

УДК 595.713:595.423

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ПРИ НАРУШЕНИИ СУКЦЕССИОННОЙ СМЕНЫ ВИДОВ НОГОХВОСТОК

© 2013 Ю.В. Симонов

Самарский государственный экономический университет, Самара

Поступила 25.09.2013

Показано, что нарушение закономерной смены функциональных групп почвообитающих мелких членистоногих негативно сказывается на темпах разложения растительных остатков. Установлено изменение количества и качества гумусовых веществ при выпадении звеньев сукцессионной цепи микроартропод.

**Ключевые слова:** сукцессия, микроартроподы, гумификация и минерализация.

### ВВЕДЕНИЕ

Снижение видового разнообразия микроартропод снимает зависимость их 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 [4].

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В модельных опытах изучали влияние различных видов ногохвосток, относящихся к разным экологическим группам, на процесс деструкции при нарушении хода сукцессионной смены видов. Варианты эксперимента предусматривали трансформацию органического вещества листовного опада при участии:

- а) микроорганизмов
- б) микроорганизмов и пионерной группы ногохвосток – *Entomobrya sp.*, *Isotoma viridis* (Bourlet);
- в) микроорганизмов, пионерной и постпионерной группы – *Isotoma gr. olivacea* (Tullb.); последняя группировка помещена в опад спустя 4 месяца с начала эксперимента;
- г) микроорганизмы, пионерная и гемизафическая группа – *Isotoma notabilis* (Schäff.), *Folsomia quadrioculata* (Tullb.), *Pseudosinella alba* (Packard); последняя группировка инокулирована с 6 месяцев с начала эксперимента;
- д) микроорганизмы, пионерная и эузафическая группа – *Folsomia fimetaria* (Linnaeus), *Onychiurus gr. armatus* (Tullb.); последняя группировка помещена в опад с 10 месяцев с начала эксперимента;
- е) микроорганизмы и комплекс указанных выше видов ногохвосток.

Опад инокулировали коллемболами, извлекая их из естественной подстилки методом флотации с последующим переносом насекомых в соответствующие сосуды препаровальными иглами. Начальная численность ногохвосток в вариантах – 10 экз/г опада.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБСУЖДЕНИЕ

Микробиальная обстановка листовного опада на различных этапах деструкции оказывает существенное влияние на интенсивность физиологических процессов ногохвосток, что отразилось на динамике их численности в экспериментальном опаде (рис. 1).

Суммарная численность *Entomobrya sp.* и *Isotoma viridis* имела максимальное значение на 2-4 месяце, что вполне соответствует положению атмобионтных видов начальных этапов сукцессии населения коллембол листовного 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. Ход кривых динамики численности видов других экологических групп касается не столько сроков максимальных значений численности, сколько количества особей соответствующей экологической группы.

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 микрокосмах не сработало одно из основных правил видовой структуры сообщества: чем меньше видов, тем больше численность. Вспышка численности отдельных видов в объединенных группировках

---

Симонов Юрий Владимирович, кандидат биологических наук, доцент, кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности Самарского государственного экономического университета yuriisimonov@bk.ru

не отмечена. Комплексная группировка ногохвосток (вариант е) функционировала в режиме, обычном для достаточно сложных и устойчивых сообществ микроартропод [1].

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

Численность видов эуэдафической группы всецело зависела от отсутствия видов-

предшественников, что тормозило сукцессионную смену микроорганизмов и негативно сказалось на степени «готовности» опада к деятельности настоящепочвенных видов.

В целом, выпадение видов-предшественников отрицательно сказалось на динамике численности ногохвосток по сравнению с таковыми показателями полного комплекса коллембол [2].

