



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<https://ecopri.ru>

№ 4 (54). Декабрь, 2024

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

**Редакционная
коллегия**

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
B. Krasnov
A. Gugolek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.

E-mail: ecopri@petsu.ru

<https://ecopri.ru>





УДК 581.552:582.52/.59

ВЛИЯНИЕ ФИТОМАССЫ КОНКУРИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ НА ПЛОДОНОШЕНИЕ *POA PRATENSIS* (*POACEAE*)

**ЗАГУРСКАЯ
Юлия Васильевна**

кандидат биологических наук, Федеральный
исследовательский центр угля и углекислоты СО РАН (г.
Кемерово, пр. Ленинградский, 10), syjl@mail.ru

**УФИМЦЕВ
Владимир
Иванович**

доктор биологических наук, Федеральный
исследовательский центр угля и углекислоты СО РАН (г.
Кемерово, пр. Ленинградский, 10), uwu2079@gmail.com

Ключевые слова:

фитоконкуренция,
сукцессия,
деградированные
лесные почвы,
мятлик,
золотарник,
семенное
размножение,
Solidago
canadensis,
Filipendula ulmaria,
Chamaenerion
angustifolium,
Cirsium setosum

Рецензент:
С. В. Тазина

Получена:
08 июля 2024
года

**Подписана к
печати:**
23 декабря 2024
года

Аннотация. Восстановление антропогенно нарушенных фитоценозов и взаимодействие их компонентов имеет не только теоретическое, но и хозяйственное значение. Основными ценозообразователями на деградированных лесных почвах Кемеровской области являются *Poa pratensis*, *Cirsium setosum*, *Filipendula ulmaria* и *Chamaenerion angustifolium*. Из инвазионных видов, нарушающих естественное развитие сообществ, наиболее широко распространен *Solidago canadensis*. Нами рассмотрены аспекты плодоношения растений *Poa pratensis* при периодическом внесении фитомассы конкурентных растений, произрастающих в ящиках под открытым небом. В условиях вегетационного сезона 2022 г. растения *Poa pratensis* во всех вариантах эксперимента перешли в генеративную фазу развития. Контрольные растения обладали минимальными показателями зрелости семян в момент сбора, но достаточно большим количеством формирующихся генеративных побегов. Наиболее продуктивные растения формировались при периодическом внесении частей *C. angustifolium*. В остальных вариантах отмечалось снижение репродуктивного потенциала экспериментальных растений (в особенности количества генеративных побегов). Развитие генеративной сферы напрямую не соотносится с вегетативными морфологическими признаками. Наблюдаемые изменения, вероятно, объясняются изменением характеристик почвенного субстрата в результате поверхностного мульчирования частями растений.

© Петрозаводский государственный университет

Введение

В умеренных районах Северного полушария один из наиболее распространенных видов рода мятлик (*Poa* L.) – *Poa pratensis* L. (Poaceae), мятлик луговой – многолетний корневищный дерновинный злак. Засухоустойчив, зимостоек, теневынослив. Почвы предпочитает рыхлые, плодородные, умеренно увлажненные (Медведев, Сметанникова, 1981). Факультативный апомикт (Кайбелева и др., 2016). Ценный

компонент луговых и лугово-степных фитоценозов, увеличение площади которых важно не только в связи с сохранением биоразнообразия и восстановлением естественной растительности нарушенных территорий (Clewell, Aronson, 2006; Funk et al., 2008; Świeraszcz et al., 2024), но и для оптимизации агроландшафтов с целью уменьшения экологической напряженности (Беленков и др., 2023). Благодаря устойчивости и долголетию – мятлик сохраняется в травостое более 10 лет (Тимошкин, Тимошкина, 2023) – *P. pratensis* L. не только одно из наиболее востребованных пастбищных растений, но и широко применяется в составе травосмесей для различных агрофитоценозов (Вахрушев и др., 2023). Прогнозирование и регуляция развития мятликовых сообществ имеет прямое хозяйственное значение.

