

Неоднозначность влияния биомассы лишайника на всхожесть и первичный рост двудольных сорняков

О.М. ХРАМЧЕНКОВА, Е.С. НАЗАР

Оценивали влияние измельченной биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть и первичный рост проростков сорных растений: щирицы запрокинутой, щавеля кислого, подорожника большого и клевера ползучего. Показана высокая аллелопатическая активность биомассы лишайника в отношении щирицы запрокинутой. Энергия прорастания, всхожесть семян, рост корней и побегов щавеля кислого подавлялись при их контакте с биомассой лишайника; для проявления аллелопатического действия на подорожник большой требовалось 0,05 г/см² биомассы лишайника. Для клевера ползучего биомасса кладонии лесной является умеренным стимулятором роста (0,01–0,03 г/см²), или умеренным антагонистом роста (0,05 г/см²).

Ключевые слова: биомасса лишайника, щирица запрокинутая, щавель кислый, подорожник большой, клевер ползучий, семена, энергия прорастания, всхожесть, длина корней, длина побегов, угнетение, стимуляция.

The effect of the crushed biomass of *Cladonia arbuscula* lichen on the germination and primary growth of dicotyledonous weeds *Amaranthus retroflexus*, *Rumex acetosa*, *Plantago major* and *Trifolium repens* was evaluated. High allelopathic activity of lichen biomass against *Amaranthus retroflexus* was shown. Seed germination, root and shoot growth of *Rumex acetosa* were suppressed by contact with lichen biomass. For manifestation of the lichen allelopathic effect on *Plantago major*, 0,05 g/cm² of lichen biomass was required. For *Trifolium repens*, the *Cladonia arbuscula* biomass was a moderate growth promoter (0,01–0,03 g/cm²), or a moderate growth antagonist (0,05 g/cm²).

Keywords: *Cladonia arbuscula*, biomass, *Amaranthus retroflexus*, *Rumex acetosa*, *Plantago major*, *Trifolium repens*, seeds, germination energy, germination, root length, shoot length, inhibition, stimulation.

Введение. Взаимоотношения лишайников и высших растений изучают более 100 лет [1], однако в последние десятилетия возрос научный интерес к аллелопатическим свойствам лишайников и содержащихся в них вторичных метаболитов [2]–[5]. Исследования такого рода связаны не только с тем, что в естественных условиях имеет место сосуществование лишайников и высших растений, но и с активизацией поиска способов получения пестицидов из природного сырья [6]. Речь не идет об извлечении вторичных метаболитов из лишайников и внесении их в агроценозы. Во главу угла ставится изучение механизмов химического взаимодействия экологически удаленных друг от друга организмов: лишайников и культурных растений, или лишайников и сорных растений – рудеральных и/или сеgetальных, зачастую являющихся тем и другим.

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 двудольных и однодольных сорняков [7]–[11].

Целью настоящего исследования является оценка действия измельченной биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть и первичный рост четырех видов двудольных сорняков.

Методы исследований. Для исследования выбрали двудольные сорные растения, относящиеся к различным семействам – агрессивный однолетний сорняк щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), многолетник щавель кислый (*Rumex acetosa* L., nom. cons.), широко распространенный подорожник большой (*Plantago major* L.) и устойчивый к вытаптыванию и стравливанию клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) – рисунок 1.

