

ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ»
ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»
БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 40

*Посвящается 80-летию
Института экспериментальной ботаники
им .В.Ф.Купревича НАН Беларуси*

Минск
«Право и экономика»
2011

Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 40 /
Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси – Минск: Право и экономика,
2011. - 641 с.

ISSN 2221 - 9927

Настоящий выпуск сборника посвящен 80-летнему юбилею старейшего в республике академического биологического учреждения – Института экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси. В сборник включены очерки руководителей крупнейших научных школ об истории становления и достижениях Института за период его существования, перспективах развития и деятельности в XXI веке, представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых из ведущих научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и ВУЗов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н.А.Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В.И.Парфенов

к.б.н. Д.Г.Груммо

д.б.н. А.И.Заболотный

к.б.н. Н.А.Копылова

д.б.н. В.Н.Прохоров

к.б.н. А.В.Пугачевский

д.б.н., проф. Л.М.Сапегин

член-корр. НАН Беларуси, проф. Е.А.Сидорович

д.б.н. В.В.Сарнацкий

д.б.н. Г.Ф.Рыковский

д.б.н., проф. А.Т.Федорук

к.б.н. Е.О.Юрченко

Научные редакторы:

акад. НАН Беларуси, проф. Н.А.Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В.И.Парфенов

Ответственный секретарь

к.б.н. Т.А.Будкевич

ISSN 2221 - 9927

© ГНУ «Институт экспериментальной
ботаники имени В.Ф.Купревича», 2011

© Оформление. ИООО «Право и экономика», 2011

Адрес редакции: 220072, г.Минск, ул.Академическая, 27, Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси.

Факс +375 (17) 284-18-53, E-mail: exp-bot@biobel.bas-net.by

УДК 631.466

Г.И. БУЛАВКО, А.П. ЯКОВЛЕВ, Ж.А. РУПАСОВА

**ПОЧВЕННАЯ МИКРОБИОТА
ПРИ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫБЫВШИХ
ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Введение. Фиторекультивация площадей выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе культивирования таксонов сем. *Ericaceae* предполагает совмещение двух процессов противоположной направленности – интенсивного использования остаточного слоя торфяной залежи и при этом его сохранения от дальнейшего разрушения. Вместе с тем совокупное действие почвенных микроорганизмов и корневых выделений культиваров может усилить протекание в нем деструктивных процессов и привести к существенной трансформации и деградации органического вещества. Логично также предположить, что внесение на этих малоплодородных землях минеральных удобрений, включающих биогенные элементы, может спровоцировать усиление метаболической активности микробоценоза и тем самым усилить разрушение остаточного слоя торфа.

С целью выявления степени влияния разных таксонов Вересковых на основные характеристики его почвенной микробиоты, в Глубокском районе Витебской обл. в 2008-2010 гг. было проведено сравнительное исследование их сезонной динамики на открытом целинном участке и под экспериментальными посадками растений, дающее наиболее объективное представление об интенсивности протекающих в нем деструктивных процессов.

Объекты и методы исследования. Исследования были выполнены на остаточном слое залежи торфа в рамках полевого эксперимента с 8-вариантной схемой, в котором в качестве контроля использовали целинный участок, полностью лишенный растительного покрова, а в остальных вариантах в качестве культураров были привлечены пушица влагалищная, голубика топяная, голубика узколистная, межвидовой гибрид голубики *Northblue* и клюква крупноплодная. При этом были предусмотрены два варианта с внесением минеральных удобрений – $P_{16}K_{16}$ и $N_{16}P_{16}K_{16}$, в которых в качестве модельного объекта использовали голубику топяную.

Определение биомассы физиологически активных микроорганизмов (ФАМ) в торфяном субстрате осуществляли 3-5 раз за сезон с использованием метода [1], основанного на измерении интенсивности дыхания образца, обогащенного легкоокисляемым и универсально доступным субстратом, в качестве которого использовали глюкозу, а также на предположении, что интенсивность дыхания пропорциональна суммарной биомассе микроорганизмов [2]. Оценку деструкционной активности почвенных микроорганизмов проводили по степени разложения целлюлозы в контролируемых (лабораторных) условиях по методу, основанному на определении активности целлюлазы – фермента, обеспечивающего разложение основного компонента растительных тканей, целлюлозы [3].

Все измерения производили в 3-5-кратной повторности. Значение метаболического коэффициента вычисляли как отношение микробной биомассы, заключенной в 1 г субстрата, к количеству выделенной ею в течение часа углекислоты [4].

Результаты и их обсуждение. Результаты данных исследований полностью подтвердили высказанное выше предположение о существенной, причем неадекватной роли разных

таксонов болотных растений в изменении ряда свойств сформированных под ними микробеценозов.

Наиболее важной характеристикой последних является величина биомассы функционирующих в нем микроорганизмов [5]. По нашим оценкам, в корнеобитаемой зоне субстрата экспериментального участка она соответствовала значениям, свойственным слаборазвитому микробеценозу и в основном не превышала 200-400 мкг С/г почвы. Для сравнения покажем, что, по имеющимся литературным данным [6, 7], масса физиологически активных микроорганизмов в серой лесной почве Московской области составляет 1084 мкг С/г, в дерново-подзолистой – 644 мкг С/г, в аллювиально-луговой – 623 мкг С/г.

Вместе с тем в период наблюдений были выявлены весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия массы ФАМ в корнеобитаемой зоне субстрата, что объясняется не только индивидуальной спецификой условий, создаваемых разными культиварами для развития и функционирования микроорганизмов, но и существенным влиянием на данные процессы метеорологических факторов. При этом в годы с близким к многолетней норме гидротермическим режимом вегетационного периода (2008, 2009) в сезонной динамике массы ФАМ в большинстве вариантов опыта прослеживалась определенная общность тенденций, заключающаяся в постепенном снижении данного показателя на протяжении вегетационного периода, наименее выраженном под посадками голубики узколистной и межвидового гибрида *Northblue*. При этом лишь в двух случаях – на целинном участке, испытывавшем влияние только абиотических факторов, а также в варианте с пушицей влагилистной, в оба сезона в июле наблюдалось весьма заметное (в 1,2-1,4 раза) увеличение массы ФАМ, по сравнению с весенним сроком.

В отличие от сезонов 2008-2009 гг., в условиях чрезвычайно жаркого сезона 2010 г., характеризовавшегося в июле острым дефицитом влаги, в абсолютном большинстве вариантов опыта в сезонной динамике биомассы микроорганизмов были отмечены совершенно иные закономерности – существенное ее снижение (в 1,1-2,7 раза) к середине лета с последующим значительным (в 1,1-3,2 раза) увеличением к осени, обусловленным оптимизацией температурного режима при достаточном увлажнении

корнеобитаемого слоя субстрата. Заметим, что аналогичный этому характер сезонной динамики массы ФАМ, с наличием весеннего и осеннего максимумов активности почвенных микроорганизмов, при некотором ее снижении летом, в связи с потерей влаги, по заключению ряда авторов [8-10], является типичным для почв средней полосы с ее умеренным климатом.

