наблюдали отрастание надземных органов *H. mantegazzianum*. В развитом пологе листья располагались на высоте от 5 до 95 см (рис. 1,в). Осенью плотность растений составила 508 ± 411 шт./м², из них 52 % находились в состоянии вынужденного покоя. Ювенильные особи составляли 65 % от общего количества растений, имматурные и виргинильные – 9 и 26 % соответственно. Фитомасса растений второго года жизни варьировала от 2 до 1350 г сырого веса. Наиболее крупные особи насчитывали от 3 до 5 шт. листьев и достигали высоты 80–95 см. Показатель УППЛ был в среднем 0,7 г/дм². В двулетнем фитоценозе ИЛП составлял 3,8. Растения на площадках сохраняли ассимилирующие органы до выпадения снежного покрова (ноябрь 2024 г.). После завершения вегетации растения переходили к зимнему покою.

Весной третьего года наблюдали появление листьев борщевиков разной формы и размеров (апрель 2025 г.). В мае ИЛП фитоценоза превышал 1, высота растений достигала 30 см. На опытном участке отмечали единичные ювенильные особи, остальные растения характеризовались имматурными или виргинильными признаками. В начале июня у самых крупных особей отмечали появление бутонов. В июле наблюдали цветение, а затем – плодоношение (рис. 1,2). Высота генеративных побегов была около 3 м, а общая площадь листьев – 2,4 м², что составляло 40 % от ИЛП фитоценоза. Генеративные особи *H. mantegazzianum* отличались от прегенеративных более коротким вегетационным периодом. Наступление периода расселения семян (август 2025 г.) сопровождалось высыханием генеративного побега и отмиранием вегетативных органов. Прегенеративные особи сохраняли ассимилирующую поверхность до выпадения снежного покрова (ноябрь 2025 г.).

Учет растений в сентябре показал, что фитомасса *H. mantegazzianum* на третий год вегетации варьировала от 50 до 3200 г сырого веса. Плотность растений составила 86 шт./м² фитоценоза, три особи были генеративными. Около 12 % растений находились в состоянии вынужденного покоя.

Оценка структурно-функциональных параметров *H. mantegazzianum* показала, что в течение первых двух лет вегетации наиболее крупные особи находились на этапе вегетативного роста. В конце первого года самые крупные растения накапливали в среднем 3 ± 2 г сухой массы, на второй год – 234 ± 144 г сухой массы. На третий год с наступлением периода расселения семян общая сухая фитомасса генеративной особи была в среднем 434 ± 43 г.

Осенью однолетние растения равномерно распределили биомассу между подземными и надземными органами. В структуре биомассы двух- и трехлетних растений преобладали надземные органы, на их долю приходилось 70–85 % от общей фитомассы (рис. 2).

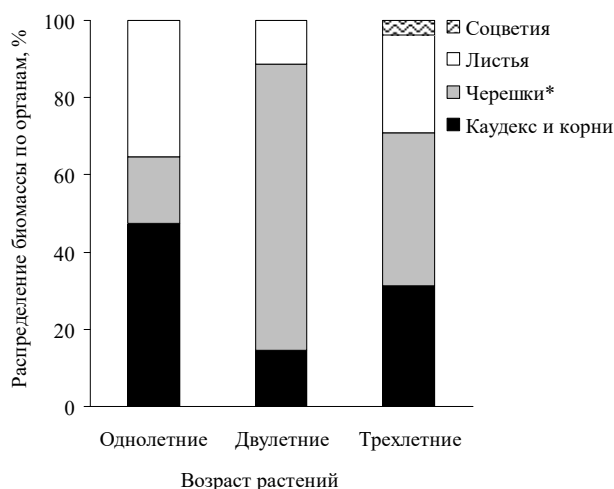


Рис. 2. Распределение сухой биомассы по органам растений *Heracleum mantegazzianum* выращенных в полевых условиях (2023–2025 гг.):

* – учтена биомасса генеративных побегов трехлетних особей

Одно- и двулетние виргинильные растения поддерживали RGR от 26 до 31 мг/г сухой массы в день. Суточный прирост биомассы генеративных особей был в среднем 6 мг/г сухой массы в день (рис. 3,а).

