

Перевозникова В.Д., Баранчиков Ю.Н., Вишнякова З.В.,
Краснощечков Ю.Н., Алтунина С.С.

ВЛИЯНИЕ ЭКСКРЕМЕНТОВ ГУСЕНИЦ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОБИОТУ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН проводится программа многолетнего мониторинга экологических последствий вспышки массового размножения шелкопряда, охватившей в первой половине 90-х годов около одного миллиона га темнохвойной тайги. В результате проводимых исследований выявлено, что поступление зоогенного опада на подстилку оказало мощное стимулирующее действие на биологическую активность почв, их физико-химические свойства и трофику (Баранчиков и др., 2000).

Однако в чистом виде определить роль экскрементов гусениц сибирского шелкопряда в деструкции органического вещества и выявить реакцию на них компонентов биоты, в частности почвенных микроорганизмов, в дефолированных сообществах практически невозможно. Активность декомпозиторного комплекса повышается тут не только за счет прямого действия экскрементов на подстилку и почву, но и в значительной мере за счет факторов, являющихся следствием дефолиации (резкое увеличение освещенности и исключение корневой конкуренции со стороны эдификаторного яруса, снижение фитонцидности у пихты). Вопрос о том, насколько сильно и как долго будут влиять экскременты на деятельность почвенной биоты остается открытым. Принципиально новым моментом в исследованиях явилась попытка экспериментально восстановить картину микробной сукцессии непосредственно в сезон дефолиации. С этой целью в июне-июле 1999 года, с учетом сроков дефолиации в естественных условиях, в экотопах с различным режимом увлажнения были заложены полевые модельные опыты. Для этого на экспериментальные площадки в контрольных пихтовых и лиственничных насаждениях вносили экскременты сибирского шелкопряда.

Энтомологические исследования в Сибири. Вып. 2. Красноярск: КФ РЭО, 2002

Лесные участки для модельных опытов были подобраны с учетом экологических условий соответствующих очагам массового размножения сибирского шелкопряда и заложены в подзоне южной тайги (пихтарник) и в подтаежно-лесостепном поясе предгорий восточного макросклона Кузнецкого Алатау (лиственничник). В составе нижних ярусов растительности плакорного пихтарника разнотравного (80-100 лет) преобладало мезофитное разнотравье. Горизонтальная структура, проективное покрытие и запасы надземной фитомассы напочвенного покрова в нем определялись густотой и сомкнутостью древесного полога. Под кронами травяной покров слабо развит (проективное покрытие не более 5%), его участие в составе опада минимальное. В межкроновом пространстве, где проективное покрытие достигало 60%, доля трав в опаде повысилась до 17%. Почвы – мелкодерново-глубокоподзолистые суглинистые.

Напочвенный покров лиственничника разнотравно-осокового (60-80 лет), занимающего верхнюю часть пологого склона юго-восточной экспозиции, равномерного сложения с общим проективным покрытием 60%. В составе травостоя доминировали осока большехвостая и мезоксерофитное разнотравье, которое хорошо развито в окнах древостоя. Доля трав в составе опада достигала 14% (под кроной) и 19% (в межкроновом пространстве). Под кронами основную часть травяного опада составляли листья осоки большехвостой. В ботаническом составе опада трав межкронового пространства выше была доля разнотравья. Почвы – литозем дерновый хрящевато-суглинистый.

Выбор вариантов опыта был основан на разнородности микроэкологических условий среды. Конкуренция за свет и элементы минерального питания под кронами деревьев усиливает напряженность биологических процессов и любые, даже незначительные, изменения микросреды и в первую очередь светового режима, проявляются здесь более четко и по иному, чем в межкроновом пространстве, где свет не является лимитирующим фактором.

Площадки для опытов закладывали попарно (контроль и опыт) под кронами деревьев и в межкроновом пространстве. Экскременты вносили из расчета 450 г воздушно-сухого вещества на 1 м² в пихтарнике и 230 г в лиственничнике. Количество вносимых экскрементов рассчитывали исходя из массы поступающего на поверхность почвы зоогенного опада на единицу площади дефолиированного древостоя.

Численность колониеобразующих единиц (КОЕ), участвующих в трансформации азота и углерода в почве, определяли в свежих образцах – аммонификаторов на мясо-пептонном агаре (МПА); прототрофов, усваивающих минеральные формы азота и актиномицетов, на

таточно. Численность микроорганизмов даже в течение одного сезона может изменяться на несколько порядков (Рахно, 1964). В этом случае более приемлемая характеристика качественного состояния микробных комплексов может быть дана по соотношению эколого-трофических групп. В качестве одного из наиболее адекватных показателей рекомендуется использовать соотношение диапазонов численности эколого-трофических групп микроорганизмов (Сорокин, 1993).

