

Ю.А. Смотрина^{1,2}, Е.М. Лаптева¹, И.В. Далькэ^{1,2},
И.Г. Захожий¹, Е.А. Скребенков^{1,2}

ВЛИЯНИЕ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. НА ПАРАМЕТРЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

¹Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима
Сорокина»

Исследовано влияние борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на параметры биологической активности почв в сравнении с другими типами растительных сообществ (злаково-разнотравный луг, мелколиственный молодняк), формирующих постагрогенные экосистемы в подзоне средней тайги Республики Коми. Показано, что *H. sosnowskyi* при его внедрении на залежные земли формирует уникальные маловидовые растительные сообщества, сохраняющиеся и самоподдерживающиеся в течение длительного времени. На биологическую активность почв постагрогенных экосистем первоочередное влияние оказывает тип растительного сообщества (качественный состав растений) и особенности физико-химических свойств почв. Инвазия *H. sosnowskyi* в постагрогенные экосистемы средней тайги способствует активизации жизнедеятельности микробных сообществ, что находит свое отражение в возрастании величины микробной биомассы по сравнению с залежными землями, занятыми злаково-разнотравными лугами и древесными сообществами.

Ключевые слова: биологическая активность почв, дерново-подзолистые почвы, постагрогенные экосистемы, средняя тайга, борщевик Сосновского, *Heracleum sosnowskyi*

Цитирование: Смотрина Ю.А., Лаптева Е.М., Далькэ И.В., Захожий И.Г., Скребенков Е.А. Влияние *Heracleum sosnowskyi* Manden. на параметры биологической активности постагрогенных почв среднетаежной подзоны Республики Коми // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 3. С. 100–106. DOI: 10.5281/zenodo.14113501

Введение

По различным оценкам площадь сельскохозяйственных земель, выведенных за последние 30 лет из использования на территории России, составляет 34–47 млн га [12]. В результате в разных природных зонах, в т.ч. и в Республике Коми (далее – РК) [7], начался практически одновременно процесс сукцессионной смены растительности и почв на залежных землях.

Наряду с зональными типами растительности, в постагрогенные экосистемы началось активное внедрение инвазивных видов, включая такой вид как борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) [2, 5].

На территорию РК *H. sosnowskyi* интродуцировали в 1960-х гг. с целью решения проблем кормовой базы животноводства [10]. В конце

1980-х гг. борщевик перестали сеять, уход за старыми посевами был фактически прекращен, и он начал активно расселяться на заброшенных сельскохозяйственных землях, в черте городской застройки, вблизи дорог и на территориях частных домовладений [17]. Известно, что *H. sosnowskyi* реализует потенциал высокой продуктивности только при оптимальной обеспеченности ресурсами, прежде всего водой, и плохо приспособлен поддерживать высокую физиологическую активность при неблагоприятных почвенных условиях [4]. Несмотря на бедность и малогумусность подзолистых почв РК [3], благодаря достаточной влагообеспеченности ее территории в период вегетации растений, *H. sosnowskyi* на бывших пахотных угодьях таежной зоны нашел благоприятные условия для своего роста и развития. Это определило довольно значительное продвижение вида к северу и, соответственно, смещение северных границ его ареала [9].

Цель и задачи исследований

Цель данной работы заключалась в выявлении основных закономерностей изменения биологической активности бывших пахотных почв в постагрогенных экосистемах средней тайги под влиянием различных типов растительных сообществ – *H. sosnowskyi*, злаково-разнотравный луг, мелколиственное древесное сообщество.

Объекты и методики исследований

Исследования проводили в окрестностях г. Сыктывкар (РК, средняя тайга). Климат района исследования умеренно-континентальный умеренно-холодный. Характеризуется длительной холодной зимой с устойчивым снежным покровом и коротким прохладным летом. Среднегодовая температура воздуха около +1 °С. Среднесуточная температура самого теплого месяца (июль) около +17 °С, самого холодного (январь) – около –16 °С. Годовое количество осадков – 600–700 мм, осадки выпадают преимущественно в теплый период года (апрель–октябрь). Годовой коэффициент увлажнения по Н.И. Иванову – 1,15. Длительность безморозного периода – 180–190 дней.

