

## ДРОЖЖЕВЫЕ СООБЩЕСТВА МУРАВЕЙНИКОВ *FORMICA AQUILONIA*

© 2016 г. И. А. Максимова<sup>\*,1</sup>, А. М. Глушакова<sup>\*</sup>, А. В. Качалкин<sup>\*</sup>,  
И. Ю. Чернов<sup>\*,\*\*</sup>, С. Н. Пантелеева<sup>\*\*\*</sup>, Ж. И. Резникова<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

<sup>\*\*</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

<sup>\*\*\*</sup>Институт систематики и экологии животных СО РАН

<sup>1</sup>E-mail: maximova.irina@gmail.com

Поступила в редакцию 10.07.2015 г.

Исследованы численность и видовое разнообразие дрожжевых грибов в муравейниках *Formica aquilonia* в разнотравном березово-сосновом лесу в Новосибирской области. Обнаружено, что численность дрожжевых грибов в материале муравейника составляет в среднем  $10^3$ – $10^4$  КОЕ/г, а в камерах с расплодом достигает  $10^5$  КОЕ/г. В почве и подстилке, окружающей муравейники, среди дрожжей доминируют типичные подстилочные виды *Trichosporon moniliiforme* и *Cystofilobasidium capitatum*. В материале муравейника наряду с этими видами доминируют аскомицетовые виды из семейства *Debaryomycetaceae*: *Debaryomyces hansenii* и *Schwanniomyces vanrijiae*. Дрожжевое население самих муравьев представлено почти исключительно этими двумя видами дебариомицетов. Таким образом, в гнездах муравьев *Formica aquilonia* формируются высокоспецифические дрожжевые сообщества, отличающиеся от сообществ в окружающей почве. Выявленные различия являются примером средообразующей деятельности муравьев.

**Ключевые слова:** дрожжи, муравьи, *Formica aquilonia*, *Debaryomyces hansenii*, *Schwanniomyces vanrijiae*.

**DOI:** 10.7868/S0026365616010043

Муравьи играют важную роль в наземных экосистемах. Трофическая и строительная деятельность многих видов муравьев приводит к изменению физических и химических свойств почвы, структуры травянистого покрова в местах их обитания (Бугрова, Пшеницына, 2003). Растительность около муравьиных гнезд отличается от окружающей: растения, произрастающие вокруг муравейников, выделяются более крупными размерами, дают больший урожай, качество которого выше, чем у аналогичных растений, расположенных в отдалении от муравейников. Показано, что в почве рядом с муравейниками отмечается более густое сплетение корней ели и березы, а состояние самих растений значительно лучше, чем у удаленных деревьев (Длусский, 1967).

Муравьи также выполняют особую почвообразующую деятельность, которая складывается из следующих факторов: перемешивание почвы, изменение механического состава, изменение химического состава почвы (Frouz, Jilkova, 2008). За счет разложившегося или переработанного органического материала происходит увеличение доступных форм многих элементов (Са, Mg, Na, K, P) внутри гнезда по сравнению с окружающей почвой (Frouz et al., 2005). Муравейники, аккумулируя важные химические элементы (углерод,

фосфор, азот), увеличивают пространственную гетерогенность в распределении этих элементов в экосистеме (Kilpelainen, 2008). Накопление подвижных форм химических элементов происходит не только в гнездах рыжих лесных муравьев, но и в непосредственной близости от них (Frouz et al., 2008). Во многих работах показано, что рыжие лесные муравьи влияют на кислотность почв. Кислые и нейтральные почвы подщелачиваются, а сильнощелочные, напротив, уменьшают величину pH. На изменении кислотности почвы сказывается и большое количество глюкозы, которую муравьи приносят в гнездо в виде пади тлей (Jilkova et al., 2012). Известно, что гнезда рыжих лесных муравьев являются привлекательными местообитаниями для почвенных и подстилочных организмов разных таксономических и размерных групп. В гнездах рыжих лесных муравьев на порядок выше, чем в окружающей почве, численность неспорозоных бактерий и актиномицетов (Стебаева и соавт., 1977; Покаржевский, Пименов, 1981). В муравейниках рыжих лесных муравьев создаются благоприятные условия для обитания таких важных почвообразующих групп беспозвоночных животных, как ногохвостки и панцирные клещи (Стебаева, Гришина, 1983). Например, показано, что в муравейниках скла-

