

ПОЧВЕННО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-ЗООЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ЛУГОВЫХ АЛАСНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, профессор кафедры экологии и природопользования

Владислав Семенович Андриевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: andrievskii@issa-siberia.ru

Александр Николаевич Пучнин

Якутская государственная сельскохозяйственная академия, 677007, г. Якутск, ул. Красильникова, 15, ассистент кафедры природообустройства, тел. (411)235-78-45, e-mail: puchninsasha@rambler.ru

В статье рассматриваются результаты исследования биомассы почвенных микроорганизмов и сообщества панцирных клещей в мерзлотной аласной лугово-черноземной почве. Проведенное исследование позволило оценить особенности состояния и основные характеристики метаболической активности биомассы микроорганизмов и численность и видовое разнообразие сообщества панцирных клещей. В целом, мерзлотные луговые почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микроббиомассы и удельной метаболической активности этой биомассы, чем луговые почвы Европейской части России, но более высокими значениями биомассы микроорганизмов и дыхательной активности, чем мерзлотные таежные почвы Центральной Якутии. Суммарная средняя численность панцирных клещей в луговой аласной почве составила 8640 экз./м². Это свидетельствует об относительно высокой степени благоприятности условий среды для сообществ панцирных клещей в исследованной экосистеме. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что почвенно-микробиологические и почвенно-зоологические методы могут быть успешно использованы в экологическом мониторинге мерзлотных луговых почв Центральной Якутии.

Ключевые слова: луговые почвы, алас, биомасса микроорганизмов, базальное дыхание, метаболический коэффициент, панцирные клещи, численность, видовое разнообразие, экологический мониторинг.

SOIL MICROBIOLOGICAL AND SOIL ZOOLOGICAL METHODS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF ALAS MEADOW SOILS OF CENTRAL YAKUTIA

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2, Academician Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, Russia, 630090, D.Sc., Associate Professor, Leading Researcher of Biogeocenology Labora-

tory, phone: (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, Russia, 630108, Professor, Department of Ecology and Environmental Management

Vladislav S. Andrievskiy

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/2 Akademician Lavrentjev, Novosibirsk, 630090, Russia, Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Biogeocenology, phone: (383)363-90-25, e-mail: andrievskii@issa-siberia.ru

Alexander N. Puchnin

Yakutsk State Agricultural Academy, 15, Krasilnikova St., Yakutsk, Russia, 677007, Assistant, Department of Natural Arrangement, phone: (411)235-78-45; e-mail: puchninsasha@rambler.ru

The article discusses the results of research of soil microbiomass and communities of soil inhabiting oribatid mites in permafrost alas meadow-chernozem soil. This study allowed assessing the features of the state and main characteristics of the metabolic activity of microbiomass and the number and species diversity of the community of oribatid mites. In general, permafrost meadow soils of Central Yakutia are characterized by lower values of microbiomass and specific metabolic activity of this biomass than meadow soils of the European part of Russia, but higher values of microbial biomass and respiratory activity than permafrost taiga soils of Central Yakutia. The total average number of carapace oribatid mites in the meadow alas soil was 8640 sp/m². This indicates a relatively high degree of favorable environmental conditions for communities of soil inhabiting oribatid mites in the studied ecosystem. The conducted research allows concluding that soil-microbiological and soil-zoological methods can be successfully used in the environmental monitoring of permafrost meadow soils of Central Yakutia.

Key words: meadow soils, alas, microbial biomass, basal respiration, metabolic coefficient, oribatid mites, abundance, species diversity, environmental monitoring.

Введение

В последние десятилетия в практике почвенно-экологического мониторинга во всем мире все более широко применяются почвенно-микробиологические и почвенно-зоологические методы. Эти методы, в отличие от ботанических, могут применяться вне связи с фазами развития растений, вне зависимости от частых в травяных экосистемах палов или особенностей сельскохозяйственного использования почв. Преимущество биологических методов мониторинга перед химическими и физико-химическими заключается в быстроте ответа почвенной биоты на различные антропогенные и климатические воздействия. К сожалению, методы экологического мониторинга с использованием микробиологических и зоологических параметров состояния биogeоценоза для значительного количества экосистем не разработаны [1].