Наиболее частые ценозообразующие виды травянистых растений на деградированных лесных почвах Кемеровской области (Загурская, Уфимцев, 2022):

1. *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (лабазник вязолистный) – доминант климаксовых сообществ;
2. *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (иван-чай узколистный) – доминант послепожарных суходольных сообществ;
3. *Cirsium arvense integrifolium* & Grab. = *Cirsium setosum* (Willd.) Besser ex M. Bieb. (бодяк щетинистый) – доминант раннесукцессионных залежных сообществ;
4. *Poa pratensis* (мятлик обыкновенный) – один из основных доминант луговых сообществ.

Направление развития сообществ может нарушаться при внедрении инвазионных видов, например *Solidago canadensis* L., обладающего огромным конкурентным потенциалом (Загурская, 2022; Świeraszcz et al., 2024).

При изучении процессов восстановления растительности на нарушенных почвах ключевыми вопросами являются механизмы взаимодействия потенциальных доминант и субдоминант травянистых сообществ на различных стадиях сукцессии при самовозобновлении растительности нарушенных экотопов (Загурская, Уфимцев, 2022). Отмечено большее ингибирующее влияние деревьев *Pinus sylvestris* L. по сравнению с *Acer negundo* L. на растения *P. pratensis* в подкроновом пространстве этих пород (Цандекова, Колмогорова, 2022). Показан положительный эффект стимуляторов роста и гуминовых удобрений на биометрические показатели мятлика (Филимонова, Тазина, 2022).

Генеративный потенциал вида – наиболее важное обстоятельство на этапе расселения вида и захвата территории. На семенную продуктивность особей влияют не только эдафические, но и биотические факторы, в частности наличие конкуренции с растениями других видов.

Цель работы – изучить влияние фитомассы растений *S. canadensis* и аборигенных доминант основных травянистых сообществ деградированных лесных почв на развитие генеративных побегов и формирование соплодий (метелок) у растений *P. pratensis*.

Материалы

Семена *P. pratensis* 18 мая 2022 г. сеяли в ящики размером 40 × 50 см, заполненные гомогенизированной серой лесной почвой, которые размещали на экспериментальном участке под открытым небом (один ящик = вариант эксперимента, итого 5 ящиков). Посев осуществляли поперечными рядами (длина 40 см) по 4 на ящик, около 1 г (3–4 мл) семян на ряд. Агротехника: полив в начале вегетации и прополка по мере необходимости, поверхностное рыхление почвы.

После формирования у опытных растений четвертого настоящего листа по всей поверхности почвы в ящике вносили свежую, измельченную до 1–2 см² надземную массу растений *S. canadensis* (SC), *F. ulmaria* (FU), *C. setosum* (CS), *Ch. angustifolium* (CA) без жестких стеблей, плодов, больных или поврежденных частей. Первая обработка – 13 июля, периодичность 10–14 дней. При внесении растительного материала по мере необходимости удаляли грубые частицы и спрессованные остатки старой мульчи.

В конце августа (через неделю после последнего внесения) отмечены признаки

завершения вегетации, 31 августа 2022 г. отобраны образцы для исследования методом высечек из каждого ряда размером 5 × 10 см на глубину почвенного слоя около 10 см. Влияние фитомассы оценивали в сравнении с контролем (без внесения материала чужеродных растений).

Между растениями повторностей (рядов) в пределах вариантов (ящиков) статистически значимых различий не обнаружено. Это предоставляет возможность последующего анализа объединенных выборок.

Стадия развития генеративных побегов существенно варьировала. Определение конкретных стадий для отдельных экземпляров не оправдано методически (при данном количестве образцов корректная статистическая обработка множества групп невозможна), поэтому одновременно приводится название обеих стадий развития: соплодия (соцветия) и т. п.

Методы

Для оценки растений использовали количественный, линейный и гравиметрический методы.

Для сравнения отобраны следующие параметры:
количество генеративных растений,
количество генеративных побегов,
суммарная высота ГП на растении,
средняя высота ГП,
масса генеративной части побега,
масса генеративной части растения.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе JASP (© The JASP Team) с использованием методов анализа для выборок с различными типами распределения данных (Boxplot, однофакторный дисперсионный анализ, Letter-Based Grouping, критерий Краскела – Уоллиса). Во всех случаях критический уровень значимости принимался равным 0.05.

