

Влияние биомассы лишайника на всхожесть и первичный рост корневищных злаков

О.М. ХРАМЧЕНКОВА

Оценивали влияние измельченной биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть и первичный рост проростков дикорастущих злаков – лисохвоста лугового и пырея ползучего. Показано, что всхожесть семян и первичный рост проростков лисохвоста лугового подавляется сильнее, чем пырея ползучего. Биомасса лишайника в количестве 0,01 г/см² на 22,1–29,1 % снижала энергию прорастания семян; на 21,5–25,8 % – всхожесть; на 40,9–66,7 % – длину корней; на 23,2–37,1 % – длину проростков; на 14,6–15,4 % – массу проростков лисохвоста лугового. При внесении 0,03–0,05 г/см² биомассы лишайника энергия прорастания семян лисохвоста лугового подавлялась на 53,1 %; всхожесть – на 54,8 %; рост корней – на 81,1 %; рост побегов – на 59,1 %; масса проростков снижалась на 47,4 %. Энергия прорастания и всхожесть семян пырея ползучего снижались на ¼ и на ½, соответственно только в присутствии биомассы лишайника в количестве 0,05 г/см². При этом рост корней снижался на 60,8–61,2 %; побегов – на 34,7–44,6 %; масса проростков – на 47,8 %.

Ключевые слова: кладония лесная, биомасса, лисохвост луговой, пырей ползучий, семена, энергия прорастания, всхожесть, длина корней, длина побегов, масса побегов, угнетение.

The effect of the crushed biomass of *Cladonia arbuscula* lichen on the germination and primary growth of rhizome cereals *Alopecurus pratensis* and *Elytrigia repens* was evaluated. Seed germination and primary growth of *Alopecurus pratensis* seedlings are suppressed more strongly than *Elytrigia repens*. Lichen biomass in the amount of 0,01 g/cm² decreased by 22,1–29,1 % – the energy of seed germination; 21,5–25,8 % – germination; 40,9–66,7 % – root length; by 23,2–37,1 % – the length of seedlings; 14,6–15,4 % – weight of seedlings of *Alopecurus pratensis*. When applying 0,03–0,05 g/cm² of lichen biomass, the seed germination energy of *Alopecurus pratensis* was suppressed by 53,1 %; germination – by 54,8 %; root growth – by 81,1 %; shoot growth – by 59,1 %; the mass of seedlings decreased by 47,4 %. Germination energy and germination of *Elytrigia repens* seeds decreased by ¼ and ½, respectively, only in the presence of lichen biomass in an amount of 0,05 g/cm². At the same time, root growth decreased by 60,8–61,2 %; shoots – by 34,7–44,6 %; the mass of seedlings is 47,8 %.

Keywords: *Cladonia arbuscula*, biomass, *Alopecurus pratensis*, *Elytrigia repens*, seeds, germination energy, germination, root length, shoot length, shoot mass, inhibition.

Введение. Бактерии, водоросли, грибы и грибоподобные организмы, а также высшие растения в процессе роста и развития выделяют в окружающую среду различные продукты своей жизнедеятельности. Назначение выводимых веществ может быть разным как для самих организмов, так и для окружающей их среды, а также для соседствующих с ними представителей различных таксонов. Среди всего прочего выделяются аллелопатически активные вещества, вызывающие угнетение роста и развития видов, не защищенных от аллелопатических агентов. Аллелопатически активные вещества, выделяемые в почву, влияют на прорастание семян и развитие проростков высших растений [1], [2]. Снижение энергии прорастания, падение всхожести, изменение морфометрических показателей и массы проростков являются внешними проявлениями аллелопатии и могут свидетельствовать о силе аллелопатического воздействия [1].

