

УДК 595.713:595.423

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ НАСЕЛЕНИЯ НОГОХВОСТОК ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ

© 2008 О.Н. Пинаева

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Самара

В статье освещены некоторые функциональные особенности влияния жизнедеятельности ногохвосток на трансформацию органического вещества листовного опада в зависимости от ценогической организации населения коллембол.

Лесная подстилка населена разнообразным и стабильным на основе сложных внутренних связей сообществом микроорганизмов и животных. Интегральный эффект воздействия этого сообщества напрямую сказывается на характеристиках лесной почвы, находящихся в прямой зависимости от скорости и направления биотических круговоротов.

Микроартроподы, и коллемболы в первую очередь, являются активными участниками процессов трансформации органического вещества растительных остатков. Высокая насыщенность растительного опада микроартроподами ставит вопрос об их роли в биоценозах. Многочисленные расчеты и эксперименты показывают, что на долю микроартропод приходится относительно небольшая часть энергии, заключенная в химических связях веществ растительного опада [1]. Однако, исключение их деятельности резко снижает скорость разложения опада [2].

Микроартроподы, как представители второго гетеротрофного трофического уровня, выступают регуляторами микробиальной активности [3] [4], что влияет на соотношение процессов минерализации и гумификации [5]. Микробиологическая обстановка растительного опада, его положение в подстилке, структура сообщества микроартропод должны сказываться на продуктивности и стабильности лесных экосистем [6].

Раздельное влияние коллембол различных жизненных форм на процесс трансформации растительного опада

В стеклянные сосуды объемом 1 литр на

чистый речной песок, промытый водой, HCl, NaOH и еще раз водой, помещали по 10 г (BCB) смесь листовного опада (дуб, липа, лещина).

Лиственный опад подвергался температурной обработке (60-70⁰С в течение 1-2 часов) для уничтожения кладок и диапазирующих беспозвоночных. Опад увлажняли до 60 % от полной его влагоемкости. Варианты эксперимента предусматривали деструкцию опада в следующих режимах:

- а) при участии микроорганизмов;
- б) при участии микроорганизмов и видов ногохвосток, относящихся к пионерной группе мелких членистоногих – *Entomobrya sp.*, *Isotoma viridis*;
- в) при участии микроорганизмов и видов постпионерной группы – *Isotoma gr. olivacea*, помещенных в опад спустя 4 месяца с начала эксперимента;
- г) при участии микроорганизмов и видов ферментативного слоя лесной подстилки - *Isotoma notabilis*, *Folsomia quadriculata*, *Pseudosinella alba*, инокулированных спустя 6 месяцев с начала эксперимента;
- д) при участии микроорганизмов и видов почвенного горизонта - *Folsomia fimetaria*, *Onychiurus gr. armatus*, помещенных в опад с 10 месяцев с начала эксперимента;
- е) при участии микроорганизмов и комплекса всех указанных выше видов ногохвосток.

Опад инокулировали коллемболами, извлекая их из естественной подстилки методом флотации с последующим переносом насекомых в соответствующие сосуды препа-

ровальными иглами. Начальная численность ногохвосток в вариантах – 10 экз/г опада.

Микробиальная обстановка листового опада на различных этапах деструкции ока-

зывает существенное влияние на интенсивность физиологических процессов ногохвосток, что отразилось на динамике их численности в экспериментальном опаде (рис. 1).