С помощью специальных опытов установлено, что в подстилке пихтарника спустя три месяца после внесения экскрементов наблюдалось повышение численности микроорганизмов под кронами на 177%, а в межкроновом пространстве – на 213%. Также произошли изменения и в соотношении эколого-трофических групп микроорганизмов (рис. 1). В микробных сообществах подстилок контроля преобладали педотрофы (51–55%). Через три месяца после внесения экскрементов их доля увеличилась до 53% (под кроной) и 60% (в межкроновом пространстве). Аммонификаторов также стало больше в 2.2 (в опыте под кроной) и в 1.5 раза (в межкроновом), а прототрофов, наоборот, стало меньше в 1.5 и в 2 раза соответственно (табл. 1)

Таблица 1

Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в подстилках пихтарника и лиственничника спустя 3 месяца после внесения экскрементов, %

Варианты	Пихтарник			Лиственничник		
	МПА	КАА	НА	МПА	КАА	НА
Под кроной						
Контроль	11	34	55	18	36	46
Опыт	24	23	53	27	37	36
Межкроновое пространство						
Контроль	15	34	51	31	36	33
Опыт	23	17	60	26	30	44

Увеличение доли аммонификаторов и педотрофов во всех вариантах опыта можно считать признаком повышения активности микрорфлоры в деструкции азот- и углеродосодержащих соединений.

Известно, что первоисточником азота является азот атмосферы. Поступление его с атмосферными осадками в почву является положительной, хотя весьма незначительной, частью от того азота, которая находится в почве (Тюрин и др., 1962). Ведущая роль в аккумуляции азота в поверхностных горизонтах почв принадлежит биологическим

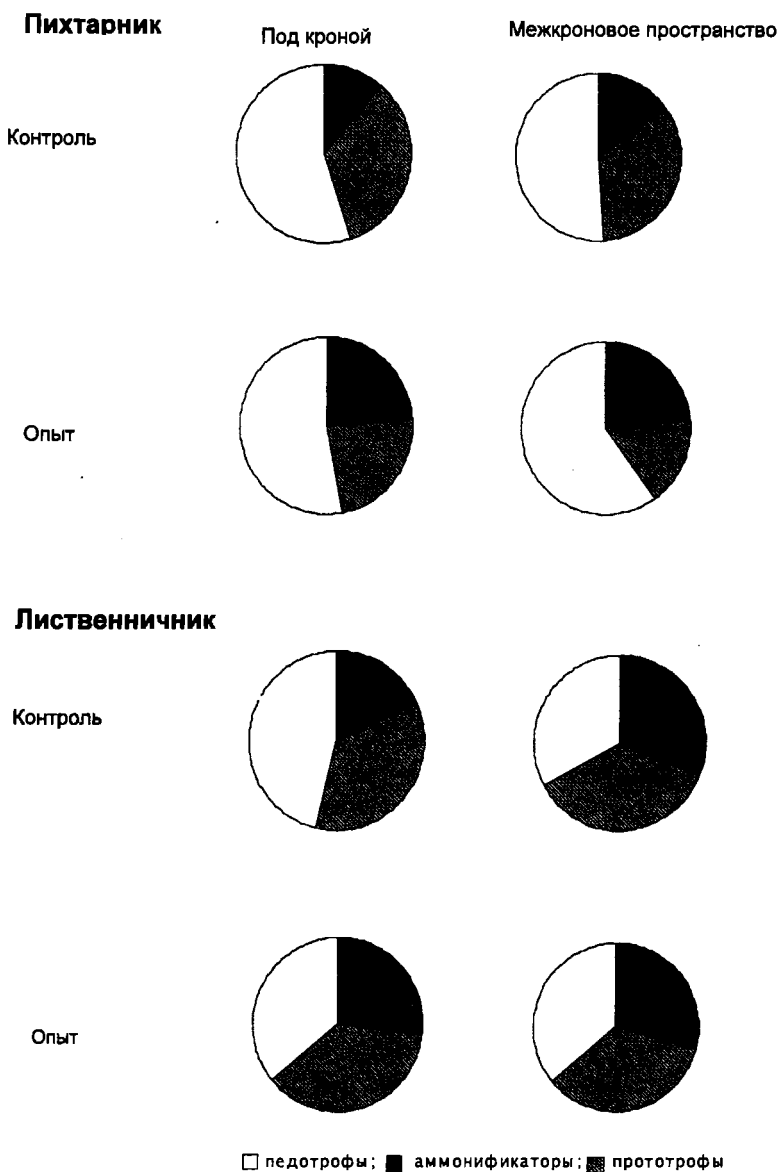


Рис. 1. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в подстилках пихтарника и лиственничника через 5 месяцев после внесения экскрементов гусениц сибирского шелкопряда

факторам, на долю которых приходится 95-99% от его валовых запасов. Приведенные данные в таблице 2 свидетельствуют, что внесение

Таблица 2

Содержание общего и подвижных форм азота в подстилке под кроной пихтарника до (контроль) и после (опыт) внесения экскрементов гусениц сибирского шелкопряда, мг/100 г

Варианты	Общий азот	Подвижные		% от общего азота		N-NH ₄ N-NO ₃
		N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	
Контроль	1440	2.12	18.28	0.14	1.27	8.6
Опыт (сроки отбора образцов)						
3 месяца	2030	2.67	19.29	0.13	0.95	7.2
6 месяцев	2060	7.84	33.44	0.38	1.62	4.3
14 месяцев	2360	4.44	11.26	0.19	0.48	2.5

экскрементов гусениц сибирского шелкопряда и связанная с этим активизация деятельности микрофлоры привели увеличению в поверхностном органическом горизонте, как общего азота, так и подвижных его форм. Наблюдается максимальное увеличение подвижных форм азота спустя 6 месяцев после закладки опыта.