Эволюционно древние организмы, к которым относятся лишайники, используют выделяемые в окружающую среду вещества как для колонизации мест обитания, так и для повышения своей конкурентоспособности в биоцезах [3]. Для биомассы лишайников, экстрактов из нее и отдельных вторичных метаболитов показано наличие аллелопатической активности в отношении семян и проростков разных видов высших растений [4]–[7]. В последние десятилетия научный интерес к метаболитам лишайников вырос, что связано с их высокой биологической активностью. Подавляющее большинство лишайниковых веществ, для которых показаны антиоксидантные, фотозащитные, антибактериальные, противовоспалительные и многие другие свойства, не растворимы в воде, хотя при определенных условиях способны

образовывать водорастворимые соединения [8]. Химические свойства вторичных метаболитов лишайников таковы, что едва ли можно ожидать их значимого перехода в водорастворимую форму без сильных изменений рН раствора и высоких концентраций соответствующих катионов [9]. О собственно водорастворимых соединениях, выделяемых лишайниками в окружающую среду в прижизненных условиях, известно немного – во всяком случае, показано наличие и многообразие фенольных соединений [10].

Нами показано наличие как ростостимулирующего, так и аллелопатического влияния биомассы лишайников и экстрактов из них на всхожесть и первичный рост проростков зерновых злаков, овощных культур, древесных пород, а также рудеральных видов высших растений [11]–[15].

Целью настоящего исследования является оценка аллелопатического действия измельченной биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть и первичный рост двух видов корневищных злаков – лисохвоста лугового и пырея ползучего.

Методы исследований. Для исследования были выбраны многолетние корневищные злаки – короткорневищный лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.) и длиннокорневищный пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) – рисунок 1.



Alopecurus pratensis

Elytrigia repens

Cladonia arbuscula

Рисунок 1 – Объекты исследования [16]

Оба вида широко распространены в Беларуси, отличаются высокой семенной продуктивностью, способностью семян к прорастаню после очень короткого периода покоя. Общими свойствами обоих видов также являются: существенный вклад вегетативного размножения в расширение и возобновление популяций, высокая активность почек возобновления [16]. Созревшие семена лисохвоста лугового и пырея ползучего собирали в естественных местах обитания пригорода г. Гомеля, высушивали, после чего подвергали двухмесячной холодной стратификации при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, хранили в сухом темном месте при комнатной температуре. Перед началом эксперимента определяли всхожесть семян: $93,7 \pm 0,57\%$ для лисохвоста лугового и $96,8 \pm 0,92\%$ для пырея ползучего, на основании чего семена были признаны пригодными для исследования.

Биомассу кладонии лесной (*Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot.) (рисунок 1) отбирали на территории ГЛХУ «Гомельский лесхоз» в сухом сосняке, отбрасывали нижнюю часть подстилки – около 5 мм, сушили до воздушно-сухого состояния, измельчали при помощи лабораторной мельницы (максимальная длина частиц – 3 мм).

Семена дикорастущих злаков проращивали на свету в пластиковых контейнерах при температуре $24 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Выполняли две серии опытов. В первой серии на дно контейнера укладывали 3 слоя фильтровальной бумаги, на поверхности верхнего слоя равномерно распределяли измельченную биомассу лишайника, в которую выкладывали семена проращиваемых видов растений. Во второй серии опытов на дно контейнера укладывали 2 слоя фильтровальной бумаги, на поверхности верхнего слоя равномерно распределяли измельченную биомассу лишайника, покрывали ее еще одним слоем фильтровальной бумаги, на поверхность которого выкладывали семена растений. Навески биомассы лишайника составляли 0,01; 0,03 и 0,05 г на 1 см^2 ложка прорастания семян. Для контрольных опытов использовали аналогичные подложки из фильтровальной бумаги без нанесения биомассы лишайника.

Для каждого варианта опытов проращивали по 50 семян в пятикратной повторности, для увлажнения среды проращивания использовали смесь Кнопа, разведенную водой в соотношении 1:10.

Учеты всхожести, взвешивание проростков, а также измерения длины корневой системы и длины побегов производили на 3, 5, 7, 10, 15 и 30-е сутки. Энергию прорастания семян лисохвоста лугового оценивали на 7-е сутки; пырея ползучего – на 5-е сутки; всхожесть обоих видов определяли на 15-е сутки. Полученные результаты обрабатывали с использованием стандартного программного продукта Статистика 7.0.