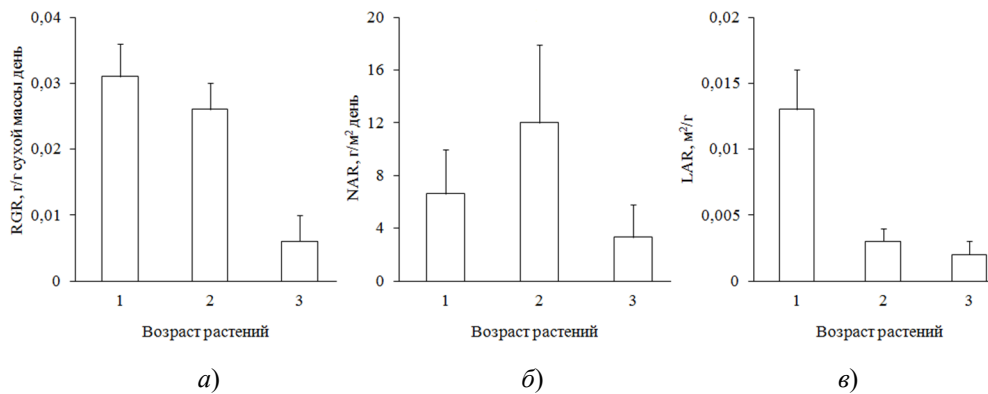


Рис. 3. Относительная скорость роста – RGR (а), скорость чистой ассимиляции углерода – NAR (б), относительная площадь листьев на единицу массы растения – LAR (в) *Heracleum mantegazzianum*, выращенных в полевых условиях: 1 – однолетние; 2 – двулетние; 3 – трехлетние растения (2023–2025 гг.)

Во время интенсивного вегетативного роста *H. mantegazzianum* скорость чистой ассимиляции углерода (NAR) изменялась от 7 до 12 г сухой массы/м² день (рис. 3,б). В репродуктивный период борщевиков показатель NAR уменьшился до 3 г сухой массы/м² день. За три года формирования фитоценоза наблюдали снижение удельной листовой поверхности (LAR) от 0,013 до 0,002 м²/г сухой массы (рис. 3,в).

Обсуждение результатов

Результаты многолетних наблюдений за культивированием и инвазией видов рода *Heracleum* показали, что в таежной зоне Европейского Северо-Востока складываются близкие к оптимальным условия (гидротермический режим, световые условия) для роста и развития высокопродуктивных популяций гигантских борщевиков [5–9, 12–14].

Посев семян *H. mantegazzianum* на изолированном от других растений участке исключал межвидовую конкуренцию и обеспечил распределение ресурсов внутри моновидового фитоценоза. Морфоструктура и продуктивность *H. mantegazzianum* в трехлетнем посеве соответствовала особям многолетних популяций борщевиков [7, 12, 19].

В первый год вегетации листья молодых растений полностью перекрывали поверхность участка (ИЛП 1,5) и перехватывали большую часть световой энергии. В условиях исключительно внутривидовой конкуренции отдельные особи *H. mantegazzianum* уже в первый год жизни достигли виргинильного возрастного состояния и накопили значительную фитомассу. На втором году жизни *H. mantegazzianum* заметно увеличились размеры и вариабельность пре-генеративных особей. Ежегодно общая площадь листовой поверхности фитоценоза возрастала в два раза. На третий год без пополнения фитоценоза *H. mantegazzianum* семенами исчерпались ювенильные растения. Наиболее крупные особи перешли к размножению, что соответствовало динамике роста и развития борщевиков в культуре и в природных условиях [7, 9, 11–13].

Расчеты параметров роста показали, что одно- и двулетние растения *H. mantegazzianum* запасали не более 31 мг/г сухой массы/день. Результаты полевого опыта хорошо согласуются с оценкой роста ювенильных борщевиков

(RGR от 14 до 80 мг/г сухой массы в день), адаптирующихся к световому режиму в лабораторных условиях [10]. По сведениям других авторов, RGR инвазионных борщевиков варьировала от 83 [16] до 186 мг/г сухой массы в день [4]. Принимая во внимание широкий диапазон RGR растений от 15 до 350 мг/г сухой массы в день [2, 3, 19], по нашему мнению, *H. mantegazzianum* следует отнести к видам с низкой относительной скоростью роста.