Наиболее выразительно внутрисезонные изменения массы ФАМ в 2010 г. проявились под пушицей влагилицной и клюквой крупноплодной, наименее выразительно, как и в предыдущие годы – под голубикой узколистной и межвидовым гибридом *Northblue*, а во второй половине лета также под сортом *Bluecrop* высокорослой голубики, но особенно на целинном участке. При этом амплитуда сезонных колебаний данного показателя под аборигенным видом – голубикой топяной оказалась заметно большей, нежели под интродуцированными таксонами голубики. Нивелирующее влияние последних на сезонную динамику массы ФАМ, на наш взгляд, могло быть обусловлено, с одной стороны, экранирующим действием их хорошо развитой надземной сферы, в какой-то мере предохраняющей субстрат от перегрева, с другой – специфическим составом корневых выделений, отличным от такового аборигенных видов, к которому еще не адаптирована микробиота зоны ризогенеза, что могло в определенной степени ослабить проявление ее ответной реакции на сезонные изменения внешних воздействий.

Показанная выше периодичность в сезонных изменениях численности микроорганизмов также может быть связана с флуктуациями активности фотосинтеза растений и обусловленными ею изменениями темпов поступления в почву органических соединений в виде корневых выделений. При этом для микроорганизмов, находящихся в корнеобитаемом слое субстрата, основными факторами их жизнеобеспечения становятся состав корневых выделений и динамика поступления в почву органического вещества [8,11]. Выявленные в условиях эксперимента различия сезонной динамики массы ФАМ под разными таксонами опытных растений, даже при наличии в ней определенной общности тенденций, убедительно свидетельствуют об индивидуальном характере влияния продуктов метаболизма каждого из них на жизнедеятельность микробиоты остаточного слоя торфа.

Наиболее объективное представление о степени данного влияния в отдельные годы можно составить на основе сравнения относительных различий данного показателя на лишенном растительности целинном участке, принятом в качестве контроля, и в отдельных вариантах полевого опыта. Оказалось, что на протяжении большей части каждого вегетационного сезона преобладающей тенденцией в характере данных различий являлось либо отставание от контроля большинства вариантов опыта по биомассе активно функционирующей микрофлоры в корнеобитаемой зоне субстрата, либо отсутствие различий с ним по данному признаку. Лишь в мае 2008 г. и в сентябре 2010 г. наблюдалась противоположная этой картина – существенное превышение его контрольного уровня под посадками большинства опытных растений.

Вместе с тем относительные размеры выявленных различий существенно варьировались не только в сезонном, но и в многолетнем цикле наблюдений, что не позволяло выявить таксоны культивируемых растений с наиболее выраженным влиянием на развитие микроорганизмов в корнеобитаемом слое субстрата. В этой связи, для оценки интегрального эффекта в изменении массы ФАМ в каждом варианте опыта на протяжении вегетационного периода, мы ориентировались на усредненные за 2008-2010 гг. ее значения, приведенные в таблице 1.

Анализ этих данных не выявил существенных внутрисезонных различий диапазонов варьирования массы ФАМ в рамках эксперимента, составивших в усредненном виде для мая 234,6-463,2 мкг С/г почвы, для июля 234,3-371,2 и для сентября 249,9-339,1 мкг С/г почвы. При этом наиболее высокие ее значения в весенний период наблюдались под голубикой топяной, особенно на фоне внесения полного минерального удобрения, а также под клюквой крупноплодной, тогда как в середине лета – на целинном участке, а в осенний период - под голубикой топяной, но уже в варианте опыта с внесением фосфорно-калийного удобрения. Наиболее же низкие значения данного показателя в течение сезона были отмечены преимущественно в корнеобитаемой зоне субстрата вариантов с интродуцированными таксонами голубики и, в первую очередь, с межвидовым гибридом *Northblue*.

Таблица 1. Усредненные в трехлетнем цикле наблюдений основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфа на целинном участке и под посадками болотных растений на разных этапах сезонного развития

Вариант опыта	С биомассы ФАМ, мкг С/г почвы		Интенсивность дыхания, CO ₂ мкг/г почвы в сутки		Метаболический коэффициент, %	
	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %
Май						
Целина	360,6±32,1	8,9	31,0±6,0	19,3	0,07±0,01	12,0
<i>E. vaginatum</i>	310,7±20,2	6,5	33,0±6,7	20,3	0,09±0,02	17,0
<i>V. uliginosum</i>	435,4±95,3	21,9	30,9±12,1	39,1	0,10±0	15,6
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	299,1±29,2	9,8	31,3±3,1	9,9	0,09±0,01	15,6
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	463,2±185,3	40,0	34,4±10,6	30,7	0,07±0	5,0
<i>Northblue</i>	234,6±39,6	16,9	38,1±1,9	4,9	0,15±0,03	19,7
<i>V. angustifolium</i>	352,9±97,1	27,5	33,3±3,6	10,7	0,09±0,02	17,0
<i>Bluecrop</i>	350,2±0	не опр.	21,2±0,0	не опр.	0,05±0	не опр.
<i>O. macrocarpus</i>	439,2±111,1	25,3	36,9±4,8	12,9	0,08±0,01	11,5
Июль						
Целина	371,2±86,1	23,2	23,8±3,5	14,6	0,06±0,02	29,3
<i>E. vaginatum</i>	307,5±98,8	32,1	21,3±2,4	11,1	0,07±0,02	32,8
<i>V. uliginosum</i>	251,5±36,8	14,6	26,0±4,9	18,9	0,09±0,01	11,1
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	300,5±57,7	19,2	21,9±4,1	18,6	0,07±0,01	10,0
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	335,8±105,5	31,4	24,1±7,9	32,7	0,06±0,01	9,6
<i>Northblue</i>	234,3±47,6	20,3	19,4±1,2	6,3	0,08±0,02	27,2
<i>V. angustifolium</i>	265,3±84,1	31,7	22,8±1,8	7,8	0,07±0,01	16,5
<i>Bluecrop</i>	212,6±0,1	не опр.	15,4±0,1	не опр.	0,06±0,01	не опр.
<i>O. macrocarpus</i>	319,0±101,8	31,9	25,3±7,0	27,5	0,08±0,02	23,0
Сентябрь						
Целина	293,9±62,0	21,1	36,7±17,7	48,3	0,10±0,04	39,8
<i>E. vaginatum</i>	308,2±59,3	19,3	36,6±15,9	43,5	0,10±0,04	38,4
<i>V. uliginosum</i>	305,5±44,2	14,5	38,5±12,4	32,2	0,05±0,01	14,3
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	339,1±67,8	20,0	35,6±11,6	32,5	0,09±0,02	19,2
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	249,9±48,4	19,4	40,3±15,9	39,6	0,13±0,05	36,3
<i>Northblue</i>	257,7±37,9	14,7	21,1±0,4	1,9	0,08±0,01	16,3
<i>V. angustifolium</i>	279,9±78,2	27,9	31,1±8,5	27,4	0,09±0,01	15,6
<i>Bluecrop</i>	260,0±0,6	не опр.	22,4±0,1	не опр.	0,07±0,01	не опр.
<i>O. macrocarpus</i>	256,7±63,3	24,6	33,3±10,0	30,0	0,11±0,01	6,2
Среднее за сезон						
Целина	341,9	17,7	30,5	27,4	0,08	27,0
<i>E. vaginatum</i>	308,8	19,3	30,3	25,0	0,09	29,4
<i>V. uliginosum</i>	330,8	17,0	31,8	30,1	0,08	13,7
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	312,9	16,7	29,6	20,3	0,09	14,9
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	349,6	30,3	32,9	34,3	0,09	17,0
<i>Northblue</i>	242,2	17,3	26,2	4,4	0,11	21,1
<i>V. angustifolium</i>	299,4	29,0	29,1	15,3	0,09	16,4
<i>Bluecrop</i>	274,3	не опр.	19,7	не опр.	0,06	не опр.
<i>O. macrocarpus</i>	338,3	27,3	31,8	23,5	0,09	13,6

