

УДК 632.95:631.46

## Влияние биопестицидов на комплексы почвенных микромицетов в агроценозах

Колесникова И. Я.<sup>1</sup>, Воронин Л. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ярославская государственная сельскохозяйственная академия  
Ярославль, Россия

<sup>2</sup> Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского  
Ярославль, Россия  
kolesnikova\_iy@mail.ru, voroninlfungi@mail.ru

Исследовано воздействие интенсивных фонов минерального питания и применения биопестицидов на почвенную микобиоту агроценозов в условиях дерново-подзолистой почвы Ярославской области. На делянках, засеянных ячменем, применяли биопестициды Фитотрикс и Фитотонус, два варианта дозы минеральных удобрений. Вычисляли численность и индекс значимости (ИЗ) грибов на уровне рода (как сумму относительной частоты встречаемости и относительной массовости). При обработке семян ячменя перед посевом биопрепаратами численность почвенных грибов снижалась. Комплексы грибов включали 2 рода из отдела Zygomycota и 6 родов мицелиальных анаморфных грибов из отдела Ascomycota. Отмечено, что применение удобрений и биопестицидов не приводят к кардинальной перестройке структуры комплексов микромицетов. Основными доминантами остаются представители родов *Rhizopus* и *Penicillium*. В вариантах с применением биопестицидов в комплексах снижается ИЗ важных грибов-гидролитиков из родов *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma* и других. В то же время подавляется развитие грибов, штаммы которых могут проявить патогенность для ячменя (прежде всего, представители рода *Fusarium*). Статистически значимый прирост урожая по сравнению с контролем получен только при внесении комплексного минерального удобрения в дозе N<sub>100</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> с одновременной обработкой семян биопестицидами – как Фитотонусом, так и Фитотриksom. Наблюдаемые изменения в комплексах почвенных микроскопических грибов свидетельствуют о том, что использованные агроприемы – это мощный антропогенный фактор, влияющий на таксономический состав и численность микромицетов. При планировании применения тех или иных систем защиты растений от болезней следует учитывать результативность применения биопестицидов, являющихся альтернативой химическим препаратам и экологически безопасными.

*Ключевые слова:* биопестициды, минеральные удобрения, почвенные микромицеты, фитопатогены, агроценозы.

### ВВЕДЕНИЕ

Почва – это среда обитания огромного количества различных групп организмов, важное место среди которых занимают микроскопические грибы. Они доминируют и в дерново-подзолистых пахотных почвах независимо от способа обработки почвы и системы удобрений (Колесникова, Воронин, 2011; Воронин, Колесникова, 2012, 2013). Опыт сельского хозяйства показывает, что микробиологические процессы разложения органических веществ (за счет деятельности бактерий и микромицетов) резко интенсифицируются, убыстряя круговорот биогенных элементов, что до определенных пределов может рассматриваться как положительное явление. Интенсификация процессов, осуществляемых почвенными микроорганизмами, при создании соответствующих условий, достигается довольно легко. Однако такого рода интенсификация в связи с хозяйственной деятельностью человека часто оказывается вредной. Происходит чрезмерно быстрое разрушение органического вещества, превращение внесенных азотных удобрений в нитраты с последующим их вымыванием в грунтовые воды и реки, развитие процесса денитрификации, приводящего к газообразным потерям азота (Звягинцев и др., 2005).

Согласно современным представлениям, микробиологический (включая микромицеты) мониторинг относится к приоритетным направлениям контроля качества окружающей среды (Терехова, 2007). В Ярославской области для дерново-подзолистых почв использование почвенных микромицетов в качестве параметра мониторинга состояния пахотных земель при

воздействии на них различных агроприемов началось сравнительно недавно, что делает данные исследования актуальными (Колесникова, 2014, 2016).

Состав и структура комплексов микромицетов пахотных почв существенно отличаются от комплексов грибов в ненарушенных экосистемах лесной зоны. Различные системы обработки почвы являются мощным антропогенным фактором, нарушающим формирование полночленных комплексов грибов, их вертикальную структуру и протекание сукцессий. Происходит вспышка численности быстрорастущих микромицетов, способных утилизировать органические добавки, но при этом может подавляться развитие грибов, характерных для более поздних этапов сукцессии, и снижаться их видовое разнообразие (Воронин, Колесникова, 2012). Положительно оценивается применение микробиологических препаратов для решения проблем деградации структуры почвенной микробиоты, связанной с избыточной химической нагрузкой на агроландшафты, появлением новых резистентных к химическим пестицидам болезней и вредителей культурных растений, низкой эффективностью высоких доз минеральных удобрений (Петров, Чеботарь, 2011). Однако очень мало известно о влиянии пестицидов и фунгицидов, применяемых в земледелии различных групп, на типичную для природной зоны и типов почв микробиоту, в частности, на численность и таксономический состав грибов (Воронин, Колесникова, 2013).