Несмотря на низкую RGR произрастающие в среднетаежной подзоне инвазионные борщевики накапливают значительную фитомассу благодаря холодоустойчивости и эффективному метаболизму в течение продолжительной вегетации [7, 9]. Дополнительный вклад в увеличение первичной продукции фотосинтеза может вносить увеличение долготы дня в летний период.

Выявленное значение RGR генеративных растений (около 6 мг/г сухой массы в день) (рис. 3,а) можно объяснить динамикой накопления их биомассы. Годичное изменение биомассы и площади листовой поверхности в самоподдерживающихся ценопопуляциях *H. mantegazzianum* описывается куполообразной кривой. Максимум накопления – около 700 г сухого веса на одну генеративную особь – приходится на период цветения и переход к плодоношению (июль) [7]. Расчеты RGR за время от начала вегетации до наступления плодоношения показывают, что *H. mantegazzianum* запасают в среднем 20 ± 4 мг/г сухого веса в день. Период расселения семян борщевиков сопровождается отмиранием листьев и высыханием генеративного побега, что ведет к снижению общей фитомассы особей и уменьшению RGR.

В реализации стратегии роста *H. mantegazzianum* важную роль играют процессы накопления и перераспределения биомассы. Ранней весной запасные вещества подземных органов обеспечивают интенсивное отрастание листьев борщевиков [11–13]. Генеративные особи с крупными черешками и репродуктивными побегами поднимают листья в верхний слой растительности, что позволяет им доминировать в фитоценозе. Вклад генеративных борщевиков в общую фитомассу зарослей достигает 65 % [7, 18]. В соответствие с монокарпическим типом развития *H. mantegazzianum* в процессе плодоношения происходит ремобилизация биомассы из вегетативных органов в соцветия для созревания и дальнейшего расселения семян.

Анализ компонентов относительной скорости роста позволил оценить вклад NAR и LAR в физиологическую целостность *H. mantegazzianum* разного возраста. Молодые растения, формирующие моновидовой фитоценоз в природных условиях, показали высокое сходство величин NAR и LAR с ювенильными особями, выращенными при постоянном уровне освещения в лабораторных условиях [10].

Относительно высокое значение LAR молодых растений обусловлено высокой долей листьев в общей фитомассе растений (35 %). Развитый полог с ИЛП около 1,5 позволял молодым растениям перехватывать большую часть поступающей световой энергии, незначительно затеняя друг друга. Благодаря интенсивному освещению фитоценоза на открытом участке и умеренным затратам структурного материала на единицу площади листа (УППЛ 0,4 г/дм²) молодые растения не только поддерживали относительно высокую NAR (около 7 г/м² день), но и резервировали продукты ассимиляции в подземные органы для последующего роста. Осенью первой вегетации биомасса каудекса и корней составила половину от общей фитомассы борщевиков.

Снижение LAR растений второго и третьего года жизни было обусловлено увеличением содержания сухого вещества в расчете на площадь листьев (УППЛ до $0,8 \text{ г/дм}^2$) и одновременно снижением доли биомассы ассимилирующих органов (до 11–25 %) в структуре общей фитомассы (рис. 2). Увеличение размеров растений и площади листьев фитоценоза (ИЛП 3,8) привело к существенному самозатенению растений. Однако отдельные особи благодаря большим черешкам вынесли листья в верхний хорошо освещенный слой растительности. Это увеличило первичную продуктивность и, соответственно, вклад показателя NAR ($12 \text{ г/м}^2 \text{ день}$) в RGR крупных виргинильных растений.

На третий год вегетации репродуктивные особи сохранили низкую величину LAR. С разрушением полога листьев отмечалось закономерное снижение эффективности работы ассимиляционного аппарата (NAR около $3 \text{ г/м}^2 \text{ день}$) и кратное падение RGR. Вместе с тем даже низкая RGR в течение первых двух лет вегетации дает возможность борщевикам запасти фитомассу, необходимую для поддержания репродукции [7].