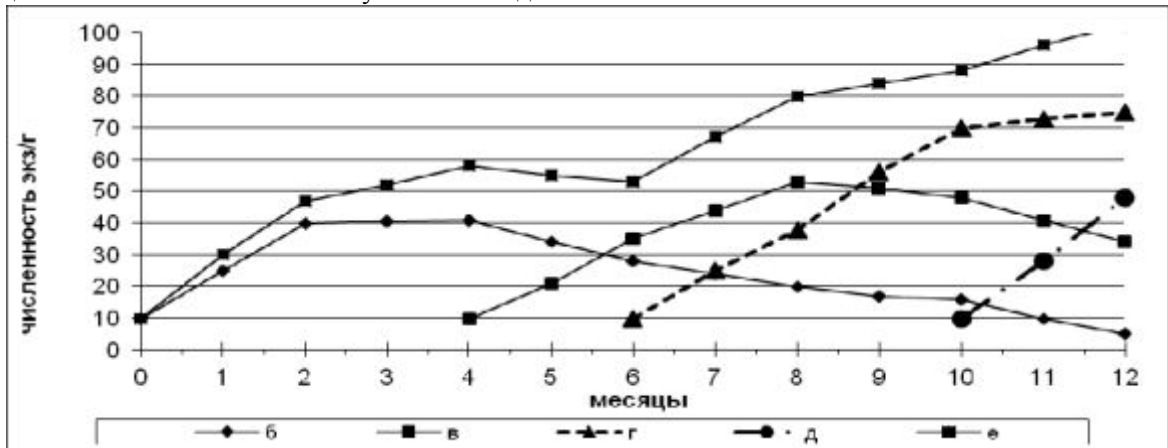


Рис. 1. Динамика численности отдельных видов ногохвосток и их общей численности в вариантах эксперимента.

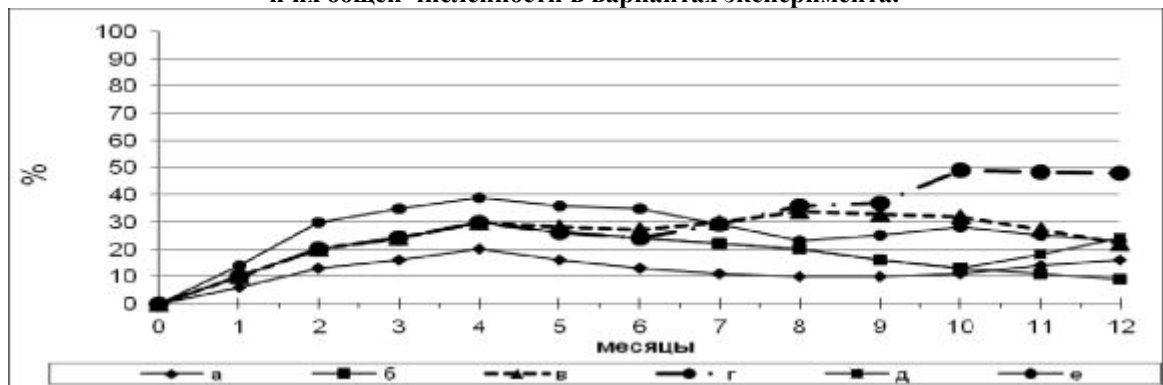


Рис. 2. Темпы разложения листового опада.

Изменения в динамике численности ногохвосток и микробиологической активности листового опада сказалось и на темпах разложения.

Кривые темпов разложения опада во всех вариантах эксперимента, кроме полного комплекса ногохвосток, повторяли по форме таковые динамики численности коллембол экспериментального опада (рис. 2.). Более значительная скорость разложения растительных остатков в вариантах с ногохвостками указывает на их оптимизирующую роль процесса деструкции [1]. Однако, по мере высвобождения легкоразлагаемых веществ опада, темпы разложения замедляются, что особенно наглядно демонстрирует вариант с полным комплексом экспериментальных видов ногохвосток.

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 [1], характеризующие 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 «невос-

требуемые» вещества начинают интенсивно разлагаться при инокуляции опада последующей группой ногохвосток, что и сказывается на повышении темпов разложения к концу эксперимента [3]. Таким образом, нарушенные группировки коллембол, оказываясь в несвойственных им условиях (степень разложения опада, видовой 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 процессов 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. Деятельность пионерной группировки увеличивает по значению, но не смещает по времени первую 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» [1] второй пик активности, приходящийся на 8-10 месяцы деструкции опада.

Совершенно очевидно, что последовательная деятельность двух экологических сукцессионных групп позитивно сказывается на увеличении темпов разложения растительных остатков. Деятельность гемизадафической группы ногохвосток, подключенной к пионерной группе с 6 месяцев, так же позитивно сказывается на динамике темпов деструкции: появление второго пика приурочено к 8-10 месяцу, однако его значение гораздо выше предыдущего. Это говорит о том, что деятельность основной группы микроартропод в гумификационном процессе переоценить невозможно.

Наконец, иная динамика темпов разложения опада регистрируется при совокупном воздействии начальной и эузадафической групп: отсутствие предыдущих групп микроартропод, не свойственность микробиальной обстановки срокам экспозиции негативно сказывается на деятельности почвенных видов – темпы разложения листового опада «неохотно» взрослеют. Как было показано ранее [1] первый пик темпов разложения характеризует минерализующие процессы, тогда как второй пик «гумификационный», он ниже первого и характеризует степень участия микроартропод в процессах накопления гумусовых веществ (*ГВ*).