Результаты

По данным ряда авторов, *P. pratensis* достигает генеративной стадии (полного развития растений) на 2–4-й год вегетации, в первый сезон образуя обильные вегетативные побеги (Медведев, Сметанникова, 1981; Луганская, Лукиных, 2019). Это хорошо согласуется с результатами, полученными нами в 2021 г. (рис. 1.4): за 110 дней вегетации всего пять экземпляров в трех вариантах эксперимента достигли генеративной стадии, причем все соцветия были недоразвиты (развернулась метелка только на одном экземпляре). Однако в эксперименте 2022 г. на 111-й день плодоносящие растения первого года жизни были обнаружены во всех исследуемых группах (рис. 1, 2, таблица). Как известно, на репродуктивные процессы *P. pratensis* оказывает влияние продолжительность светового дня (Кайбелева и др., 2016), интенсивность инсоляции, гидротермический режим, а также другие факторы.

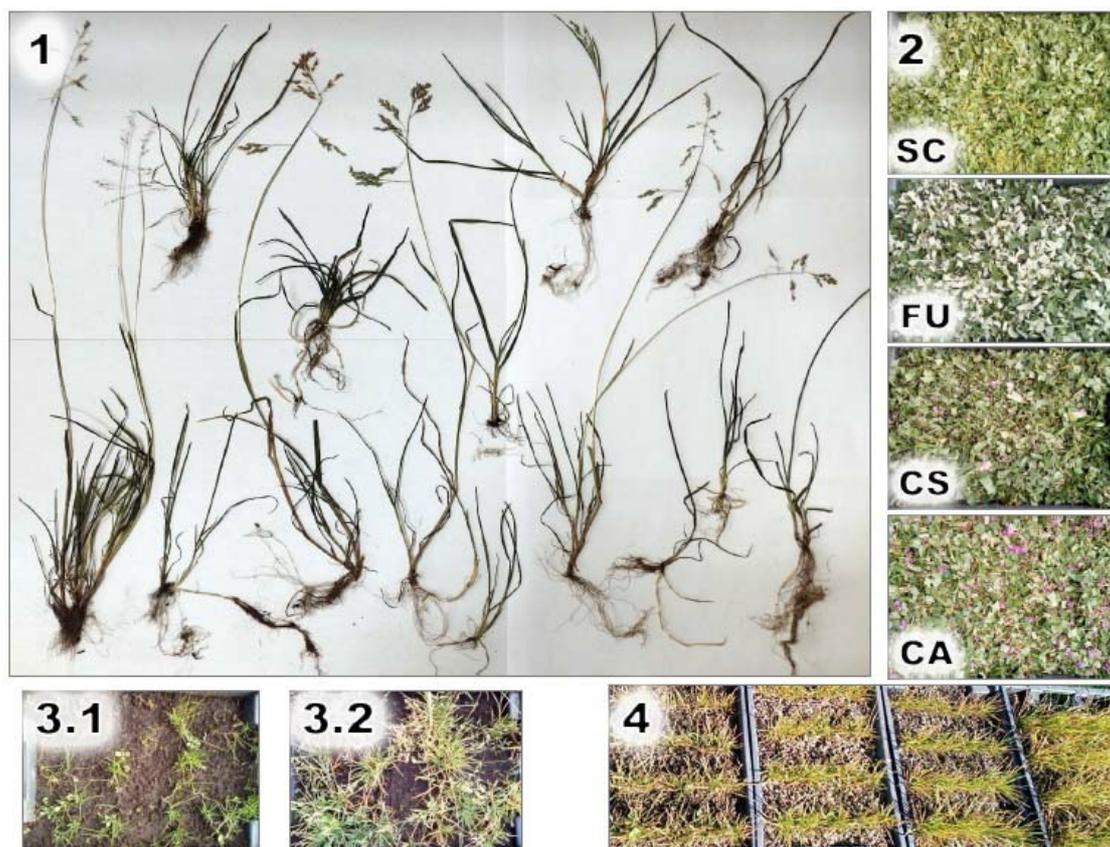


Рис. 1. Фактура эксперимента и морфологическое разнообразие растений полученных растений *P. pratensis* в 2022 г. Здесь и далее: *Solidago canadensis* (SC), *Filipendula ulmaria* (FU), *Cirsium setosum* (CS), *Chamaenerion angustifolium* (CA); 1 – примеры растений *P. pratensis*; 2 – ящики с растениями после внесения чужеродной фитомассы; 3 – развитие растений (на примере контроля): 3.1 – до начала опыта, 3.2 – перед сбором образцов; 4 – растения *P. pratensis* предыдущего сезона 6 сентября 2021 г. (завершение вегетации)