На всех этапах формирования моновидового фитоценоза *H. mantegazzianum* наибольшим накоплением фитомассы отличались лишь единичные особи. Остальная часть растений в посеве характеризовалась заметно меньшими размерами или находилась в состоянии вынужденного покоя. В условиях высокой внутривидовой конкуренции это обеспечивало реализацию стратегии «хеджирования ставок», направленной на распределение особей по фенотипическим классам – группам, различающимся по способности к использованию разных ресурсных ниш [9, 15].

Заключение

В среднетаежной подзоне Республики Коми репродуктивные моновидовые фитоценозы *H. mantegazzianum* с индексом листовой поверхности (ИЛП) около 6 формировались в течение не менее трех лет. Несмотря на низкую относительную скорость роста *H. mantegazzianum* (RGR до 31 мг/г сухой массы в день), отдельные особи характеризовались значительным накоплением биомассы благодаря расположению листьев в верхнем слое растительности и продолжительной вегетации.

В условиях высокой внутривидовой конкуренции изменение компонентов RGR (LAR и NAR) обеспечивало физиологическую целостность борщевиков. Ремобилизация накопленной фитомассы способствовала быстрому формированию ассимилирующих органов весной и развитию и расселению семян *H. mantegazzianum* осенью.

Выявленные особенности роста гигантских борщевиков в ходе вторжения на свободные от других видов участки хорошо соответствуют концепции «биологического хеджирования» *H. mantegazzianum*, которая предполагает распределение особей по фенотипическим классам – группам особей, различающимся по способности к использованию разных ресурсных ниш.

Список литературы

1. Boardman L., Lockwood J. L., Angilletta M. J. [et al.]. The future of invasion science needs physiology // BioScience. 2022. biac080. doi: 10.1093/biosci/biac080
2. Poorter H. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences // Variation in growth rate and productivity / ed. H. Lambers [et al.]. The Hague, 1989. P. 45–68.

3. Hunt R., Causton D. R., Shipley B., Askew A. P. A modern tool for classical plant growth analysis // *Annals of Botany*. 2002. Vol. 90, № 4. P. 485–488. doi: 10.1093/aob/mcf214
4. Ecology and management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) / ed. by P. Pysek, M. J. W. Cock, W. Nentwig, R. H. P. Gateshead. CAB International, 2007. 352 p.
5. Озерова Н. А., Кривошеина М. Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // *Российский журнал биологических инвазий*. 2018. № 1. С. 78–87.
6. Захожий И. Г., Далькэ И. В., Чадин И. Ф., Канев В. А. Эколого-географический анализ распространения *Heracleum persicum*, *H. mantegazzianum* и *H. sosnowskyi* на северной границе вторичного ареала видов в Европе // *Российский журнал биологических инвазий*. 2022. № 1. С. 55–70. doi: 10.35885/1996-1499-15-1-55-70
7. Далькэ И. В., Маслова С. П., Захожий И. Г. [и др.]. Структура ценопопуляций *Heracleum sosnowskyi* и механизмы поддержания их устойчивости в условиях севера // *Экология*. 2024. № 2. С. 86–96. doi: 10.31857/S0367059724020025
8. Шадрин Д. М., Далькэ И. В., Захожий И. Г. [и др.]. Молекулярно-генетические исследования *Heracleum sosnowskyi* Manden. и *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) Европейской части России // *Российский журнал биологических инвазий*. 2024. № 2. С. 153–171. doi: 10.35885/1996-1499-17-2-153-171
9. Далькэ И. В., Малышев Р. В., Захожий И. Г., Чадин И. Ф. Стратегия «биологического хеджирования ставок» в ценопопуляциях *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) на Европейском северо-востоке России // *Журнал общей биологии*. 2024. Т. 85, № 6. С. 460–473. doi: 10.31857/S0044459624060031
10. Далькэ И. В., Малышев Р. В., Смотрина Ю. А., Дымова О. В. Адаптация ювенильных растений *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier к световому режиму в лабораторных условиях // *Экология*. 2025. № 4. С. 281–292. doi: 10.31857/S0367059725040029
11. Марченко А. А. Биологические особенности и кормовые достоинства борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) : дис. ... канд. биол. наук. Л., 1953. 250 с. doi: 10.5281/zenodo.10894912
12. Болотова Е. С. Продолжительность жизни борщевика Сосновского в условиях культуры в центральной зоне Коми АССР // *Биологические исследования на северо-востоке Европейской части СССР (Ежегодник)*. Сыктывкар, 1974. С. 54–59.
13. Сацыперова И. Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения. Л. : Наука, 1984. 223 с.
14. Лаптева Е. М., Захожий И. Г., Далькэ И. В. [и др.]. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагrogenных почв Европейского Северо-Востока // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 3. С. 66–73. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-066-073
15. Крылов А. К., Марков А. В., Александров Ю. И. Единство популяции как способ выживания в нестабильной среде // *Журнал общей биологии*. 2020. Т. 81, № 3. С. 194–207. doi: 10.31857/S0044459620030057
16. Бетехтина Ю. В., Ронжина Д. А., Иванова Л. А. [и др.]. Относительная скорость роста и ее компоненты у инвазионного *Heracleum sosnowskyi* и аборигенного *H. sibiricum* // *Российский журнал биологических инвазий*. 2018. № 4. С. 7–16.
17. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / под ред. А. И. Таскаева. М. : ДиК, Дрофа, 1997. 116 с.
18. 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, № 1. P. 201–223. doi: 10.1016/S0304-3800(98)00144-6
19. Kattge J., Bönnisch G., Díaz S. [et al.]. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access // *Global Change Biology*. 2020. Vol. 26, № 1. P. 119–188. doi: 10.1111/gcb.14904