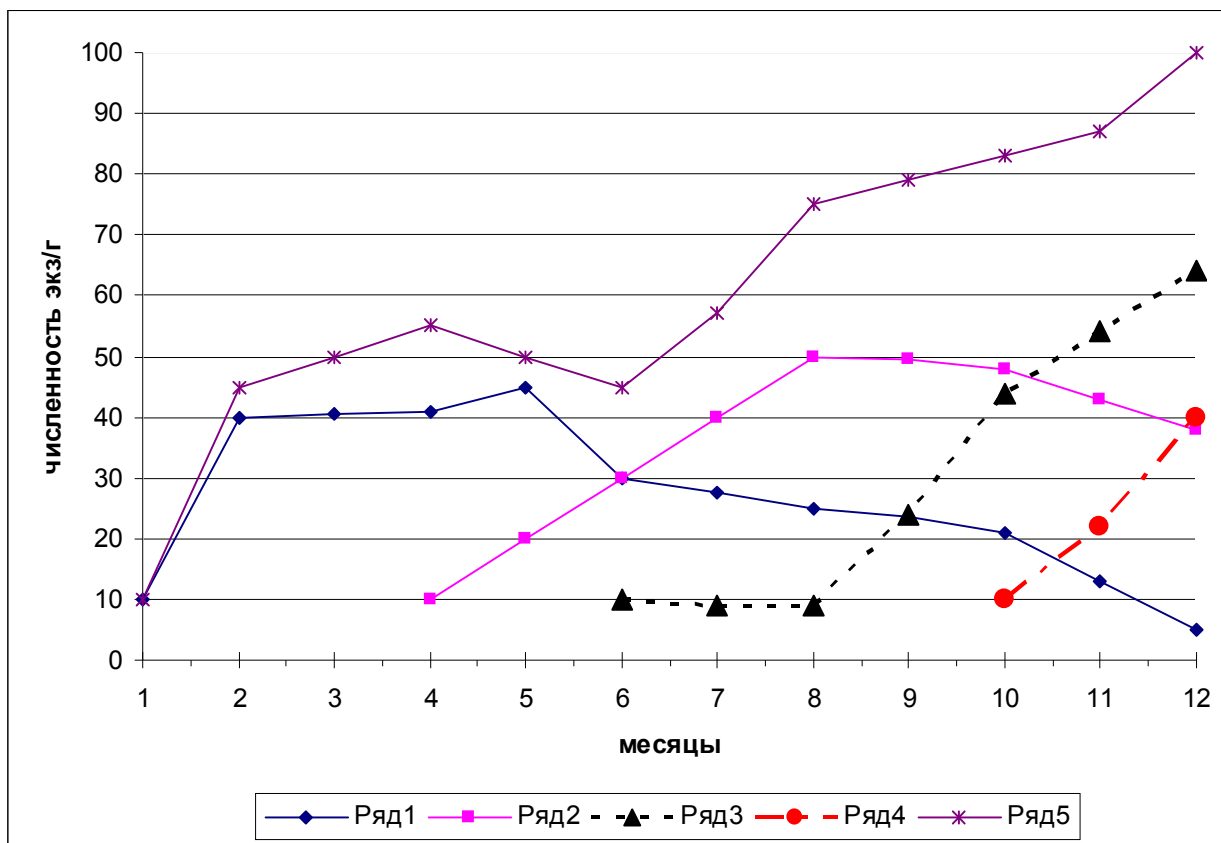


Рис. 1. Динамика численности ногохвосток в экспериментальном опаде

Суммарная численность *Entomobrya* sp. и *Isotoma viridis* имела максимальное значение на 2 – 4 месяца, что вполне соответствует положению атмобионтных видов начальных этапов сукцессии населения коллембол листового опада. В дальнейшем обилие ногохвосток данной жизненной формы неуклонно снижалось и к концу эксперимента упало до 5 экз.

Отсутствие в экспериментальном опаде предыдущих группировок ногохвосток (по вариантам эксперимента) негативно сказывалось на интенсивности размножения видов последующих экологических групп коллембол. Так максимальное обилие *Isotoma* gr. *olivacea* отмечено на 8 – 10 месяцы с последующим спадом численности, гемизафические виды имели некоторое снижение численности к 8 месяцу с последующим ростом чис-

ленности на 10 и 12 месяцы экспозиции, а эузафические виды начали увеличивать свою численность с момента инокуляции.

Из приведенных результатов видно, что микробиальная обстановка экспериментального опада оказывает наибольшее влияние на гемизафические виды, которые являются основными регуляторами микробиальной активности и от которых в большей степени зависит соотношение процессов минерализации и гумификации органического вещества растительных остатков.

Кроме того, в экспериментальных микроскомах не сработало одно из основных правил видовой структуры сообщества: чем меньше видов, тем больше численность. Вспышка численности отдельных видов в обедненных группировках не отмечена.

Комплексная группировка ногохвосток (ва-

риант е) функционировала в режиме, обычном для достаточно сложных и устойчивых сообществ микроартропод [1].

Темпы размножения коллембол оказывали специфическое воздействие на скорость разложения опада (рис. 2).