Результаты и их обсуждение. Присутствие в среде прорастания биомассы лишайника кладония лесная влияло на всхожесть семян и первичный рост проростков злаковых трав. Степень влияния зависела от количества внесенной биомассы лишайника, положения биомассы относительно семян, и отличалась видовой специфичностью: всходы лисохвоста лугового подавлялись сильнее, чем пырея ползучего.

Энергия прорастания семян характеризует единовременность начала их прорастания. Даже если семена и прорастают после даты определения энергии прорастания, они являются отстающими. В присутствии биомассы *Cladonia arbuscula* резко снижалась энергия прорастания и всхожесть лисохвоста лугового – рисунок 2.

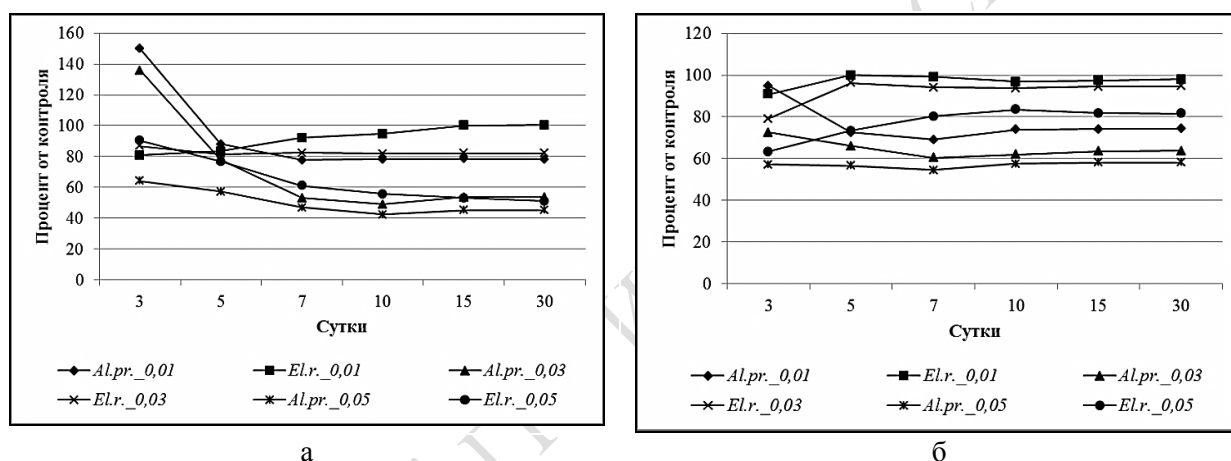


Рисунок 2 – Всхожесть семян лисохвоста лугового и пырея ползучего на пятые – тридцатые сутки опыта: а – биомасса лишайника находится на ложе проращивания; б – биомасса лишайника находится под ложем проращивания

Здесь и далее приняты следующие условные обозначения:

- *Al.pr._0,01* – лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*); 0,01 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной;
- *Al.pr._0,03* – лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*); 0,03 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной;
- *Al.pr._0,05* – лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*); 0,05 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной;
- *El.r._0,01* – пырей ползучий (*Elytrigia repens*); 0,01 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной;
- *El.r._0,03* – пырей ползучий (*Elytrigia repens*); 0,03 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной;
- *El.r._0,05* – пырей ползучий (*Elytrigia repens*); 0,05 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной.

В сериях опытов, где измельченная биомасса лишайника присутствовала на ложе прорастания семян, снижение энергии прорастания составляло $29,1 \pm 0,92$ %; $46,9 \pm 0,68$ % и $53,1 \pm 0,96$ % для вариантов 0,01; 0,03 и 0,05 г/см² биомассы соответственно – рисунок 2а. Снижение всхожести лисохвоста лугового в присутствии биомассы лишайника составляло $22,5 \pm 0,62$ %; $46,2 \pm 0,51$ % и $54,8 \pm 0,88$ % для вариантов 0,01; 0,03 и 0,05 г/см² биомассы соответственно.