Несмотря на показанные выше межсезонные различия в динамике микробной биомассы, для ее усредненных в многолетнем цикле значений в большинстве вариантов опыта прослеживалась общая тенденция их снижения в 1,3-1,7 раза к середине лета, наиболее выраженная под голубикой топяной, и последующего их незначительного увеличения (в 1,1-1,2 раза) в осенний период. При этом в единственном варианте опыта с пушицей влагилищной величина данного показателя оставалась неизменной на всем протяжении вегетационного периода. При этом отсутствием сколько-нибудь выраженных ее изменений в первой половине сезона, наряду с целинным участком, характеризовались варианты опыта с голубикой топяной при внесении фосфорно-калийного удобрения, а также с гибридом *Northblue*. Во второй же половине сезона исключением из общей закономерности являлось снижение в 1,2-1,4 раза массы ФАМ в корнеобитаемой зоне целинного участка, а также вариантов опыта с клюквой крупноплодной и голубикой топяной, на фоне внесения полного минерального удобрения.

Как видим, в многолетнем цикле наблюдений наибольшая численность микроорганизмов в корнеобитаемом слое субстрата большинства вариантов опыта установлена в весенний период, что, на наш взгляд, обусловлено наиболее благоприятными для их развития эдафическими условиями – достаточной влажностью при постепенном повышении температуры грунта. При этом источником энергии могла быть рециклизация отмершей микробной биомассы и поступивших экзогенных органических остатков. Показанное выше в большинстве вариантов опыта заметное ослабление активности микробоценозов в середине лета, скорее всего, обусловлено перегревом верхнего слоя субстрата при дефиците влаги, тогда как ее осеннее оживление обязано нормализации его гидротермического режима и поступлению дополнительных трофических и энергетических ресурсов с опадающими частями растений [12].

Несмотря на это, по средним многолетним данным, в большинстве вариантов опыта, за исключением вариантов с пушицей влагилищной, голубикой топяной на фоне $P_{16}K_{16}$ и голубичным гибридом *Northblue*, масса ФАМ в корнеобитаемом слое субстрата в осенний период уступала таковой в начале сезона

в 1,2-1,9 раза, при наиболее выраженных различиях под клюквой крупноплодной и особенно под голубикой топяной на фоне $N_{16}P_{16}K_{16}$.

Нетрудно убедиться, что внесение полного минерального удобрения оказывало более заметное влияние на размеры и динамику микробоценоза, по сравнению с фосфорно-калийным удобрением. По мнению И.П. Бабьевой [11], только половина дополнительно поступающих в почву элементов усваивается растениями, тогда как остальная их часть вымывается либо депонируется микроорганизмами, последующее отмирание которых приводит к высвобождению необходимых для растений количеств питательных веществ. В нашем случае, при внесении фосфорно-калийного удобрения, скорее всего, имело место ограничение для микроорганизмов их дополнительных фондов, за счет более полного использования культиварами, в сравнении с внесением полного минерального удобрения.

Сравнение усредненных в многолетнем цикле наблюдений показателей массы ФАМ в корнеобитаемом слое субстрата целинного участка и вариантов опыта, занятых посадками болотных растений, выявило весьма неоднозначную картину на разных этапах их сезонного развития, что наглядно иллюстрируют данные таблице 2.

Так, в весенний период, характеризовавшийся наибольшей активностью микробозенозов, превышение контрольного уровня численности ФАМ на 21-28% отмечено лишь в трех вариантах опыта – под клюквой крупноплодной, а также под голубикой топяной на неудобренном агрофоне и особенно при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$, тогда как при внесении $P_{16}K_{16}$, равно как в вариантах с пушицей влагалищной и голубичным гибридом *Northblue*, наблюдалось отставание данного показателя от контрольного уровня на 14-35%, наиболее выраженное в последнем случае. При этом под *V. angustifolium* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики сколь-либо значимых различий с контролем в этом плане выявлено не было.

Таблица 2. Относительные различия с целинным участком усредненных в трехлетнем цикле наблюдений основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфа под посадками болотных растений на разных этапах сезонного развития, %

Вариант опыта	С биомассы ФАМ	Интенсивность дыхания	Метаболический коэффициент
Май			
<i>E. vaginatum</i>	-13,8	+6,5	+28,6
<i>V. uliginosum</i>	+20,8	-	+42,9
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	-17,1	-	+28,6
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	+28,5	+11,0	–
<i>Northblue</i>	35,0	+22,9	+114,3
<i>V. angustifolium</i>	-	+7,4	+28,6
<i>Bluecrop</i>	-	-31,6	-28,6
<i>O. macrocarpus</i>	+21,8	+19,0	+14,3
Июль			
<i>E. vaginatum</i>	-17,2	-10,5	+16,7
<i>V. uliginosum</i>	-32,2	+9,2	+50,0
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	-19,0	-8,0	+16,7
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	-9,5	-	–
<i>Northblue</i>	-36,9	-18,5	+33,3
<i>V. angustifolium</i>	-28,5	-4,2	+16,7
<i>Bluecrop</i>	-42,7	-35,3	–
<i>O. macrocarpus</i>	-14,1	+6,3	+33,3
Сентябрь			
<i>E. vaginatum</i>	+4,9	-	–
<i>V. uliginosum</i>	+4,0	+4,9	-50,0
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	+15,4	-	-10,0
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	-15,0	+9,8	+30,0
<i>Northblue</i>	-12,3	-42,5	-20,0
<i>V. angustifolium</i>	-4,8	-15,3	-10,0
<i>Bluecrop</i>	-11,5	-39,0	-30,0
<i>O. macrocarpus</i>	-12,7	-9,3	+10,0
Среднее за сезон			
<i>E. vaginatum</i>	-9,7	-	+12,5
<i>V. uliginosum</i>	-	+4,3	-
<i>V. uliginosum</i> + P ₁₆ K ₁₆	-8,5	-	+12,5
<i>V. uliginosum</i> + N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	-	+7,9	+12,5
<i>Northblue</i>	-29,2	-14,1	+37,5
<i>V. angustifolium</i>	-12,4	-4,6	+12,5
<i>Bluecrop</i>	-19,8	-35,4	-25,0
<i>O. macrocarpus</i>	-	+4,3	+12,5