дывается характерный для островных местообитаний флуктуирующий тип организации сообществ ногохвосток: численность и видовая структура варьируют даже в близко расположенных муравейниках и претерпевают существенные сезонные колебания (Резникова, Слепцова, 2003). При этом разные структурные части купола населяют группировки коллембол, различающиеся по характеру видовой структуры и экологическому разнообразию. Важно отметить, что численность ногохвосток в муравейниках в сотни раз выше, чем в окружающей почве (Слепцова, Резникова, 2006). Известно также, что муравьи оказывают разнообразное и очень существенное влияние на формирование микробного населения почв (Стебаева и соавт., 1977; Покаржевский, Пименов, 1981; Гришкан, 1989). Показано, что биомасса грибов и бактерий на поверхности гнезда *F. aquilonia* была в 3 раза больше, чем в подстилке окружающего леса (Laakso, Setälä, 1998). Первое исследование в России, посвященное изучению дрожжевого населения муравейников, было проведено в начале 70-х годов (Голубев, Бабьева, 1972; Golubev, Bab'eva, 1972). Было показано, что в гнездах муравьев рода *Lasius* дрожжи практически отсутствуют, в гнездах муравьев подрода *Coptoformica* дрожжевое население представлено широко распространенными эпифитными видами. Однако наиболее интересными оказались образцы гнезд *Formica rufa*. Выяснилось, что их дрожжевое население высокоспецифично и представлено исключительно видами рода *Debaryomyces*: *Debaryomyces cantarellii* и *D. formicarius*, позднее переименованными в *Schwanniomyces polymorphus* и *Sch. vanrijiae* соответственно (Kurtzman, Suzuki, 2010), которые не были обнаружены ни в одном из окружающих муравейники фоновых субстратов. Численность этих дрожжей порой достигала  $10^6$  КОЕ/г образца, что значительно превышает среднюю численность дрожжей в почвах и растительных остатках.

Несмотря на то, что в последнее время достаточно интенсивно ведутся работы по исследованию дрожжевых сообществ, ассоциированных с муравьями, большинство этих работ посвящено исследованию ассоциаций дрожжей с муравьями из групп муравьев-листорезов, муравьев-жнецов, огненных муравьев и т.д., которые характерны для регионов с тропическим и аридным климатом и стран Нового Света (Ganter, 2006). Новых работ, касающихся исследованию дрожжевых грибов, ассоциированных с группами муравьев, характерными для умеренных широт России, к настоящему времени нет.

Целью данной работы было исследование дрожжевого населения муравейников *Formica aquilonia*, типичного представителя группы рыжих лесных муравьев *Formica rufa* (Длусский, 1967).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы материала муравейников колонии муравьев *F. aquilonia*, а также образцы почвы и подстилки для контроля отбирали в четыре срока (май, август и ноябрь 2011 и март 2012 гг.) в разнотравном березово-сосновом лесу в Новосибирском районе Новосибирской области ( $55^{\circ}00'31''$  с.ш.  $83^{\circ}18'20''$  в.д.). Пробы материала муравейников взяты из двух гнезд, в каждом из них отобраны пробы вала (северная и южная экспозиции), верхнего слоя купола (северная и южная экспозиции) и купола на глубине 25 и 35–40 см (северная и южная экспозиция). Помимо этого, нами были проанализированы образцы внутригнездовых рабочих муравьев, отобранные во все сроки, кроме марта 2012 г., поскольку муравьи в данном регионе в это время еще зимуют в подземной части гнезда (Резникова, Слепцова, 2003). В качестве контроля отбирали почву на глубине 0–5 см, на расстоянии 2–3 м от гнезда, а также из мест взятия контрольных почвенных проб. Всего было проанализировано 107 образцов.