В связи с этим целью настоящих исследований явилось изучение воздействия интенсивных фонов минерального питания и применения биопестицидов на микробиоту дерново-подзолистой почвы в условиях Ярославской области Нечерноземной зоны РФ.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Ярославская область относится к северу лесной зоны с суммой положительных температур 1800–1900 °С. Климат области умеренно континентальный, с умеренно влажным летом, умеренно-холодной зимой и четко выраженными сезонами весны и осени. Сумма осадков за период с температурой выше 10 °С составляет 250–300 мм. Безморозный период длится 125 дней. Около 60 % осадков выпадает в теплое время года с апреля по октябрь. Первый снежный покров отмечается в третьей декаде октября, а устойчивый 22–26 ноября.

Исследования проводились в вегетационный период 2016 года на опытном поле ЯГСХА (Бекренево, Ярославского района). Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая глееватая среднесуглинистая на карбонатной морене. Предшественником ячменя были однолетние травы ( вико-овсяная смесь). Осенью производили уравнительную вспашку, весной после чистого пара засеяли делянки ячменем сорта «Нур».

В 2016 году условия для появления всходов ярового ячменя были в основном благоприятными: почва была хорошо прогрета (средняя температура почвы на глубине 10 см в первой и второй декадах мая составляла 11–16 °С, а в третьей декаде мая была еще выше 17–19 °С), увлажнение было достаточным. Запасы продуктивной влаги пахотного слоя почвы составляли в основном 35–50 мм, то есть были близки к оптимальным. Всходы ярового ячменя появились преимущественно через 6–11 дней после посева. Начальный период роста и кущения проходил в условиях пониженного температурного режима и достаточной влагообеспеченности. В критический по отношению к влаге период развития (от выхода в трубку до колошения) влагообеспеченность посевов оставалась хорошей. Запасы продуктивной влаги в полуметровом слое почвы составляли в основном 85–125 мм, лишь местами они были менее 60 мм. Колошение (выметывание) ранних яровых зерновых культур, посеянных в первой половине мая, началось в последних числах третьей декады июня. Агрометеорологические условия в июле для роста и формирования зерна были в целом благоприятны. Теплая погода и достаточная влагообеспеченность (запасы продуктивной влаги полуметрового слоя почвы составляли 60–80 мм и более) способствовали интенсивному росту ярового ячменя.

Площадь опытного участка 0,2 га, площадь элементарной делянки 32 м<sup>2</sup>. Опыт заложен методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта трехкратная.

Почвенные микромицеты изучались на делянках с использованием следующих агроприемов:

Фактор А: Система удобрений «У».

1. Без удобрений, «У<sub>1</sub>».
2. N<sub>60</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>, (доза минеральных удобрений, рассчитанная на планируемую урожайность 25 ц/га), «У<sub>2</sub>».
3. N<sub>100</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, (доза минеральных удобрений, рассчитанная на планируемую урожайность 35 ц/га), «У<sub>3</sub>».

Фактор В: Система защиты растений «Б».

1. Без биопестицида «Б<sub>0</sub>».
2. Биопестицид «Фитотрикс», «Б<sub>1</sub>».
3. Биопестицид «Фитотонус», «Б<sub>2</sub>».

Использованные биопестициды имели следующие характеристики.

Фитотонус – предназначен для защиты озимой пшеницы, ржи, тритикале, яровой пшеницы и ячменя, зернобобовых, картофеля, столовой и сахарной свеклы, подсолнечника, риса, хлопчатника, табака, овощных, плодово-ягодных и декоративных культур от комплекса грибных и бактериальных болезней. Фитотонус эффективен против широкого спектра грибных и бактериальных заболеваний. Действующее вещество *Bacillus subtilis/pumilus* – спорообразующие бактерии, которые колонизируют (заселяют) корневую систему растений, обеспечивая их защиту в течение всего вегетационного периода, когда бактерия, оставаясь жизнеспособной, развивается и размножается в тканях растений после их посева. Бактерии защищают растения от болезней, вырабатывают ферменты и другие физиологически активные вещества, природные ростоускорители, стимулирующие рост и развитие растения. Действие препарата близко по эффективности к химическим контактным фунгицидам при полной экологической безопасности.

Фитотрикс – действующее вещество почвенный гриб *Trichoderma M18*, оказывает положительное действие на рост и развитие растений и улучшает показатели почвы за счет подавления огромного числа почвенных патогенов, вызывающих заболевания культур. Препарат предназначен для защиты от заболеваний, вызываемых фитопатогенными грибами в почве и на растениях. Фитотрикс применяется в любую фазу развития растений, для предпосевной обработки клубней и семян зерновых (яровых и озимых), бобовых, овощных, технических, плодово-ягодных и цветочных культур, используется для пролива почвы до и после высадки рассады, а также для внекорневой подкормки растений, предотвращает порчу овощей при хранении. Применение для семян аналогично биопрепарату Фитотонус.