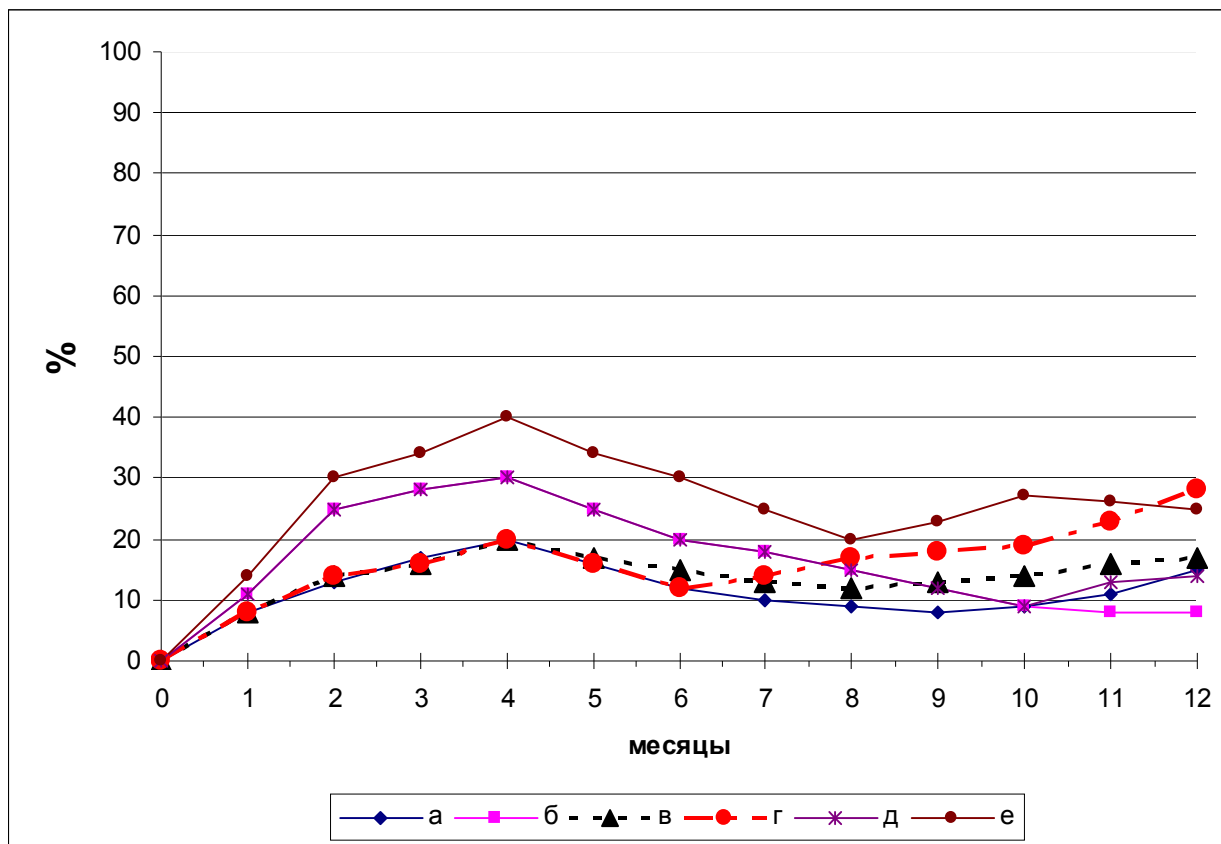


Рис. 2. Динамика темпов разложения опада

Кривые темпов разложения опада во всех вариантах эксперимента, кроме полного комплекса ногохвосток, повторяли по форме таковые динамики численности коллембол экспериментального опада (рис. 1). Более значительная скорость разложения растительных остатков в вариантах с ногохвостками указывает на их оптимизирующую роль процесса деструкции [7].

Отсутствие начальной и последующих группировок ногохвосток в экспериментальном опаде в вариантах опыта приводит к тому, что темпы потери веса опадом увеличиваются к концу эксперимента в отличие от варианта с полным комплексом коллембол.

Общеизвестно, что темпы разложения растительных остатков постепенно падают. В лабораторных экспериментах кривые темпов разложения с участием полного комплекса микроартропод имеют 2 пика [7], характери-

зующие интенсивность и последовательность преобладающих процессов минерализации и гумификации.

Органические вещества опада, находящиеся под воздействием неполных группировок ногохвосток, и как следствие, в несвойственных условиях деструкции (степень активности микроорганизмов, видовой состав микроорганизмов и микроартропод, и т.д.), не разлагаются с той интенсивностью, которая отмечается в вариантах с полным комплексом микроартропод. Эти «невостребованные» вещества начинают интенсивно разлагаться при инокуляции опада последующей группой ногохвосток, что и сказывается на повышении темпов разложения к концу эксперимента.

Таким образом, нарушенные группировки коллембол, оказываясь в несвойственных им условиях (степень разложения опада, видо-

вой состав микроорганизмов и микроартропод) не могут в полной мере компенсировать отсутствие тех видов ногохвосток, которые должны предшествовать им согласно сукцессионной смены видов первичнобескрылых насекомых.