В сериях опытов, где измельченная биомасса лишайника была отделена от семян лисохвоста лугового одним слоем фильтровальной бумаги, и прорастание происходило в водной среде, содержащей выщелачивания из кладонии лесной, но без непосредственного контакта с ней, снижение энергии прорастания и всхожести семян достоверно отличалось от приведенных выше значений и составляло $22,1 \pm 0,38 \%$; $39,5 \pm 0,82 \%$; $44,4 \pm 1,02 \%$ (энергия прорастания) и $25,8 \pm 0,52 \%$; $36,6 \pm 0,89 \%$; $41,9 \pm 0,73 \%$ (всхожесть) для вариантов 0,01; 0,03 и $0,05 \text{ г/см}^2$ биомассы соответственно – рисунок 2б.

Таким образом, установлено, что измельченная биомасса лишайника *Cladonia arbuscula* в количестве 100 г/м^2 примерно на четверть снижает энергию прорастания и всхожесть семян лисохвоста лугового и наполовину подавляет прорастание семян при внесении 300–500 г лишайника на квадратный метр. По нашим оценкам, насыпная плотность измельченной биомассы кладонии лесной составляет $342 \pm 4,62 \text{ г/дм}^3$, что дает представление об обсуждаемом количестве лишайника.

Энергия прорастания и всхожесть семян пырея ползучего снижались на $\frac{1}{4}$ и на $\frac{1}{2}$ соответственно только в присутствии биомассы лишайника в количестве 500 г/м^2 и при непосредственном контакте с семенами – рисунок 2.

Успешный рост первичных корней и побегов является залогом благополучия проростка, формирования в дальнейшем корневищ, почек возобновления и иных структур, позволяющих растениям конкурировать в фитоценозе и переживать неблагоприятные условия окружающей среды. Нами установлено угнетающее влияние биомассы лишайника *Cladonia arbuscula* на первичный рост корней и проростков лисохвоста лугового и пырея ползучего – рисунки 3 и 4. Можно говорить о зависящем от вносимого количества биомассы аллелопатическом подавлении роста корней и побегов лисохвоста лугового и пырея ползучего лишайником кладония лесная.

При внесении измельченной биомассы лишайника в количестве $0,01 \text{ г/см}^2$ на 30-е сутки роста корни лисохвоста лугового отставали от контроля на $40,9 \div 66,7 \%$; пырея ползучего – всего на $4,5 \div 8,2 \%$. При внесении большего количества биомассы лишайника ($0,03$ и $0,05 \text{ г/см}^2$) корневые системы лисохвоста лугового росли хуже, чем у контрольных растений на $49,5 \div 73,5 \%$ и $72,4 \div 81,1 \%$ соответственно. Рост корней пырея ползучего активнее подавлялся (на $43,5 \div 61,2 \%$) при их непосредственном контакте с биомассой лишайника. Следует отметить, что корни проростков пырея ползучего «преодолевали» биохимический стресс, возникший от присутствия $0,01 \text{ г/см}^2$ биомассы лишайника в среде проращивания. При более высоких значениях содержания лишайниковой массы, корни проростков не справлялись с воздействием лишайниковых веществ и все больше отставали в росте от контрольных растений.