Почвенные образцы отбирались дважды в разные фазы развития культуры (15.06.16 и 22.07.16) с глубины 0–10 см и 10–20 см из-за разнородности почвенных слоев по наличию питательных веществ и поступлению кислорода.

Выявление почвенных грибов производили методом глубинного посева почвенной суспензии из разведения 1:1000 на агаризованную питательную среду Чапека. Засеянные водно-почвенной суспензией чашки Петри периодически просматривали, начиная с третьих суток. Окончательный учёт проводили через 10–15 суток. При этом учитывали общее число выросших колоний, условно допуская, что каждая колония образовалась из диаспоры (одной споры или небольшого фрагмента гифы). Рассчитывали численность диаспор, или колонии образующих единиц (КОЕ) на 1 г воздушно-сухой почвы.

Для выявления комплекса типичных видов использовали показатели пространственной встречаемости и массовости (обилия); рассчитывали индекс значимости (ИЗ) грибов в ранге рода. ИЗ рассчитывается как сумма относительной частоты встречаемости и относительного обилия вида (рода); его максимально возможное значение равно 2,00 (Suberkropp, Klug, 1976).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При первом отборе проб 15.06.16 отмечено, что численность микромицетов выше в вариантах без применения биоpestицидов, где семена не были обработаны.

Также можно заметить увеличение численности в некоторых вариантах с внесением удобрений (У<sub>3</sub>Б<sub>0</sub>; У<sub>3</sub>Б<sub>2</sub>). Увеличение численности микромицетов в нижнем слое, вероятно, связано с наличием микробного пула. На более глубоких горизонтах почвы имеется избыточный пул (запас) микроорганизмов, не обеспеченных органическим веществом и другими элементами питания. Суммарная длина грибных гиф (окрашивание калькофлуором, люминесцентная микроскопия) составляет сотни метров и километров на 1 г почвы. При внесении удобрений «просыпаются» и начинают развитие организмы пула (Звягинцев и др., 2005). Более высокая численность в нижнем слое связана, кроме того, с тем, что биофунгициды, которыми были обработаны семена, по всей видимости, в большей степени действовали в слое 0–10 см (рис. 1).

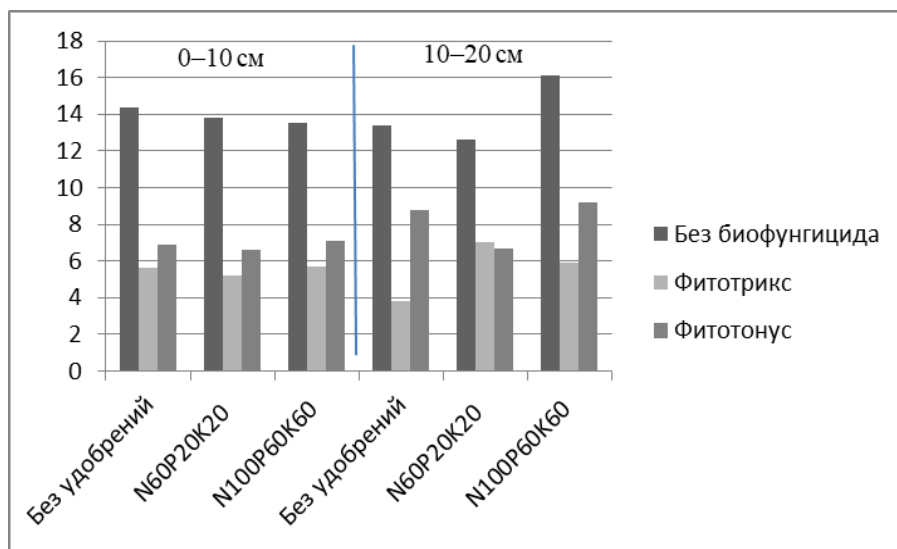


Рис.1. Численность почвенных грибов, тыс. КОЕ (15.06.16)

При втором отборе 22.07.16 самая высокая численность грибов наблюдалась на контрольном варианте (26,5 тыс. КОЕ и 25,0 тыс. КОЕ соответственно в верхнем и нижнем слое почвы). На всех вариантах отмечено, что численность микромицетов ниже в том случае, когда семена ячменя были обработаны биопрепаратами (рис. 2).

Как и в июньских пробах, биоpestициды в большей степени снижали численность грибов в верхнем слое почвы.

В целом численность почвенных микромицетов выше в образцах почвы, отобранной в июле, по сравнению с июньскими. Это связано с высокой активностью почвенных грибов в соответствующих погодных условиях.

Для выявления роли изучаемых факторов (система удобрений и система защиты растений) был проведен дисперсионный анализ, который показал, что в середине июня численность грибов на разных фонах удобрений в среднем различалась несущественно по всему пахотному горизонту. Наблюдалось некоторое снижение численности микромицетов в верхнем слое и увеличение в нижнем по сравнению с контролем (табл. 1).

