

УДК 574.4

*Ю.В. Симонов*¹

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ НА ГУМИФИКАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА

Показаны методики создания лабораторных микроэкосистем, группировок мелких членистоногих и физико-химических исследований. На основе инструментальных исследований количественно оценено влияние температуры на соотношение процессов минерализации и гумификации растительных остатков при участии мелких членистоногих. Анализ результатов измерений показателей процесса гумификации отчетливо выявил, что температурный режим опада сказывается на интенсивности гумусонакопления и на показателях степени зрелости гумусовых кислот. Деятельность микроартропод уменьшает зависимость накопления гумусовых веществ от температуры.

Ключевые слова: микроорганизмы, микроартроподы, температура, минерализация, гумификация, растительные остатки, деструкция, микроэкосистема.

Введение

В природных экосистемах процесс разложения растительных остатков, соотношение процессов минерализации и гумификации зависят от условий увлажнения, воздушного и теплового режима, состава и количества растительных остатков и жизнедеятельности почвенной биоты.

Различные температурные режимы создают значительные колебания не только в ана- или аэробности условий, но и в скорости и направлении химического и биохимического процессов деструкции, а также в активности почвенной биоты.

Однако данная проблема окончательно не решена, и во многом из-за невозможности раздельного изучения влияния различных абиотических факторов на процесс деструкции в естественных условиях.

Материал и методика

Мы обратились к лабораторным микроэкосистемам, имеющим четкие границы заданных параметров, легко воспроизводимым и удобным для экспериментирования.

¹© Симонов Ю.В., 2015

Симонов Юрий Владимирович (ivanov@mail.ru), (yuriisimonov@bk.ru), кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности, Самарский государственный экономический университет, 443090, Российская Федерация, г. Самара, ул. Советской Армии, 141.

1. *Состав опада.* Искусственную лесную подстилку создавали из листьев дуба, липы и лещины, собранную зимой с деревьев и кустарников.

Многолетние исследования подвели к оптимальному количеству искусственного опада в 10 г воздушно-сухого веса в микрокосмах объемом 1 л [12].

Опад увлажнялся до 60 % от полной его влагоемкости. Температура содержания сосудов — 20–22 °С. Сосуды закрыты двухслойной марлевой повязкой. Периодичность увлажнения опада в пересчете на полную влагоемкость — один раз в неделю.

2. *Методика разделения функциональных групп почвенной биоты*

Разграничение деятельности мелких членистоногих и микроорганизмов в микрокосмах можно осуществить путем термообработки листового опада в режиме 60–70 °С в течение 1–2 часов. Данный режим сохраняет жизнеспособными все основные группы микроорганизмов, но устраняет как кладки, так и самих диapaузирующих беспозвоночных. Лабораторные почвенно-зоологические исследования в течение многих лет полностью оправдали данный подход [11; 15].

3. *Подстилающий грунт*

Для корректности эксперимента в опытных и контрольных вариантах опад помещали на инертный субстрат. Таким субстратом в наших экспериментах служит речной песок, промытый последовательно водой, пиррофосфатом натрия, водой, соляной кислотой и вновь водой. Экспериментально подтвержден оптимальный 5-сантиметровый слой песка в сосудах объемом 1 л [14].

4. *Создание группировок почвенной биоты*

Состав группировки коллембол (*Collembola*) и орибатид (*Oribatida*) формировали, выгоняя их из естественного субстрата через эклекторы [11].

Микроартроподы опытных сосудов принадлежали к 10 видам коллембол и 14 видам орибатид, представляющих наиболее типичные жизненные формы, обеспечивающие полноценный деструкционный процесс [12].

5. *Методы физико-химических анализов*

При анализе выхода и накопления гумусовых веществ применяли методику Дьяконовой [3] в модификации Симонова [14].

Оптическую плотность вытяжек определяли на КФК-3 при длине волн 465 и 650 нм.

Для установления коэффициента цветности 0,01 % щелочной раствор гуминовых кислот анализировали на КФК-3 при длине волн 465 и 650 нм и из соотношения оптической плотности рассчитывали коэффициент цветности [8].