Минерализация азотсодержащих органических веществ является одним из условий обеспеченности растений элементами питания, но в тоже время может свидетельствовать и о разбалансированности почвенных процессов. Глубину ее можно оценить по соотношению N-NH₄:N-NO₃. Сужение его является показателем нарушения природного равновесия почвы, в том числе указывает на изменение направленности протекания микробиологических процессов. Так, если в подстилке пихтарника без внесения экскрементов соотношение N-NH₄:N-NO₃ было равно 8.6, то уже через 3 месяца после их внесения оно составило 7.2, через 6 месяцев – 4.4 и через 14 – 2.5 (табл. 2).

Снижение доли прототрофов и коэффициент минерализации органики свидетельствуют, что в обоих вариантах опыта возможна иммобилизация азота. Значение коэффициента микробиологической минерализации органических соединений (отношение КАА/МПА) здесь меньше 1; в опыте под кроной – 0.93, в межкروновом пространстве – 0.73, в контроле соответственно – 3.1 и 2.3. Целлюлазная активность резко возросла в опыте под кроной: в 5.7 (в подстилке) и в 2 раза (в слое почвы 0-10 см). В межкроновом пространстве, как в почве, так и в подстилке этот показатель увеличился всего в 1.3 раза.

В лиственничнике через три месяца после внесения экскрементов (в конце первого вегетационного сезона) по отношению к контролю выявлено общее снижение бактериального населения. Под кроной оно снизилось на 5%, а в межкроновом пространстве – на 29%. Одна-

ко, в листовничнике при уменьшении численности бактерий характер сукцессии микробсообществ был подобен пихтарнику. Доля аммонификаторов увеличилась по сравнению с контролем в 1.5 раза, а педотрофов в 1.3 раза. При этом различия в соотношении экологотрофических групп микроорганизмов в опыте под кроной и межкroновом пространстве более существенны, чем в пихтарнике. Разрушение целлюлозы микроорганизмами активнее протекало в опыте под кронами, причем в подстилке этот показатель превышал контроль в 1.7 раз, а в почве - в 2.6 раза. В межкroновом пространстве это увеличение было менее заметным и превысило контроль всего лишь в 1.3 раза на всех исследованных глубинах. Коэффициент микробиологической минерализации в опыте был близок к контролю и равнялся 1.4 (под кроной) и 1.7 (в межкroновом пространстве).

В деструкции растительных остатков, особенно в лесных экосистемах, ведущая роль принадлежит грибам. Грибной мицелий обладает скоростью роста на 1-2 порядка превышающую скорость роста бактерий. Грибы более эффективно осваивают поступающие в почву органические вещества. Используя при деструкции опада все основные компоненты растительной клетки, начиная от простых углеводов и белков и заканчивая трудно усваиваемыми клетчаткой и лигнином, они являются важным звеном процессов гумусообразования и формирования почвенной структуры (Мирчин, 1988).

В подстилке обоих вариантов опыта в пихтарнике уже через 3 месяца после внесения экскрементов численность грибов по сравнению с контролем увеличилась под кронами в 5.7 раз, в межкroновом пространстве - в 8.7 раз. В листовничнике эти значения достигали - 5.1 и 4.6 раз соответственно. Во всех микробсообществах опыта доминировали пенициллы. Таким образом, в сукцессионной динамике микробных сообществ пихтарника листовничника наблюдается много общего, а существующие различия по вариантам опыта связаны с различиями в гидротермическом режиме.

В целом, несмотря на значительные перестройки в микробном комплексе, в первый вегетационный сезон после внесения экскрементов существенных изменений в структуре напочвенного покрова не произошло. Однако в межкroновом пространстве пихтарника было зафиксировано увеличение надземной массы бора развесистого в 1.4 раза по сравнению с контролем, что можно считать показателем улучшения азотного питания (табл. 2)

Спустя 14 месяцев после закладки опыта следовой эффект от внесения экскрементов проявился на изменении других компонентов биоценоза. Так, в пихтарнике изменились водно - физические и хими-

Таблица 3

Изменение наземной растительной массы и водно-физических свойств почв в пихтарнике после внесения в почву экскрементов гусениц сибирского шелкопряда