Примечание: прочерк означает отсутствие различий с контролем

В середине лета, по средним многолетним данным, наиболее высокой численностью ФАМ характеризовался верхний слой торфа на целинном участке, тогда как во всех без исключения вариантах

опыта с болотными растениями отмечены на 10-43% более низкие ее значения. Наибольшим отставанием по этому признаку характеризовался вариант с сортом *Bluecrop* высокорослой голубики, но, поскольку исследования с данным объектом проводились лишь в течение одного сезона, то полученной информации можно доверять лишь отчасти. Более убедительным представляется весьма выразительное (в пределах 28-37%) отставание от контрольного уровня массы ФАМ под остальными видами голубики – топяной, узколистной и особенно межвидовым гибридом *Northblue*. При этом внесение минеральных удобрений заметно нивелировало данные различия, особенно в варианте с $N_{16}P_{16}K_{16}$. В наименьшей же и примерно равной степени (на 14 и 17%) отставали от контроля по этому признаку варианты опыта с клюквой крупноплодной и пушицей влагилищной. Показанное выше снижение, по сравнению с целинным участком, численности микроорганизмов в субстрате под посадками Вересковых, наиболее выраженное под таксонами голубики, на наш взгляд, может быть обусловлено ингибирующим их развитие действием микоризных грибов, участвующих в питании растений на основе симбиоза с их корневыми системами.

В осенний период подобное отставание от контроля по данному признаку, хотя и выраженное слабее, чем летом (не более чем на 5-13%), сохранилось во всех вариантах опыта, занятых посадками интродуцентов сем. *Ericaceae*, тогда как в вариантах с аборигенными видами – пушицей влагилищной и голубикой топяной имело место незначительное (в пределах 4-5%) превышение контрольного уровня массы ФАМ. Обращает на себя внимание, что внесение фосфорно-калийного удобрения способствовало увеличению данного показателя на 15%, относительно контроля, тогда как внесение полного минерального удобрения, напротив, обуславливало выраженный в такой же степени, но противоположный по знаку эффект.

Как видим, на протяжении вегетационного периода в большинстве случаев имело место ингибирование развития микробсообществ в корнеобитаемом слое субстрата под посадками болотных растений, по сравнению с целинным участком, на что указывали меньшие значения массы ФАМ. Возвращаясь к данным табл. 2, нетрудно убедиться в отсутствии сколь-либо значимых различий с контролем по данному показателю в вариантах опыта с

клюквой крупноплодной, а также с голубикой топяной на неудобренном агрофоне и при внесении $N_{16}P_{16}K_{16}$. В остальных же вариантах опыта имело место выраженное в разной степени (на 9-29%) отставание от контроля массы ФАМ в верхнем слое субстрата, что указывало на ингибирующее действие корневых выделений всех культиваров на развитие в нем микрофлоры. Наиболее отчетливо это проявилось под посадками интродуцированных видов голубики, особенно в варианте с межвидовым гибридом *Northblue*.

На наш взгляд, данное явление следует рассматривать как позитивное, поскольку ограничение развития микрофлоры в зоне действия корневых выделений этих растений при их плантационном выращивании будет способствовать сохранению торфяного слоя от деструктивных изменений при разложении органического вещества, что, собственно, и является одной из основных задач фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений.

Наряду с численностью ФАМ, важнейшим показателем функциональной активности микробоценоза является интенсивность выделения из почвы углекислого газа, определяемая темпами окисления органических веществ в процессе дыхания эдафобионтов, поставляющего энергию для их метаболизма [13; 14]. Известно также, что благоприятные гидротермические условия сезона, а также наличие энергетических и трофических ресурсов способствуют усилению данного процесса. Для определения в лабораторных условиях интенсивности выделения CO_2 микробоценозами разных вариантов полевого опыта, из соответствующих им образцов торфа проводили удаление корней растений, что позволяло экспериментальным путем объективно оценить вклад микробиоты в дыхательный процесс, исключив из него долю корневых систем высших растений.

По нашим оценкам, величина данного показателя заметно варьировалась как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и многолетнем циклах наблюдений, что свидетельствовало о выраженной его зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов. Вместе с тем в сезонной динамике активности выделения углекислоты из корнеобитаемой зоны субстрата в большинстве вариантов опыта прослеживались однотипные тенденции, не всегда, правда, совпадавшие с

установленными выше для массы ФАМ, но при этом характеризовавшиеся сходным с ней снижением значений летом и последующим их увеличением в осенний период. Тем не менее, если для биомассы микроорганизмов подобный ход сезонных изменений, напомним, наблюдался лишь в экстремальном по погодным условиям 2010 г., тогда как в предыдущие годы, отличавшиеся умеренным гидротермическим фоном, имело место устойчивое ее снижение на протяжении всего вегетационного периода, то для показателя интенсивности дыхания параболический ход сезонных изменений отмечен в 2008 и 2010 г., тогда как в 2009 г. он характеризовался снижением его значений также и в осенний период. Указания на отсутствие строгой зависимости между этими основными показателями жизнедеятельности микробоценоза имеются также в работе Т.Г. Зименко [15], что, по мнению автора, обусловлено тем, что выделение углекислого газа из почвы зависит не только от численности населяющих ее микроорганизмов, но и от их активности.

Сравнение интенсивности дыхания микробоценозов на лишенном растительности целинном участке, принятом в качестве контроля, и в отдельных вариантах полевого опыта в отдельные годы показало существенное влияние на данный процесс культивируемых растений, причем степень этого влияния в значительной мере определялась фазой их сезонного развития и гидротермическим режимом сезона. Установлено, что на протяжении большей части вегетационных сезонов 2008 и особенно 2009 гг. преобладающей тенденцией в характере данных различий являлось превышение контрольных значений интенсивности дыхания в большинстве вариантов опыта, тогда как в экстремальных погодных условиях сезона 2010 г. наблюдалась противоположная этой картина – существенное ее отставание от контрольного уровня под посадками большинства опытных растений.

Вместе с тем относительные размеры выявленных различий существенно варьировались не только в сезонном, но и в многолетнем цикле наблюдений, что не позволяло выявить таксоны культивируемых растений с наиболее выраженным влиянием на дыхательный процесс микробиоты в корнеобитаемом слое субстрата. В этой связи, для оценки интегрального эффекта в изменении его интенсивности на протяжении вегетационного

периода в каждом варианте опыта, мы ориентировались на усредненные за 2008-2010 гг. значения данного признака, приведенные в таблице 2.