Одним из регионов, почвенно-биологические исследования в которых носят фрагментарный характер, является Центральная Якутия. Эта территория расположена в зоне сплошной вечной мерзлоты, мощность которой составляет от нескольких десятков до 600 метров и более. Широкое распространение мерзлых пород способствует деформации почвогрунтов [2, 3]. В верхнем плейстоцене и голоцене вследствие колебаний климата произошла частичная деградация ледового ком-

плекса, связанная с его протаиванием и образованием отдельных термокарстовых котловин – аласов. В настоящее время частичная деградация ледового комплекса приводит к широкому распространению аласных форм рельефа [4].

Большую роль в сельском хозяйстве Центральной Якутии играют луговые почвы. С учетом засушливого климата исследуемой территории (годовая сумма осадков составляет 250 мм) суходольные луга, луга переменного увлажнения и луга избыточного увлажнения позволяют получать устойчивые урожаи сена и кормовых культур [5]. Цель настоящего исследования состояла в изучении возможности применения современных почвенно-микробиологических и почвенно-зоологических методов в мониторинге мерзлотных луговых аласных почв Центральной Якутии.

Методы и материалы

Исследование было проведено в Горном районе Республики Саха (Якутия). Горный район занимает юго-восточную часть Лено-Вилуйского водораздела и расположен в пределах части древней денудационной и древней аллювиальной равнины верхнего и среднего уровней с абсолютными отметками от 250 до 375 м. В районе широко распространены аласные формы рельефа. Основные характеристики аласов этого района заключаются в том, что большинство аласов плоские с небольшой глубиной впадины и небольшой крутизной бортов. Днища аласов ровные, вблизи озер часто заочкаренные. Многие аласы имеют вытянутую долинообразную форму и через цепь аласовидных ложбин иногда соединяются с мелкими травяными речками. Засоление в луговых почвах аласов в Горном районе выражено слабо [5].

В качестве объекта исследования была выбрана мерзлотная аласная лугово-черноземная почва аласа Хоту, сформировавшаяся на месте лиственничного леса в процессе протаивания вечной мерзлоты и последующего обсыхания озера, сформировавшего контуры аласной котловины. Почва сформировалась под разнотравно-злаковым остепненным лугом. Проективное покрытие – 80 %. Высота травостоя 40 см. Сельскохозяйственное использование – многолетний сенокос. В год проведения исследования трава не скашивалась.

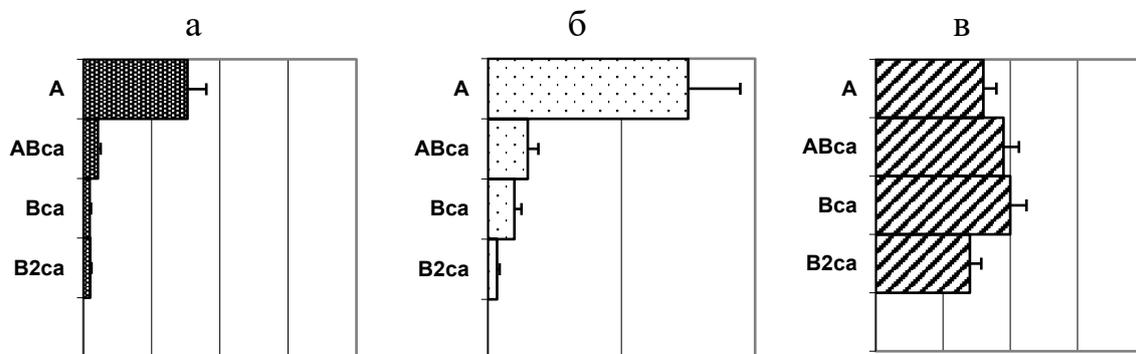
Для микробиологического анализа образцы отбирались в августе из генетических горизонтов всех исследованных почв в четырехкратной повторности по общепринятой методике [6]. В образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом SIR [6]. Базальное дыхание оценивалось по количеству CO_2 , выделившемуся из почвы, инкубированной 24 часа в темноте в плотно закрытом пенициллиновом флаконе при температуре 22°C и влажности 60 % от полной влагоемкости. Также в данной работе вычислялся показатель удельной активности микроббиомассы – метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$) – выделение С- CO_2 на единицу С-биомассы в час [7, 8]. Статистическая обработка результатов проводилась методом вариационного анализа [9, 10].