Во всех вариантах эксперимента, где участвовали две экологические группы ногохвосток, отмечено увеличение темпов разложения, т. е. второй пик, вопреки логике, выше, чем в варианте с полным комплексом ногохвосток. Очевидно, это объясняется тем, что в обедненных сообществах деструкторов процесс разложения идет не полноценно, и на долю включающихся экологических групп приходится значительная остаточная часть легкоразлагающегося органического вещества, в то время как в варианте с полным набором экологических групп коллембол процесс минерализации и гумификации протекает по известным законам.

Подтверждение сказанному мы регистрируем в данных по выходу и накоплению *ГВ*.

Как следует из анализа кривых динамики выхода и накопления *ГВ* (табл. 1, рис. 3-4) совместная деятельность двух экологических групп ногохвосток позитивно сказывается на процессах гумификации органического вещества: во всех вариантах эксперимента отмечено увеличение выхода  $C_{орг}$  гумусовых веществ.

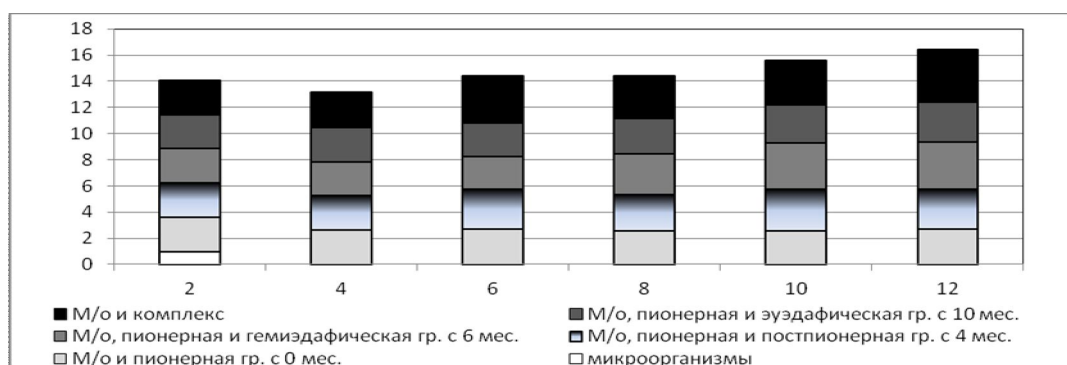
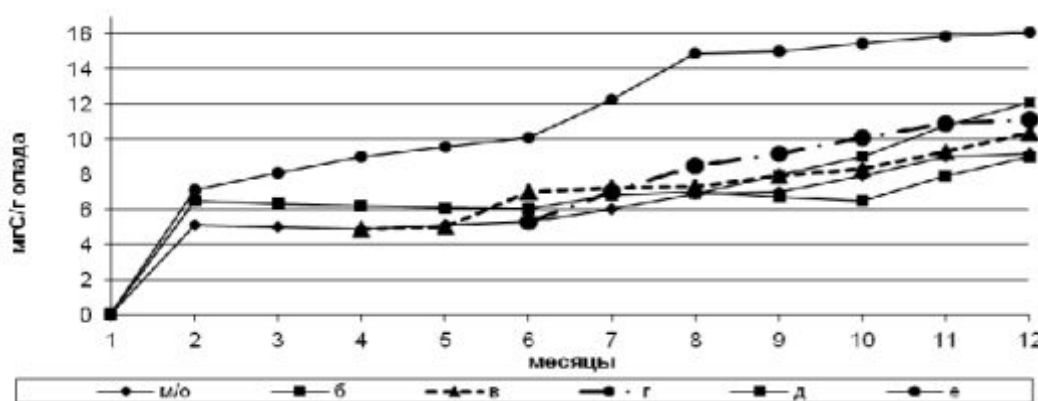
Деятельность пионерной и постпионерной группировки характеризуется спокойным течением процесса деструкции: увеличение выхода *ГВ* происходило постепенно, что обусловлено отсутствием увеличения поздних функциональных групп ногохвосток. Деятельность пионерной и гемизадафической групп значительно увеличивало выход *ГВ*, однако кривая динамики также спокойная, что отражает неполный механизм поэтапного включения органического вещества растительных остатков в процессы минерализации и гумификации. Кривая динамики выхода *ГВ* в варианте с эузадафической группой ногохвосток указывает, что опад не готов к «приему» настоящей почвенной группировки, т.к. в течение 10 месяцев отсутствовали практически все промежуточные экологические группировки ногохвосток.