Анализ средних многолетних значений интенсивности выделения CO_2 выявил сходную, но при этом более выразительную, чем у показателя массы ФАМ, картину внутрисезонных различий диапазонов варьирования в рамках эксперимента, соответствовавших областям значений: в мае – 21,2-38,1, в июле – 15,4-26,0, в сентябре – 21,1-40,3 мкг/г почвы в сутки. Для сравнения покажем, что если снижение массы ФАМ в летний период, относительно весеннего срока, наблюдалось далеко не во всех вариантах опыта и не превышало 1,7 раза, то ослабление потока CO_2 в это время отмечено в каждом его варианте и составляло 1,2-2,0 раза, при наиболее выразительном проявлении данного эффекта в варианте с голубичным гибридом *Northblue*. Аналогичная ситуация наблюдалась и в осенний период, для которого было показано увеличение микробной биомассы лишь в 1,1-1,2 раза и опять же не во всех вариантах опыта, тогда как активизация дыхательного процесса в это время в 1,1-2,0 раза установлена в каждом его варианте, особенно под голубикой узколистной.

При этом наиболее высокие значения интенсивности дыхательного процесса в весенний период наблюдались под клюквой крупноплодной и особенно под голубичным гибридом *Northblue*, тогда как в середине лета – под клюквой крупноплодной и голубикой топяной, а в осенний период - под голубикой топяной, особенно на фоне внесения полного минерального удобрения. Наиболее же низкие значения данного показателя в течение сезона, как и массы ФАМ, были отмечены преимущественно в вариантах опыта с интродуцированными таксонами голубики и, в первую очередь, с межвидовым гибридом *Northblue*.

Обращает на себя внимание, что, если усредненный показатель микробной биомассы в осенний период в большинстве вариантов опыта заметно уступал таковому в начале сезона, то интенсивность дыхания микроорганизмов в верхнем слое целинного участка и под посадками аборигенных видов пушицы влагалищной и голубики топяной в это время превышала таковую в весенний период в 1,1-1,2 раза, тогда как под межвидовым гибридом *Northblue* она, напротив, уступала ей в 1,8 раза при отсутствии сколь-либо

значимых различий в этом плане под посадками остальных интродуцентов.

Внесение минеральных удобрений, особенно $N_{16}P_{16}K_{16}$, несколько активизировало дыхательный процесс под голубикой топяной в начале и в конце сезона и ингибировало его в летний период.

Сравнение усредненных в многолетнем цикле наблюдений показателей интенсивности выделения углекислого газа из верхнего слоя торфяного субстрата целинного участка и вариантов опыта, занятых посадками болотных растений, выявило весьма неоднозначную картину на разных этапах их сезонного развития, что наглядно иллюстрируют данные таблицы 2.

Так, в весенний период в большинстве вариантов опыта значения данного показателя были выше, чем в контроле, на 6-23%, что свидетельствовало о стимулирующем дыхательный процесс у микроорганизмов действии корневых выделений болотных растений. Наиболее выразительно это проявилось под клюквой крупноплодной и межвидовым гибридом *Northblue*, тогда как в наименьшей степени под пушицей влагилищной и голубикой узколистной. Усиление в это время дыхательного процесса под голубикой топяной наблюдалось исключительно при внесении полного минерального удобрения, тогда как на неудобренном агрофоне, как и в варианте с $P_{16}K_{16}$, каких-либо значимых различий с целинным участком в этом плане выявлено не было. Существенное отставание (на 32%) от контрольного уровня интенсивности выделения CO_2 под голубикой высокорослой, устойчиво сохранявшееся на протяжении всего сезона, может рассматриваться с большой долей допущения, т.к. отражает результаты однолетних наблюдений.

В середине лета в большинстве вариантов опыта заметно изменилась ориентация различий с целинным участком в скорости выделения углекислого газа из верхнего слоя субстрата, что указывало на преимущественное ингибирование в нем дыхательного процесса продуктами метаболизма культиваров на 4-18%, что в основном коррелировало со снижением массы ФАМ относительно контроля. Наиболее значительным ослабление потока CO_2 оказалось в варианте опыта с межвидовым гибридом *Northblue*. Вместе с тем в двух случаях – под клюквой крупноплодной и голубикой топяной, напротив, наблюдалось превышение

контрольного уровня скорости выделения CO_2 на 6-9%, причем внесение удобрений, особенно $\text{P}_{16}\text{K}_{16}$, заметно ингибировало данный процесс.

В осенний период заметно усилились расхождения между вариантами опыта с аборигенными и интродуцированными видами болотных растений в ориентации и степени различий с целинным участком интенсивности дыхания их микробиоты. Так, если для первых было показано либо превышение ее контрольного уровня на 5-10% (голубика топяная), либо отсутствие выраженных различий с ним (пушица влагалищная), то для вторых – отставание от него на 9-42% по данному признаку, при наибольшем ингибировании дыхательного процесса в варианте опыта с межвидовым гибридом голубики *Northblue*.

Как видим, на протяжении большей части вегетационного периода в основном имело место ослабление интенсивности выделения углекислого газа под посадками болотных растений, по сравнению с целинным участком, на что указывали меньшие в этих вариантах опыта значения данного показателя. Вместе с тем для получения интегральной картины этого явления, отражающей вклад каждого культивара в изменение интенсивности дыхательного процесса микробиоты, на наш взгляд, следует ориентироваться на усредненные в сезонном и многолетнем циклах наблюдений значения межвариантных различий по данному признаку.

Возвращаясь к данным таблицы 2, нетрудно убедиться в отсутствии сколь-либо значимых различий с контролем в этом плане в вариантах опыта с пушицей влагалищной, а также голубикой топяной при внесении фосфорно-калийного удобрения, тогда как на неудобренном агрофоне и особенно в варианте с $\text{N}_{16}\text{P}_{16}\text{K}_{16}$, установлено незначительное (в пределах 4-8%) превышение контрольного уровня скорости потока CO_2 . Аналогичная картина незначительной активизации дыхательного процесса, относительно целинного участка, наблюдалась и в варианте с клюквой крупноплодной. В остальных же вариантах опыта с интродуцированными видами голубики, напротив, отмечено его ингибирование на 5-35%, и, если абстрагироваться от варианта с голубикой высокорослой, в связи с краткосрочностью периода наблюдений, то наиболее выразительно ослабление потока CO_2 проявилось в варианте с межвидовым гибридом *Northblue*. Это

коррелировало с показанным выше наиболее выраженным ингибирующим действием корневых выделений данного таксона также на численность микроорганизмов в верхнем слое субстрата.

Интегральным показателем активности микробценоза считается метаболический коэффициент (qCO_2), представляющий собой отношение интенсивности дыхания почвы к микробной биомассе. По нашим оценкам, его величина в вариантах полевого опыта не превышала 0,2, что свидетельствовало о слабой микробной активности в них корнеобитаемого слоя торфяного субстрата. Для сравнения покажем, что, по оценкам Г.И. Булавко [16, 17], в почвах лесных экосистем она составляет 0,28-0,34, достигая в луговой почве 0,61.

Вместе с тем значения метаболического коэффициента, как и других показателей жизнедеятельности микробиоты, заметно варьировались как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и многолетнем циклах наблюдений, что свидетельствовало о выраженной его зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов. При этом в его сезонной динамике в большинстве вариантов опыта прослеживались сходные тенденции, не всегда, правда, совпадавшие в годы наблюдений, но при этом характеризовавшиеся преимущественным снижением данного показателя летом и последующим увеличением в осенний период.