Образцы доставляли в Москву в течение 3–4 сут, до посева образцы, по возможности, хранили при температуре 4–6°C. Посевы производили на чашки Петри с глюкозо-пептонно-дрожжевым агаром GРУА (глюкоза – 20 г/л, пептон – 10 г/л, дрожжевой экстракт – 5 г/л, агар – 20 г/л). Для подавления роста бактерий в среду добавляли левомицетин (1 г/л). Образцы материала муравейников и муравьев сеяли из разведения 1 : 50, образцы подстилки – 1 : 25, образцы почвы – 1 : 10. По 3 навески из каждого образца были помещены в пробирки со стерильной водой, обработаны на вортексе Multi Reax фирмы “Heidolph” (Германия) в режиме 1700 об./мин в течение 15 мин и посеяны в двух повторностях. Образцы муравьев были сначала посеяны вышеуказанным способом, а затем содержимое пробирок было тщательно растерто стерильной стеклянной палочкой, обработано на вортексе и еще раз посеяно. Посевы инкубировали в холодильнике в течение 2–4 нед. (Азиева, 1982). Выросшие колонии подсчитывали, дифференцируя на макроморфологические типы, по два–три штамма из каждого типа колоний выделяли в чистую культуру, а затем идентифицировали до вида по морфофизиологическим признакам (Kurtzman, Fell, 1998; Kurtzman et al., 2011). Все необходимые тесты проводили по стандартным методикам (Kurtzman, Fell, 1998) с использованием специализированных сред фирмы “Difco”. Окончательную идентификацию осуществляли анализом нуклеотидных последовательностей региона ITS1-5.8S-ITS2 и D1/D2 домена 26S (LSU) рДНК по методике, описанной ранее (Глушакова и соавт., 2011). Амплификацию регионов рДНК проводили с использованием праймеров

ITS1f (5'-CTTGGTCACTTAGAGGAAGTA), NL4 (5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG). Для секвенирования использовали те же праймеры. Секвенирование амплифицированных регионов проводили на секвенаторе Applied Biosystems 3130xl Genetic Analyzer в Научно-производственной компании "Синтол" (Москва). Идентификацию по полученным результатам проводили, используя данные генбанка NCBI (ncbi.nlm.nih.gov) и базу CBS (www.cbs.knaw.nl).

В результате для каждого образца определяли общую численность дрожжей в образующих колонии единицах на 1 грамм субстрата (КОЕ/г), и составляли список видов с указанием их относительного обилия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Дрожжи были обнаружены в муравейниках во все сроки исследования, их численность в материале муравейников составила в среднем  $10^4$  КОЕ/г. Численность дрожжей в камерах с расплодом и в образцах муравьев была выше и в некоторых образцах существенно превышала  $10^5$  КОЕ/г. Наименьшие значения численности наблюдались в образцах подстилки и почвы. При этом численность дрожжей достоверно не зависела от сезона исследования, экспозиции и глубины отбора проб в муравейнике.

Всего в муравейниках было обнаружено 19 видов, относящихся к пяти родам аскомицетовых и семи родам базидиомицетовых дрожжей (таблица). Видовая структура разных типов субстратов сильно различается. Дрожжи, обнаруженные на самих муравьях, были представлены в основном двумя видами из семейства *Debaryomycetaceae* (Kurtzman, Suzuki, 2010): *Schwanniomyces vanrijiae* и *Debaryomyces hansenii*, относительное обилие которых составляло более 90%. Это согласуется с результатами, полученными ранее о доминировании представителей рода *Debaryomyces* s.l. в муравейниках *Formica rufa* (Голубев, Бабьева, 1972; Бабьева и соавт., 1975). Как уже отмечалось, этими авторами был описан самостоятельный вид *Debaryomyces formicarius*, предположительно тесно ассоциированный с лесными муравьями. Однако ни в одном из образцов муравьев или материала муравейников вид с фенотипическими чертами, характерными для *D. formicarius*, нами обнаружен не был. Следует отметить, что по описанию *D. formicarius* морфологически и физиологически очень близок к виду *Sch. vanrijiae*, его единственной, хотя и существенной отличительной особенностью является способность к сбраживанию сахаров. На основании этого признака *D. formicarius* и был выделен в самостоятельный вид. Позже по результатам ДНК–ДНК гомологии *D. formicarius* был объединен с *D. vanrijiae* и, в последствии, был переописан в род *Schwanniomyces*

(Price et al., 1978). У штаммов *Sch. vanrijiae*, выделенных в ходе нашего исследования, способность к сбраживанию сахаров не была обнаружена. Относительное обилие типичных обитателей подстилок и почв — *Trichosporon moniliiforme* и *Cryptococcus terricola* составило 8.8 и 2.5% соответственно.