6. *Общие положения*

Повторность трехкратная. Контролем служил вариант с чисто микробиальным разложением опада. Срок снятия показаний — через 3 месяца с начала эксперимента. Статистическая обработка производилась с использованием коэффициента Стьюдента [16].

Результаты и их обсуждение

Анализ результатов измерений показателей процесса гумификации отчетливо выявил, что температурный режим опада сказывается на интенсивности гумусонакопления (рис. 1) и на показателях степени зрелости гумусовых кислот (рис. 2, 3).

Пониженная температура замедляет выход гумусовых веществ в 1,55 раза в опыте и в 1,64 раза в контроле. Повышение температуры увеличивает выход гумусовых веществ в 1,15 раза в опыте и в 1,18 раза в контроле. Несмотря на

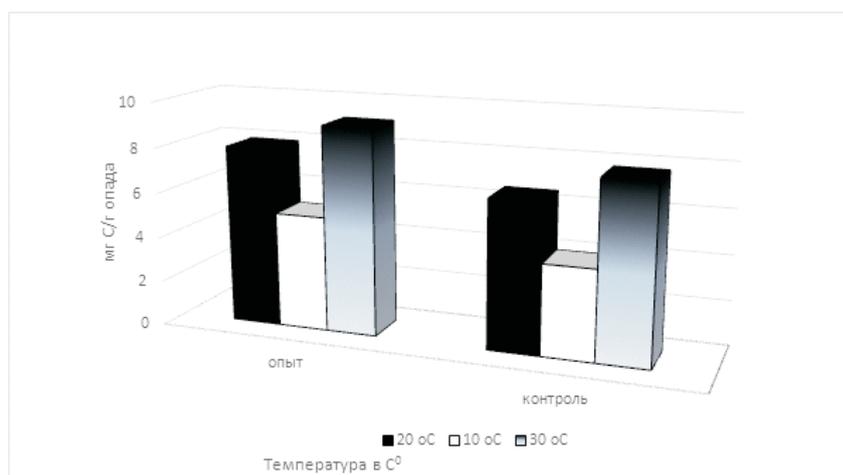


Рис. 1. Содержание Сорб в пирофосфатной вытяжке из листьев при различной температуре

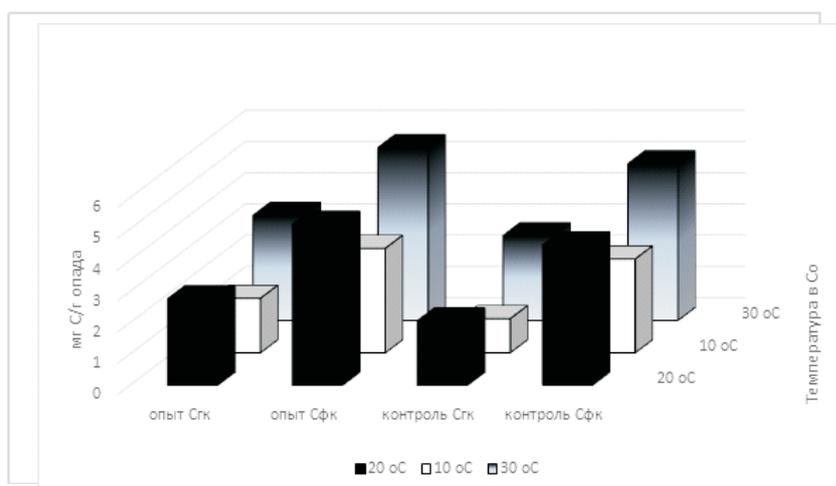


Рис. 2. Содержание Сгк и Сфк в пирофосфатной вытяжке из листьев при различной температуре

незначительную разницу в опыте и контроле, тем не менее мы можем говорить о том, что деятельность микроартропод уменьшает зависимость накопления гумусовых веществ от температуры.

Более показательными критериями оценки влияния температурного режима на процесс гумификации являются соотношение гуминовых и фульвокислот, а также коэффициент цветности.