Аналогичный анализ данных июльских проб выявил несколько другую тенденцию. На делянках, в почву которых были внесены удобрения, численность микромицетов оказалась существенно ниже по сравнению с контролем (табл. 2). О возможных причинах такого явления было высказано выше.

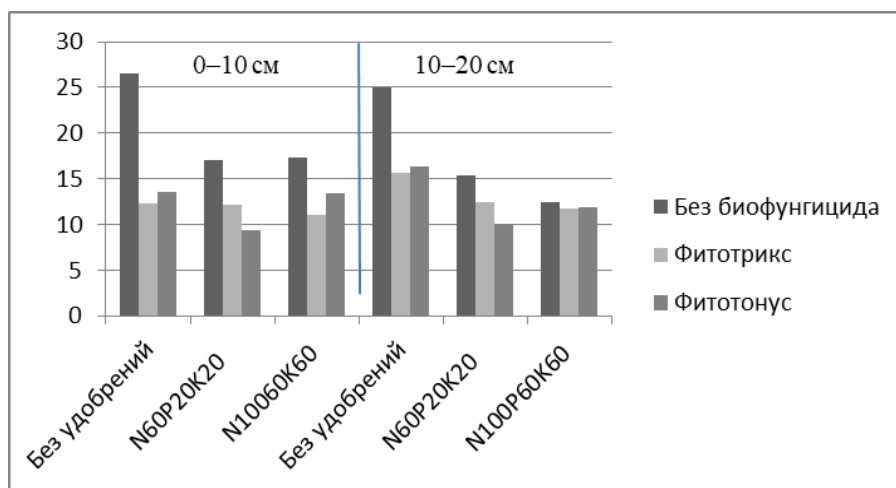


Рис. 2. Численность почвенных грибов, тыс. КОЕ (22.07.16)

Таблица 1

Влияние изучаемых факторов на численность микромицетов (отбор 15.06.16)

Вариант опыта	Численность грибов, тыс. КОЕ в 1 г воздушно-сухой почвы	
	Слой 0–10 см	Слой 10–20 см
<b>Фактор А – Система удобрений</b>		
Без удобрений	11,3	8,7
N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	8,5	8,8
N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,8	10,4
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>0,5</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>0,5</sub>
<b>Фактор В – Система защиты растений</b>		
Без биоpestицида	13,9	14,0
Фитотрикс	5,5	5,6
Фитотонус	6,9	8,2
НСР <sub>05</sub>	2,9	2,8

Обработка семян ячменя биоpestицидами существенно снизила численность грибов по всему пахотному горизонту в оба срока отбора.

В основном исследования биофунгицидов проводились только для выяснения их действия на фитопатогенные грибы и бактерии, однако их влияние на типичных представителей почвенной микобиоты практически не изучалось (Саранцева и др., 2011; Ali-Askar et al., 2011). Вероятно, агенты, используемые для производства биофунгицидов, не обладают видоспецифичным действием и способны угнетать развитие сапротрофов в почве. При положительном влиянии биофунгицида Елена на микобиоту нефтезагрязненных почв Республик Башкортостан и Коми, проявившемся в снижении фитотоксичности после рекультивации, отмечено существенное изменение состава комплексов микромицетов, а именно, уменьшение численности почвенных грибов и ингибирование развития мицелия (Киреева и др., 2010). В наших исследованиях применение биопрепаратов также оказало существенное влияние на численность грибов в сторону ее снижения.

В результате использования культурально-морфологических признаков в образцах от 15.06.16 были обнаружены 2 рода грибов из отдела Zygomycota (*Mucor*, *Rhizopus*), 6 родов мицелиальных анаморфных грибов, относящихся к отделу Ascomycota (*Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Trichoderma*) и 2 рода дрожжей из отдела Basidiomycota

(*Cryptococcus*, *Rhodotorula*); кроме того, на используемой питательной среде выявлены и представители прокариот – актиномицеты.

Большинство обнаруженных почвенных грибов являются типичными сапротрофами, способными активно разрушать целлюлозу, гемицеллюлозу, хитин, крахмал и другие биополимеры (Krishna, Mohan, 2017). Среди обнаруженных грибов родов *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* могут встречаться фитопатогенные виды. Многие из выявленных микромицетов являются оппортунистическими, то есть способными вызывать микозы у человека с ослабленной иммунной системой (Воронин 2013; Howard, 2002).

Таблица 2

Влияние изучаемых факторов на численность микромицетов (отбор 22.07.16)

Вариант опыта	Численность грибов, тыс. КОЕ	
	Слой 0–10 см	Слой 10–20 см
Фактор А – Система удобрений		
Без удобрений	17,5	19,0
N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	12,9	12,6
N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,9	12,0
НСР <sub>05</sub>	1,0	1,0
Фактор В – Система защиты растений		
Без биопестицида	20,3	17,6
Фитотрикс	11,8	13,2
Фитотонус	12,1	12,7
НСР <sub>05</sub>	2,7	2,9

Род *Rhizopus* содержит более 150 видов, некоторые из них являются возбудителями черной, или хлебной, плесени (Дьякова, 1969). Грибы рода *Rhizopus* (главным образом *R. nigricans* Ehrenb.) встречались во всех вариантах, независимо от слоя почвы, применения удобрений и биопестицидов.