Для проведения исследований выбран залежный участок (модельный участок – МУ) площадью около 1 га, ранее осушенный системой открытого дренажа (N 61.645851, E 50.731263). Участок выведен из агрорежима в 2012–2013 гг. и в настоящее время активно зарастает *H. sosnowskyi*. В пределах МУ выделены зоны, различающиеся по характеру растительности: (1) центральная часть МУ – занята монодоминантными сообществами *H. sosnowskyi*; (2) периферическая часть МУ – на ней сохранена злаково-разнотравная луговая растительность без внедрения особей *H. sosnowskyi*; (3) периферическая часть МУ – с мелколиственной древесной порослью осины, березы, ивы.

В летний период 2022 г. в каждой зоне МУ проведен отбор проб почв в динамике (с июня по ноябрь) для изучения их биологических свойств. Пробы почв отбирали послойно из бывшего пахотного горизонта (глубина 0–10 и 10–20 см) постагрогенной дерново-подзолистой суглинистой почвы в 5-кратной повторности почвенным буром. Для характеристики условий функционирования микробного комплекса в почвах измеряли температуру с помощью термолоттеров ТР-1 (Россия), установленных на глубине 5 и 15 см.

В свежих образцах почв определяли скорость базального (БД) и субстрат-индуцированного (СИД) дыхания (повторность определения 5-кратная). Продукцию CO₂ измеряли инфракрасным газоанализатором Li-7000 (Licor.Inc., США). По полученным данным рассчитывали величину углерода микробной биомассы (C_{мик}) по формуле [1, 8, 16]:

$$C_{\text{мик}} = \text{СИД} \times 40,04 + 0,37,$$

где C_{мик} – углерод микробной биомассы, мкг С/г почвы; СИД – скорость субстрат-индуцированного дыхания, мкл CO₂/ч/г почвы.

Для статистической обработки результатов использовали пакет прикладных программ Microsoft Office Excel 2010, для характеристики погодных условий – данные электронных ресурсов [6, 15].

Результаты исследований и их обсуждение

Прекращение сельскохозяйственного использования земель, включающего ежегодное внесение минеральных и органических удобрений, механическую обработку почв, выращивание культурных растений с последующим удалением их фитомассы из биологического круговорота, приводит к последовательному восстановлению всех составляющих биологического круговорота, характерных для соответствующей биоклиматической зоны. Это оказывает соответствующее влияние на биологическую активность почв, включая такие параметры как содержание углерода микробной биомассы и «дыхание» почв. Общей тенденцией является возрастание биологической активности почв в процессе постагрогенной трансформации [11], временная динамика которой может носить достаточно сложный характер, обусловленный соотношением процессов поступления, минерализации и аккумуляции органического вещества в ходе сукцессионной смены растительности на залежных почвах [13].

Полученные в ходе проведенных исследований данные свидетельствуют о том, что содержание и динамика активности почвенного микробного комплекса, оцениваемые по вели-

чине $C_{\text{мик}}$, существенно различаются в постагрогенных дерново-подзолистых почвах в зависимости от срока отбора и типа растительного сообщества (табл.). В целом в границах МУ величина $C_{\text{мик}}$ варьирует в очень широких пределах, изменяясь практически на два порядка (от 77 ± 30 до 1318 ± 150 мкг С/г почвы). При этом в среднем за сезон максимальными показателями $C_{\text{мик}}$ (844 мкг С/г почвы) характеризовались верхние слои (0–10 см) бывшего пахотного горизонта почвы под зарослями *H. sosnowskyi*. В почвах под луговой растительностью и на участках зарастания древесными породами этот параметр находился примерно на одном уровне (соответственно 600 и 591 мкг С/г почвы). Во все сроки отбора наблюдалась четко выраженная тенденция снижения величины $C_{\text{мик}}$ в ряду борщевик → злаково-разнотравный луг → мелколистственный молодняк, за исключением отбора проб в позднесенний период (01.11.2022 г.), когда минимальными показателями характеризовалась почва луга (таблица).

На глубине 10–20 см разница в параметрах $C_{\text{мик}}$ выражена в меньшей степени – здесь этот показатель составляет в среднем 333 , 267 и 367 мкг С/г почвы. Как правило, практически во все сроки отбора минимальными значения-

Таблица. Динамика углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) в постагрогенных дерново-подзолистых почвах модельного участка под разными типами растительности (по данным 2022 г.)