Снижение температуры до 10 °C привело к незначительному уменьшению соотношения гуминовых и фульвокислот по сравнению с оптимальными условиями в опыте. В контроле влияние снижения температуры более значительно повлияло на соотношение процессов гумификации и минерализации: различие по сравнению с оптимальной температурой — в 1,27 раз. Очевидно, микроартроподы и здесь в большей степени, чем микроорганизмы, нивелируют влияние снижения темпе-

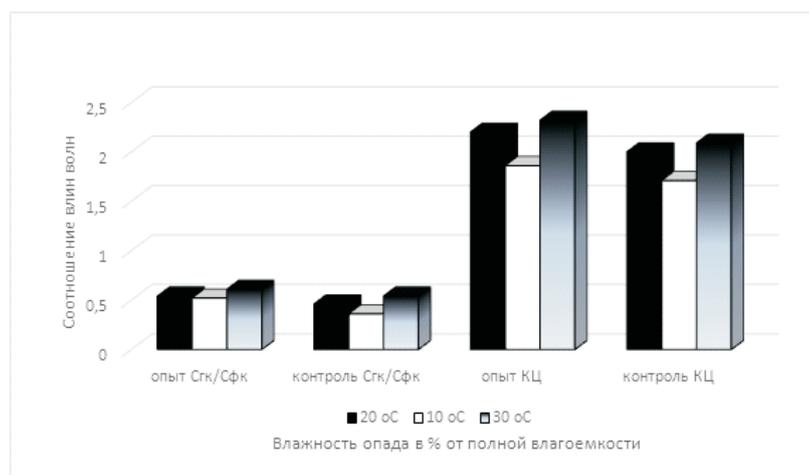


Рис. 3. Соотношение Сгк/Сфк и коэффициент цветности гуминовых кислот в пирофосфатной вытяжке из листьев при различной температуре

ратуры на деструкционные процессы. Изменений в соотношении коэффициента зрелости гуминовых кислот (КЦ) не отмечено.

Повышение температуры положительным образом сказалось на соотношении процессов гумусообразования и минерализации, что выразилось в соответствии показателей Сгк/Сфк в 1,13 и 1,17 раза соответственно в опыте и контроле, при этом изменений в связи КЦ в опыте и контроле не отмечено.

Достаточное количество тепла — одно из основных условий жизни микроорганизмов, особенно грибов. Отмечено, что активная жизнедеятельность каждого вида грибов оптимальная в пределах определенных температурных границ.

Воздействие слишком низких или слишком высоких температур приводит к глубоким нарушениям процессов жизнедеятельности микроорганизмов, а иногда даже к их гибели. Если температура снижается ниже критической, то прекращается движение цитоплазмы, утрачивается полупроницаемость мембран, и клетка гибнет [1]. Высокая температура также приводит к гибели клетки вследствие нарушения мембран, так как наступают инактивация и денатурация ее образующих белков. Кроме того, нарушаются и обменные процессы [4].

Нижний предел, при котором прекращается рост клеток абсолютного большинства грибов: 0 минус 3 °С, а верхний — не превышает 40 °С. Единственного температурного оптимума для грибов не существует [4].

Экспериментальные данные показывают, что в пределах специфического для данной культуры грибов температурного интервала увеличение температуры приводит к интенсификации ростовых процессов, скорости эндогенного метаболизма и сродства микроорганизма к лимитирующему рост субстрату [2].

Влияние повышения температуры на удельные скорости отмирания и лизиса начинает сказываться только после того, как температура поднимается выше верхней границы оптимального температурного интервала [2].

Общее влияние возрастания температуры заключается в том, что в пределах некоторых границ оно сопровождается увеличением скорости роста культуры, но с сопутствующим уменьшением коэффициента выхода микробной биомассы по лимитирующему субстрату, являющемуся источником энергии и углерода [2].

Температура является решающим фактором, определяющим рост микроорганизма, несмотря на различия лимитирующего фактора, например концентрации глюкозы в среде [6].

В естественной среде обитания образование колоний на поверхностях различных твердых сред — частое явление, разрастание колонии гриба по поверхности субстрата происходит с постоянной скоростью, скорость роста изменяется под воздействием различных факторов, в том числе под влиянием температуры, что позволяет количественно оценить степень их влияния на организм, и, наконец, скорость роста легко определяется [5; 9]. Очевидно, растущие гифы грибницы отличаются более высокими физиологическими показателями, что сказывается на скорости минерализации и гумификации растительных остатков [17].