Fig. 1. The texture of the experiment and the morphological diversity of the obtained plants of *P. pratensis* in 2022. Hereafter: *Solidago canadensis* (SC), *Filipendula ulmaria* (FU), *Cirsium setosum* (CS), *Chamaenerion angustifolium* (CA); 1 – examples of *P. pratensis* plants; 2 – boxes with plants after the introduction of foreign phytomasses; 3 – plant development (using the example of control): 3.1 – before the start of the experiment, 3.2 – before collecting samples; 4 – *P. pratensis* plants of the previous season on September 6, 2021 (end of the growing season)

Развитие растений *P. pratensis* до внесения чужеродной фитомассы характеризовалось высокой внутренней изменчивостью, но было сходно во всех вариантах. После разделения отобранных для изучения куртин получено от 46 до 36 растений в каждом варианте эксперимента. Из числа образцов исключали слишком мелкие (неразвитые) и поврежденные экземпляры: в итоговых выборках оказалось по 33 растения на каждый вариант.

Не все экспериментальные растения к моменту сбора достигли генеративной стадии (таблица, рис. 2). При этом наличие и степень сформированности генеративных побегов однозначно не соотносились с размерами растений или особенностями развития их вегетативных частей.

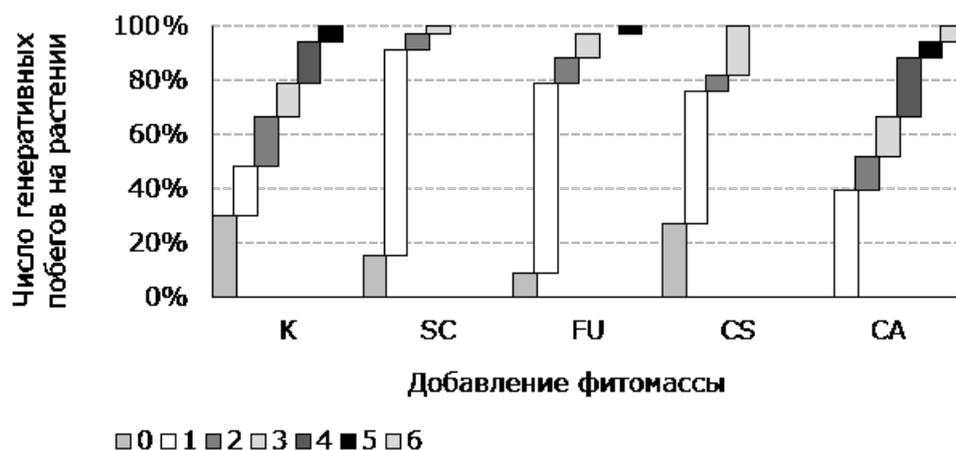


Рис. 2. Соотношение растений с различным количеством генеративных побегов при внесении фитомассы растений-конкурентов (%). Здесь и далее: контроль (К). Цветовое кодирование количества генеративных побегов на растении отражено в легенде

Fig. 2. The ratio of plants with a different number of generative shoots when applying phytomass of competing plants (%). Here and further: control (K). The color coding of the number of generative shoots on a plant is reflected in the legend

Только при обработке *Ch. angustifolium* плодоносили все модельные растения. Они же отличались максимальным числом генеративных побегов на растении и наибольшей массой зрелых метелок.

Минимальная масса соплодий, приведенная в таблице, может свидетельствовать только о степени зрелости наименьшего из образцов и не характеризует данную выборку без учета дополнительных показателей, в частности количества генеративных побегов на одно растение.

Показатели развития генеративной части *P. pratensis* при поверхностном внесении фитомассы конкурентных растений в 2022 г.

