

zeolite was added. In option with a complex fertilizer with nanostructured water-zeolite suspension was observed an increase in yield of 40,3 % compared to fertilizer with nanostructured water-phosphoric suspension (43,7 %). The maximum rate of respiratory activity (19,8-20,6 mg/100 gr×24h) and microbial biomass (58,9-65,8 mg/100gr×h) were noted during ontogenesis, where complex fertilizers were added, especially phosphorite and nanostructured water-phosphoric suspension. Microbiologic monitoring revealed stimulation of microorganisms' growth (ammonifier, diazotrophs, phosphate-mobilizing actinobacteria, micromycetes) when complex fertilizers were used especially with the addition of nanostructured forms of agrominerals (nanostructured water-phosphoric suspension, nanostructured water-zeolite suspension, nanostructured water-glaucanite suspension).

Keywords: nanostructured agrominerals, nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms, consortium, complex biofertilizer.

Author details: T.Yu. Motina, Candidate of Sciences (biology), senior research fellow (e-mail: motina.tatyana@mail.ru); I.A. Degtyareva, Doctor of Sciences (biology), chief research fellow; I.A. Yapparov, Doctor of Sciences (biology), head of the Institute; A.Ya. Davletshina, Candidate of Sciences (agriculture), senior research fellow; A.X. Yapparov, Doctor of Sciences (agriculture), professor, chief research fellow; E.V. Babynin, Candidate of Sciences (biology), senior research fellow.

For citation: Motina T.Yu., Degtyareva I.A., Yapparov I.A., Davletshina A.Ya., Yapparov A.X., Babynin E.V. Fertilizers based on microbial consortium and agrominerals in native and nanostructured form // Vladimir agricolist. 2019. № 3. P.11-15. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10072.

DOI:10.24411/2225-2584-2019-10073

УДК 631.461

КОМПЛЕКС МИКРОМИЦЕТОВ И АКТИНОМИЦЕТОВ В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ АГРОЛАНДШАФТОВ

М.К. ЗИНЧЕНКО, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, (e-mail: ropel62@yandex.ru)

И.Д. ФЕДУЛОВА, младший научный сотрудник

В.В. ШАРКЕВИЧ, научный сотрудник

Верхневолжский федеральный аграрный научный центр

ул. Центральная, д. 3, п. Новый, Суздальский р-н, Владимирская обл., 60126, Российская Федерация

Резюме. В качестве информативного параметра агроэкологического биомониторинга показана возможность определения численности мицелиальных микроорганизмов. Микромицетный и актиномицетный комплекс серой лесной почвы изучался на минеральных и органоминеральных фонах различного уровня интенсификации в третьей и четвертой ротации 6-ти польного севооборота по двум приемам основной обработки – отвальной вспашке на глубину 20-22 см и плоскорезной энергосберегающей обработке на глубину 10-12 см. Длительное внесение различных доз минеральных и органоминеральных удобрений приводят к изменению численности микромицетов и актиномицетов в серой лесной почве Верхневолжья. Биомасса микроорганизмов уменьшалась на вариантах интенсивного и высокоинтенсивного использования удобрений до 85 % от общей биомассы микрофлоры. Численность микромицетов и актиномицетов, определяемая методом посева на твердые питательные среды, показала их приуроченность к вариантам, где вносился навоз одновременно в дозе 60 и 80 т/га на фоне ежегодного использования минеральных удобрений. Внесение органических удобрений приводило к росту численности микромицетов в 5-6 раз в первые два года последствия. Отрицательное действие многолетнего внесения высоких доз минеральных удобрений выражается не только в уменьшении численности грибных зачатков (до 30 тыс. КОЕ/1г почвы), но и снижении устойчивости микробной системы, доминированию микромицетов, имеющих большое количество фитотоксичных видов. Достоверное снижение пула актиномицетов наблюдалось на минеральных фонах, где средние показатели варьировали от 4,8 до 5,4 млн. КОЕ/1г почвы. Комплекс почвенных мицелиальных микроорганизмов является информативным параметром биомониторинга серых лесных почв агроландшафтов.

Ключевые слова: микромицеты, актиномицеты, серая лесная почва, фон интенсификации, биомониторинг, агроэкосистемы.

Для цитирования: Зинченко М.К., Федулова И.Д., Шаркевич В.В. Комплекс микромицетов и актиномицетов в агроэкологическом мониторинге серой лесной почвы агроландшафтов // Владимирский земледелец. 2019. №3. С. 15-19. DOI:10.24411/2225-2584-2019-10073.