Показатели	Контроль	Опыт	% к контролю
<i>Под кроной</i>			
Запасы напочвенного покрова, г/м ²	29.4±11.7	28.8±9.7	
Подстилки	1480.5±19	1241.0±76	84
Толщина слоя подстилки, см	1.21±0.12	0.91±0.08	75
Объемная масса (ОМ) подстилки, г/см ³	0.12	0.14	117
ОМ почвы на глубине 0-5 см	0.63	0.39	62
5-10 см	0.91	0.69	76
Влажность, %			
Подстилки	54.7	64.4	118
почвы 0-5 см	33.1	50.2	152
5-10 см	24.1	36.2	150
Запасы влаги в слое, мм			
Подстилки	4.68	5.60	120
почвы в слое 0-5 см	103.7	99.38	96
почвы в слое 0-10 см	109.39	125.39	115
<i>Межкروновое пространство</i>			
Запасы напочвенного покрова, г/м ²	172.2±32	215.4±43	125
Подстилки	821.2±118	693.1±122	84
Толщина слоя подстилки, см	1.26±0.20	0.55±0.10	44
Объемная масса (ОМ) подстилки, г/см ³	0.65	0.12	18
ОМ почвы на глубине 0-5 см	0.63	0.57	90
5-10 см	0.72	0.87	120
Влажность, %			
Подстилки	57.5	66.0	115
почвы 0-5 см	38.7	90.2	154
5-10 см	43.2	41.4	96
Запасы влаги в слое, мм			
Подстилки	6.52	2.58	40
почвы в слое 0-5 см	185.29	257.8	139
5-10 см	155.6	179.7	115

ческие свойства почв, запасы надземной фитомассы напочвенного покрова и подстилки (табл. 3).

Влажность подстилок в опыте увеличилась на 15-17%, а их запасы по сравнению с контролем снизились в среднем на 18%. В минеральном слое почвы в варианте под кронами на глубине 2-4 см содержание гумуса возросло в 1.4 раза. Гидролитическая кислотность почв и подстилок увеличилась в 1.5-2.0 раза, причем более высокое значение было зафиксировано в опыте под кронами. По-видимому, это увеличение связано с новообразованием фульвокислот, обладающих большой подвижностью (табл. 4).

За прошедшие 14 месяцев в микробных ценозах опыта наметилась тенденция к стабилизации численности и качественного состава микроорганизмов. В подстилке пихтарника (опыт под кроной) их содержание и соотношение эколого-трофических групп практически сравнялись с контролем. Численность микробного населения повысилась незначительно и по отношению к контролю составила 118% и 117%.

В подстилке опыта в межкроновом пространстве также по структуре и численности микроорганизмов существенных отличий от контроля не наблюдалось. Вероятно, выравнивание биогенности подстилок в том и другом случае произошло за счет вымывания из экскрементов водорастворимой органики и быстрой утилизации легкогидролизующего азота. В биогенности почв эти различия сохраняются дольше (рис. 2). Коэффициент минерализации под кроной в контроле 3.5, в опыте – 2, в межкроновом пространстве 1.1 и 1.5 соответственно.

Относительно высокое содержание педотрофов в микробных сообществах в почве опыта обуславливает высокую скорость трансформации органических соединений углерода, в том числе и разрушение целлюлозы. Скорость деструкции клетчатки – показатель активности микробных комплексов, участвующих в трансформации азота, фосфора и углерода. За истекшие 14 месяцев целлюлазная активность в пихтарнике была выше в подстилке под кроной. Здесь разница в разложении клетчатки между контролем и опытом составляла 34%. Активность целлюлозоразрушения заметно снижалась при движении вниз по профилю. В подстилке межкронового пространства разложение клетчатки через 14 месяцев после закладки опыта было близко к контролю, а в почве эта разница составляла 10% (табл. 5).

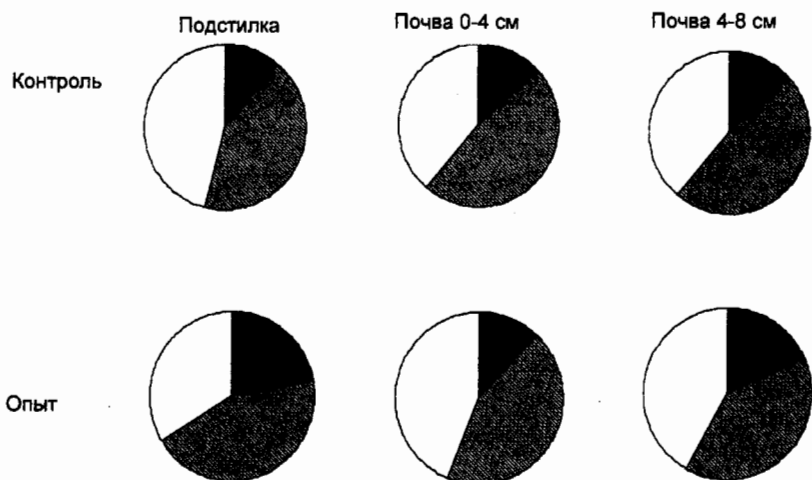
Содержание микромицетов в подстилке пихтарника в опыте под кроной спустя 14 месяцев после внесения экскрементов снизилось почти в 2 раза по сравнению с первым сроком наблюдений, но было в 2.9 раза выше, чем в контроле (табл. 6).