В материале муравейников видовое разнообразие существенно выше — в нем встречаются те же виды, которые были обнаружены на муравьях, но соотношение их долей иное — дебариомицеты становятся субдоминантами, а доминирует типичный подстилочный вид *T. moniliiforme*. Наряду с этим выявлен вид *Cystofilobasidium capitatum*, который также часто встречается в различных растительных субстратах (Чернов, 2013). Максимальное разнообразие было выявлено в подстилке и почве, там были обнаружены практически все виды дрожжей, выделенные в ходе данного исследования.

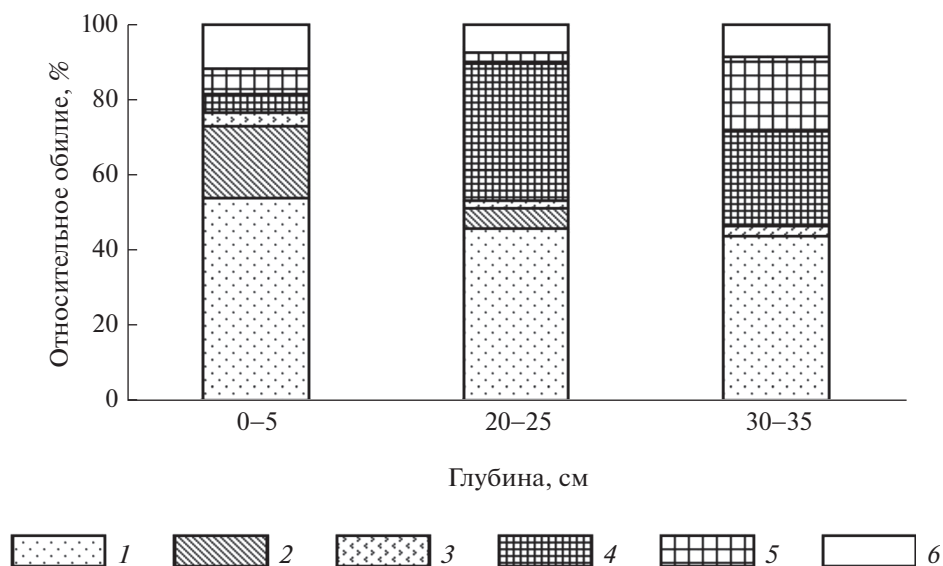
В разных отделах муравейников видовая структура дрожжевых сообществ несколько отличается, что, по-видимому, связано с деятельностью муравьев. Наряду с *T. moniliiforme* по мере погружения в муравейник увеличиваются доли *D. hansenii* и *Sch. vanrijiae* на глубине 20–35 см, т.е. там, где находятся камеры с расплодом (рис. 1).

Исследование видовой структуры дрожжевых сообществ в динамике показало, что происходят более или менее заметные изменения соотношений видов в течение года при практически неизменной таксономической структуре самих сообществ (рис. 2). Анализ динамики обилия доминирующих видов показывает, что они по-разному ведут себя в зависимости от сезона и типа субстрата (рис. 3). Все эти виды были обнаружены во все сроки наблюдений. Однако *D. hansenii* наиболее обилен на муравьях в конце вегетационного периода, обилие *T. moniliiforme* в материале муравейников растет в течение вегетационного периода, а обилие *C. capitatum* увеличивается в ходе вегетационного периода в контрольных образцах почвы. Это хорошо согласуется с имеющимися данными об этом виде, полученными в ходе исследования сезонной динамики структуры сообществ эпифитных дрожжей (Глушакова, Чернов, 2010). Таким образом, имеют место сезонные изменения видовой структуры дрожжевых сообществ в муравейниках и фоновых субстратах, но они принципиально не нарушают картины соотношения между доминирующими видами в исследованных средах.

Полученные результаты показывают, что лесные муравьи оказывают существенное влияние на состав микробных сообществ. Несмотря на то, что материал муравейника состоит из тех же компонентов, что и окружающая подстилка, они сильно различаются по структуре дрожжевого населения. Из результатов ординации всех исследо-