Различия в условиях деструкционных про-

цессов и в степени влияния разрозненных экологических групп ногохвосток на эти процессы должны некоторым образом сказаться на соотношении процессов минерализации и гумификации органического вещества листового опада.

Таблица 1. Содержание органического углерода и соотношение ГК/ФК в пирофосфатных вытяжках из листьев

№	Биоагенты	2		4		6		8		10		12	
		Сорг	ГК/ФК	Сорг	ГК/ФК	Сорг	ГК/ФК	Сорг	ГК/ФК	Сорг	ГК/ФК	Сорг	ГК/ФК
1	Микроорганизмы	5,2	0,6	5,1	0,7	5,5	0,8	6,9	1,1	7,8	1,1	9,6	1,7
2	Микроорганизмы и пионерная группа	6,7	1,1	6,3	1,3	6,1	1,5	7,1	1,2	6,6	1,2	9,1	1,1
3	Микроорганизмы и постпионерная группа					7,1	1,2	7,4	1,3	8,5	1,3	10,5	1,5
4	Микроорганизмы и гемизадафическая группа							8,5	1,5	10,3	1,7	11,2	2,1
5	Микроорганизмы и эудафическая группа									9,0	1,1	12,1	1,3
6	Микроорганизмы и комплекс микроартропод	7,21	1,6	9,0	2,5	10,1	1,9	14,8	2,6	15,5	2,8	16,1	3,1

Анализируя данные таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

1. Деятельность микроартропод в комплексе с микроорганизмами положительным образом сказывается на процессах трансформации органического вещества лесного опада.
2. Деятельность нарушенных группировок ногохвосток, представленных 1-2 видами каждой экологической группы в отдельных вариантах эксперимента, отрицательно сказывается на течение процессов гумификации и минерализации по сравнению с полным комплексом ногохвосток.
3. Деятельность отдельных видов ногохвосток в процессе деструкции листового опада всецело обусловлена подготовительной деятельностью микроорганизмов, т.е. соответствующей микробиологической обстановкой растительных остатков.
4. Отсутствие видов-предшественников в поэтапном процессе деструкции листового опада негативно сказывается на микробиальной активности опада и на процессе

трансформации органического вещества в целом.

5. Выход ГВ в варианте с микроорганизмами в целом соответствует данным, имеющимся в литературе [1].
6. Позитивная роль пионерной группировки ногохвосток наиболее ощутимо отмечена лишь в конце годичного срока экспозиции.
7. Интенсивность влияния ногохвосток на соотношение процессов минерализации и гумификации усиливается в направлении от верхнеподстилочных к эудафическим.

Трансформация органического углерода растительных остатков при нарушении сукцессионной смены видов ногохвосток

Снижение видового разнообразия микроартропод снимает зависимость пространственного распределения от этапа разложения органического субстрата.

Однако, горизонтальная и вертикальная стратификация видов в обедненных группировках мелких членистоногих не может не

сказаться на механизме множественного обеспечения функций комплекса микроартропод в деструкции опада.

В модельных опытах изучали влияние различных видов ногохвосток, относящихся к разным экологическим группам, на процесс деструкции при нарушении хода сукцессионной смены видов.

Подготовка экспериментальных сосудов аналогична предыдущему опыту.

Варианты эксперимента предусматривали трансформацию органического вещества листовного опада при участии:

- а) микроорганизмов
- б) микроорганизмов и пионерной группы ногохвосток - *Entomobrya* sp., *Isotoma viridis*;
- в) микроорганизмов, пионерной и постпионерной группы - *Isotoma* gr. *olivacea*; последняя группировка помещена в опад спустя 4 ме-

- сяца с начала эксперимента;
- г) микроорганизмы, пионерная и гемизафическая группа - *Isotoma notabilis*, *Folsomia quadriculata*, *Pseudosinella alba*; последняя группировка инокулирована с 6 месяцев с начала эксперимента;
- д) микроорганизмы, пионерная и эузафическая группа - *Folsomia fimetaria*, *Onychiurus* gr. *armatus*; последняя группировка помещена в опад с 10 месяцев с начала эксперимента;
- е) микроорганизмы и комплекс указанных выше видов ногохвосток.

Нарушение микробиальной активности опада, связанное с выпадением отдельных видов ногохвосток в сукцессионном ряду сказалось на динамике численности коллембол (рис. 3).