Род *Mucor* объединяет более 150 видов. Значительная часть из них отмечена на растительных остатках, экскрементах животных, почве. Грибы рода *Mucor* (преимущественно *M. hiemalis* Wehmer) встречались в почвенных пробах первого отбора и преимущественно в верхнем слое почвы. Мукоры обычно обнаруживаются в средах с легко усваиваемыми органическими соединениями.

Естественный резервуар грибов рода *Penicillium* – почва, причем они, будучи в большинстве видов космополитами, приурочены больше к почвам северных широт, развиваются на самых разных субстратах, главным образом, растительного происхождения (Pitt, Hocking, 2009). Разные виды грибов рода *Penicillium* в нашем опыте встречались во всех вариантах, но меньше всего в нижних слоях почвы, без применения биопрепаратов.

Естественное местообитание грибов рода *Aspergillus* – верхние горизонты почвы, особенно в южных широтах. Большинство видов аспергиллов – сапротрофы. Некоторые виды поражают всходы многих сельскохозяйственных культур, а так же среди них имеются и паразиты животных и человека (Howard, 2002). В опыте грибы рода *Aspergillus* встречались как в нижнем, так и в верхнем слое почвы.

Наряду с другими грибами участие в разложении и минерализации растительных остатков принимает *Alternaria*. Богатый ферментный аппарат гриба обеспечивает широкую амплитуду приспособленности, дающую возможность существовать в достаточно разнообразных условиях. Этому также благоприятствует легкое распространение спор ветром. Этот гриб вызывает альтернариоз зерновки ячменя (Дьякова, 1969). В наших исследованиях встречался единично.

Представители рода *Cladosporium* обнаружены на самых разнообразных субстратах как в качестве сапротрофов, так и практически важных паразитов растений (зерновых, овощных,

и других). Гриб разрушает субстрат, содержащий целлюлозу и пектин, в том числе солому. *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link ex Fr. и другие сапротрофные виды часто развиваются (особенно после влажных сезонов) на зерновках злаков и вызывают почернение зерна, а попав в хранилище, его порчу, делая его токсичным для человека и животных. Для ячменя известна оливковая плесень, или кладоспориоз, вызываемый *Cladosporium herbarum* (Дьякова, 1969). Род *Cladosporium* обнаружен преимущественно в вариантах без удобрений или с их внесением, но без применения биофунгицидов.

Среди грибов рода *Fusarium* есть сапротрофы, живущие в почве и на растительных остатках, и паразиты, вызывающие заболевания многих видов растений. Для ячменя разные виды фузария известны как возбудители корневой гнили и фузариоза колоса (Дьякова, 1969). Грибы рода *Fusarium* в почве опытного участка встречались только в вариантах без применения удобрений и биопрепаратов.

Представители рода *Trichoderma* в большом количестве встречаются в почвах, богатых органическими остатками. Также обильно они заселяют культурные почвы. В зоне подзолистых почв этих грибов больше, чем в других почвах. Особенно часто их обнаруживают в кислых почвах с низким значением pH (обычно 3,7–5,2). Они не являются фитопатогенами, более того, их штаммы используют для производства фунгицидов (в нашем эксперименте Фитотрикс). Грибы рода *Trichoderma* встречались в вариантах с внесением удобрений.

*Mycelia Sterilia*, неидентифицированные колонии – грибы, не образующие никаких спороношений или они у них встречаются очень редко. В цикле их развития имеются только грибница и склероции. В наших исследованиях встречались практически во всех вариантах.

Также во время проведения опыта были обнаружены дрожжи родов *Cryptococcus* и *Rhodotorula*, и актиномицеты. *Cryptococcus* – род одноклеточных дрожжей. Большинство видов этого рода обитают в почве и не представляют опасности для растений и человека. Род *Cryptococcus* встречался в почвенных пробах первого отбора, наибольшая частота встречаемости наблюдалась в слое почвы 10–20 см. *Rhodotorula* – род одноклеточных пигментных дрожжей, не вызывающих заболеваний растений, наблюдался по всему пахотному горизонту с низкой частотой встречаемости.

Актиномицеты – прокариоты, имеющие способность к формированию на некоторых стадиях развития ветвящегося мицелия, которая проявляется у них в оптимальных для существования условиях. Наиболее распространены в почве, где известно их фунгицидное проявление (Виноградова, Дегтярева, 2010). Актиномицеты в нашем эксперименте встречались единично.