## Обнаруженные виды дрожжей и показатели их относительного обилия (%)

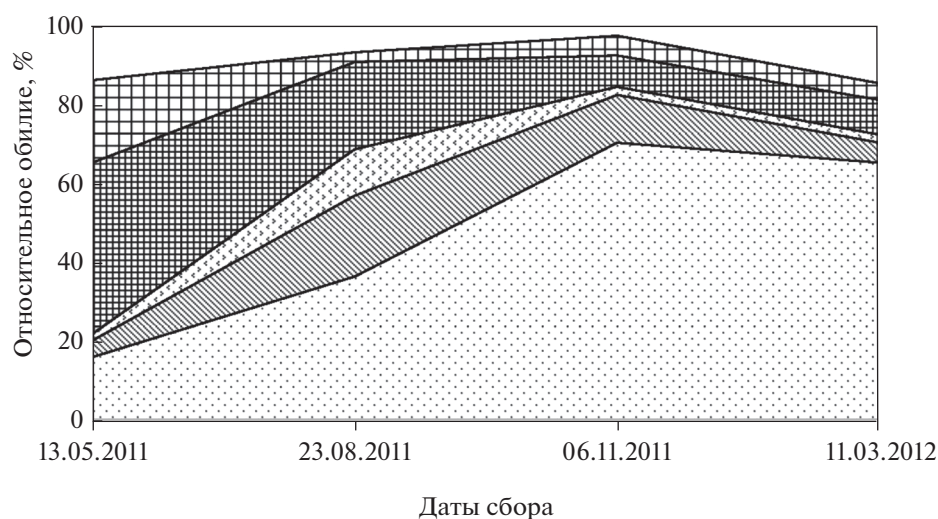
Вид	Почва	Муравейник	Муравьи
<i>Candida galacta</i> (Golubev et Bab'eva) Lee et al.	2.6	0.1	0
<i>Candida saitoana</i> Nakase et Suzuki	0.8	0.1	0
<i>Candida sake</i> (Saito et Oda) van Uden et Buckley ex Meyer et Ahearn	0	0.1	0
<i>Candida santamariae</i> Montrocher	2.6	0	0
<i>Cryptococcus terreus</i> di Menna	0.5	3.2	0
<i>Cryptococcus terricola</i> Pedersen	8.5	2.1	2.5
<i>Cryptococcus victoriae</i> Montes et al.	0.5	1.7	0
<i>Cystobasidium pallidum</i> (Lodder) Yurkov et al.	0.7	1.0	0
<i>Cystofilobasidium capitatum</i> (Fell et al.) Oberwinkler et al.	37.6	11.7	0
<i>Cystofilobasidium infirmominiatum</i> (Fell et al.) Hamamoto et al.	0.2	0.1	0
<i>Debaryomyces hansenii</i> (Zopf) Lodder et Kreger-van Rij	3.5	16.4	40.3
<i>Guehomyces pullulans</i> (Lindner) Fell et Scorzetti	0.3	1.6	0
<i>Holtermanniella wattica</i> (Guffogg et al.) Libkind et al.	0	0.2	0
<i>Mrakia curviuscula</i> Bab'eva et al.	0.1	0	0
<i>Nadsonia fulvescens</i> (Nadson et Konokotina) Sydow	0.8	0.1	0
<i>Ogataea nitratoaversa</i> Péter et al.	0	0.1	0
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i> (Jørgensen) Harrison	1.1	0.5	0
<i>Rhodotorula psychrophenolica</i> Margesin et Sampaio	0.5	0	0
<i>Schwanniomyces vanrijiae</i> (van der Walt et Tscheuschner) Suzuki et Kurtzman	1.4	8.9	48.2
<i>Trichosporon dulcitum</i> (Berkhout) Weijman	3.0	0.1	0
<i>Trichosporon guehoae</i> Middelhoven et al.	0	0	0.1
<i>Trichosporon moniliiforme</i> (Weigmann et Wolff) Guého et Smith	34.8	49.5	8.8