Показатель	Тип данных	K	SC	FU	CS	CA
Количество генеративных растений, шт. (%)	Число (проценты)	23 (70)	28 (85)	30 (91)	24 (73)	33 (100)
Количество генеративных побегов (ГП), шт. (%)	Число (проценты)	70 (80)	37 (43)	46 (53)	47 (54)	87 (100)
Суммарная высота ГП на растении, мм	Mean ± SD	290 ± 257	255 ± 160	329 ± 253	269 ± 257	534 ± 382
	Med(Min-Max)	278(0-821)	285(0-644)	305(0-1238)	263(0-847)	447(75-1345)
Средняя высота ГП, мм	Mean ± SD	115 ± 85	226 ± 124	233 ± 109	168 ± 121	185 ± 72
	Med(Min-Max)	138(0-273)	238(0-412)	250(0-385)	212(0-324)	188(20-332)
Масса генеративной части побега, мг	Mean ± SD	14.1 ± 12.8	30.1 ± 18.2	29.7 ± 15.4	18.6 ± 15.6	29.9 ± 17.9
	Med(Min-Max)	14.9(0-50.8)	33.6(0-63.0)	28.2(0-64.6)	55.0	25.7(6.2-86.6)
Масса генеративной части растения, мг	Mean ± SD	32.8 ± 27.9	33.0 ± 19.8	38.6 ± 21.7	28.4 ± 27.3	74.6 ± 53.8
	Med(Min-Max)	31.4(0-88.1)	35.5(0-63.0)	36.5(0-79.5)	95.20	64.2(6.2-191.4)

Наименьшее число генеративных растений и масса плодов отмечены в контроле, однако для этих растений характерна значительная вариабельность количества генеративных побегов на растение и относительная выровненность зрелости плодов. Для остальных проанализированных образцов отмечается снижение количества генеративных побегов на одно растение по сравнению с необработанными растениями, однако общее количество плодоносящих особей и большинство весовых показателей превышают аналогичные в контроле.

При измерении растений также было отмечено, что у изученных растений различались размеры и масса зрелого соплодия (метелки светло-желтого или светло-бежевого цвета без элементов цветка, зерновки относительно крупные, твердые, не осыпавшиеся, не поврежденные). В контроле и при добавлении надземной массы *S. setosum* оказалось минимальное количество таких образцов (11 и 10 соответственно). На рис. 3 представлены результаты по десяти максимальным значениям в выборках.

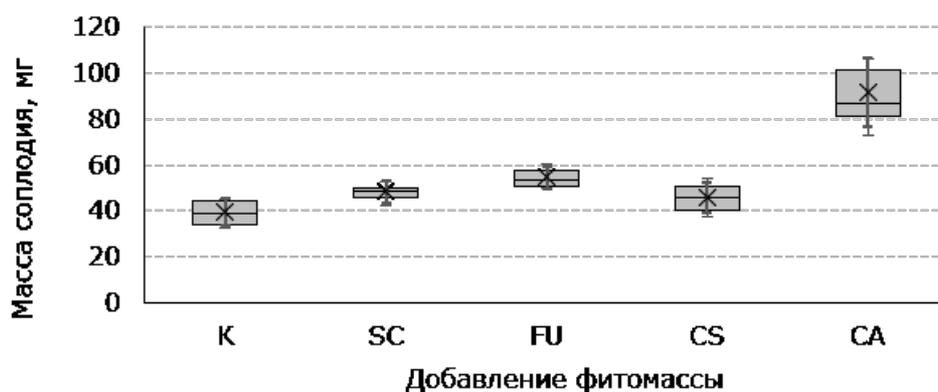


Рис. 3. Вариабельность массы зрелых соплодий *P. pratensis* под влиянием фитомассы растений-конкурентов: коробка – 1 и 3 квартиль, переключатель – медиана, планки погрешностей – минимальное и максимальное значения, точка – среднее арифметическое, планки погрешностей (тонкая линия) – стандартное отклонение

Fig. 3. Variability of the mass of mature *P. pratensis* coplodia under the influence of phytomass of competing plants: box – 1 and 3 quartiles, crossbar – median, error bars – minimum and maximum values, point – arithmetic mean, error bars (thin line) – standard deviation

Обсуждение

По изученным показателям отмечены статистически значимые различия для растений *P. pratensis*, выращенных при внесении фитомассы *S. angustifolium*: количество генеративных растений и генеративных побегов на растениях, суммарная высота генеративных побегов, суммарная масса генеративных частей на растении. Вес зрелых метелок мятлика, развивавшихся при поверхностном внесении надземных частей *S. angustifolium*, существенно превосходит остальные. У растений в других вариантах различия не так значительны, следует отметить только то, что контрольные растения обладали наименьшей массой соплодий.