При отборе почвенных проб 22.07.16 в фазу цветения ячменя таксономический состав грибов практически не изменился за исключением исчезновения микромицетов рода *Mucor*. Частота встречаемости грибов рода *Rhizopus* значительно увеличилась, они наблюдались во всех почвенных пробах. Частота встречаемости видов рода *Penicillium* несколько снизилась на большинстве вариантов. Виды рода *Alternaria* исчезли из почвенных образцов, отобранных на удобренных делянках с применением биопестицидов. Представители рода *Trichoderma* перестали встречаться в удобренной почве с применением Фитотрикса и Фитотонуса. Стерильный мицелий обнаруживался практически также часто, как и в ранее отобранных пробах.

При рассмотрении и обсуждении разнообразия, численности, распределения грибов мы используем предложенную Д. Г. Звягинцевым с соавторами (2005) концепцию комплекса почвенных микроорганизмов, в нашем случае – грибов. Такое представление вводится вместо понятия «микробоценоз», которое, по мнению авторов не вполне удачно, так как в почве часть микроорганизмов связана с растениями, а часть с животными, и нет функционально единой изолированной системы микроорганизмов (микробоценоза). Предлагаемая концепция отрицает идею о глобальной строгой и жесткой организованности почвенных микроорганизмов в единую систему. Однако следует учитывать, что на практике часто как

равнозначные употребляются термины микробное сообщество, микробоценоз, микробиота, почвенные микроорганизмы.

Структура комплексов почвенных микромицетов достаточно простая, так как агроценозы, изменяясь под влиянием различных способов вспашки, внесения разных доз минеральных и органических удобрений, применения средств защиты против вредителей и фитопатогенов, постоянно с той или иной интенсивностью испытывают антропогенное воздействие и изменяются с разной скоростью. В нашем случае, с применением биопестицидов и минеральных удобрений, структура комплексов грибов остается типичной для агроценозов (табл. 3, 4).

Таблица 3

Индекс значимости (ИЗ) родов грибов в почвенных комплексах (отбор 15.06.16)

Роды грибов	Варианты опыта								
	У <sub>1</sub> Б <sub>0</sub>	У <sub>1</sub> Б <sub>1</sub>	У <sub>1</sub> Б <sub>2</sub>	У <sub>2</sub> Б <sub>0</sub>	У <sub>2</sub> Б <sub>1</sub>	У <sub>2</sub> Б <sub>2</sub>	У <sub>3</sub> Б <sub>0</sub>	У <sub>3</sub> Б <sub>1</sub>	У <sub>3</sub> Б <sub>2</sub>
<i>Mucor</i>	0,14 0,19	0,13	0,12						
<i>Rhizopus</i>	0,44 0,38	0,68 1,00	0,54 1,19	0,55 0,62					
<i>Alternaria</i>	0,22 0,24	0,05 0,15		0,32 0,16			0,33 0,20		0,17 0,30
<i>Aspergillus</i>	0,17 0,11	0,24 0,15	0,31	0,30 0,32	0,13 0,16	0,23 0,32	0,34 0,32	0,48 0,46	
<i>Cladosporium</i>	0,25 0,32			0,41 0,43			0,29 0,31		
<i>Fusarium</i>	0,26 0,24								
<i>Penicillium</i>	0,52 0,52	0,90 0,70	1,04 0,80	0,29 0,32	0,77 0,63	0,81 0,67	0,45 0,38	0,74 0,48	0,43 1,04
<i>Trichoderma</i>				0,13 0,15			0,23 0,23		0,38 0,30

Примечание к таблице. В верхней строке слой почвы 0–10 см, в нижней – 10–20 см.

Наиболее полными как по численности, так и по разнообразию являются комплексы грибов на делянках без применения удобрений и биопрепаратов. Однако во всех вариантах основу комплексов микромицетов составляют типичные доминанты – представители рода *Rhizopus* из отдела *Zygomycota* и анаморфные виды из рода *Penicillium* отдела *Ascomycota*. Пенициллы – самые распространенные обитатели почв лесной зоны, способные адаптироваться к изменяющимся физическим и трофическим параметрам. Доминирование ризопусов особенно ярко проявляется в вариантах с внесением минеральных удобрений, кроме того, их доминирование усиливается в июле при более высокой температуре среды, которая соответствует оптимальной для данных видов (Лугаускас и др., 1987).

К значимым грибам в комплексах относятся также представители рода *Aspergillus*, типичные почвенные микромицеты, преобладание которых в почве возрастает в более южных широтах.

Следует отметить наличие диаспор фитопатогенных грибов рода *Fusarium* только в почве без Фитотрикса и Фитотонуса и удобрений. Во всех других вариантах фузариин исчезают. Представители других возможных фитопатогенов из рода *Cladosporium* также были зарегистрированы только в вариантах без применения биофунгицидов.

Микромицеты рода *Alternaria* имели относительно высокие показатели ИЗ в вариантах без биопрепаратов, однако они в небольшом количестве развивались и в некоторых случаях с их применением.