Трофическая деятельность микроартропод сглаживает влияние температуры на микробиальную активность. Даже в условиях лесных пожаров численность и видовой состав микроартропод меняются незначительно под прикрытием мохового слоя подстилки [7].

Возможно, что это происходит из-за замедления сукцессионной смены гифомицетов в процессе разложения опада в присутствии мелких членистоногих [10; 15].

Литература

- [1] Ахтырцев Б.П. Гумус подтипов среднерусских чернозёмов разного гранулометрического состава // Почвоведение. 1998. № 7. С. 803–811.
- [2] Герхард Ф. Методы общей бактериологии. М.: Мир, 1984. Т. 3. 264 с.
- [3] Дьяконова К.В. Методы исследования органических веществ в лизиметрических водах, почвенных растворах и других аналогичных природных объектах // Стационарные методы изучения почв. М., 1977. С. 18–34.
- [4] Жданова Н.Н., Василевская А.И. Экстремальная экология грибов. Киев, 1982. 168 с.
- [5] Звягинцев Д.Г. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. М., 1973. 176 с.
- [6] Иванушкина Н.Е. Влияние температуры и водного потенциала на рост и развитие почвенных грибов: дис. ... канд. биол. наук: М., 1984. 174 с.
- [7] Краснощекова Е.Н., Косов И.В., Иванова Г.А. Воздействие высоких температур на микроартропод почв при пожарах в лиственничниках Нижнего Приангарья // Хвойные бореальной зоны. 2008. № 3–4. С. 250–255.
- [8] Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почвы. М., 1974. 333 с.
- [9] Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. М.: Мир, 1978. 331 с.
- [10] Симонов Ю.В. Соотношение метаболической активности микроорганизмов и микроартропод в процессе деструкции растительного опада // Вестник СамГУ. Естественная серия. 2014. № 3(114). С. 197–201.
- [11] Симонов Ю.В. Трансформация органического углерода растительных остатков при нарушении сукцессионной смены видов ногохвосток // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(1). С. 424–428.
- [12] Симонов Ю.В. Общие закономерности влияния микроартропод на трансформацию органического вещества почвы // Исследования в области биологии и методики ее преподавания: сб. науч. тр. Самара: Изд-во СГПУ, 2002. Вып. 1. С. 113–119.

- [13] Симонов Ю.В. Сравнительная характеристика деятельности микроартропод и микроорганизмов в процессе гумификации лесного опада // Экология. 1989. № 4. С. 28–33.
- [14] Симонов Ю.В. Роль комплекса микроартропод в трансформации органического вещества лесной подстилки: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1984. 16 с.
- [15] Симонов Ю.В., Борисова В.Н. Экспериментальный анализ взаимоотношения микроартропод с гифомицетами лесной подстилки // Экология микроартропод лесных почв. М.: Наука, 1988. С. 115–122.
- [16] Фролов Ю.П. Математические методы в биологии. ЭВМ и программирование. Самара: Изд-во "Самарский университет", 1997. 265 с.
- [17] Bengtsson Y.R., Rundgren S. Respiration and growth of a fungua *Mortierella isabellina*, in reipouse to grazing by *Onychiurus armatus* // Soil. Biol. and Biochem. 1983. Vol. 15. № 4. P. 463–473.