Таблица 4

Химические свойства почв через 14 месяцев после внесения в подстилку экскрементов гусениц сибирского шелкопряда

Варианты и глубина взятия образцов, см	Общая пороз- ность в слое 0- 5 см, %	Потеря при прока- ливании, %	рН		Гидроли- тическая кислот- ность мг экв/100 г почвы	Сумма катионов Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Степень на- сыщенно- сти основа- ниями, %	Гумус, %
			Водный	Солевой				
Пихтарник разнотравный, почвы мелкодерново-глубокоподзолистая суглинистая								
Подстилка, контроль		90.0	6.6	5.6	2.1	20.0	90.4	
0-2	60.9	55.0	4.3	3.4	22.7	46.7	67.3	5.3
2-4		54.9	4.2	3.0	15.2	11.6	43.3	5.6
4-6		17.7	4.2	3.0	10.3	2.0	16.3	5.3
Подстилка, опыт		71.2	6.2	5.5	24.5	19.0	43.7	
0-2	81.8	27.5	4.2	3.5	22.7	45.5	66.7	7.9
2-4		18.7	4.2	3.1	27.6	5.6	16.4	8.1
4-6		15.2	4.2	3.0	24.1	3.2	11.7	5.0
Лиственничник разнотравно-осочковый, почвы – литозем дерновый хрящаво-суглинистый								
Подстилка, контроль		79.5	6.1	5.4	7.2	28.2	84.1	
0-2	57.9	37.5	6.7	5.6	3.8	42.6	91.8	5.1
2-4		16.8	6.6	5.8	1.6	69.6	97.7	5.7
Подстилка, опыт		44.7	6.1	5.2	12.9	22.1	63.1	
0-2	68.2	40.0	6.2	5.5	5.2	12.8	71.1	9.4
2-4		40.0	5.8	5.2	5.1	32.7	86.5	9.3

Под кроной



Межкрасное пространство

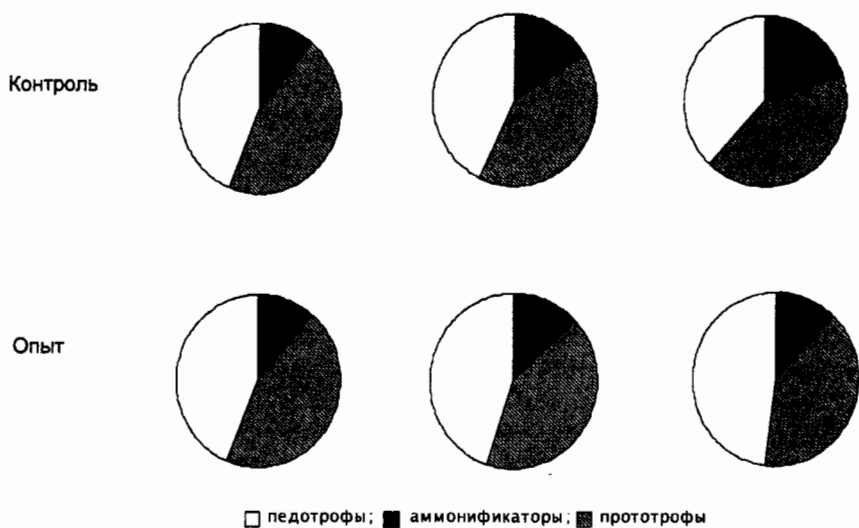


Рис .2. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в пихтарнике через 14 месяцев после внесения экскрементов

Таблица 5

Скорость минерализации клетчатки в пихтарнике и лиственничнике через 14 месяцев после внесения экскрементов гусениц сибирского шелкопряда, %

Глубина, см	Пихтарник		Лиственничник	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
<i>Под кроной</i>				
Подстилка	64.2±8.6	97.8±1.2	93.2±2.3	90.5±3.2
0-5	90.3±1.9	94.8±1.4	54.5±11.7	71.3±11.5
5-10	70.0±5.0	84.8±5.0	34.9±7.3	58.3±9.0
0-10	79.8±2.4	89.8±3.0	44.6±9.2	64.9±10.1
<i>Межкрупное пространство</i>				
Подстилка	89.6±1.5	91.8±3.0	81.5±4.4	77.8±5.0
0-5	93.1±4.0	100	64.7±8.6	85.8±1.1
5-10	86.2±5.0	100	55.9±9.7	72.4±3.3
0-10	89.6±4.8	100	60.4±9.0	79.0±1,7

Таблица 6

Численность микромицетов в подстилке через 14 месяцев после внесения экскрементов гусениц сибирского шелкопряда, тыс./г

Варианты	Пихтарник			Лиственничник		
	1*	2**	3***	1	2	3
<i>Под кроной</i>						
Подстилка	74.9±0.8	220±21.4	293	130±9.3	671±53.4	516
Почва						
0-4 см	13.8±0.8	14.2±5.0	103	20.9±1.8	24.3±1.3	116
4-8 см	6.4±0.2	7.2±0.3	112	11.1±1.3	21.3±1.0	192
<i>Межкрупное пространство</i>						
Подстилка	19.5±1.7	170±14.5	872	621±53.4	721±24.4	116
Почва						
0-4 см	3.5±0.2	32.8±4.9	937	21.3±1.1	21.5±1.4	101
4-8см	3.7±0.5	12.8±1.6	346	10.0±0.6	7.6±0.5	76