Дата отбора	Глубина, см	Углерод микробной биомассы, мкг С/г почвы		
		Борщевик Сосновского	Злаково-разнотравный луг	Мелколистственный древесный молодняк
01.06.2022	0–10	$912 \pm 75^*$	721 ± 137	641 ± 128
	10–20	274 ± 95	228 ± 43	431 ± 45
30.06.2022	0–10	583 ± 91	571 ± 50	507 ± 72
	10–20	526 ± 55	261 ± 35	292 ± 60
01.08.2022	0–10	746 ± 48	565 ± 155	430 ± 78
	10–20	341 ± 36	365 ± 91	251 ± 78
02.09.2022	0–10	404 ± 50	243 ± 29	230 ± 67
	10–20	174 ± 25	110 ± 39	226 ± 75
30.09.2022	0–10	661 ± 112	338 ± 146	544 ± 265
	10–20	220 ± 29	77 ± 30	275 ± 112
01.11.2022	0–10	1318 ± 150	805 ± 75	834 ± 94
	10–20	467 ± 59	563 ± 84	328 ± 54

Примечание. *Хср – среднее арифметическое \pm стандартное квадратичное отклонение ($n = 5$).

ми $C_{\text{МИК}}$ на этой глубине отличался участок под злаково-разнотравной растительностью.

Сезонная динамика величины $C_{\text{МИК}}$ для почв всех типов растительности имеет в целом сходную картину для верхнего (0–10 см) слоя почвы. Максимальные значения приходятся на начало и конец вегетации, со значимым снижением этого параметра в первых числах сентября (таблица). Однако под пологом *H. sosnowskyi* четко выражен еще один пик в величине активной биомассы микроорганизмов, который приходится на начало августа (01.08.2022 г.). На двух других участках содержание $C_{\text{МИК}}$ в этот срок отбора находилось на уровне предыдущего срока (30.06.2022 г.) и значимо не различалось как по датам отбора, так и между участками.

Высокие значения $C_{\text{МИК}}$ в позднеосенний период, особенно в зарослях *H. sosnowskyi*, связаны как с поступлением свежего растительного опада, так и погодными условиями года наблюдений. Согласно данным электронных ресурсов [6, 15], 2022 г. отличался более теплыми погодными условиями, по сравнению со среднемноголетними показателями (СМП) – в среднем за год превышение температуры воздуха в 2022 г. составило практически 2 °C относительно СМП. При этом теплообеспеченность второй половины летнего и осеннего периодов была в среднем на 2,5–5 °C выше по сравнению с

СМП. Это нашло свое отражение в сохранении благоприятных условий для жизнедеятельности почвенной микробиоты вплоть до конца ноября – температура почвы на глубине 5 и 15 см в этот период оставалась положительной и не опускалась ниже 0 °C даже после установления устойчивого снежного покрова.

Важным параметром, характеризующим состояние микробного сообщества в почвах, является скорость БД [11]. Как видно на рисунке, в постагрогенных экосистемах средней тайги динамика БД несколько отличается от выявленных для величины $C_{\text{МИК}}$ закономерностей. Как правило, на участках с зарослями *H. sosnowskyi* практически во все сроки отбора скорость БД находилась на одном уровне. Исключением является начало осеннего периода (02.09.2022 г.), когда на всех участках отмечено значимое (в 2–6 раз) снижение этого показателя. Максимальной величиной БД (3,2–3,7 мкг С-СО₂/г·ч) отличались почвы злаково-разнотравного луга, которые на глубине 0–10 см приходились на начало летнего периода, а на глубине 10–20 см – на конец вегетации. В среднем скорость БД за сезон на всех участках, как на глубине 0–10 см, так и на глубине 10–20 см характеризуется близкими значениями – соответственно 2,1–2,2 и 1,1–1,5 мкг С-СО₂/г·ч.