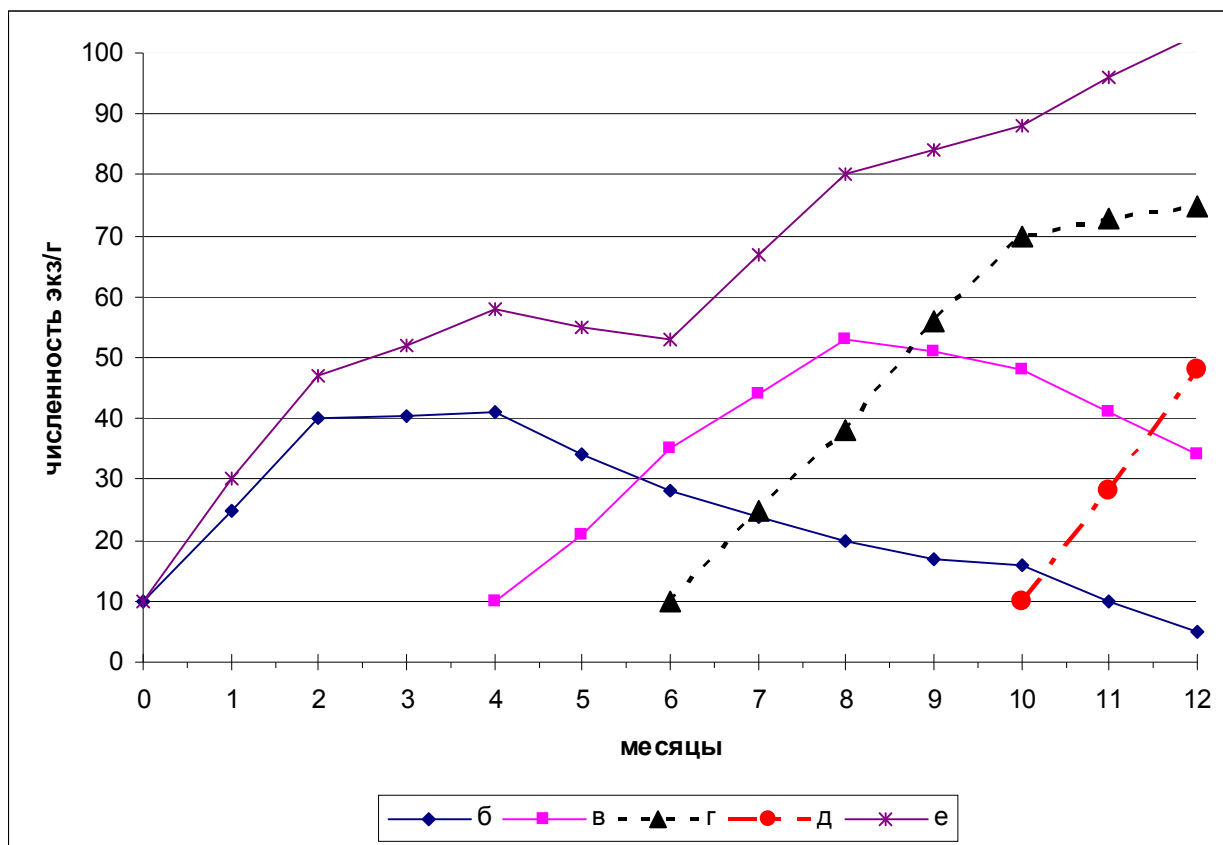


Рис. 3. Динамика численности отдельных видов ногохвосток и их общей численности в вариантах эксперимента

Кривая динамики численности пионерной группировки аналогична изменениям численности ногохвосток предыдущего эксперимента (см. рис.1).

Ход кривых динамики численности других экологических групп разнятся от подобных кривых тех же экологических групп предыдущего эксперимента (рис. 1 и рис. 3). Раз-

личия касаются не столько сроков максимальных значений численности, сколько количества особей соответствующей экологической группы.

Наиболее существенное различие в численности ногохвосток в сравнении с предыдущим вариантом отмечены в варианте с гемизафическими видами.

Несмотря на то, что деятельность пионерной группировки создала комфортную микробиологическую обстановку для постпионерной группы, численность последней неуклонно снижается.

Численность видов эузафической группы выше, чем в предыдущем эксперименте, од-

нако отсутствие видов-предшественников тормозило сукцессионную смену микроорганизмов, что негативно сказалось на степени «готовности» опада к деятельности настоящих почвенных видов.