References

1. Boardman L., Lockwood J.L., Angilletta M.J. et al. The future of invasion science needs physiology. *BioScience*. 2022;biac080. doi: 10.1093/biosci/biac080
2. Poorter H. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. *Variation in growth rate and productivity*. The Hague, 1989:45–68.
3. Hunt R., Causton D.R., Shipley B., Askew A.P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*. 2002;90(4):485–488. doi: 10.1093/aob/mcf214
4. Pysek P., Cock M.J.W., Nentwig W., Gateshead R.H.P. *Ecology and management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. CAB International, 2007:352.
5. Ozerova N.A., Krivosheina M.G. Features of the formation of secondary ranges of *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* in Russia. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*. 2018;(1):78–87. (In Russ.)
6. Zakhochiy I.G., Dal'ke I.V., Chadin I.F., Kanev V.A. Ecological and geographical analysis of distribution of *Heracleum persicum*, *H. mantegazzianum* and *H. sosnowskyi* at the northern limit of the species' secondary range in Europe. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*. 2022;(1):55–70. (In Russ.). doi: 10.35885/1996-1499-15-1-55-70
7. Dal'ke I.V., Maslova S.P., Zakhochiy I.G. et al. The structure of the *H. sosnowskyi* cenopopulation and the mechanisms for maintaining their stability in northern conditions. *Ekologiya = Ecology*. 2024;(2):86–96. (In Russ.). doi: 10.31857/S0367059724020025
8. Shadrin D.M., Dal'ke I.V., Zakhochiy I.G. et al. Molecular genetic studies of *Heracleum sosnowskyi* Manden. and *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) in European Russia. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*. 2024;(2):153–171. (In Russ.). doi: 10.35885/1996-1499-17-2-153-171
9. Dal'ke I.V., Malyshev R.V., Zakhochiy I.G., Chadin I.F. Biological hedging strategy in cenopopulations of *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier (Apiaceae) in the European northeast of Russia. *Zhurnal obshchey biologii = Journal of General Biology*. 2024;85(6):460–473. (In Russ.). doi: 10.31857/S0044459624060031
10. Dal'ke I.V., Malyshev R.V., Smotrina Yu.A., Dymova O.V. Adaptation of juvenile plants of *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier to the light regime in laboratory conditions. *Ekologiya = Ecology*. 2025;(4):281–292. (In Russ.). doi: 10.31857/S0367059725040029
11. Marchenko A.A. Biological characteristics and nutritional value of *Heracleum sosnowskyi* Manden.: PhD dissertation. Leningrad, 1953:250. (In Russ.). doi: 10.5281/zenodo.10894912
12. Bolotova E.S. Life expectancy of *Heracleum sosnowskyi* in cultivation conditions in the central zone of the Komi ASSR. *Biologicheskkiye issledovaniya na severo-vostoke Yevropeyskoy chasti SSSR (Yezhegodnik) = Life expectancy of Sosnowsky's hogweed in cultivation conditions in the central zone of the Komi ASSR*. Syktyvkar, 1974:54–59. (In Russ.)
13. Satsyperova I.F. *Borshcheviki flory SSSR – novyye kormovyye rasteniya = Hogweeds of the USSR flora – new forage plants*. Leningrad: Nauka, 1984:223. (In Russ.)
14. Lapteva E.M., Zakhochiy I.G., Dal'ke I.V. et al. The influence of the *Heracleum sosnowskyi* Manden. invasion on the fertility of post-agrogenic soils in the European North-East. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and applied ecology*. 2021;(3):66–73. (In Russ.). doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-066-073
15. Krylov A.K., Markov A.V., Aleksandrov Yu.I. Population unity as a way of survival in an unstable environment. *Zhurnal obshchey biologii = Journal of General Biology*. 2020;81(3):194–207. (In Russ.). doi: 10.31857/S0044459620030057
16. Betekhtina Yu.V., Ronzhina D.A., Ivanova L.A. et al. Relative growth rate and its components of the invasive *Heracleum sosnowskyi* and the native *H. sibiricum*. *Rossiyskiy*