Присутствие пионерной группировки коллембол в экспериментальных сериях позитивно сказывается на увеличении степени зрелости *ГК*. Из данных эксперимента очевидно, что наличие предшествующих экологических групп ногохвосток в опаде наиболее существенны для гемизадафических видов (значительное увеличение коэффициента цветности; рис. 3) и для эдафических видов, для которых наличие одной предшествующей группировки почти не сказалось на их деятельности в процессах гумификации органического вещества листового опада, в соответствии с рис. 4.

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

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

№	Варианты	Сроки эксперимента (в мес.)											
		2		4		6		8		10		12	
		$C_{орг}$	$I^k/ФК$	$C_{орг}$	$I^k/ФК$	$C_{орг}$	$I^k/ФК$	$C_{орг}$	$I^k/ФК$	$C_{орг}$	$I^k/ФК$	$C_{орг}$	$I^k/ФК$
1	Микроорганизмы (контроль)	5,63	0,61	5,02	0,71	5,51	0,81	6,91	1,13	7,79	1,11	9,59	1,23
2	Пионерная с 0 месяцев	6,95	1,11	6,46	1,31	6,02	1,54	7,09	1,21	6,66	1,21	7,73	1,31
3	Пионерная + постпионерная с 4 месяцев	6,96	1,12	6,46	1,21	7,02	1,44	7,90	1,32	9,01	1,53	10,63	1,71
4	Пионерная + гемизадафическая с 6 месяцев	6,93	1,13	6,52	1,22	6,04	1,51	8,24	1,54	10,13	1,82	11,45	1,12
5	Пионерная + эузадафическая с 10 месяцев	6,93	1,14	6,51	1,21	6,08	1,54	7,03	1,41	6,68	1,41	7,91	1,32
6	Комплекс ногохвосток	7,21	1,62	9,01	2,53	10,06	1,94	14,82	2,62	15,46	2,61	16,08	2,31

**Рис. 3.** Коэффициент цветности растительных остатков в пирофосфатной вытяжке.**Рис. 4.** Динамика выхода гумусовых веществ.

Анализируя данные 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 тече-

ние 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 актив-

ности опада и на процессе трансформации органического вещества в целом.

5. Позитивная роль пионерной группировки ногохвосток наиболее ощутимо отмечена лишь в конце годичного срока экспозиции.

6. Интенсивность влияния ногохвосток на соотношение процессов минерализации и гумификации, судя по выходу *ГВ* и величине соотношения *ГК/ФК*, усиливается в направлении от верхнеподстилочных к эуэдафическим.

7. Коэффициент цветности, показывающий степень зрелости *ГК*, в сериях эксперимента убедительно указывает на значительное изменение соотношения гумификации и минерализации органического вещества в нарушенных группировках.

8. Исключение предшествующих группировок ногохвосток негативно сказывается на степени зрелости гумусовых кислот. Даже в вариантах с гемиэдафическими видами и эуэдафическими видами коэффициент цветности практически не

отличается от такового в других вариантах, кроме варианта с полным комплексом коллембол.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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: Изд-во СГПУ, 2002. С. 113-119.
2. *Симонов Ю.В.* Раздельное влияние коллембол различных жизненных форм на процесс гумификации растительных остатков // Изучение и охрана биологического разнообразия ландшафтов. Пенза, 1999. С. 265-267.
3. *Симонов Ю.В.* Зависимость процесса трансформации органического вещества от структуры населения коллембол растительного опада // Биоразнообразие почвенных животных. М.: Наука, 1999. С. 76-78.
4. *Чернова Н.М., Кузнецова Н.А., Симонов Ю.В.* Ценоотическая организация и функции населения микроартропод лесной подстилки // Механизмы биотической деструкции органического вещества в почве. М.: Наука, 1989. С. 5-33.

### THE TRANSFORMATION OF ORGANICS CARBON OF PLANT RESIDUES IN VIOLATION OF SUCCESSIONAL SPECIES OF SPRINGTAILS CHANGE

© 2013 Yu.V. Simonov

Samara State University of Economics

It is shown that the violation of regular change of functional groups of soil-small arthropods negative impact on the rate of decomposition of plant residues. The change of the quantity and quality of humic substances on a roll of chain links successional microarthropoda.

**Key words:** succession, microarthropoda, humification and mineralization.