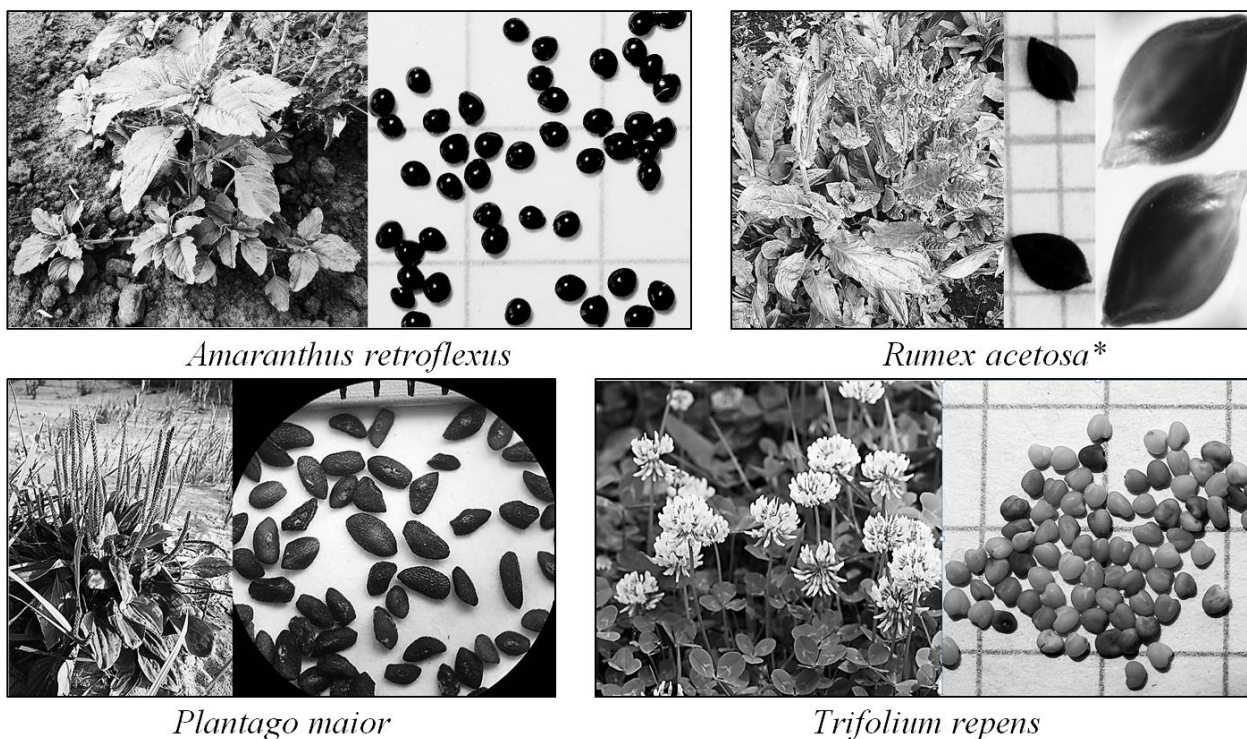


Рисунок 1 – Объекты исследования [12]

* – фотографии семян – авторские.

Созревшие плоды сорных растений собирали в естественных местах обитания пригорода г. Гомеля, высушивали, извлекали семена, которые подвергали двухмесячной холодной стратификации при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, после чего хранили в темноте при комнатной температуре. Перед началом эксперимента определяли всхожесть семян, на основании чего признавали их пригодность исследования.

Биомассу кладонии лесной (*Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot.) отбирали на территории ГЛХУ «Гомельский лесхоз», освобождали от лесного детрита, сушили до воздушно-сухого состояния, затем отбрасывали нижнюю часть подстеблей – около 5 мм, измельчали при помощи лабораторной мельницы, просеивали через сито с диаметром отверстий 2,5 мм.

Семена сорных растений проращивали на свету в пластиковых контейнерах при температуре $22 \pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Выполняли две серии опытов. В первой серии на дно контейнера укладывали три слоя фильтровальной бумаги; на поверхности верхнего слоя равномерно распределяли измельченную биомассу лишайника, в которую выкладывали семена изучаемых 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 ложа прорастания семян. Для контрольных опытов использовали аналогичные подложки из фильтровальной бумаги без нанесения биомассы лишайника.

В каждом варианте опытов проращивали по 50 семян в пятикратной повторности, для увлажнения среды проращивания использовали смесь Кнопа, разведенную водой в соотношении 1:10.

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

Результаты и их обсуждение. Установлено аллелопатическое действие биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть семян и первичный рост проростков щирицы запрокинутой – рисунок 2.