Образцы почв для анализа населения орибатид отбирались по общепринятой методике в августе из верхнего (0–5 см) слоя почв в 10-кратной повторности.

Выгонка клещей из почвы осуществлялась общепринятым методом термоэлектродной Тулльгрена-Берлезе. Извлеченные из почвы клещи помещались в постоянные препараты, в которых под микроскопом определялась их видовая принадлежность. Численности (обилие) клещей рассчитывались по стандартной методике на 1 м², исходя из площади пробоотборника [11, 12].

Результаты и обсуждение

Характерной особенностью исследованной мерзлотной аласной лугово-черноземной почвы является сосредоточение основной части запасов микроббиомассы в верхнем (0–10 см) слое и резкое уменьшение запасов С-биомассы вниз по профилю. Для профильного распределения показателя базального дыхания выявлена аналогичная закономерность (рисунок а, б). Для исследованной почвы характерны относительно низкие значения биомассы микроорганизмов в верхнем (0–10 см) слое (46 мг С-биомассы / 100 г почвы) при относительно высоком уровне базального дыхания (1,5 мкг СО₂-С/ г почвы в час) и относительно невысокая удельная активность биомассы (1,6 мкг СО₂-С/ мг С-биомассы в час) (Рис. 1 в). В целом, мерзлотные аласные лугово-черноземные почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микроббиомассы и удельной активности этой биомассы, чем аналогичные почвы Русской равнины [13], но более высокими значениями биомассы и дыхательной активности, чем таежные палевые типичные почвы Центральной Якутии [14].



Профильное распределение показателей С-биомассы (мг С/ 100 г почвы) (а), базального дыхания (мкг СО₂-С/ г почвы в час) (б) и метаболического коэффициента (qCO₂) (мкг СО₂-С/ мг С биомассы в час) (в) в исследованной мерзлотной аласной лугово-черноземной почве

В результате проведения анализа мерзлотной аласной лугово-черноземной почвы было обнаружено 12 видов панцирных клещей с суммарной средней численностью 5375 экз./м² (табл. 1).

Количественное распределение панцирных клещей
в исследованной мерзлотной аласной лугово-черноземной почве

№ п/п	Виды	Средняя численность (экз./м ²)	Удельное обилие (%)
1	<i>Tectocepheus velatus</i>	3400	39,3
2	<i>Protoribates capucinus</i>	2120	24,5
3	<i>Micropia minus</i>	840	9,7
4	<i>Tectoribates ornatus</i>	680	7,9
5	<i>Punctoribates minimus</i>	400	4,6
6	<i>Achipteria coleoptrata</i>	320	3,7
7	<i>Ceratozetella sp.</i>	240	2,8
8	<i>Opiella sp.</i>	240	2,8
9	<i>Peloptulus sp.</i>	200	2,3
10	<i>Acrotritia sp.</i>	120	1,4
11	<i>Liochthonius sp.</i>	40	0,5
12	<i>Peloribates sp.</i>	40	0,5
Суммарная численность		8640	100