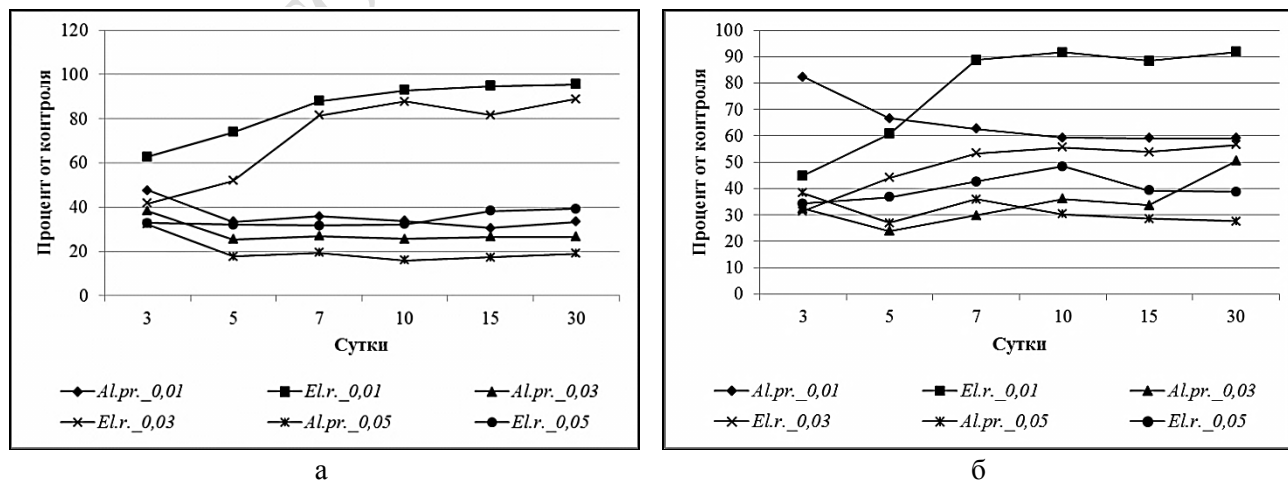


Рисунок 3 – Длина корней всходов лисохвоста лугового и пырея ползучего на пятые – тридцатые сутки опыта: а – биомасса лишайника находится на ложе прорастания; б – биомасса лишайника находится под ложем прорастания

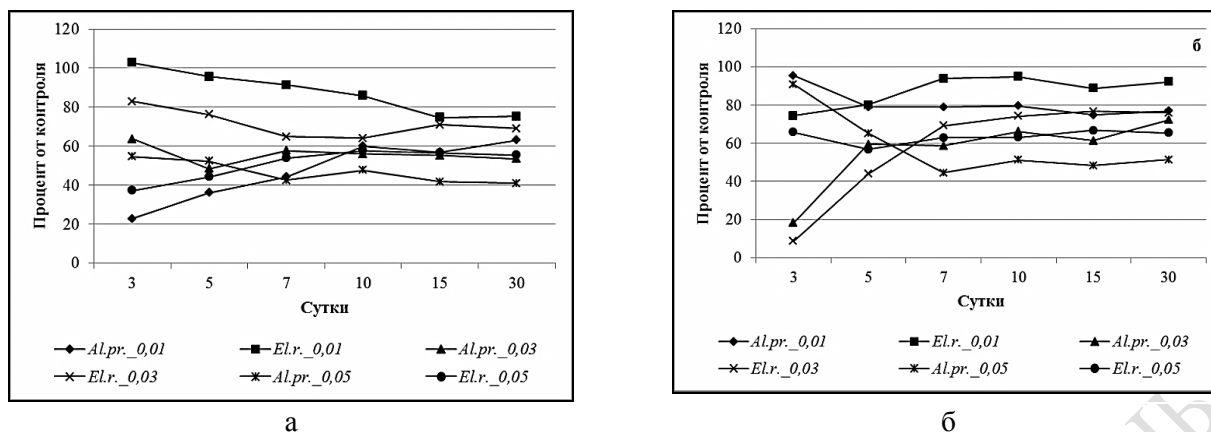


Рисунок 4 – Длина побегов всходов лисохвоста лугового и пырея ползучего на пятые – тридцатые сутки опыта: а – биомасса лишайника находится на ложе прорастания; б – биомасса лишайника находится под ложем прорастания

Рост побегов корневищных злаков угнетался несколько меньше – до 59 % у лисохвоста лугового и до 44,6 % у пырея ползучего – рисунок 4. На рост побега влияло не только количество внесенной в среду прорастания биомассы лишайника, но и ее расположение относительно проростков – в отсутствии прямого контакта проростка с лишайником ингибирование роста побега было на 10–15 % слабее.