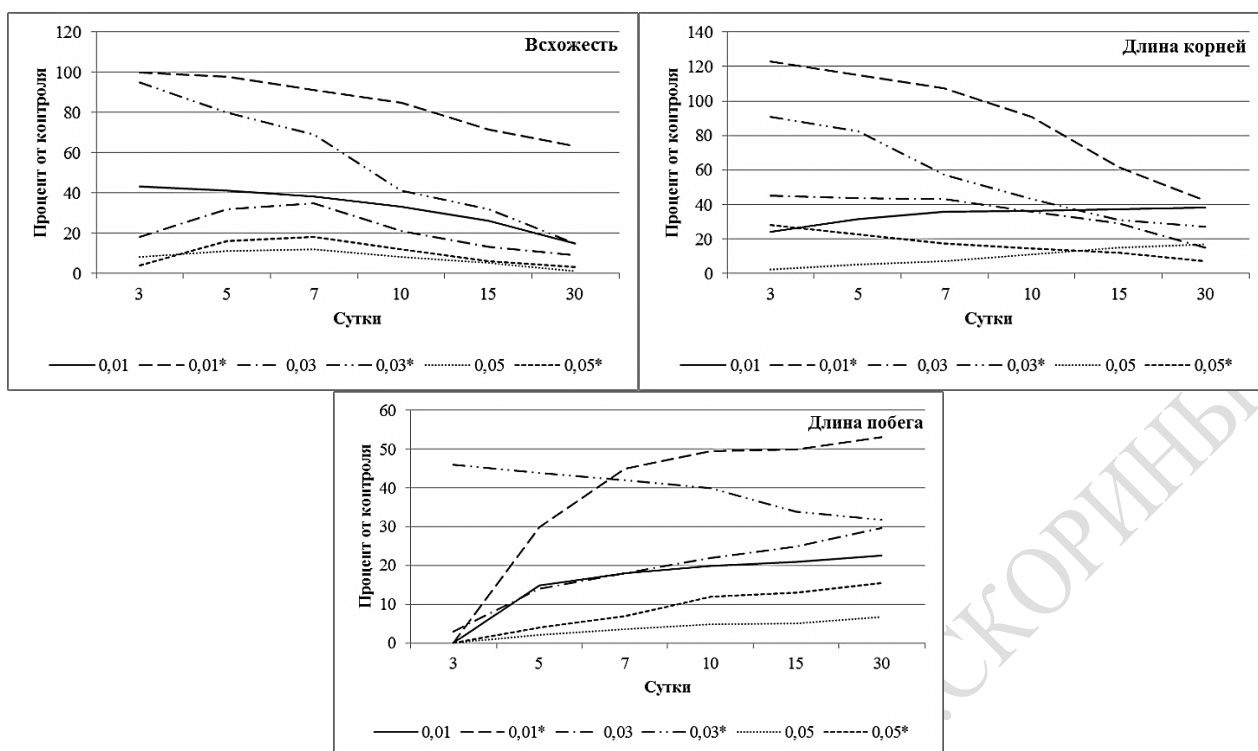


Рисунок 2 – Всхожесть семян и ход роста проростков щиряцы запрокинутой на третьи–тридцатые сутки опыта

Здесь и далее приняты следующие условные обозначения:

- 1) 0,01 – 0,01 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной находилось на ложе прорастания семян;
- 2) 0,01* – 0,01 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной находилось под ложем прорастания семян;
- 3) 0,03 – 0,03 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной находилось на ложе прорастания семян;
- 4) 0,03* – 0,03 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной находилось под ложем прорастания семян;
- 5) 0,05 – 0,05 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной находилось на ложе прорастания семян;
- 6) 0,05* – 0,05 г/см² измельченной биомассы кладонии лесной находилось под ложем прорастания семян.