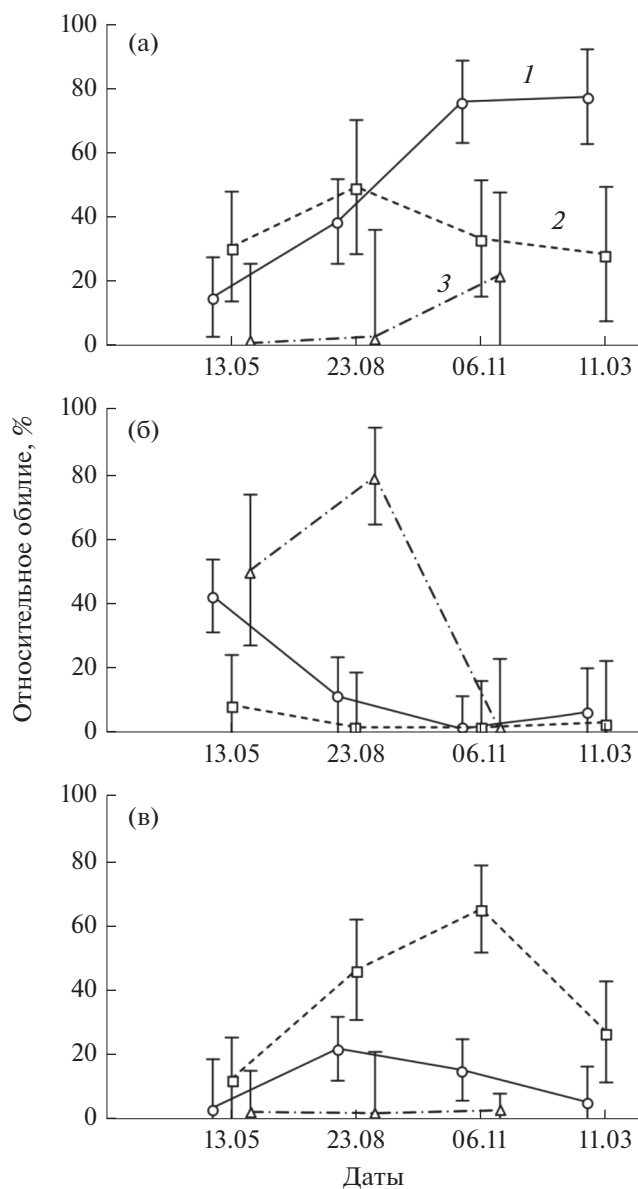
**Рис. 1.** Видовая структура дрожжевых сообществ в куполе муравейника на разных глубинах; виды дрожжей: 1 – *Trichosporon moniliforme*, 2 – *Cystofilobasidium capitatum*, 3 – *Cryptococcus terreus*, 4 – *Debaryomyces hansenii*, 5 – *Schwanniomycetes vanrijiae*, 6 – прочие.

ванных образцов методом дискриминантного анализа хорошо видно, что по видовой структуре дрожжевых сообществ образцы подстилки и почвы, а также самих муравьев хорошо дифференцируются, а материал муравейника занимает промежуточное положение. Наиболее существенной особенностью дрожжевых сообществ муравейников является высокое относительное обилие в них видов из клада дебариомицетовых: *Sch. vanrijiae* и *D. hansenii*. Возможно, это связано с тем, что

в муравейниках концентрируется большое количество легкодоступных сахаров, в частности, глюкозы (Jilkova et al., 2012), которая является основным источником питания дрожжей. Известно также, что дрожжевые грибы из клада дебариомицетовых являются типичным микробным компонентом, ассоциированным не только с муравьями рода *Formica*, но и с муравьями-древоточцами рода *Camponotus* (Mankowski, Morrell, 2004), а также с различными насекомыми-ксилофагами (Густе-

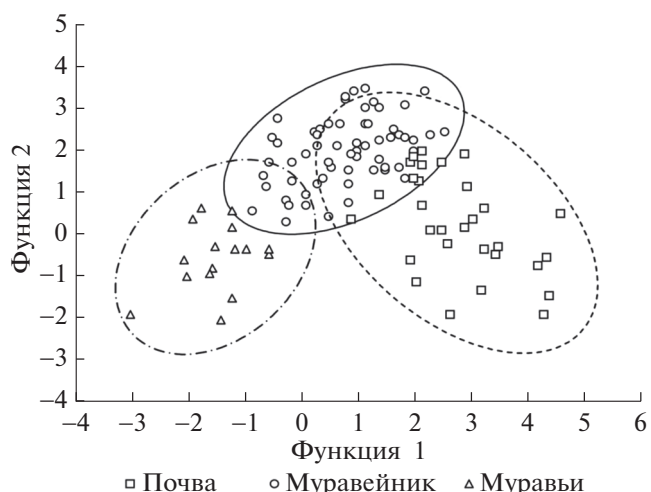


**Рис. 2.** Сезонные изменения видовой структуры дрожжевых сообществ в муравейниках (условные обозначения как на рис. 1).