References

- [1] Akhtyrtsev B.P. Humus subtypes of Central Chernozem soils of different granulometric composition. *Pochvovedenie* [Soil science], 1998, №, 7, pp. 803–811 [in Russian].
- [2] Gerhard F. Methods of general bacteriology. M., Mir, 1984, Vol. 3, 264 p. [in Russian]
- [3] Dyakonova K.V. Research methods for organic substances in lysimetric waters, soil solutions and other natural objects. *Static methods of soil study*. M., 1977, pp. 18–34 [in Russian].
- [4] Zhdanova N.N., Vasilevskaya A.I. Extreme ecology of fungi. K., 1982, 168 p. [in Russian].
- [5] Zvyagintsev D.G. Interaction of microorganisms with solid surfaces. M., 1973, 176 p. [in Russian].
- [6] Ivanushkina N.E. *Vliianie temperatury i vodnogo potentsiala na rost i razvitie pochvennykh gribov: Dis. ... kand. biol. nauk* [Effect of temperature and water potential on the growth and development of soil fungi: Candidate's of Biological Sciences thesis]. Moscow, 1984, 174 p. [in Russian]
- [7] Krasnoshekova E.N., Kosov I.V., Ivanova G.A. Influence of high temperatures on the latter to the soil during fires in larch forests of the Lower Angara region. *Khvoynye boreal'noi zony* [Coniferous of boreal zone], 2008, № 3–4, pp. 250–255 [in Russian].
- [8] Orlov D.S. Humic acids of soil. M., 1974, 333 p. [in Russian].
- [9] Perth S.J. Basics of cultivation of microorganisms and cells. M., Mir, 1978, 331 p. [in Russian].
- [10] Simonov Yu.V. Ratio of metabolic activity of microorganisms and the latter in the process of destruction of plant debris. *Vestnik SamGU. Estestvennauchnaia seriia* [Vestnik of Samara State University. Natural Science Series], 2014, № 3(114), pp. 197–201 [in Russian].
- [11] Simonov Yu.V. Transformation of organic carbon of plant residues in violation of successional change of species of springtails. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, Vol. 15, № 3(1), pp. 424–428 [in Russian].
- [12] Simonov Yu.V. General regularities of influence of the microartropods on the transformation of soil organic matter. *Issledovaniia v oblasti biologii i metodiki ee prepodavaniia: Vyp. 1. sb. nauch. tr.* [Research in biology and its teaching methods: Collection of scientific works]. Vol. 1. Samara, Izd-vo SGPU, 2002, pp. 113–119 [in Russian].

- [13] Simonov Y.V. Comparative characteristics of activities of the microarthropods and microorganisms in the process of humification of forest litter. *Ekologiya* [Ecology], 1989, № 4, pp. 28–33 [in Russian].
- [14] Simonov Yu.V. *Rol' kompleksa mikroartropod v transformatsii organicheskogo veshchestva lesnoi podstilki: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Role of the microarthropods complex in the transformation of organic matter of forest litter: Extended abstract of Candidate's of Biological Sciences thesis]. M., 1984, 16 p. [in Russian].
- [15] Simonov Yu.V., Borisova V.N. Experimental analysis of relationship of microarthropods with forest litter hyphomycetes in *Ecology of microarthropods of forest soils*. M., Nauka, 1988, pp. 115–122 [in Russian].
- [16] Frolov Yu.P. *Mathematical methods in biology. Computers and programming*. Samara, Izd-vo "Samarskii universitet", 1997, 265 p. [in Russian].
- [17] Bengtsson Yu.R., Rundgren S. Respiration and growth of a fungus *Mortierella isabellina*, in response to grazing by *Onychiurus armatus*. *Soil. Biol. and Biochem.*, 1983, Vol. 15, no. 4, pp. 463–473 [in Russian].

*Yu. V. Simonov*²

EFFECT OF AMBIENT TEMPERATURE ON THE HUMIFICATION OF PLANT LITTER

Techniques of laboratory microecosystems, small groups of arthropods and physical and chemical studies are shown. On the basis of instrumental studies the effect of temperature on the ratio of the processes of mineralization and humification of plant residues with the participation of small arthropods is computed. Analysis of the results of measurements of indicators of the process of humification clearly reveals that the temperature of the plant material affects the intensity of humus accumulation and on indicators of the degree of maturity of humus acids. Activity of microarthropods reduces the dependence of accumulation of humus substances on the temperature.

Key words: microorganisms, microarthropods, temperature, mineralization, humification, plant residues, destruction, microecosystem.

Статья поступила в редакцию 7/IX/2015.

The article received 7/IX/2015.

²*Simonov Yuri Vladimirovich* (yuriisimonov@bk.ru), Department of Ecology and Life Safety, Samara State University of Economics, 141, Sovetskoy Armii Street, Samara, 443090, Russian Federation.