Если биомасса лишайника находилась в непосредственном контакте с семенами щиряцы запрокинутой, энергия их прорастания снижалась на $59,2 \div 89,1\%$; всхожесть – на $66,7 \div 92,3\%$ по сравнению с контролем. Такое подавление свидетельствует о воздействии лишайниковых веществ на все многообразие биохимических процессов набухающих и проклевывающихся семян. В опытах, где биомасса лишайника была отделена от семян, аллелопатическое действие проявлялось только при содержании биомассы $0,05$ г/см², тогда как при $0,01 \div 0,03$ г/см² в сроки определения энергии прорастания семян проявлялось зависящее от количества биомассы лишайника ингибирование. На 15–30-е сутки наблюдений количество проростков составляло до 15 % от контроля, за исключением серии опытов, где биомасса лишайника было мало ($0,01$ г/см²), и она была отделена от прорастающих семян слоем фильтровальной бумаги. У выживших проростков щиряцы запрокинутой на протяжении 30 суток наблюдений отмечалось резкое подавление роста корешков и побегов, причем процент отставания от контрольных экземпляров для большинства вариантов опытов мало изменялся. На примере серии опытов с количеством биомассы лишайника $0,01$ г/см², отделенной от прорастающих семян щиряцы запрокинутой, можно проследить процесс «борьбы» проростков с явно токсичным для них окружением из выщелачивающихся лишайниковых веществ. Падения энергии прорастания у этих семян не обнаружено, всхожесть снизилась на 15,1 %, рост первичных корешков сначала превышал контрольные значения на 23,2 % (попытка корней «выбраться» из неблагоприятной среды), а затем отстал от таковых на 58,3 % к тридцатому дню опыта. Первичные побеги описываемых опытных экземпляров на протяжении 30 суток сокращали отставание в росте от контрольных экземпляров (еще один способ преодоления фитостресса), но уже через 10 суток скорость прироста проростков упала, по-

видимому, из-за нарастающей интоксикации корней. Таким образом, всхожесть семян и первичный рост проростков щиряцы запрокинутой успешно подавляются увлажненной биомассой лишайника кладония лесная.

На рисунке 3 представлены результаты определения всхожести и показателей первичного роста проростков щавеля кислого.