В целом, выпадение видов-предшественников отрицательно сказалось на динамике численности ногохвосток по сравнению с таковыми показателями полного комплекса коллембол.

Изменения в динамике численности ногохвосток и микробиологической активности листового опада сказалось и на темпах разложения (рис. 4).

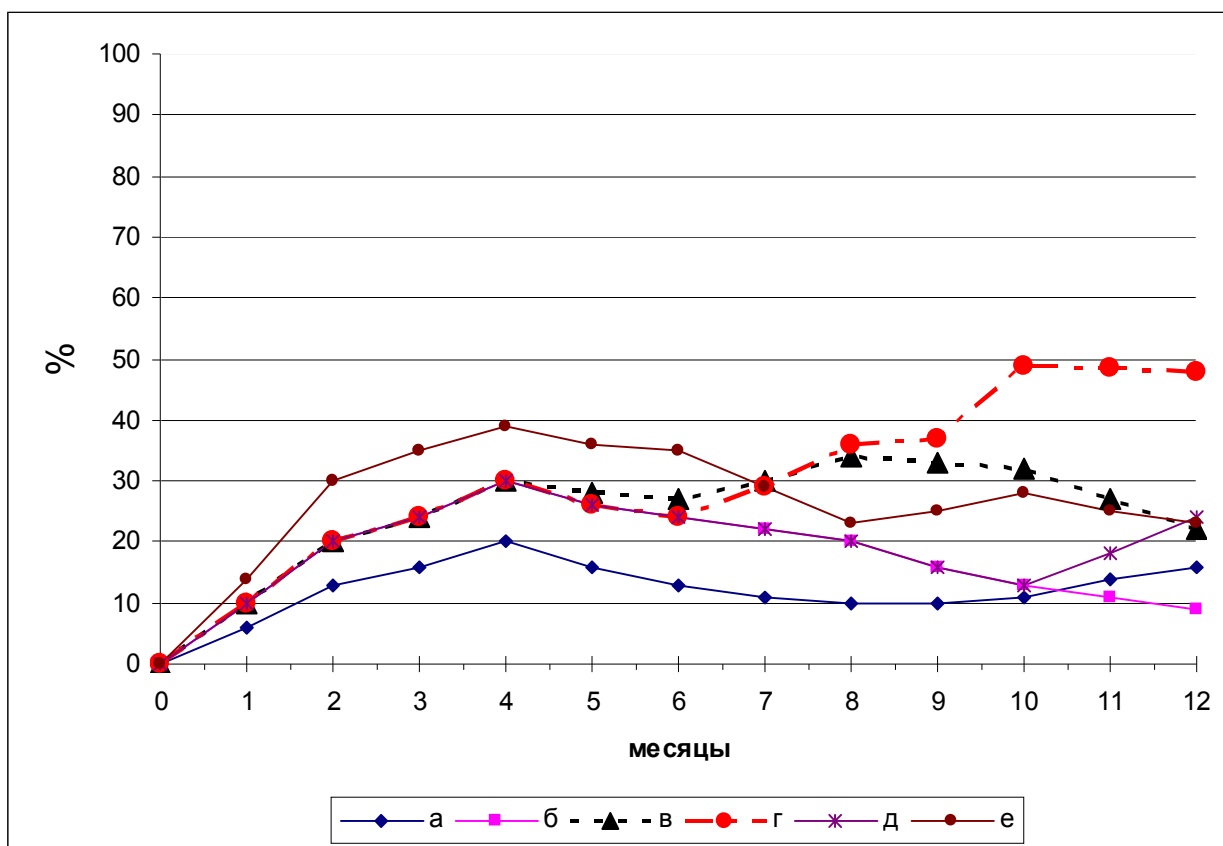


Рис. 4. Темпы разложения листового опада

Темпы разложения опада в варианте с микроорганизмами аналогичны предыдущим экспериментам: в течение года максимум наблюдался на 3-4 месяце экспозиции, а второй пик активности отмечается к 12 месяцу.

Деятельность пионерной группировки увеличивает по значению, но не смещая по времени 1 волну потери органического вещества листовым опадом по сравнению с

микроорганизмами. Однако, отсутствие ногохвосток других жизненных форм, влияющих на микробиальную активность, делают жизненную обстановку не вполне комфортной, что сказывается на снижении темпов разложения к концу эксперимента.

Сравнительная деятельность пионерной и постпионерной группировок начиная с 4 месяцев, дает «типичный» [7] второй пик ак-

тивности, приходящийся на 8 – 10 месяцы де- струкции опада.