Исследования населения панцирных клещей в аласах Центральной Якутии до настоящего времени не проводилось [15], поэтому данную работу можно считать пионерной. Сравнить данные по населению орибатид в мерзлотной аласной лугово-черноземной почве оказалось возможным только с результатами исследований по панцирным клещам в лиственничниках Центральной Якутии [14]. В данном исследовании в экосистеме аласного остепненного луга обнаружено 12 видов панцирных клещей, а в лиственничной тайге было обнаружено 17 видов. Суммарная средняя численность в луговой аласной почве составила 8640 экз./м². Для сравнения в лиственничной тайге средняя численность составляла только 5375 экз./м². Экосистем остепненного луга в аласе имеет структуру доминирования, наиболее близкую к характерной для естественных экосистем: как абсолютные значения численностей видов, так и их удельные обилия в составе сообщества представляют собой относительно плавно убывающий ряд. Два наиболее обильных вида (*Tectocepheus velatus* и *Protoribates capucinus*) составляют 63,8 % сообщества. Структура доминирования, когда малое число видов составляет основную часть сообщества, свидетельствует либо о нарушении биотопа, либо о неблагоприятности условий среды для видов, его населяющих. Исходя из этого, можно сделать вывод, что степень благоприятности условий среды для сообществ панцирных клещей в экосистеме остепненного луга относительно высокая.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило оценить особенности состояния и основные характеристики метаболической активности биомассы микроорганизмов, численность и видовое разнообразие сообщества панцирных

клетей в аласной лугово-черноземной почве Центральной Якутии. Показатели состояния этих двух важнейших групп почвенных организмов являются важнейшими индикаторами состояния экосистемы в целом, поскольку микроорганизмы и панцирные клещи – это важнейшие компоненты деструкционного блока в подземном ярусе любой наземной экосистемы. В целом, мерзлотные луговые почвы Центральной Якутии характеризуются более низкими значениями микробомассы и удельной метаболической активности этой биомассы, чем луговые почвы Европейской части России, но более высокими значениями биомассы микроорганизмов и дыхательной активности, чем мерзлотные таежные почвы Центральной Якутии. Суммарная средняя численность панцирных клещей в луговой аласной почве составила 8640 экз./м². Это свидетельствует об относительно высокой степени благоприятности условий среды для сообществ панцирных клещей в экосистеме остепненного луга. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что почвенно-микробиологические и почвенно-зоологические методы могут быть успешно использованы в экологическом мониторинге мерзлотных луговых почв Центральной Якутии.

Благодарности

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН. Финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
2. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. – 172 с.
3. Десяткин Р. В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1984. – 168 с.
4. Десяткин Р. В. Почвообразование в термокарстовых котловинах – аласах криолитозоны. – Новосибирск: Наука, 2008. – 324 с.
5. Егоров А.Д., Григорьева Д.В., Курилюк Т.Т., Сазонов Н.Н. Микроэлементы в почвах и лугопастбищных растениях мерзлотных ландшафтов Якутии. – Якутск: Якутское книжное издательство, 1970. – 288 с.
6. Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. Methods in soil biology. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
7. Благодатская Е. В., Ананьева Н. Д., Мякшина Т. Н. Характеристика состояния микробного сообщества почв по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 205–210.
8. Anderson T. H., Domsch K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state // Biology and Fertility of Soil. – 1985. – V. 1 – № 5. – P. 81–89.
9. Плохинский И. А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 358 с.
10. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
11. Чернов Ю. И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи современной биологии. – 1991. – № 4. – С. 499–509.

12. Гиляров М. С. Методы почвенно-зоологических исследований. – М. : Наука, 1975. – 206 с.
13. Ананьева Н. Д., Благодатская Е. В., Демкина Т. С. Пространственное и временное варьирование микробного метаболического коэффициента в почвах // Почвоведение. – 2002. – № 10. – С. 1233–1241.
14. Якутин М. В., Андриевский В. С., Пучнин А. Н. Почвенно-биологические методы в экологическом мониторинге палевых почв Центральной Якутии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Международный научный конгресс: Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 9 т. Т. 4, № 2. – Новосибирск: СГУГиТ, 2019. – С. 39–46.
15. Криволицкий Д. А. Панцирные клещи как индикатор почвенных условий // Итоги науки и техники. – 1978. – Серия Зоология беспозвоночных. – Т. 5. – С. 70–134.

© М. В. Якутин, В. С. Андриевский, А. Н. Пучнин, 2020