При изучении морфологических показателей для отдельных побегов, а не суммарно по растениям, значимые расхождения отмечены только для контрольных растений (минимальные значения).

Согласно имеющимся данным, распределение приоритетов между вегетативными и генеративными процессами у *P. pratensis* может определяться наличием ресурсов, в том числе количеством доступного азота в окружающей среде (Li et al., 2024), а также их ограничением и другими стрессовыми факторами (Malyshev, Henry, 2012; Pertierra et al., 2013). То есть при внесении фитомассы *S. angustifolium* создаются наиболее благоприятные условия для ускоренного развития и плодоношения *P. pratensis*.

Контрольные экземпляры к моменту сбора характеризовались наименьшей

степенью созревания семян (масса соплодий), при этом по количеству генеративных побегов (как суммарно, так и в среднем на одно растение) уступают только развивающимся под воздействием *C. angustifolium*. Это свидетельствует о вероятном замедлении плодообразования у данных растений (на момент измерения зрелости достигли менее 7 % побегов), однако их репродуктивный потенциал достаточно велик по сравнению с большинством остальных вариантов.

К сожалению, постановка нашего эксперимента не предусматривала обязательный контроль почвенных показателей в ходе эксперимента, в связи с чем затруднительно оценить влияние внесения растительных компонентов на изменение качества почвы. Косвенными свидетельствами протекания этих процессов является уплотнение (для *Filipendula ulmaria* и *Cirsium setosum*) или разрыхление субстрата (*Chamaenerion angustifolium*) относительно контроля в конце сезона. Полученные нами результаты совпадают с литературными данными для контрольных растений, поскольку практически все онтогенетические исследования получены в условиях полевого эксперимента с обязательными агрохимическими процедурами, в т. ч. прополкой. В естественных условиях, скорее всего, смена фаз развития и успешность генеративных процессов будут зависеть от совокупности действия различных факторов, в первую очередь от плодородности почв и видового состава растительных сообществ.

Заключение

Поверхностное внесение в посевы *P. pratensis* фитомассы других растений не только существенно ускоряет созревание семян, но также может существенно увеличивать генеративный потенциал мятлика (например, под влиянием *C. angustifolium*). Вероятно, данные эффекты объясняются изменением структуры и свойств почвы, аналогично действию растений-сидератов.

Библиография

Беленков А. И., Киричкова И. В., Габуншина А. А. Агроэколого-хозяйственный баланс и оптимизация природопользования на территории Камышинского района Волгоградской области // Экологический вестник Северного Кавказа. 2023. Т. 19, № 1. С. 60–67.

Вахрушева В. В., Прядильщикова Е. Н., Симонов Г. А. Продуктивность пастбищного фитоценоза в неблагоприятных погодных условиях // Эффективное животноводство. 2023. № 2 (184). С. 64–68. DOI: 10.24412/cl-33489-2023-2-64-68

Загурская Ю. В. Основные аспекты изучения инвазивных видов рода *Solidago* // Трансформация экосистем. 2022. Т. 5, № 2. С. 1–14. DOI: 10.23859/estr-211029

Загурская Ю. В., Уфимцев В. И. Влияние травяных настоев на прорастание семян *Solidago canadensis* и доминантных растений деградированных лесных почв // Экосистемы. 2022. Вып. 31. С. 95–101.

Кайбелева Э. И., Куренная Т. Е., Юдакова О. И. Влияние продолжительности фотопериода на проявление апомиксиса у *Poa pratensis* L. // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2016. Т. 14, вып. 2. С. 71–76.

Луганская С. Н., Лукиных Г. Л. Морфобиологическая характеристика многолетних злаковых трав, используемых для создания газонов в условиях Среднего Урала: Метод. указания. Екатеринбург: УГЛТУ, 2019. 35 с.

Медведев П. Ф., Сметанникова А. И. Кормовые растения европейской части СССР: Справочник. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1981. 336 с.