1* - контроль (без внесения экскрементов); 2** - опыт (с экскрементами); 3*** - изменения (процент к контролю)

В почве обоих вариантов опыта численность грибов была также

выше, чем в контроле (табл. 6). В составе микоценозов под кроной повсеместно доминировали пенициллы (93-96%). Внесение экскрементов в почву межкروнового пространства существенно изменило состав микоценоза: если в контроле доля пенициллов составляла 30%, то в опыте она возросла до 94%. По-видимому, во втором вегетационном сезоне активность микрофлоры в опыте повысилась не только за счет внесенных ранее экскрементов. Также имело значение поступление в подстилку свежего опада трав. Совместное действие этих факторов заметно увеличило биологическую активность почв. В результате изменились запасы надземной фитомассы напочвенного покрова, подстилки водно-физические и химические свойства почв (табл. 3, 4).

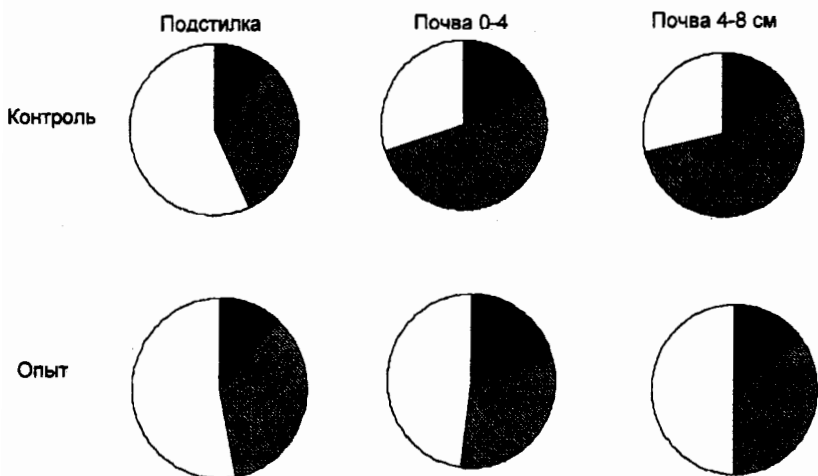
В листовничнике же через 14 месяцев после внесения экскрементов во всех вариантах опыта изменились запасы надземной фитомассы напочвенного покрова подстилок, физические и химические свойства почв (табл. 7, 4). В отличие от пихтарника, в листовничнике различия в реакции на внесение экскрементов как между контролем и опытом, так и между их вариантами выражены более четко, что, вероятно, обусловлено иным гидротермическим режимом.

В микробном комплексе листовничника в конце второго вегетационного сезона численность бактерий в подстилках обоих вариантов опыта была выше по сравнению с контролем под кроной в 3.5, в межкroновом пространстве в 2.2 раза. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в опыте обоих вариантов иллюстрирует рисунок 2. Коэффициент минерализации под кроной составлял в контроле 2.1, в опыте 4.1, в межкroновом пространстве - 4.2 и 4.3 соответственно. Это свидетельствует о некотором снижении микробиологической трансформации азота в варианте под кроной.

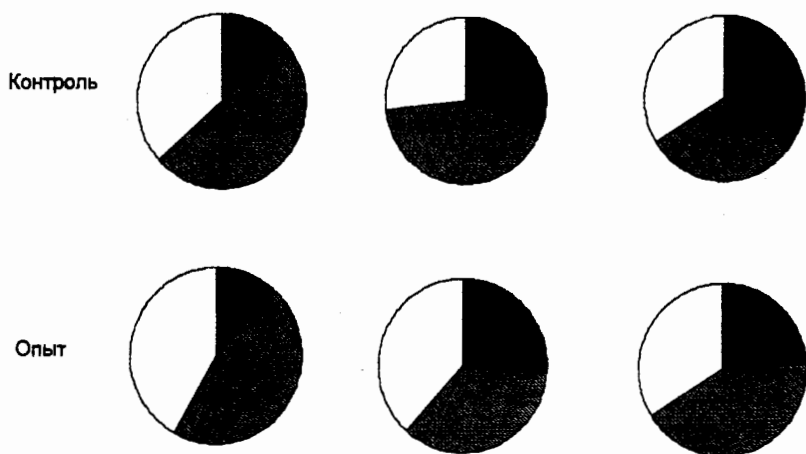
Биогенность почв под кроной по всему исследуемому минеральному слою практически одинакова, что обусловило сходную направленность минерализации азотсодержащих соединений. Изменения в соотношении эколого-трофических групп микроорганизмов сопоставимы с контролем. В биогенности почв обоих вариантов опыта наблюдалось значительное сходство, проявляющееся в соотношении эколого-трофических групп микроорганизмов (рис. 3). Можно предполагать, что независимо от микрoэкологических условий под влиянием экскрементов происходит выравнивание биогенности почв. Коэффициент микробиологической минерализации органических соединений в минеральном слое почвы под кроной в контроле 2.7, в опыте - 3.6. В межкroновом пространстве 2.3 и 3.1 соответственно.