**Рис. 3.** Динамика обилия доминирующих видов дрожжей; (а) – *Trichosporon moniliiforme*, (б) – *Debaryomyces hansenii*, (в) – *Cystofilobasidium capitatum* в следующих местообитаниях: 1 – муравейники, 2 – фоновая почва, 3 – муравьи.

лева, Исаев, 1982). Ранее высказывались предположения, что эти дрожжи являются одним из источников питания муравьев, т.к. было показано, что они активно синтезируют различные источники белка и витамины группы В (Густелева, Исаев, 1982), и добавление этих дрожжей в корм заметно увеличивает вес муравьев (Mankowski, Morrell, 2004). Поскольку в нашей работе наибольшие значения численности этих дрожжей были отмечены в камерах с расплодом, то можно



**Рис. 4.** Ординация исследованных субстратов по видовой структуре дрожжевых сообществ методом дискриминантного анализа.

предположить, что они могут являться пищей личинок муравьев *Formica aquilonia*.

Видовая идентификация штаммов дрожжевых грибов осуществлена за счет средств гранта РФФ 14-50-00029. Исследования от ИСиЭЖ СО РАН проводились при поддержке гранта РФФ 14-14-00603.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабьева И.П., Гузева И.С., Длусский Г.М., Голубев В.И. Ассоциация дрожжей с муравьями в лесных биогеоценозах // Закономерности развития почвенных микроорганизмов. Л: Изд-во АН СССР, 1975. С. 16–25.

Бугрова Н.М., Пшеницына Л.Б. Трансформация пространственной структуры травяного покрова вокруг гнезда *Formica aquilonia* // Успехи современной биологии. 2003. Т. 123. № 3. С. 273–277.

Глушакова А.М., Качалкин А.В., Чернов И.Ю. Особенности динамики эпифитных и почвенных дрожжевых сообществ в зарослях недотроги железистой на перегнойно-глеевой почве // Почвоведение. 2011. № 8. С. 966–972.

Глушакова А.М., Качалкин А.В., Чернов И.Ю. Specific features of the dynamics of epiphytic and soil yeast communities in the thickets of Indian balsam on mucky gley soil // Euras. Soil Sci. 2011. V. 44. № 8. P. 886–892.

Глушакова А.М., Чернов И.Ю. Сезонная динамика структуры сообществ эпифитных дрожжей // Микробиология. 2010. Т. 79. № 6. С. 832–842.

Глушакова А.М., Чернов И.Ю. Seasonal dynamics of the structure of epiphytic yeast communities // Microbiology. 2010. V. 79. № 6. P. 830–839.

Голубев В.И., Бабьева И.П. Дрожжи рода *Debaryomyces* Klöck. в гнездах муравьев группы *Formica rufa* L. // Экология. 1972. № 1. С. 78–82.

Гришкан И.Б. Гнезда муравьев в верховьях реки Колымы как субстрат для грибов-микромисцетов // Микология и фитопатология. 1989. Т. 23. Вып. 2. С. 105–109.