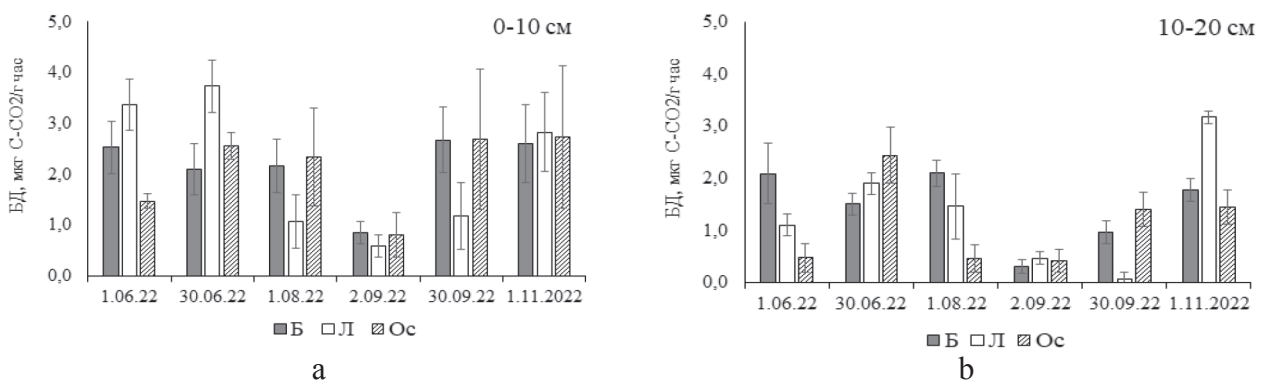


Рисунок. Динамика скорости базального дыхания в постагрогенных дерново-подзолистых почвах модельного участка под разными типами растительности на глубине 0–10 см (а) и 10–20 см (б) по данным 2022 г.: Б – заросли *Heracleum sosnowskyi*; Л – злаково-разнотравное сообщество; Ос – мелколиственный древесный молодняк
Figure. Dynamics of basal respiration rate in postagrogenic sod-podzol soils of the model site under different types of vegetation at a depth of 0–10 cm (a) and 10–20 cm (b) according to the data of 2022: B – thickets of *Heracleum sosnowskyi*; L – grass-forb community; Oc – small-leaved woody young growth

Расчет микробного метаболического коэффициента ($q\text{CO}_2 = \text{БД}/\text{C}_{\text{МИК}}$, $\text{мкг С-СО}_2/(\text{мг С}_{\text{МИК}} \cdot \text{ч})$), являющегося показателем экофизиологического состояния микробного сообщества почвы [11, 14], свидетельствует о том, что для рассмотренных нами почв этот параметр варьирует в широких пределах от 1,9 до 6,5 $\text{мкг С-СО}_2/(\text{мг С}_{\text{МИК}} \cdot \text{ч})$ в слое почвы 0–10 см и от 1,0 до 8,4 $\text{мкг С-СО}_2/(\text{мг С}_{\text{МИК}} \cdot \text{ч})$ в слое почвы 10–20 см. Четкие закономерности в пространственном и временном варьировании этого параметра сложно отметить, поскольку в разные сроки отбора на первое место по его величине могут выходить почвы разных сообществ – и зарослей борщевика, и злаково-разнотравного луга, и мелколиственного древесного сообщества. Однако, как правило, на всех участках максимальные величины $q\text{CO}_2$ отмечены в конце июня (дата отбора 30.06.2022 г.) – для глубины 0–10 см этот параметр на всех участках составил 5,0–6,5 $\text{мкг С-СО}_2/(\text{мг С}_{\text{МИК}} \cdot \text{ч})$, в слое 10–20 см – 7,3–8,4 $\text{мкг С-СО}_2/(\text{мг С}_{\text{МИК}} \cdot \text{ч})$. Это может свидетельствовать о некоторой дестабилизации жизнедеятельности почвенной микробиоты в этот период [14].

Выводы

Проведенные нами исследования показали, что в биоклиматических условиях средней тайги на залежные земли активно внедряется один из агрессивных инвазивных видов – борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*). Замещение зональных типов растительности, формирующихся на первых этапах постагрогенной сукцессии, моновидовыми зарослями *H. sosnowskyi* оказывает существенное влияние на показатели биологической активности почв. Оно проявляется в первую очередь при оценке параметров углерода микробной биомассы, значения которого во все сроки отбора, как правило выше, по сравнению с почвами злаково-разнотравного луга и мелколиственного древесного сообщества. Благоприятные погодные условия года (теплый вегетационный период с сохранением теплообеспеченности почв в позднеосенний период на уровне положительных температур до глубины 20 см) способствуют ак-

тивной жизнедеятельности почвенных микробных сообществ даже при наличии устойчивого снежного покрова.

1. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. N 11. С. 1327–1333.
2. Арепьева Л.А., Арепьев Е.И., Казаков С.Г. Распространение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на южной границе вторичного ареала в европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2021. N 4. С. 2–15.
3. Атлас почв Республики Коми / под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 355 с.
4. Веселкин Д.В., Иванова Л.А., Иванов Л.А., Микрюкова М.А., Большаков В.Н., Бетехтина А.А. Способность к быстрому использованию ресурсов как основа инвазивного синдрома *Heracleum sosnowskyi* // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473, N 1. С. 114–117.
5. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: Геос, 2010. 512 с.
6. Гидрометцентр России [Электронный ресурс]. URL: <https://meteoinfo.ru/climatcities> (дата обращения 25.01.2024).
7. Дымов А.А., Михайлова Е.Н. Свойства лесных и постагрогенных почв, развивающихся на песчаных и суглинистых отложениях Республики Коми // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. 2017. N 3(31). С. 24–33.
8. Евдокимов И.В. Методы определения биомассы почвенных микроорганизмов // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. С.1–20.
9. 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. Т. 15, N 1. С. 55–70.
10. Коюшев И.А., Гавринцева Н.Е. Кормопроизводство в Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1980. 216 с.
11. Курганова И.Н., Телеснина В.М., Лопес де Гереню В.О., Личко В.И., Овсепян Л.А. Изменение запасов углерода, микробной и ферментативной активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2022. N 7. С. 825–842.
12. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., 2010. 415 с.
13. Люри Д.И., Карелин Д.В., Кудиков А.В., Горячкин С.В. Изменение почвенного дыхания в ходе постагрогенной сукцессии на песчаных почвах в южной тайге // Почвоведение. 2013. N 9. С. 1060–1072.
14. Приходько В.Е., Сиземская М.Л. Базальное дыхание и состав микробной биомассы целинных, агро- и лесомелиорированных полупустынных почв Северного Прикаспия // Почвоведение. 2015. N 8. С. 974–983.
15. Расписание погоды [Электронный ресурс] // URL: <https://rp5.ru> (дата обращения 25.01.2024)
16. Anderson J.P.E., Domsch K.H.A. Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1978. Vol. 10, Iss. 3. P. 215–221.
17. Chadin I., Dalke I., Zakhozhiy I., Malyshev R., Madi E., Kuzivanova O., Kirillov D., Elsakov V. Distribution of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic (Russia) // PhytoKeys. 2017. Iss. 77. P. 71–80.

Поступила в редакцию: 14.03.2024

UDC 581.524.2:631.4(470.13)

THE INFLUENCE OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. ON THE PARAMETERS OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF POSTAGROGENIC SOILS IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE KOMI REPUBLIC

Yu.A. Smotrina^{1,2}, E.M. Lapteva¹, I.V. Dalke^{1,2}, I.G. Zakhozhy¹, E.A. Skrebenkov^{1,2}

¹*Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Pitirim Sorokin Syktyvkar State University»*

The influence of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) on the parameters of soil biological activity was studied in comparison with other types of plant communities (grass-forb meadow, small-leaved young growth) forming postagrogenic ecosystems in the middle taiga subzone of the Komi Republic. It is shown that *H. sosnowskyi*, when introduced into fallow lands, forms unique species-poor plant communities preserved and self-sustainable for a long time. The soil biological activity in postagrogenic ecosystems is primarily influenced by the type of plant community (qualitative composition of plants) and the characteristics of the physic and chemical soil characteristics. Invasion of *H. sosnowskyi* into postagrogenic ecosystems of the middle taiga contributes to the activation of the vital activity of microbial communities, which is reflected in an increase in the value of microbial biomass compared to fallow lands occupied by grass-forb meadows and tree communities.

Key words: biological activity of soils, sod-podzol soils, postagrogenous ecosystems, middle taiga, Sosnowsky's hogweed, *Heracleum sosnowskyi*

Citation: Smotrina Yu.A., Lapteva E.M., Dalke I.V., Zakhozhy I.G., Skrebenkov E.A. The influence of *Heracleum sosnowskyi* Manden. on the parameters of biological activity of postagrogenic soils in the middle taiga subzone of the Komi Republic // Industrial botany. 2024. Vol. 24, N 3. P. 100–106. DOI: 10.5281/zenodo.14113501