В листовничнике, несмотря на выравнивание биогенности в обоих вариантах опыта, через 14 месяцев после внесения экскрементов

Под кроной



Межкروновое пространство



□ педотрофы; ■ аммонификаторы; ▣ прототрофы

Рис. 3. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в лиственничнике через 14 месяцев после внесения экскрементов гусениц сибирского шелкопряда

Изменение наземной органики и водно-физических свойств почв в лиственничнике через 14 месяцев после внесения в подстилку экскрементов гусениц сибирского шелкопряда

Показатели	Контроль	Опыт	% к контролю
<i>Под кроной</i>			
Запасы, г/м ²			
напочвенного покрова	173.5±16.9	319.4±28.8	184
подстилки	1100.6±80	1352.0±177	123
Толщина слоя подстилки, см	1.56±0.23	1.55±0.24	
Объемная масса (ОМ) подстилки, г/см ³	0.17	0.20	118
ОМ почвы на глубине 0-5 см	0.90	0.48	53
5-10 см	0.94	0.97	102
Влажность, %			
подстилки	62.9	65.7	104
почвы 0-5 см	34.3	81.4	237
5-10 см	11.8	29.3	248
Запасы влаги в слое, мм			
подстилки	8.34	8.04	
почвы в слое 0-5 см	154.26	196.52	127
5-10 см	55.80	139.67	250
<i>Межкрупное пространство</i>			
Запасы, г/м ²			
напочвенного покрова	224.8±36.1	349.4±22.0	155
подстилки	930.2±82.0	999.4±78.8	107
Толщина слоя подстилки, см	1.65±0.22	1.74±0.26	105
Объемная масса (ОМ) подстилки, г/см ³	0.15	0.17	113
ОМ почвы на глубине 0-5 см	0.72	0.68	95
5-10 см	1.08	0.90	83
Влажность, %			
подстилки	60.7	72.4	119
почвы 0-5 см	53.4	56.5	105
5-10 см	10.3	39.7	385
Запасы влаги в слое, мм			
подстилки	9.70	4.24	44
почвы в слое 0-5 см	191.61	192.66	127
5-10 см	56.80	178.48	314

Интенсивность дыхания почвы через 14 месяцев после внесения экскрементов

Варианты	Количество CO ₂ , г/м ² /сут.		Влажность почвы, %	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Пихтарник				
Под кронами	8.7	8.9	50.3±4.71	38.9±3.32
Между крон	8.0	10.1	55.5±1.89	44.6±0.90
Лиственничник				
Под кронами	12.1	12.2	17.1±1.25	34.3±1.99
Между крон	11.0	12.1	68±1.80	69.0±1.48

тов наблюдались существенные различия в активности целлюлозоразрушающих бактерий подстилок и почв между контролем и опытом (табл. 5). В конце второго вегетационного сезона численность грибов в подстилке опыта под кроной лиственничника сохранилась на уровне предшествующего года, а в межкроновом пространстве даже снизилась более чем в 3 раза. В отличие от межкронового пространства, в минеральном слое почвы под кроной численность микромицетов значительно колебалась (табл. 6). Как и в микоценозе пихтарника, в лиственничнике в минеральном слое почвы преобладали пенициллы. Их численность различалась по вариантам контроля и опыта: в контроле под кроной они составляли 77% от общего числа микромицетов, в межкроновом пространстве – 90%. В опыте эти показатели были равны 82% и 98% соответственно. Интенсивное развитие пенициллов и их абсолютное доминирование в почвах опыта, возможно, отчасти связано с кислой реакцией экскрементов (рН=3.67).

Одним из надежных показателей деятельности микробиоты почв, является интенсивность дыхания. Прослеживается зависимость между количеством выделенной углекислоты, численностью и целлюлазной активностью микроорганизмов (Сорокин, 1981; Бугакова, Бузыкин, 1983). Поступление в почву новых порций легкоразлагаемого органического материала резко увеличивает продуцирование углекислого газа и соответственно активность микрофлоры. Таким мощным стимулятором почвенного дыхания может быть зоогенный опад. После внесения экскрементов гусениц сибирского шелкопряда в подстилку пихтарника в течение первых пяти дней интенсивность продуцирования диоксида углерода увеличилась более, чем на 60% по сравнению с контролем.

К концу второго вегетационного сезона после внесения экскрементов в микробном комплексе обоих вариантов опыта наблюдалось снижение активности микробиоты, соответственно снизилась и интенсивность почвенного дыхания. Выявлено, что продуцирование углекислого газа почвой интенсивнее протекало в межкрупном пространстве в обоих вариантах опыта. По сравнению с контролем почвенное дыхание было повышено в пихтарнике на 10% , в лиственничнике на 26% (табл. 8).