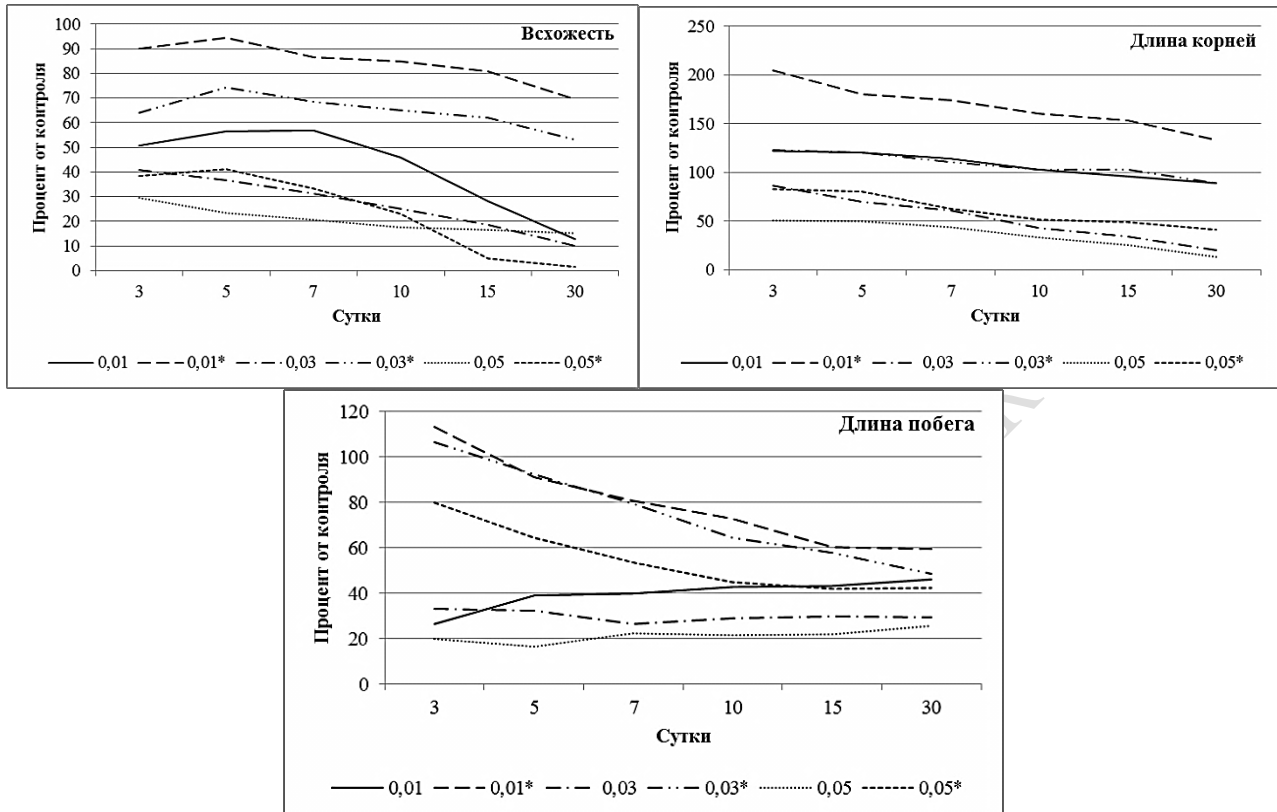


Рисунок 3 – Всхожесть семян и ход роста проростков щавеля кислого на третьи–тридцатые сутки опыта

Реакция семян и проростков щавеля кислого на воздействия биомассы лишайника кладония лесная проявлялась в том, что собственно аллелопатическое подавление ростовых процессов было только при содержании биомассы $0,05 \text{ г/см}^2$. При непосредственном контакте биомассы лишайника с семенами энергия их прорастания снижалась на $43,3 \div 76,7 \%$; всхожесть – на $54,2 \div 82,5 \%$, тогда как при отсутствии такого контакта данные показатели составили $5,6 \div 58,9 \%$ и $15,0 \div 77,1 \%$, соответственно. Следует отметить, что гибель проростков нарастала на протяжении всего периода наблюдений, то есть количество выживших экземпляров на даты определения энергии прорастания семян и их всхожести не соответствовало таковому к 30-м суткам эксперимента. Это свидетельствует о постепенном развитии фитостресса, связанного с выщелачиванием лишайниковых веществ из биомассы и нарастанием концентрации токсичных для проростков веществ. Данное соображение в определенной степени подтверждается результатами измерения длины первичных корешков щавеля кислого. Когда они росли в непосредственном контакте с биомассой лишайника, то имела место определенная стимуляция роста при $0,01 \text{ г/см}^2$ и нарастающее угнетение вплоть до $13,3 \div 19,8 \%$ от контрольных значений. Отделение биомассы лишайника от растущих корешков щавеля кислого вызывало сильную стимуляцию роста при $0,01 \text{ г/см}^2$, слабую стимуляцию при $0,03 \text{ г/см}^2$ и меньшее угнетение роста при $0,05 \text{ г/см}^2$. Отставание в росте первичных побегов щавеля кислого было резко аллелопатичным и мало зависело от содержания лишайника в среде прорастания, если биомасса присутствовала на поверхности ложа прорастания. При отделении биомассы лишайника от проростков имело место стремительное снижение скорости роста проростков – до половины длины контрольных экземпляров к 30-м

суткам наблюдений. Таким образом, аллелопатическое действие биомассы лишайника кладония лесная на семена и проростки шавеля кислого в наибольшей степени проявляется при их непосредственном контакте в среде прорастания.

На рисунке 4 представлены результаты определения всхожести и показателей первичного роста проростков подорожника большого.