Сравнение значений метаболического коэффициента в корнеобитаемой зоне субстрата на лишенном растительности целинном участке, принятом в качестве контроля, и в отдельных вариантах полевого опыта в годы наблюдений выявило весьма выразительные различия, что однозначно указывало на его зависимость от видовой принадлежности культивируемых растений, причем степень этой зависимости в значительной мере определялась фазой их сезонного развития и гидротермическим режимом сезона. К примеру, в 2008 г преобладающей тенденцией в характере данных различий являлось превышение контрольных значений данного показателя летом и отставание от них весной и осенью. На протяжении вегетационного периода 2009 г. значения метаболического коэффициента под всеми культиварами существенно превосходили таковые в контроле, при прогрессирующем усилении данных различий к концу сезона. На фоне же экстремальных погодных условий сезона 2010 г.,

превышение контрольных значений данного показателя, причем не во всех вариантах опыта, отмечено лишь в весенний период, тогда как в дальнейшем наблюдалось прогрессирующее отставание от них под посадками всех опытных растений, за исключением голубики узколистной.

При этом относительные размеры выявленных различий существенно варьировались не только в сезонном, но и в многолетнем циклах наблюдений, что не позволяло выявить таксоны культивируемых растений с наиболее выраженным влиянием на величину метаболического коэффициента в корнеобитаемом слое субстрата. В этой связи, для оценки интегрального эффекта в изменении его значений, как и вышерассмотренных характеристик активности микробиоты, в каждом варианте опыта на протяжении вегетационного периода, мы ориентировались на усредненные за 2008-2010 гг. значения данного признака, приведенные в таблице 2.

Анализ этих данных выявил маловыразительную картину внутрисезонных различий диапазонов их варьирования в рамках эксперимента, соответствовавших областям значений: в мае – 0,05-0,15, в июле – 0,06-0,09, в сентябре – 0,05-0,13. При этом отчетливо прослеживалось сходство тенденций в сезонных изменениях данного показателя и рассмотренных выше характеристик микробиологической активности корнеобитаемого слоя торфа, при наиболее выраженной его корреляции с динамикой потока CO_2 . Так, в первой половине сезона практически во всех вариантах опыта, особенно под голубичным гибридом *Northblue*, наблюдалось снижение значений метаболического коэффициента в 1,1-1,9 раза, сменявшееся во второй половине сезона их увеличением в 1,2 – 2,2 раза, наиболее выразительным на целинном участке и под голубикой топяной, на фоне внесения полного минерального удобрения.

При этом в весенний период наибольшие значения метаболического коэффициента наблюдались под голубикой топяной, но особенно под голубичным гибридом *Northblue*, тогда как в середине лета – опять-таки под голубикой топяной, а в осенний период – под клюквой крупноплодной и голубикой топяной, но уже на фоне внесения полного минерального удобрения. Наиболее же низкие значения данного показателя в первой половине сезона были отмечены преимущественно в

корнеобитаемой зоне субстрата целинного участка, тогда как во второй - в варианте опыта с голубикой топяной. Внесение минеральных удобрений, особенно $N_{16}P_{16}K_{16}$, способствовало снижению метаболического коэффициента под этой культурой весной и летом и его увеличению в осенний период.

Сравнение усредненных в многолетнем цикле наблюдений значений данного показателя в верхнем слое торфяного субстрата целинного участка и вариантов опыта, занятых посадками болотных растений, выявило весьма неоднозначную картину на разных этапах их сезонного развития, что наглядно иллюстрируют данные табл. 2. Так, в весенний и летний периоды года в большинстве вариантов опыта его значения были выше, чем в контроле, соответственно на 14-114% и 17-50%, при наиболее выразительных контрастах в первом случае под голубичным гибридом *Northblue*, во втором – под голубикой топяной, при полном нивелировании различий на фоне $N_{16}P_{16}K_{16}$. В осенний же период в большинстве вариантов опыта отмечена противоположная этой картина – на 10-50% более низкие, чем в контроле, значения данного показателя, особенно под голубикой топяной, причем минеральные подкормки способствовали их увеличению. Заметим, что в варианте опыта с внесением полного минерального удобрения величина метаболического коэффициента в это время оказалась наибольшей в рамках эксперимента и даже превышала контрольный уровень на 30%.

Вместе с тем для получения интегральной картины межвариантных различий по данному признаку, как и по рассмотренным выше другим характеристикам активности микробиоты, мы сочли необходимым ориентироваться на их значения, усредненные в сезонном и многолетнем циклах наблюдений (см. табл. 2). Оказалось, что в большинстве вариантов опыта величина метаболического коэффициента корнеобитаемого слоя субстрата превышала таковую на целинном участке на 12-38%, при наибольших различиях в варианте с межвидовым гибридом *Northblue* и сходстве их относительных размеров под остальными культиварами. Исключением в этом плане явился вариант опыта с голубикой топяной, для которого не было выявлено сколь-либо значимых различий с контролем по данному признаку.

Как видим, несмотря на показанное выше наиболее выраженное ингибирующее действие корневых выделений голубичного гибрида *Northblue* на численность микроорганизмов в верхнем слое субстрата и активность выделения из него углекислого газа, метаболическая активность сформированного в нем микробозеноза в целом оказалась примерно втрое выше, чем под другими видами болотных растений.

Важнейшей характеристикой микробного сообщества торфяного субстрата является его деструкционная способность, определяющая темпы трансформации органического вещества. В этой связи в контролируемых (лабораторных) условиях была проведена оценка данной способности у почвенных микроорганизмов по степени разложения целлюлозы в сезонном цикле наблюдений, что, на наш взгляд, может служить интегральным показателем интенсивности трансформации в ней углеродсодержащих органических соединений.

Ежемесячное повариантное определение активности целлюлазы в корнеобитаемом слое торфа в нашем эксперименте убедительно показало существенную зависимость деструкционного звена агроценоза от его флористического состава и фазы сезонного развития растений. Установлено, что на протяжении большей части вегетационного периода наблюдались довольно близкие диапазоны варьирования в рамках полевого опыта степени разрушения целлюлозы микробиотой корнеобитаемого слоя торфа, соответствовавшие следующим областям значений: в июне – 6-21%, августе – 4-17% и в сентябре – 9-18%. Более высокие значения данного показателя (9-35%) были получены в мае, но все же наибольшими (9-92%) они оказались в июле, что в обобщенном виде позволяет описать ход сезонных изменений целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа двухвершинной кривой с небольшим максимумом в начале вегетационного периода и наиболее выразительным в середине лета. Нетрудно убедиться, что самые высокие значения данного признака в сезонном цикле наблюдений приходились на период наиболее низких значений основных характеристик микробиоты – биомассы ФАМ, интенсивности дыхания и метаболической активности

Вместе с тем картина сезонных изменений целлюлозолитической активности микробиоты в таксономическом

ряду выглядела несколько сложнее, поскольку степень их выразительности под разными культиварами была строго индивидуальной. При этом усредненные за вегетационный период значения данного показателя изменялись в рамках полевого эксперимента в диапазоне значений от 12% под целинным участком и под пушицей влагалищной до 30% под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. Показано также, что внесение минеральных удобрений способствовало незначительной активизации целлюлозолитической активности микробиоты.