В последние годы активно изучается состав почвенной микрофлоры как параметр биомониторинга для оценки антропогенного воздействия на почву. Интенсификация сельского хозяйства приводит к ускорению круговорота биогенных элементов в почве, значительным потерям гумуса, возрастанию токсичности почв [1]. Эти негативные тенденции в значительной степени являются следствием изменения структуры микробного комплекса почвы. В связи с этим при разработке научных основ агроландшафтного земледелия система агроэкологического мониторинга должна шире включать микробиологические параметры. Микробиологический мониторинг почв агроценозов интенсивного земледелия является важным и необходимым звеном в системе управления и сохранения почвенного плодородия, так как именно микроорганизмы обеспечивают протекание физиолого - биохимических процессов. Видовой и количественный состав почвенных микроорганизмов не являются постоянными величинами и могут колебаться в значительных пределах. На эти показатели влияет целый ряд факторов, в том числе и агротехнических. Микромицеты и актиномицеты являются важной частью микробного комплекса серой лесной почвы и биоиндикаторами ее экологического состояния [2, 3].

Целью работы было изучение возможности использования комплекса микромицетов и актиномицетов серой лесной почвы для биомониторинга экологического состояния агрофонов и эффективности агротехнических приемов.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в многофакторном стационарном опыте по усовершенствованию адаптивно- ландшафтных систем земледелия на базе Верхневолжского федерального аграрного научного центра (г. Суздаль) в период с 2008 - 2018 гг. Микромицетный комплекс серой лесной почвы изучался на минеральных и органоминеральных фонах различного уровня интенсификации в третьей и четвертой ротации 6 - ти польного севооборота по двум приемам основной обработки – отвальной вспашке (ОВ) на глубину 20-22 см и плоскорезной энергосберегающей обработке (ПО) на глубину 10-12 см. Образцы почвы отбирали ежегодно в мае, июле и сентябре по вариантам опыта из слоя 0-20 см.

Почвенный покров опытного участка представлен серой лесной слабоподзоленной среднесуглинистой почвой. Содержание гумуса в пахотном слое (0-20 см) варьирует от 3,9 до 4,2 % (по Тюрину), обеспеченность подвижным фосфором (по Кирсанову) – 100-150 мг/кг почвы, обменным калием (по Масловой) – 100-120 мг/кг почвы, pH_{kcl} – от 5,9 до 6,3.

Почвенные образцы отбирали в мае, июле и сентябре из слоя почвы 0-20 см.

Микробиологические исследования проводили согласно общепринятым в микробиологии и биохимии методикам [4, 5].

В течение вегетационного периода лет исследования наблюдались существенные колебания погодных условий, особенно по равномерности выпадения осадков. Количество выпавших осадков за вегетационный период лет исследования изменялось в 1,5 раза и было в диапазоне от 285 до 431 мм. Средняя величина ГТК= 1,42 и была на уровне среднемноголетней, соответствуя достаточному показателю увлажнения, что является типичным для зоны Владимирского ополья. Высоким увлажнением со значениями ГТК выше 1,7 характеризовались 2013 и 2017 гг. То есть, отдельные периоды исследований характеризовались избыточным количеством осадков или их недостатком, что отражалось на влажности почвы и влияло на численность микробного пула и его биологическую активность.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием компьютерной версии Statistica -6.

Результаты и обсуждение. Хозяйственное использование почвы ведет к созданию специфических микробных комплексов, присущих агроценозам, что отражается и на структуре биомассы микроорганизмов. В многолетних исследованиях на серой лесной почве агрофонов выявлено уменьшение биомассы грибного мицелия [6]. Несмотря на меньшую численность грибных зачатков по сравнению с бактериями и актиномицетами, суммарная биомасса грибного мицелия в серой лесной почве залежных участков составляет 96-98 % от общей биомассы микроорганизмов, спор микрогрибов –

2-3 %. Доля прокариот составляла около 1 %, при этом бактериальная микрофлора преобладала над актиномицетами, так как последние предпочитают почвы со щелочной реакцией среды.

На длительно возделываемой пашне происходит снижение биомассы микромицетов. В почве стационарного опыта внесение удобрений стимулировало развитие прокариотной микрофлоры, снижая долю активно функционирующих грибов. Процент микрогрибов уменьшался на вариантах интенсивного и высокоинтенсивного использования минеральных и органоминеральных удобрений, наряду с возрастанием доли спор грибов. Вариация значений биомассы грибов на изучаемых вариантах опыта составляла от 85 до 97 % (табл. 1).