Совершенно очевидно, что последователь- ная деятельность двух экологических сукцес- сионных групп позитивно сказывается на увеличении темпов разложения раститель- ных остатков.

Деятельность гемизафической группы ногохвосток, подключенной к пионерной группе с 6 месяцев так же положительно ска- зывается на динамике темпов деградации: появление второго пика приурочено к 8 – 10 месяцу, однако его значение гораздо выше предыдущего. Это говорит о том, что деятель- ность основной группы микроартропод в гу- мификационном процессе переоценить не- возможно.

Наконец, иная динамика темпов разложе- ния опада регистрируется при совокупном воздействии начальной и эузафической групп: отсутствие предыдущих групп микроартро- под, не свойственность микробиальной об- становки срокам экспозиции негативно ска- зывается на деятельности почвенных видов – темпы разложения листовного опада «нео-

хотно» взрослеют.

Как было показано ранее [7] 1 пик темпов разложения характеризует минерализирую- щие процессы, тогда как второй пик «гуми- фикационный», он ниже первого и характе- ризует степень участия микроартропод в про- цессах накопления гумусовых веществ.

Во всех вариантах эксперимента, где уча- ствовали две экологические группы ногохво- сток, отмечено увеличение темпов разложе- ния, т.е. второй пик, вопреки логике, выше чем в варианте с полным комплексом ногох- восток. Очевидно, это объясняется тем, что в обедненных сообществах деструкторов про- цесс разложения идет не полноценно, и на долю включающихся экологических групп приходится значительная остаточная часть легкоразлагающегося органического вещества, а то время как в варианте с полным набором экологических групп коллембол процесс ми- нерализации и гумификации протекает по известным законам.

Подтверждение сказанному мы регистри- руем в данных по выходу и накоплению ГВ (табл. 1).

Таблица 1. Содержание $C_{орг}$ Растительных остатков в пирофосфатной вытяжке (мгС/г опада)

№	Варианты	Сроки (месяцы)					
		2	4	6	8	10	12
1	Микроорганизмы (контроль)	0,6	0,7	0,8	1,1	1,1	1,7
2	Начальная с 0 месяцев	1,1	1,3	1,5	1,2	1,2	1,1
3	Начальная+постпионерная с 4 месяцев	1,1	1,2	1,4	1,3	1,5	1,3
4	Начальная+гемизафическая с 6 месяцев	1,1	1,2	1,5	1,5	1,8	2,3
5	Начальная+эузафическая с 10 месяцев	1,1	1,2	1,5	1,4	1,4	1,3
6	Полный комплекс	1,6	2,5	1,9	2,6	2,6	3,1

Как следует из анализа кривых динамики выхода и накопления ГВ совместная деятель- ность двух экологических групп ногохвосток положительно сказывается на процессах гу- мификации органического вещества: во всех вариантах эксперимента отмечено увеличе- ние выхода $C_{орг}$ гумусовых веществ (рис. 5).

Деятельность пионерной и постпионер- ной группировки характеризуется спокойным течением процесса деградации: увеличении

выхода ГВ происходило постепенно, что обусловлено отсутствием увеличением по- здних функциональных групп ногохвосток.

Деятельность пионерной и гемизафичес- кой групп значительно увеличивало выход ГВ, однако кривая динамики также спокойная, что отражает неполный механизм поэтапного включения органического вещества расти- тельных остатков в процессах минерализации и гумификации.