Таблица 4

Индекс значимости (ИЗ) родов грибов в почвенных комплексах (отбор 22.07.16)

Роды грибов	Варианты опыта								
	У <sub>1</sub> Б <sub>0</sub>	У <sub>1</sub> Б <sub>1</sub>	У <sub>1</sub> Б <sub>2</sub>	У <sub>2</sub> Б <sub>0</sub>	У <sub>2</sub> Б <sub>1</sub>	У <sub>2</sub> Б <sub>2</sub>	У <sub>3</sub> Б <sub>0</sub>	У <sub>3</sub> Б <sub>1</sub>	У <sub>3</sub> Б <sub>2</sub>
<i>Rhizopus</i>	0,57 0,58	1,88 1,30	1,48 1,24	0,55 0,58	1,57 1,82	1,41 1,45	0,56 0,44	1,88 1,87	1,75 1,80
<i>Alternaria</i>	0,25 0,20	0,12	0,12 0,23	0,32 0,18					
<i>Aspergillus</i>	0,17 0,19			0,33 0,34		0,22 0,19	0,41 0,39		
<i>Cladosporium</i>	0,33 0,22			0,19 0,24			0,31 0,34		
<i>Fusarium</i>	0,27 0,30								
<i>Penicillium</i>	0,41 0,51	0,30	0,40 0,13	0,43 0,37	0,43 0,18	0,37 0,36	0,46 0,54	0,12 0,13	0,25 0,20
<i>Trichoderma</i>		0,40	0,40	0,18 0,29			0,26 0,29		

Примечание к таблице. В верхней строке слой почвы 0–10 см, в нижней – 10–20 см.

Активные гидролитики рода *Trichoderma* встречались нерегулярно в разных вариантах, что вероятнее всего связано с микролокальным распределением в почве подходящих для них субстратов. В июле из комплексов грибов исчезли представители рода *Mucor*, что связано, по-видимому, с существенным прогревом почвы, превышением температурного оптимума для данных видов (Лугаускас и др., 1987).

Показателем эффективности применяемых агроприемов служит урожайность возделываемой культуры, в нашем случае – ярового ячменя (табл. 5).

Статистически значимый прирост урожая по сравнению с контролем получен только при внесении комплексного минерального удобрения в дозе N<sub>100</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> с одновременной обработкой семян биопестицидами – как Фитотонусом, так и Фитотриком.

Таблица 5

Урожайность зерна ярового ячменя

Вариант опыта		Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га	Прибавка урожайности, %
Система удобрений	Система защиты растений			
Без удобрений	Без биофунгицида	21,7	-	-
	Фитотрикс	27,4	5,7	26,3
	Фитотонус	26,6	4,9	22,6
N <sub>60</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	Без биофунгицида	29,1	7,4	34,1
	Фитотрикс	28,4	6,7	30,9
	Фитотонус	31,9	10,2	47,0
N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	Без биофунгицида	34,1	12,4	57,1
	Фитотрикс	35,8	14,1	65,0
	Фитотонус	35,8	14,1	65,0
НСР <sub>05</sub> для делянок 1-го порядка 12,4				
НСР <sub>05</sub> для делянок 2-го порядка 8,7				

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение удобрений и биопрепаратов не оказывает существенного влияния на таксономический состав почвенных микромицетов, однако численность грибов при обработке семян биофунгицидами существенно снижается. Мы полагаем, что биофунгициды не избирательно действуют только на патогенные и условно патогенные грибы, но и угнетают развитие всех почвенных грибов, что видно из результатов полевого опыта.

Таким образом, применение биофунгицидов не приводит к существенной перестройке комплексов почвенных микромицетов, однако данные препараты являются довольно мягкими ингибиторами не только фитопатогенных, но и типичных почвенных грибов.

Наблюдаемые изменения в комплексах почвенных микроскопических грибов свидетельствуют о том, что использованные агроприемы – это мощный антропогенный фактор, влияющий на таксономический состав и численность микромицетов. При планировании применения тех или иных систем защиты растений от болезней следует учитывать результативность применения биопестицидов, являющихся альтернативой химическим препаратам и экологически безопасными.