- zhurnal biologicheskikh invaziy* = *Russian Journal of Biological Invasions*. 2018;(4):7–16. (In Russ.)
17. Taskayev A.I. (ed.). *Atlas Respubliki Komi po klimatu i gidrologii* = *Atlas of the Komi Republic on climate and hydrology*. Moscow: DiK, Drofa, 1997:116. (In Russ.)
18. Tappeiner U., Cernusca A. Model simulation of spatial distribution of photosynthesis in structurally differing plant communities in the Central Caucasus. *Ecological Modelling*. 1998;113(1):201–223. doi: 10.1016/S0304-3800(98)00144-6
19. Kattge J., Bönisch G., Díaz S. et al. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. *Global Change Biology*. 2020;26(1):119–188. doi: 10.1111/gcb.14904

Информация об авторах / Information about the authors

Игорь Владимирович Далькэ

кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией
экологической физиологии растений,
Институт биологии Коми научного
центра Уральского отделения
Российской академии наук
(Россия, г. Сыктывкар,
ул. Коммунистическая, 28)
E-mail: dalke@ib.komisc.ru

Igor V. Dalke

Candidate of biological sciences,
head of the laboratory of ecological
plant physiology,
Institute of Biology of the Komi Scientific
Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
(28 Kommunisticheskaya street,
Syktyvkar, Russia)

Руслан Владимирович Малышев

кандидат биологических наук,
научный сотрудник лаборатории
экологической физиологии растений,
Институт биологии Коми научного
центра Уральского отделения
Российской академии наук
(Россия, г. Сыктывкар,
ул. Коммунистическая, 28)
E-mail: malrus@ib.komisc.ru

Ruslan V. Malyshev

Candidate of biological sciences,
researcher of the laboratory of ecological
plant physiology,
Institute of Biology of the Komi Scientific
Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
(28 Kommunisticheskaya street,
Syktyvkar, Russia)

Юлия Алексеевна Смотрина

ведущий инженер,
Институт естественных наук,
Сыктывкарский государственный
университет имени Питирима Сорокина
(Россия, г. Сыктывкар,
ул. Петрозаводская, 12)
E-mail: smotrina-juliya@yandex.ru

Yuliya A. Smotrina

Lead engineer,
Institute of Natural Sciences,
Pitirim Sorokin Syktyvkar State University
(12 Petrozavodskaya street,
Syktyvkar, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию / Received 25.03.2026

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 20.04.2026

Принята к публикации / Accepted 29.04.2026