Подобная тенденция на серой лесной почве Владимирской области отмечалась в работах А.А. Свешниковой [7].

По отвальной вспашке и плоскорезной обработке были отмечены одинаковые закономерности, вызванные использованием минерального и органоминерального комплекса удобрений.

Почвенные микроскопические грибы являются важной частью микробного комплекса почвы. Грибы обладают на 1-2 порядка большей скоростью роста, чем бактерии, секретируют внеклеточные гидролитические ферменты и физиологически активные вещества, которые оказывают стимулирующее или угнетающее влияние на жизненные процессы растений, способствуют мацерации отмерших органических тканей и разложению органических веществ, оказывают существенное влияние на энергетические процессы в биотическом блоке. Микромицеты развиваются на первом этапе микробной сукцессии [8]. Поэтому уменьшение грибной биомассы имеет двойное значение. С одной стороны, больше питательных веществ остается растению, за счет сокращения потребления их микромицетами, а с другой – существует возможность уменьшения объема микоризы и замедления разложения полимеров, что может отрицательно сказаться на питании растений [9].

Тенденция уменьшения биомассы грибов под влиянием агрогенной нагрузки в системе адаптивно - ландшафтного земледелия, в первую очередь, может повлиять на снижение продуцирования почвенных ферментов и биологическую активность почвы.

При посеве на питательную среду Чапека учитывается суммарное количество грибных зачатков (споры, мицелий) [4]. Одному и тому же числу колоний по методу посева могут соответствовать различные «состояния» комплекса почвенных грибов, а сам метод посева недостаточно характеризует их сукцессию, если иметь в виду определение численности. Однако с помощью посева возможно определить влияние агрогенных факторов на состояние микоценоза

1. Структура биомассы микроорганизмов в зависимости от фона интенсификации, % (среднее за 3 года)

Фон интенсификации	Количество удобрений за ротацию севооборота, кг д.в./га	Отвальная вспашка на 20-22 см			Плоскорезная обработка на 10-12 см		
		грибы	споры грибов	прокариоты	грибы	споры грибов	прокариоты
Нулевой	* Н40 т/га	92	6	2	93	5	2
Интенсивный	N100P80K160 +Н40 т/га	89	7	4	88	7	5
Интенсивный минеральный	N350P220K39	93	5	2	91	8	1
Высокоинтенсивный минеральный	N480P280K575	97	2	1	95	3	2
Интенсивный органоминеральный	N310P150K310 +Н60 т/га	88	7	5	72	17	11
Высокоинтенсивный органоминеральный	N430P160K360 +Н80 т/га	86	12	2	82	12	6
Залежь	-	98	1,5	0,5	-	-	-

Примечание: * Н –навоз подстилочный.

агроландшафтов, изучить его видовой состав.

Численность грибных зачатков слабо варьировала по сезону на вариантах опыта. Коэффициент вариации (V,%) был в пределах 8-22 %.

Внесение органических удобрений (навоза) в дозах 40, 60, 80 т/га 1 раз за ротацию севооборота приводило к росту численности микромицетов в 5-6 раз в первые два года последствия – до 200-250 КОЕ/1г почвы. Средние значения численности микрогрибов в зависимости от агротехнической нагрузки на почву представлены на рисунке.

Эффективность действия систем удобрений на численность микромицетов показывает, что максимальный пул формируется на интенсивных и высокоинтенсивных органоминеральных фонах по отвальной вспашке. Высокие дозы минеральных удобрений не увеличили численности микромицетов, напротив, минимальное количество грибных зачатков обнаруживается на высокоинтенсивном минеральном фоне. Близкие показатели зафиксированы и на нулевом фоне. То есть можно предположить, что избыток минерального питания за счет ежегодного применения высоких доз минеральных удобрений на высокоинтенсивном минеральном фоне и его недостаток (нулевой фон) снижают численность микромицетов относительно других вариантов опыта.