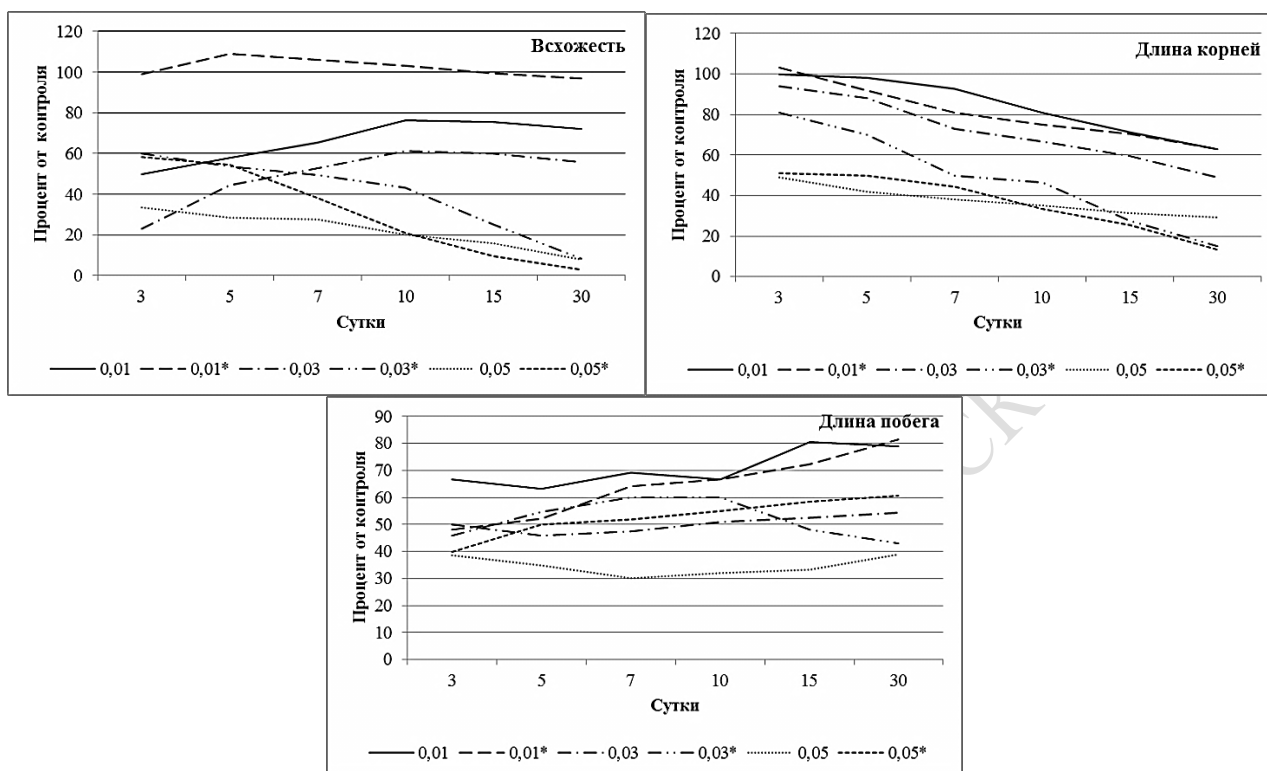


Рисунок 4 – Всхожесть семян и ход роста проростков подорожника большого на третьи–тридцатые сутки опыта