Заклучение

Внесение в подстилку экскрементов гусениц сибирского шелкопряда резко увеличило активность почвенной микробиоты, что незамедлительно отразилось на продуцировании диоксида углерода. В течение недели после начала эксперимента интенсивность почвенного дыхания в пихтарнике увеличилась более чем на 60%. Через три месяца после внесения экскрементов в микробных сообществах наряду с увеличением численности микромицетов значительно повысилась целлюлазная активность, увеличилась доля эколого-трофических групп микроорганизмов, трансформирующих азот- и углеродсодержащие органические соединения. В микоценозах повсеместно доминировали пенициллы.

Внесение экскрементов гусениц сибирского шелкопряда активизировало деятельность микрофлоры, что привело к увеличению в поверхностном органическом горизонте, как общего азота, так и подвижных его форм. Спустя 6 месяцев после закладки опыта наблюдается максимальное увеличение содержания подвижных форм азота по сравнению с контролем. Минерализация азотсодержащих органических веществ является одним из условий обеспеченности растений элементами питания. Показателем нарушенности природного равновесия почвы, в том числе и направленности протекания микробиологических процессов, является соотношение $N-NH_4:N-NO_3$. Сужение его свидетельствует о разбалансированности почвенных процессов.

Уже через 14 месяцев после внесения экскрементов (в конце второго вегетационного сезона) интенсивность микробиологических процессов снизилась. Численность микромицетов во всех вариантах опыта по сравнению с предыдущим годом уменьшилась, но оставалась выше, чем в контроле. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов стабилизировалось на уровне контроля. Биогенность подстилок и почв контроля и опытов практически сравнялась, что обусловило снижение скорости минерализации клетчатки и про-

дуцирования диоксида углерода. Продукты деятельности микробных комплексов реализовались в трофических цепях, что отразилось на химических, водно-физических свойствах почв и запасах растительной органики.

При этом скорость и характер протекания микробных сукцессий в различных микрoэкологических условиях неодинаковы. В пихтарнике (в условиях оптимального увлажнения) внесение экскрементов гусениц сибирского шелкопряда существенно ускорило процессы разложения растительной органики под кроной в первые три месяца и снизило различия в качественном составе и численности микроорганизмов под кроной и межкроновом пространстве на второй год после их внесения. В лиственничнике (в условиях недостаточного увлажнения) активность микробного комплекса заметно различалась по условиям микросреды, причем эти различия сохранялись значительно дольше.

Таким образом, экспериментально установлено, что период действия экскрементов гусениц сибирского шелкопряда на почвенную микрофлору в основном составляет два, максимум три вегетационных сезона. Зоогенный опад, поступающий на поверхность почвы во время дефолиации древостоя, кратковременный и сильнодействующий стимулятор ее биологической активности. В дефолированном сообществе, действуя в совокупности с увеличением освещенности и исключением корневой конкуренции со стороны древостоя, зоогенный опад является фактором синергизма на начальных этапах сукцессионного процесса в шелкопрядниках

Работа выполнена в рамках проекта K1126 ФЦП "Интеграция", интеграционного проекта СО РАН № 22 и грантов РФФИ №01-04-49672; №01-04-63126

Литература

Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв.- М.-Л.: Наука, 1965.- 183 с.

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв.- М.: МГУ, 1970.- 487 с.

Баранчиков Ю.Н., Первозникова В.Д., Вишнякова З.В. //Современные проблемы почвоведения Сибири / Материалы Межд. научн. конф. Томск: ТГУ, 2000. Т. 2. С. 240-282.

Бугакова Т.М., Бузыкин А.И. // Микробные ассоциации в лесных биогеоценозах. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1983.- С. 101-115.

Ведрова Э.Ф., Спиридонова Л.В., Стаканов В.Д. // Лесоведение.-

2000.- № 3.- С. 40-48.

Востров И.С., Петрова А.И. // Микробиология.- 1961.- Т. 30. № 4.- С. 659-665.

Иванникова Л.А. // Почвоведение.-1992.- № 4.- С. 100-107.

Сорокин Н.Д. Микрофлора таежных почв Средней Сибири.- Новосибирск: Наука, 1981.- 144 с.

Сорокин Н.Д. // Успехи современной биологии. – 1993.- Т. 113, вып. 2.- С. 131-140.

Рахно П.Х. Сезонная количественная динамика почвенных бактерий и факторы, обуславливающие ее.- Таллин: ИЭБ АН ЭССР, 1964.- 235 с.

Мирчинк М.Г. Почвенная микология.- М.: МГУ, 1988.- 220 с.

Теппер Е.З., Шильникова В.А.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии.- М.: Колос.- 1972.- 199 с.

Тюрин И.В., Михновский В.К., Ярцева А.К. // Почвоведение.- 1962.- № 8.- С. 1-10.

Шарков И.Н. // Почвоведение.- 1987. №. 1.- С. 127-133.

Шиханова Т.А. // Лесоведение.- 2000.- № 6.- С. 33-39.