Эффект от внесения минеральных удобрений проявился и в значительном изменении показателей родовой структуры комплекса микромицетов. На изучаемых агрофонах доминируют представители рода *Penicillium* и *Mucor*. При этом отмечались изменения в количественном соотношении родов

Fuzarium и *Trichoderma*, характер распространения которых определялся уровнем агрогенной нагрузки. Максимальная частота встречаемости рода *Trichoderma* характерна для интенсивных и высокоинтенсивных органоминеральных фонов, где использовался навоз раз за ротацию севооборота в дозе 60 и 80 т/га на фоне ежегодного внесения минеральных удобрений. Это является позитивным фактором, так как грибы рода *Trichoderma* выделяют антибиотики, поражающие микробов - фитопаразитов и обладают антагонистической активностью к фитопатогенным формам грибов, что поддерживает высокий гомеостатический уровень этих вариантов.

Не обнаружено присутствия триходермы в почве интенсивного и высокоинтенсивного минерального фона. Доминирующая форма микромицетов на

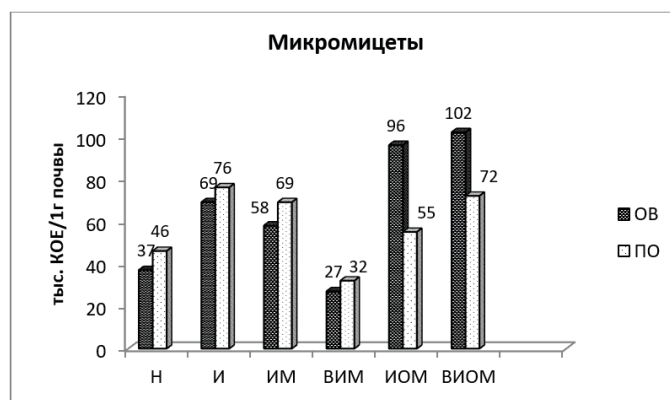


Рис. Влияние агротехнической нагрузки на численность микромицетов в серой лесной почве (среднее 2011-2018 гг.)

этих вариантах – род *Penicillium*. Возросла частота встречаемости на этих вариантах и микрогрибов рода *Fusarium* (до 23 %), имеющего высокий процент фитотоксичных видов.

Появление в составе комплекса микромицетов рода *Fusarium* и переход его в ранг доминантов указывает на то, что антропогенная нагрузка превысила уровень зоны гомеостаза и комплекс микромицетов в почве интенсивного минерального и высокоинтенсивного минерального фона находится в диапазоне стрессовых воздействий. Этот факт подтверждается проявлением микробного токсикоза серой лесной почвы [10].

В отдельные годы не было отмечено изменений в общем количестве грибных зачатков по фонам интенсификации, но перестройка в комплексе микромицетов, тем не менее, наблюдалась. Под влиянием длительной агрогенной нагрузки на интенсивном и высокоинтенсивном минеральном фоне произошли устойчивые изменения в структуре микромицетов, вызывающие проявления микотоксичности [11].

Развитие бактерий и актиномицетов на поздних этапах сукцессии обеспечивается за счет использования отмирающего грибного мицелия.

Актиномицеты – очень своеобразная и особая в экологическом отношении группа почвенных микроорганизмов, хотя в систематическом отношении они в настоящее время занимают довольно скромное положение как ветвь грамположительных бактерий. Мицелиальное строение придает им особые экологические особенности и делает их отличными от прочих прокариот. От грибов их отличает то, что они являются прокариотами с более тонким мицелием (тоньше в 5-10 раз) и относительно низкой скоростью роста. Данные микроорганизмы принимают активное участие в разложении гумуса. Причем актиномицеты, в отличие от множества бактерий и грибов иных видов,

могут доказывать свои гумусолитические свойства даже в условиях низкого содержания углерода в питательной среде [5].

Анализ численности актиномицетов в серой лесной почве характеризует их приуроченность к агрофонам, где в процессе функционирования агротехнологий вносились органические удобрения (табл.2). На органоминеральных фонах их средняя численность находилась в диапазоне 6,2-7,4 млн. КОЕ/1г почвы. Достоверное снижение пула актиномицетов наблюдалось на минеральных фонах, где средние показатели варьировали от 4,8 до 5,4 млн. КОЕ /1г почвы.

Увеличение количества этой эколого - трофической группы на органоминеральных фонах можно рассматривать как положительный тренд, так как эти микроорганизмы являются активными трансформаторами органического материала на последних стадиях его разложения. Но, вместе с тем, это свидетельствует о возможности активной микробиологической трансформации гумусовых веществ на органоминеральных фонах, так как активизация этого процесса может быть обусловлена деятельностью актиномицетного комплекса.