При проращивании семян дикорастущих злаков в среде с биомассой лишайника мы обратили внимание на «щуплость» проростков – они явно имели меньшую массу, чем контрольные экземпляры – рисунок 5.

Присутствие биомассы лишайника в количестве 0,01 г/см² на ложе прорастания семян лисохвоста лугового и под ним вызывало снижение массы проростков в первую декаду проращивания и последующее ее наращивание, несмотря на отставание в росте корней и побегов. Присутствие биомассы лишайника в количестве 0,03 и 0,05 г/см² вызывало снижение массы проростков лисохвоста лугового, причем величины этого снижения коррелировали с отставанием в росте корней и побегов.

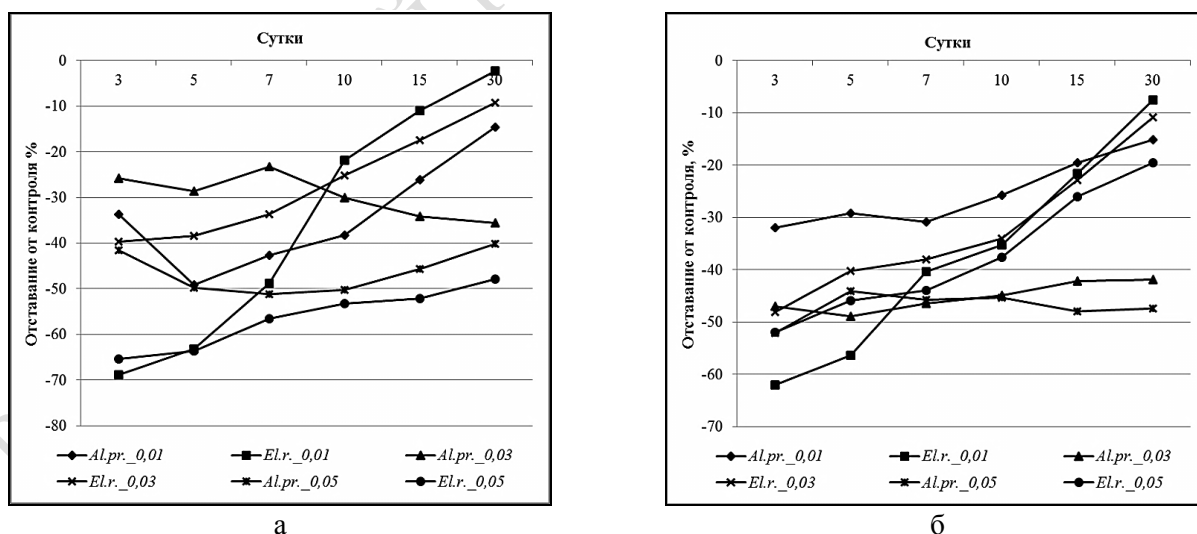


Рисунок 5 – Масса проростков лисохвоста лугового и пырея ползучего на пятые – тридцатые сутки опыта: а – биомасса лишайника находится на ложе прорастания; б – биомасса лишайника находится под ложем прорастания

Проростки пырея ползучего ликвидировали дефицит массы к 30-м суткам выращивания в случаях, когда биомасса лишайника была отделена от них и не справлялись с этой задачей при непосредственном контакте с лишайником в количестве 0,05 г/см².

Таким образом, ингибирующее влияние биомассы лишайника *Cladonia arbuscula* на всхожесть семян и первичный рост проростков лисохвоста лугового и пырея ползучего видоспецифично и зависит от количества внесенной биомассы.