Анализ внутрисезонных изменений степени различий ее значений в контроле и в вариантах опыта с болотными растениями выявил весьма неоднозначную картину (рис). Оказалось, что предполагаемые под целинным участком наименьшие значения данного признака наблюдались лишь в июле, тогда как в остальное время наименьшая целлюлозолитическая активность микробиоты, уступавшая контрольным значениям на 23-52%, была характерна для варианта опыта с голубикой топяной. Аналогичная этой тенденция, при различиях с контролем в пределах 7-42%, наблюдалась в мае, августе и сентябре еще под одним аборигенным видом - пушицей влагалищной. Менее выразительным (на 13-22%) отставанием от целинного участка по данному признаку в июне, августе и сентябре был отмечен также вариант опыта с сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. Наряду с этим меньшая, чем в контроле, степень разрушения целлюлозы была показана в августе под межвидовым гибридом *Northblue* и под голубикой топяной при внесении полного минерального удобрения, а в сентябре – под голубикой узколистной. Во всех же остальных случаях имело место превышение контрольных значений данного признака, наиболее выраженное в июне (на 55-180%), но особенно в июле, когда размер указанного превышения в вариантах с межвидовым гибридом *Northblue* и с сортом *Bluecrop* высокорослой голубики достигал 9-10 крат, а в остальных вариантах варьировался от 45% под клюквой крупноплодной до 470% под голубикой топяной.

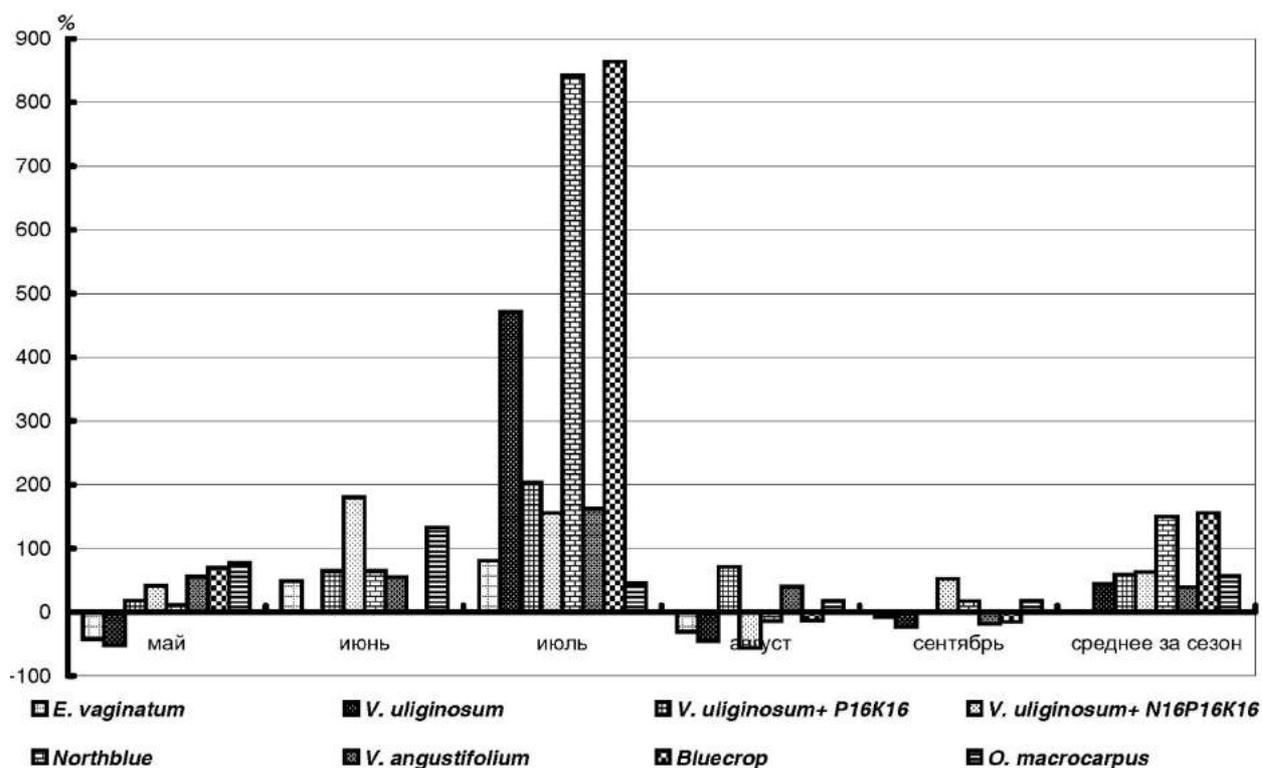


Рисунок. Относительные различия с целинным участком целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа под посадками болотных растений на разных этапах сезонного развития, %

На основании повариантного сравнения с контролем средних за сезон значений целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа, было установлено, что под всеми без исключения таксонами Вересковых она оказалась на 44-156% выше, чем под целинным участком, при наименьших, причем достаточно сходных различиях под голубикой топяной и голубикой узколистной и наибольших под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. При этом сколь-либо выраженных различий в этом плане между целинным участком и вариантом опыта с пушицей влагалищной выявлено не было.

Нетрудно убедиться, что не только в сезонной динамике целлюлозолитической активности микробиоты, но и в характере ее межвариантных различий прослеживалась отчетливая обратная взаимозависимость с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания, обнаруживших в многолетнем ряду минимальные значения под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики, тогда как максимальные под голубикой топяной и голубикой узколистной. При этом наблюдалась ее отчетливая прямая корреляция со значениями метаболического коэффициента.

Это наводит на мысль о наличии регуляторного механизма в жизнедеятельности микробиоты, способствующего поддержанию равновесия в природных экосистемах, ограничивающего развитие в них деструкционных процессов.

Заключение. Сравнительное исследование основных характеристик микробиоты верхней части остаточного слоя торфа – биомассы физиологически активных микроорганизмов (ФАМ), интенсивности выделения ими углекислого газа и уровня метаболической активности на открытом целинном участке и под экспериментальными посадками Вересковых в сезонном и многолетнем циклах наблюдений выявило весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия данных показателей, что объясняется не только индивидуальной спецификой условий, создаваемых разными культиварами для развития и функционирования микроорганизмов, но и существенным влиянием на данные процессы абиотических факторов.

Показано, что усредненные в многолетнем цикле наблюдений показатели массы ФАМ соответствовали значениям, свойственным слаборазвитому микробоценозу, и варьировались в рамках эксперимента в следующих диапазонах: в мае 235-463, в июле 234-371 и в сентябре 250-340 мкг С/г почвы, для интенсивности дыхания они составляли соответственно 21-38, 15-26 и 21-40 мкг/г почвы в сутки и для метаболического коэффициента соответственно 0,05-0,15, 0,06-0,09 и 0,05-0,13. Наиболее высокие значения данных характеристик микробиоты в большинстве вариантов опыта установлены в весенний период, причем в них прослеживалась общая тенденция их снижения в 1,3-2,0 раза к середине лета, наиболее выраженная для массы ФАМ под голубикой топяной, а для потока CO_2 и метаболической активности под голубичным гибридом *Northblue*, и последующего их увеличения в 1,1-2,2 раза в осенний период, особенно под гибридом голубики *Northblue*. При этом для осеннего увеличения микробной биомассы не установлено существенных межвариантных различий, тогда как для интенсивности выделения углекислого газа и метаболической активности данное увеличение в наибольшей степени проявилось соответственно под голубикой узколистной и голубикой топяной (на фоне внесения полного минерального удобрения).