- Густелева Л.А., Исаев А.С. Микрофлора насекомых-ксилофагов // Новосибирск: Наука, 1982. 118 с.
- Длусский Г.М. Муравьи рода *Formica*. М.: Наука, 1967. 236 с.
- Покаржевский А.Д., Пименов Е.П. О функциональном значении микрофлоры гнезд рыжих лесных муравьев // Микробные сообщества и их функционирование в почве. Киев: Наукова думка, 1981. С. 203–205.
- Резникова Ж.И., Слепцова Е.В. Биотопические и сезонные вариации населения ногохвосток (*Collembola*) в муравейниках *Formica rufa* // Успехи современной биологии. 2003. Т. 123. № 3. С. 310–320.
- Слепцова Е.В., Резникова Ж.И. Формирование сообществ ногохвосток (*Collembola*) при заселении муравейников // Зоологический журн. 2006. Т. 85. Вып. 5. С. 563–572.
- Стебаева С.К., Андреева И.С., Резникова Ж.И. Население микроорганизмов и ногохвосток (*Collembola*) в гнездах лугового муравья *Formica pratensis* // Этологические проблемы экологии насекомых Сибири. Новосибирск, 1977. С. 7–39.
- Стебаева С.К., Гришина Л.Г. Динамика микроартропод (*Collembola*, *Oribatei*) в гнезде *Formica polyctena* в лесостепи Западной Сибири // Зоологический журн. 1983. Т. 42. Вып. 6. С. 850–860.
- Чернов И.Ю. Дрожжи в природе. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 336 с.
- Frouz J., Jilkova V. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae) // Myrmecological News. 2008. № 11. P. 191–199.
- Frouz J., Kalčík J., Cudlín P. Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str. // Ann. Zool. Fennici. 2005. V. 42. P. 269–275.
- Frouz J., Rybníček M., Cudlín P., Chmelíková E. Influence of the wood ant, *Formica polyctena*, on soil nutrient and the spruce tree growth // J. Appl. Entomol. 2008. V. 132. P. 281–284.
- Ganter P.F. Yeast and invertebrate associations // Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts / Eds. Rosa C.A., Peter G. Berlin: Springer, 2006. P. 303–370.
- Golubev V.I., Bab'eva I.P. *Debaryomyces formicarius* sp. nov. and *Debaryomyces cantarellii* associated with the ants of the group *Formica rufa* L. // J. Gen. Appl. Microbiol. 1972. V. 18. P. 249–254.
- Jilkova V., Šebek O., Frouz J. Mechanisms of pH change in wood ant (*Formica polyctena*) nests // Pedobiologia. 2012. V. 55. № 5. P. 247–251.
- Kilpeläinen J. Wood ants (*Formica rufa* group) in managed boreal forests: implications for soil properties and tree growth // Dissertationes Forestales. 2008. 66. 33 p.
- Kurtzman C.P., Fell J.W. (eds.) The Yeasts, a Taxonomic Study. 4th edn. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1998. 1055 p.
- Kurtzman C.P., Fell J.W., Boekhout T. (eds.) The Yeasts, a Taxonomic Study. 5th edn. Elsevier, 2011. 2080 p.
- Kurtzman C.P., Suzuki M. Phylogenetic analysis of ascomycete yeasts that form coenzyme Q-9 and the proposal of the new genera *Babjeviella*, *Meyerozyma*, *Milleromyces*, *Priceomyces* and *Scheffersomyces* // Mycosci. 2010. V. 51. P. 2–14.
- Laakso J., Setälä H. Impacts of wood ants (*Formica aquilonia* Yarr.) on the invertebrate food web of boreal forest floor // Ann. Zool. Fenn. 1998. V. 37. P. 93–100.
- Mankowski M.E., Morrell J.J. Yeasts associated with the infrabuccal pocket and colonies of the carpenter ant *Camponotus vicinus* // Mycologia. 2004. V. 96. P. 226–231.
- Price C.W., Fuson G.B., Phaff H.J. Genome comparison in yeast systematics: delimitation of species within the genera *Schwanniomyces*, *Saccharomyces*, *Debaryomyces* and *Pichia* // Microbiol. Rev. 1978. V. 42. P. 161–193.

## Yeast Communities of *Formica aquilonia* Colonies

A. Maksimova<sup>a, \*</sup>, A. M. Glushakova<sup>a</sup>, A. V. Kachalkin<sup>a</sup>, I. Yu. Chernov<sup>a, b</sup>,  
S. N. Panteleeva<sup>c</sup>, and Zh. I. Reznikova<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>b</sup> Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>c</sup> Institute of Animal Systematics and Ecology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

\*e-mail: maximova.irina@gmail.com

Received July 10, 2015

**Abstract**—Yeast abundance and species diversity in the colonies of *Formica aquilonia* ants in birch–pine forbs forest, Novosibirsk oblast, Russia, was studied. The average yeast number in the anthill material was  $10^3$ – $10^4$  CFU/g, reaching  $10^5$  CFU/g in the hatching chambers. Typical litter species (*Trichosporon monilii* forme and *Cystofilobasidium capitatum*) were predominant in soil and litter around the anthills. Apart from these species, ascomycete species of the family Debaryomycetaceae, *Debaryomyces hansenii* and *Schwanniomyces vanrijijae*, were predominant in the anthill material. Yeast population of the ants consisted exclusively of the members of these two species. Thus, highly specific yeast communities formed in the colonies of *Formica aquilonia* ants differ from the communities of surrounding soil. These differences are an instance of environment-forming activity of the ants.

**Keywords:** yeasts, ants, *Formica aquilonia*, *Debaryomyces hansenii*, *Schwanniomyces vanrijijae*