Заключение. Оценивали влияние измельченной биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть и первичный рост проростков дикорастущих злаков – лисохвоста лугового и пырея ползучего. Показано, что всхожесть семян и первичный рост проростков лисохвоста лугового подавляется сильнее, чем пырея ползучего. Внесение 0,01 г/см² биомассы лишайника в среду прорастания лисохвоста лугового на 22,1–29,1 % снижает энергию прорастания семян; на 21,5–25,8 % – их всхожесть; на 40,9–66,7 % – длину корней; на 23,2–37,1 % – длину проростков; на 14,6–15,4 % – их массу. При внесении 0,03–0,05 г/см² биомассы лишайника энергия прорастания семян лисохвоста лугового подавлялась до 46,9 % от контроля; всхожесть – до 45,2 %; рост корней – до 19,1 %; рост побегов – до 41,1 %; масса проростков снижалась на 47,4 %. Энергия прорастания и всхожесть семян пырея ползучего снижались на ¼ и на ½ соответственно только в присутствии биомассы лишайника в количестве 0,05 г/см². При этом рост корней снижался на 60,8–61,2 %; побегов – на 34,7–44,6 %; масса проростков – на 47,8 %.

Литература

1. Reigosa, M.J. Allelopathy: a physiological process with ecological implications / M.J. Reigosa, N. Pedrol, L. González. – Springer : Science & Business Media, 2006. – 638 p.
2. Rice, E.L. Allelopathy. Physiological ecology / E.L. Rice. – Orlando, FL : Academic Press, 1984. – 424 p.
3. Bhattacharyya, S. Lichen secondary metabolites and its biological activity / S. Bhattacharyya [et al.] // American journal of PharmTech research. – 2016. – Vol. 6 (6). – P. 29–44.
4. Favero-Longo, S.E. Lichen-plant interactions / S.E. Favero-Longo, R. Piervittori // Journal of plant interactions. – 2010. – Vol. 5. – P. 163–177.
5. Deines, L. Germination and seedling establishment of two annual grasses on lichen-dominated biological soil crusts / L. Deines [et al.] // Plant and Soil. – 2007. – Vol. 295 (1–2). – P. 23–35.
6. Peres, M.T.L.P. Allelopathic potential of orsellinic acid derivatives / M.T.L.P. Peres [et al.] // Braz. Arch. Biol. Technol. – 2009. – Vol. 52 (4). – P. 1019–1026.
7. Тарасова, В.Н. Лишайники: физиология, экология, лишеноиндикация: учебное пособие / В.Н. Тарасова, А.В. Сони́на, В.И. Андросова. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2012. – 368 с.
8. Ranković, B. Lichen secondary metabolites: bioactive properties and pharmaceutical potential / B. Ranković. – Heidelberg : Springer, 2015. – 201 p.
9. Huneck, S. Identification of lichen substances / S. Huneck, I. Yoshimura. – Berlin : Springer, 1996. – 493 p.
10. Zagoskina, N.V. Water-soluble phenolic compounds in lichens / N.V. Zagoskina [et al.] // Microbiology. – 2013. – Vol. 82 (4). – P. 445–452.
11. Храмченкова, О.М. Влияние биомассы эпифитных лишайников на прорастание семян злаковых культур / О.М. Храмченкова // Наука и инновации. – 2017. – № 5. – С. 68–72.
12. Храмченкова, О.М. Влияние биомассы лишайников на прорастание семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) / О.М. Храмченкова // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. научн. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2017. – Вып. 77. – С. 396–402.
13. Храмченкова, О.М. Влияние экстрактов из лишайников на прорастание семян сосны обыкновенной / О.М. Храмченкова // Бюллетень Брянского отделения РБО. – 2018. – № 2 (14). – С. 50–55.
14. Храмченкова, О.М. Влияние биомассы лишайников на прорастание семян корнеплодных культур / О.М. Храмченкова // Веснік ВДУ імя П.М. Машэрава. – 2019. – № 2 (103) – С. 82–86.
15. Храмченкова, О.М. Аллелопатическое действие биомассы лишайника на всходы рудеральных растений семейства капустные / О.М. Храмченкова // Теоретическая и прикладная наука. – 2019. – Т. 72, № 4. – С. 109–115.
16. Planetarium [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.plantarium.ru>. – Data of access : 18.09.2019.