## Список литературы

- Виноградова К. А., Дегтярева Е. А. Почвенные актиномицеты как эффективные агенты биоконтроля болезней растений // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: 7-я Международная конференция: матер. – Минск: Белорусская наука, 2010. – С. 495–497.
- Воронин Л. В., Колесникова И. Я. Инициированные комплексы почвенных грибов в агроценозах // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 1. – Т. III (Естественные науки). – С. 90–93.
- Воронин Л. В. Оппортунистические грибы в пресноводных экосистемах // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – № 2. – Том III (Естественные науки). – С. 67–74.
- Воронин Л. В., Колесникова И. Я. Влияние гербицидов и удобрений на микобиоту пахотной дерново-подзолистой почвы // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – № 4. – Т. III (Естественные науки). – С. 155–160.
- Дьякова Г. А. Фитопатологический словарь-справочник. – М.: Наука, 1969. – 480 с.
- Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
- Киреева Н. А., Рафикова Г. Ф., Галимзянова Н. Ф., Логинов О. Н., Григориади А. С., Якунова А. Б. Влияние биофунгицида Елена на комплексы микромицетов нефтезагрязненных почв различных типов при биоремедиации // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44. – Вып. 1. – С. 53–62.
- Колесникова И. Я. Использование комплексов почвенных микромицетов в качестве параметра биомониторинга сельскохозяйственных земель // Достижения науки агропромышленному комплексу: Межд. межвуз. науч.-практ. конф.: сборник науч. трудов. – Самара: РИЦ СГСХА. – 2014. – С. 106–110.
- Колесникова И. Я. Комплексы микроскопических грибов в агроценозах дерново-подзолистых почв // Ресурсосберегающие технологии в земледелии: Междунар. очно-заочн. научно-практ. конф.: сборник науч. трудов. – Ярославль: ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – 2016. – С. 20–24.
- Колесникова И. Я. Различия в комплексах почвенных микромицетов из агроценозов дерново-подзолистой почвы // Инновационный путь развития предприятий АПК: Междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. трудов. – Ярославль: ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – 2016. – С. 78–84.
- Колесникова И. Я., Воронин Л. В. Изменение комплексов почвенных грибов под действием различных систем обработки почвы и удобрений // Ярославский педагогический вестник. – 2011. – № 1. – Том III (Естественные науки). – С. 114–118.
- Лугаускас А. Ю., Микульскене А. И., Шляужене Д. Ю. Каталог микромицетов-биодеструкторов полимерных материалов. – М.: Наука, 1987. – 340 с.
- Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 11–15.
- Саранцева Н. А., Рябчинская Т. А., Харченко Г. Л., Бобрешова И. Ю. Полифункциональные препараты на яровом ячмене // Защита и карантин растений. – 2011. – № 11. – С. 25–26.
- Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. – М.: Наука, 2007. – 215 с.
- Ali-Askar A. A., Abdul Khair W. M., Rashad Y. M. In vitro antifungal activity of *Streptomyces sporaraveus* DRS 28 against some phytopathogenic fungi // African Journal of Agricultural Research. – 2011. – Vol. 6, N 12. – P. 2835–2842.
- Chen H., Zhao Sh., Zhang K. et al. Evaluation of soil-applied chemical fungicide and biofungicide of Rusalium Wilt of *Chrysanthemum* and their effects on rhizosphere soil microbiota // Agriculture. – 2018. – Vol. 8, N 12. – P. 184–190.

Howard D. H. Pathogenic fungi in humans and animals (Mycology). – CRC Press, 2002. – 800 p.

Krishna M. P., Mohan M. Litter decomposition in forest ecosystems: a review // Energy, Ecology and Environment. – 2017. – Vol. 2, Iss. 4. – P. 236–249.

Pitt J. I., Hocking A. D. Penicillium and related genera // Fungi and food spoilage. – Springer, 2009. – P. 169–273.

Suberkropp K., Klug M. J. Fungi and bacteria associated with leaves during processing in a woodland stream // Ecology. – 1976. – Vol. 57, Iss. 4. – P. 707–719.

**Kolesnikova I. Ja., Voronin L. V. Influence of biopesticides on soil micromycetes complexes in agroecosis // Ekosistemy. 2019. Iss. 18. P. 97–107.**

The influence of intensive mineral supplying background and biopesticides application on soil mycobiota in agroecosis of Yaroslavl region was determined. Biopesticides (Fitotonus and Fitotriks) and two variants of fertilization dose were used at barley plots. The size and significance index (as sum of relative occurrence and relative abundance) at genus level were calculated. The number of soil fungi decreased in case of barley seeds treatment with biological products before sowing. Fungal complexes include two genera from phylum Zygomycota and 6 genera of mycelial anamorphs from phylum Ascomycota. The use of fertilizers and biopesticides does not result in cardinal reorganization of micromycetes complexes. Fungi from genera *Rhizopus* and *Penicillium* remain dominants. Significance indexes of important hydrolytic fungi *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma* and others decreased in variants with application of biopesticides. At the same time, fungi strains (particularly representatives of *Fusarium*) which can be pathogenic for barley were suppressed. Statistically significant increase of barley yield was obtained only in variant with complex mineral fertilization (dose N100P60K60) and simultaneous biopesticides seed treatment (both Fitotonus and Fitotriks). The observed changes in the complexes of soil microscopic fungi indicate that the used agro-methods are a powerful anthropogenic factor affecting the taxonomic composition and number of micromycetes. When planning the use of certain systems of plant protection against diseases, it is necessary to take into account the effectiveness of the use of biopesticides, which are an alternative to chemical preparations and are environmentally friendly.

*Key words:* biopesticides, mineral fertilizers, soil micromycetes, phytopathogens, agroecosis.

*Поступила в редакцию 12.03.19*