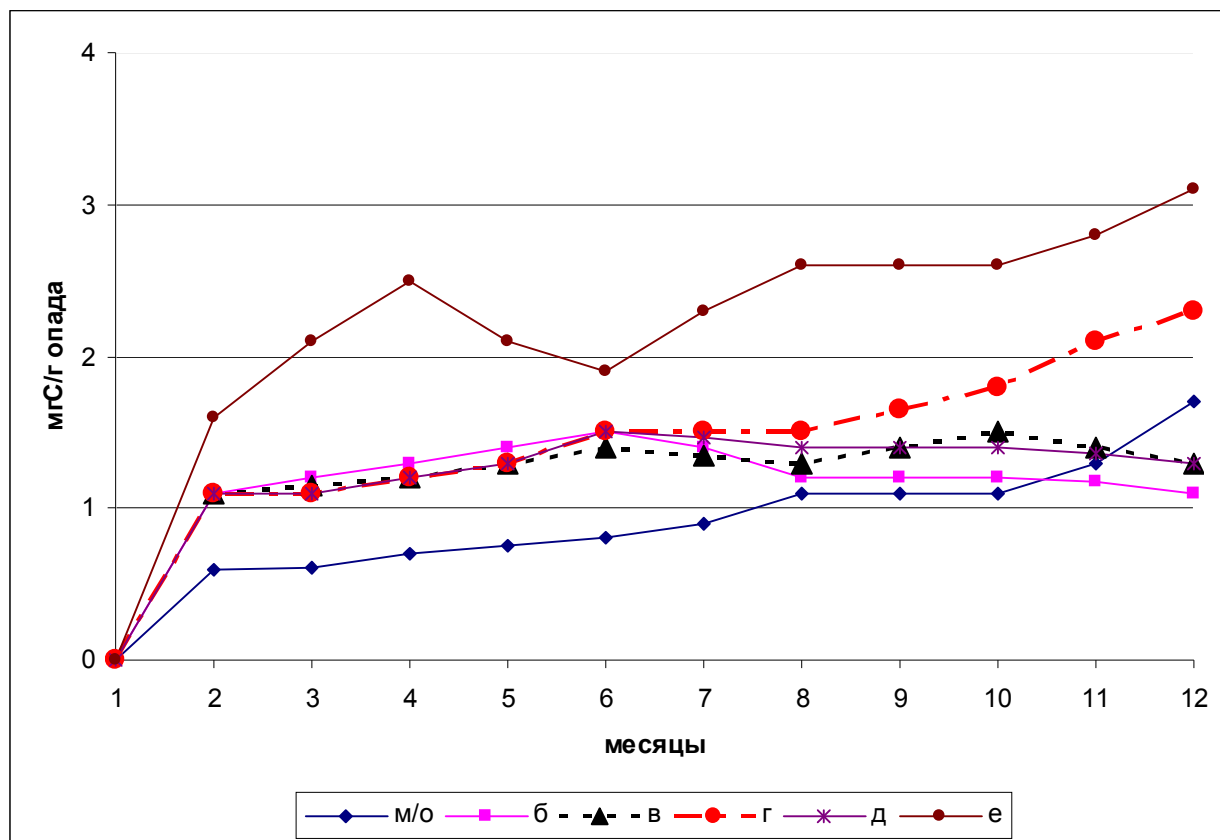


Рис. 5. Динамика выхода и накопления гумусовых веществ

Кривая динамики выхода ГВ в варианте с эузафической группой ногохвосток указывает, что опад не готов к «приему» настоящей почвенной группировки, т.к. в течение 10 месяцев отсутствовали практически все промежуточные экологические группировки но-

гохвосток.

В целом, коэффициент отклонения ГК/ФК выше, чем в предыдущем эксперименте по всем вариантам эксперимента с участием 2-х сочетанных групп ногохвосток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Симонов Ю.В.* Раздельное влияние коллембол различных жизненных форм на процесс гумификации растительных остатков. // Изучение и охрана биологического разнообразия ландшафтов. Пенза, 1999.
2. *Паников Н.С., Симонов Ю.В.* Влияние микроартропод на скорость разложения растительного опада. // Экология, № 4. 1986.
3. *Симонов Ю.В., Борисова В.Н.* Экспериментальный анализ взаимоотношения микроартропод с гифомицетами лесной подстилки. // Экология микроартропод лесных почв. М.: Наука, 1988.
4. *Симонов Ю.В., Добровольская Т.Г.* Воздействие коллембол и орибатид на бактериальные клетки разлагающегося опада. // Экология, № 5. 1994.
5. *Симонов Ю.В.* Количественная оценка участия микроартропод в гумификации растительных остатков // Докл. АН СССР, 1984. Т.277. № 4.
6. *Чернова Н.М., Кузнецова Н.А., Симонов Ю.В.* Ценотическая организация и функции населения микроартропод лесной подстилки. // Механизмы биотической деструкции органического вещества в почве. М.: Наука, 1989.
7. *Симонов Ю.В.* Общие закономерности влияния микроартропод на трансформацию органического вещества почвы. // Исследования в области биологии и методики ее преподавания: Межкафедральный сборник научных трудов. Вып. 1. Самара: Издательство СГПУ, 2002.

**CONTRASTIVE ANALYSIS FUNCTIONS OF POPULATION
SPRINGTAILS CARPET OF LEAVES**

© 2008 O.N. Pinaeva

Russian States University of tourism and service
Samara branch Moscow State University of service, Samara

This article deals with the problem of some functional peculiarities of springtails influence on the transformation of organic substance of leaf tall, which depends on the cenotic organization of the inhabitation of collembols.