На протяжении вегетационного периода имело место ингибирование развития микробценозов в корнеобитаемом слое субстрата под посадками болотных растений, по сравнению с целинным участком, на что указывали на 9-29% меньшие в первом случае запасы микробной биомассы и на 3-35% меньшие показатели интенсивности дыхания, при наибольших контрастах под голубичным гибридом *Northblue*.

Вместе с тем метаболическая активность микробиоты под посадками большинства культиваров в среднем за сезон оказалась на 12-37% выше, чем под целинным участком, что проявилось в наибольшей степени под межвидовым гибридом *Northblue*.

Сравнительное исследование целлюлозолитической активности микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в рамках эксперимента выявило существенную зависимость деструкционного звена агроценоза от его флористического состава и фазы сезонного развития растений. На протяжении вегетационного периода изменения данного признака описывались двухвершинной кривой с небольшим максимумом в начале вегетационного периода и наиболее выразительным в середине лета. При этом усредненные за вегетационный период показатели целлюлозолитической активности микробиоты изменялись в рамках полевого эксперимента в диапазоне значений от 12% под целинным участком и под пушицей влагалищной до 30% под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. Показано также, что внесение минеральных удобрений под голубику топяную способствовало незначительной активизации целлюлозолитической активности микробиоты, на фоне ослабления ее внутрисезонных различий.

Под всеми без исключения таксонами Вересковых разрушение целлюлозы в среднем за сезон протекало на 44-156% активней, чем под целинным участком, при наименьших, причем достаточно сходных различиях с ним под голубикой топяной и голубикой узколистной и наибольших под межвидовым гибридом *Northblue* и сортом *Bluecrop* высокорослой голубики. При этом сколь-либо выраженных различий в этом плане между целинным участком и вариантом опыта с пушицей влагалищной выявлено не было.

Установлена выраженная обратная взаимосвязь целлюлозолитической активности микробиоты с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания не только в сезонной динамике, но и в

характере межвариантных различий, при наличии прямой корреляции со значениями метаболического коэффициента.

Таким образом, полученные результаты убедительно показали, что деструкционные процессы в зоне действия продуктов метаболизма Вересковых не должны привести к разрушению остаточного слоя торфа, поскольку направленность изменений численности микроорганизмов и интенсивности их дыхания в соответствующих им микробоценозах противоположна по знаку изменениям их метаболической, в том числе целлюлозоразрушающей активности, что обеспечивает сбалансированность в нем процессов разрушения и накопления органического вещества.

Литература

1. Мирчинк Т.Г., Паников Н.С. //Успехи микробиологии. 1985. Т. 20. С. 198-226.
2. Anderson J.P.S., Domsch K.H. //Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. P. 215-221.
3. Востров И.С., Петрова А.Н. //Микробиология. 1961. Т. 39. № 4. С. 665-672.
4. Ананьева Н.Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям. Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук: 03.00.07. М., 2001. 50 с.
5. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 746 с.
6. Благодатский С.А., Благодатская Е.В. // Почвоведение. 1996. № 12. С. 1485-1490.
7. Головченко А. В., Добровольская Т.Г., Инишева Л.И. // Почвоведение. 1992. № 12. С. 1468-1473.
8. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, Ленингр. отд, 1980. 187 с.
9. Богоев В.М., Гильманов Т.Г. // Биологические науки. 1982. № 7. С. 80-83.
10. Горбенко А.Ю., Паников Н.С. // Журнал общей биологии. 1989. Т.1, № 1. С. 38-59.
11. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 336 с.
12. Degens V.P. // Soil Biol. Biochem. 1998. V 30. P. 1981-1988.
13. Ананьева Н. Д. и др. // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1108-1116.
14. Звягинцев, Д.Г. // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов. Кн. 2. Суздаль, 2000. С. 19–20.
15. Зименко, Т.Г. // Микроорганизмы почвы и растения. Минск: Наука и техника, 1972. С. 168-191.

16. Булавко Г.И. Комплекс микроорганизмов в условиях моделирования загрязнения почвы свинцом: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Алма-Ата, 1989. 24 с.

17. Булавко Г.И. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. Института леса НАН Беларуси. Гомель, 2007. Вып. 67. С. 341-350.

Г.И. БУЛАВКО, А.П. ЯКОВЛЕВ, Ж.А. РУПАСОВА
**ПОЧВЕННАЯ МИКРОБИОТА
ПРИ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫБЫВШИХ
ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ**

Резюме

Приведены результаты многолетнего сравнительного исследования сезонной динамики биомассы, интенсивности дыхания и метаболической активности микроорганизмов в корнеобитаемой зоне остаточного слоя торфа верхового типа на открытом целинном участке и под посадками пушицы влагалищной, а также ряда таксонов Вересковых. Показано, что под посадками болотных растений на протяжении вегетационного периода имело место снижение, относительно контроля, на 9-29% запасов микробной биомассы и на 3-35% интенсивности дыхания, при наибольших контрастах под голубичным гибридом *Northblue*. Вместе с тем метаболическая активность микробиоты под посадками большинства культиваров в среднем за сезон оказалась на 12-37% выше, чем на целинном участке, что проявилось в наибольшей степени под межвидовым гибридом *Northblue*. Установлена выраженная обратная взаимосвязь целлюлозолитической активности микробиоты с биомассой ФАМ и интенсивностью дыхания не только в сезонной динамике, но и в характере межвариантных различий, при наличии прямой корреляции со значениями метаболического коэффициента.

G. BULAVKO, A. YAKOVLEV, Z. RUPASOVA
**THE SOIL MICROBIOTA UNDER PLANTINGS
ON OPENCAST PEAT PITS OF THE NORTH OF BELARUS**

Summary

The results of perennial relative research of seasonal dynamics of a biomass, respiration intensity and metabolic activity of microorganisms in a rooting zone of a residual high-moor peat layer on open virgin land and under plantings of a *E. vaginatum* and also a some of *Ericaceae* taxa are resulted. It is shown, that throughout a vegetative period under plantings of helads, concerning the control, decrease on 9-29 % of stores of a microbial biomass and on 3-35 % of respiration intensity took place. The greatest contrasts of the given reading are noted under half-high blueberries *Northblue*. Metabolic activity of a microbiota under plantings of the majority of cultivars has appeared on 12-37 % above on the average for a

season, than on open virgin land. The expressed anatomic interrelation cellulolytic activity of a microbiota with RAM biomass and respiration intensity is established.

Поступила в редакцию 26.04.2011