Семена и проростки подорожника большого реагировали на присутствие биомассы лишайника кладония лесная схожим образом. Эффектов стимуляции первичного роста проростков нами не обнаружено. Энергия прорастания семян в присутствии биомассы лишайника на ложе прорастания снижалась на $42,1 \div 71,6$ %; всхожесть – на $23,7 \div 79,8$ %. Если биомасса лишайника в количестве $0,01 \text{ г/см}^2$ находилась под ложем прорастания семян, она не влияла на величины энергии прорастания и всхожести. При больших количествах биомассы лишайника данные показатели снижались до $28,4 \div 44,2$ % и $20,2 \div 61,2$ % от контроля, соответственно. Корни отставали в росте от контрольных экземпляров, причем для содержания лишайника $0,01 \text{ г/см}^2$ и $0,05 \text{ г/см}^2$ это отставание практически не зависело от того, находилась ли биомасса на ложе прорастания, или под ним. Первичные побеги подорожника большого также наполовину и более отставали в росте от контрольных экземпляров, причем величина такого отставания мало изменялась на протяжении 30 суток наблюдений, за исключением серий опытов, где содержание биомассы лишайника составляло $0,01 \text{ г/см}^2$. В этом случае отставание в росте медленно уменьшалось. Таким образом, аллелопатическое действие лишайника кладония лесная на семена и всходы подорожника большого проявляется при высоком содержании биомассы в среде прорастания.

Наименее уязвимыми для веществ, выщелачивающихся из влажной биомассы лишайника кладония лесная, были семена и проростки клевера ползучего – рисунок 5.

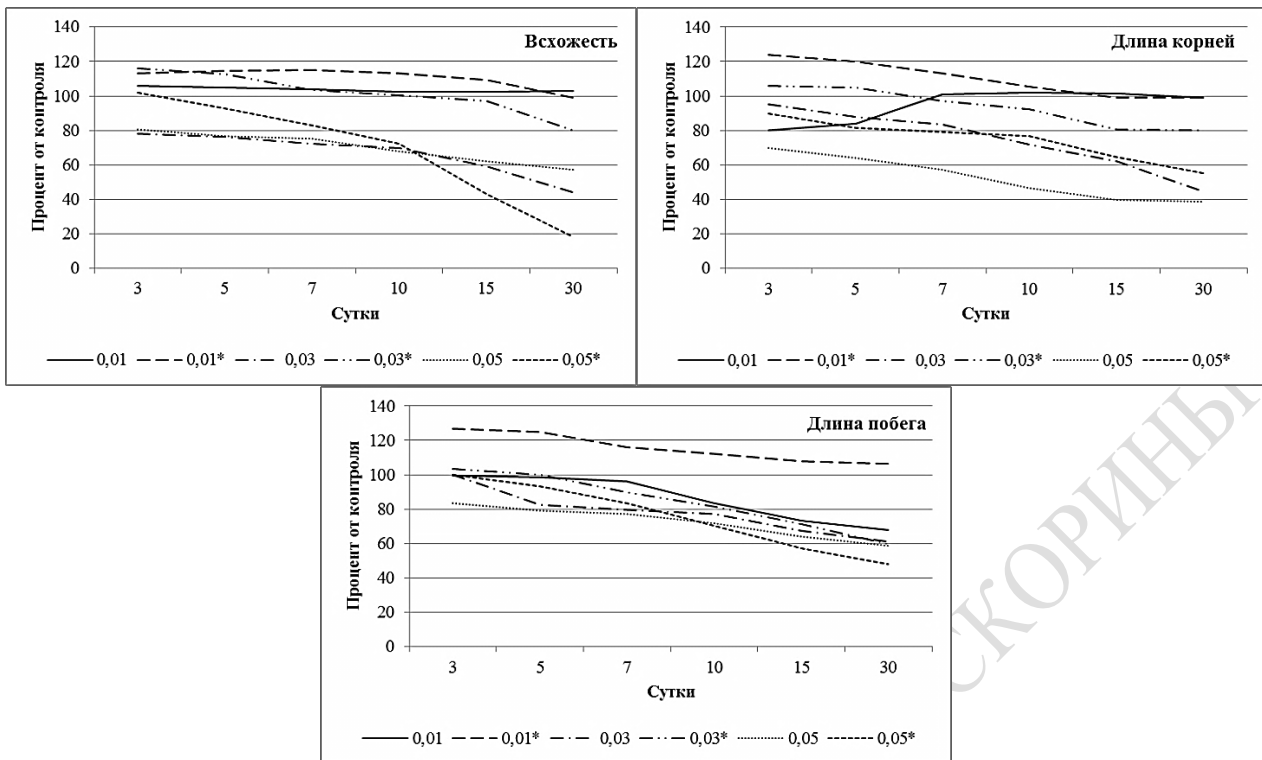


Рисунок 5 – Всхожесть семян и ход роста проростков клевера ползучего на третьи–тридцатые сутки опыта