Тимошкин О. А., Тимошкина О. Ю. Многолетние травы для создания газонов в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 16–21. DOI: 10.25685/KRM.2023.47.76.001

Филимонова М. А., Тазина С. В. Исследование эффективности применения гуминовых удобрений в сочетании со стимуляторами роста на мятлике луговом // Вестник ландшафтной архитектуры. 2022. № 29. С. 73–76.

Цандекова О. Л., Колмогорова Е. Ю. Роль антиоксидантов в механизмах

адаптации *Poa pratensis* L. К влиянию древесных растений // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022. № 144. С. 132–138. DOI: 10.36305/0513-1634-2022-144-132-138

Clewell A. F., Aronson J. Motivations for the Restoration of Ecosystems // Conservation Biology. 2006. Vol. 20, issue 2. P. 420–428. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2006.00340.x

Funk J. L., Cleland E. E., Suding K. N., Zavaleta E. S. Restoration through reassembly: Plant traits and invasion resistance // Trends in Ecology & Evolution. 2008. Vol. 23, issue 12. P. 695–703. DOI: 10.1016/j.tree.2008.07.013

Li D., Wang J., Chen R., Chen J., Zong J., Li L., Hao D., Guo H. Nitrogen acquisition, assimilation, and seasonal cycling in perennial grasses: review // Plant Science. 2024. Vol. 342. P. 112054. DOI: 10.1016/j.plantsci.2024.112054

Malyshev A. V., Henry H. A. L. Frost damage and winter nitrogen uptake by the grass *Poa pratensis* L.: consequences for vegetative versus reproductive growth // Plant Ecology. 2012. Vol. 213. P. 1739–1747. DOI: 10.1007/s11258-012-0127-0

Pertierra L. R., Lara F., Benayas J., Hughes K. A. *Poa pratensis* L., current status of the longest-established non-native vascular plant in the Antarctic // Polar Biology. 2013. Vol. 36. P. 1473–1481. DOI: 10.1007/s00300-013-1367-8

Świerszcz S., Czarniecka-Wiera M., Szymura T. H., Szymura M. From invasive species stand to species-rich grassland: Long-term changes in plant species composition during *Solidago* invaded site restoration // Journal of Environmental Management, 2024. Vol. 353. P. 120216. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120216

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта гос. задания отдела Кузбасский ботанический сад ФИЦ УУХ СО РАН № АААА-А21-121011590010-5.

THE EFFECT OF THE PHYTO MASS OF COMPETING PLANTS ON THE FRUITING OF BLUEGRASS (*POA PRATENSIS*)

ZAGURSKAYA
Yulia Vasilyevna

*Ph.D., Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB
RAS (Kemerovo Leningradsky Ave., 10), syjil@mail.ru*

UFIMTSEV
Vladimir Ivanovich

*D.Sc., Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB
RAS (Kemerovo Leningradsky Ave., 10), uwy2079@gmail.com*

Keywords: plant competition, succession, degraded forest soils, bluegrass, goldenrod, seed reproduction, *Solidago canadensis*, *Filipendula ulmaria*, *Chamaenerion angustifolium*, *Cirsium setosum*

Reviewer:
S. V. Tazina

Received on:
08 July 2024

Published on:
23 December
2024

Summary: The remediation of anthropogenically disturbed phytocenoses and the interaction of their components is not only of theoretical, but also of economic significance. Bluegrass (*Poa pratensis*), yellow thistle (*Cirsium setosum*), meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) and rosebay willow herb (*Chamaenerion angustifolium*) are the main cenose-formers on degraded forest soils of the Kemerovo region. Of the invasive species that disrupt the natural development of communities, Canadian goldenrod (*Solidago Canadensis*) is the most widespread. We considered the fruiting aspects of the plants of meadow grass (*Poa pratensis*) with periodic application of phytomass of competitive plants growing in boxes in the open air. In the conditions of the 2022 growing season, *Poa pratensis* plants in all experimental variants entered the generative phase of development. Control plants had minimal seed maturity at the time of harvest, but a sufficiently large number of generative shoots forming. The best productive plants were formed with periodic application of rosebay willow herb (*C. angustifolium*) parts. In other variants, there was a decrease in the reproductive potential of experimental plants, especially the number of generative shoots. Generative development does not directly correlate with vegetative morphological traits. The observed changes are probably explained by changes in the characteristics of the soil substrate as a result of surface mulching by plant parts.