Присутствие $0,01 \text{ г/см}^2$ биомассы лишайника не только не снижало энергии прорастания и всхожести семян клевера ползучего, но на $13,3 \div 14,6 \%$ стимулировало их, если семена были отделены слоем фильтровальной бумаги. Даже $0,03 \div 0,05 \text{ г/см}^2$ биомассы лишайника в этом случае не снижали энергии прорастания семян, и только на $27,5 \%$ ($0,05 \text{ г/см}^2$) уменьшали всхожесть. Примечательно, что $0,03 \div 0,05 \text{ г/см}^2$ биомассы лишайника, присутствующие на ложе прорастания семян, на $23,2 \div 32,1 \%$ понижали энергию прорастания и всхожесть. Рост первичных корней и побегов подавлялся только $0,05 \text{ г/см}^2$ биомассы лишайника. Таким образом, биомасса лишайника кладония лесная оказывает как стимулирующее, так и угнетающее действие на прорастание семян и первичный рост проростков клевера ползучего.

Заключение. Оценивали влияние измельченной биомассы лишайника кладония лесная на всхожесть и первичный рост проростков сорных растений – щирицы запрокинутой, щавеля кислого, подорожника большого и клевера ползучего. Показано, что имеет место выраженное аллелопатическое действие биомассы лишайника на всхожесть семян и первичный рост проростков щирицы запрокинутой. Собственно аллелопатическое действие биомассы лишайника на семена и проростки щавеля кислого в наибольшей степени проявляется при их непосредственном контакте в среде прорастания; подорожника большого – при высоком содержании биомассы в среде прорастания. Для клевера ползучего биомасса кладонии лесной является умеренным стимулятором роста ($0,01\text{--}0,03 \text{ г/см}^2$), или умеренным антагонистом роста ($0,05 \text{ г/см}^2$).

Литература

1. Favero-Longo, S.E. Lichen-plant interactions / S.E. Favero-Longo, R. Piervittori // Journal of Plant Interactions. – 2010. – Vol. 5. – P. 163–177.
2. Tigre, R.C. Potential phenolic bioherbicides from *Cladonia verticillaris* produce ultrastructural changes in *Lactuca sativa* seedlings / R.C. Tigre [et al.] // South African Journal of Botany. – 2015. – Vol. 98. – P. 16–25.

3. Goel, M. Investigation of Allelopathic Potentiality of the Himalyan Lichen *Parmelia reticulata* Tayl. against *Phalaris minor* retz. / M. Goel [et al.] // APCBEE Procedia. – 2014. – Vol. 9. – P. 140–144.
4. Gazo, S.M.T. Antimicrobial and herbicidal activities of the fruticose lichen Ramalina from Guimaras island, Philippines / S.M.T. Gazo [et al.] // BIOTROPIA. – 2019. – Vol. 26 (1). – P. 23–32.
5. Peres, M.T.L.P. Herbicidal and Plant-growth Stimulating Effects of Phenolic Compounds Isolated from Lichens / M.T.L.P. Peres [et al.] // Orbital: Electron. J. Chem. – 2015. – Vol. 7 (3). – P. 275–281.
6. Храмченкова, О.М. Влияние биомассы эпифитных лишайников на прорастание семян злаковых культур / О.М. Храмченкова // Наука и инновации. – 2017. – № 5. – С. 68–72.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Храмченкова, О.М. Влияние биомассы лишайника на всхожесть и первичный рост корневищных злаков / О.М. Храмченкова // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2019. – № 6 (117). – С. 91–96.
12. Planetarium [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.planetarium.ru>. – Date of access : 19.02.2020.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступила в редакцию 24.02.2020