Следует отметить, что используя посев почвенной суспензии на нитритный агар, были обнаружены многочисленные характерные пигментированные (ярко-желтые) колонии грамположительного актиномицета рода *Nocardia*, который является одним из главных участников деструкции гумусовых соединений почвы. Представители рода *Nocardia* обнаружены в почве всех изучаемых агрофонов, что свидетельствует о возможности активной микробиологической трансформации гумусовых веществ в агроландшафтах серой лесной почвы. На залежных и целинных участках частота встречаемости рода *Nocardia* на порядок ниже, чем в агрогенной почве,

а средняя численность актиномицетов составила 1,6 млн. КОЕ/1г почвы, что косвенно указывает на низкую активность микробиологической деструкции гумусовых компонентов в этих почвах.

Выводы. Таким образом, анализ микромицетных и актиномицетных сообществ серой лесной почвы выявил некоторые закономерности распространения этих групп микроорганизмов. Максимальный пул мицелиальных микроорганизмов формируется на интенсивных и высокоинтенсивных органоминеральных фонах. Увеличение их численности на органоминеральных фонах является подтверждением и объяснением

2. Численность актиномицетов в агрофонах серой лесной почвы, млн. КОЕ/1г почвы

Фон интенсификации	Отвальная вспашка		Плоскорезная обработка	
	XS ± S(X)	V,%	XS ± S(X)	V,%
Нулевой	7,4± 1,7	22,3	2,7±0,5	17,7
Интенсивный	7,0±0,7	9,4	3,2±1,3	41,2
Интенсивный минеральный	5,4± 1,7	31,5	5,0±2,3	46,2
Высокоинтенсивный минеральный	4,8±2,2	45,7	4,8±3,3	68,1
Интенсивный органоминеральный	6,2± 3,0	47,4	7,2±4,2	58,4
Высокоинтенсивный органоминеральный	7,3± 0,3	2,7	7,9±3,6	41,0
НСР ₀₅ , млн.. КОЕ/1г	0,77	-	0,98	-
Залежь	1,6±0,7	44,3	-	-

высокой мобилизационной способности почвы при применении органических удобрений. Отрицательное действие многолетнего внесения высоких доз минеральных удобрений выражается не только в уменьшении численности грибных зачатков, но и снижении устойчивости микробной системы, доминированию родов микромицетов, имеющих

большое количество фитотоксичных видов.

Изучение комплексов почвенных мицелиальных микроорганизмов является информативным параметром биомониторинга сельскохозяйственного использования почв.

Литература.

1. Щербатов А.П., Васенев И.И. Агроэкологическое состояние черноземов. Курск, 1996. 326 с.
2. Зинченко М.К., Зинченко С.И., Федулова И.Д. Микробиологические исследования микромицетов в агроландшафтах серой лесной почвы: материалы междунауч. – практ. конф. (30 января 2017, Стерлитамак). Стерлитамак: АМИ, 2017. С.249-254.
3. Почвенные актиномицеты в агроэкосистемах Владимирского ополья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. междунауч. – практ. конференции (Курск, 20 апреля 2018г.). Курск: Изд-во ВНИИЗ и ЗПЭ. С. 164-168.
4. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 254 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 301 с.
6. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г. Трансформация микробиологических свойств агроценозов серой лесной почвы Владимирского ополья // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса в Верхневолжье: сб. докл. Всерос. науч.- практ. конф. (28-30 июня 2011, г. Суздаль) / ГНУ Владимирский НИИСХ. Суздаль, 2011. С.154-161.
7. Свешникова А.А., Полянская Л.М., Лукин С.М. Влияние окультуривания и мезорельефа на структуру микробной биомассы дерново-подзолистой и серой лесной почвы // Микробиология. 2001. Т.70. №4. С. 558-566.
8. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М., 1976. 206 с.
9. Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. 2005. №6. С. 706-714.
10. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г. Влияние уровня антропогенной нагрузки на токсичность серой лесной почвы // Владимирский земледелец. 2010. №4. С. 26-27.
11. Зинченко М.К., Селицкая О.В. Биологическая токсичность серой лесной почвы в зависимости от систем и уровня применения удобрений // Агрохимический вестник. 2011. №5. С. 38-40.

COMPLEX OF MICROMYCETES AND ACTINOMYCETES IN AGRO-ENVIRONMENTAL MONITORING OF GREY FOREST SOIL OF AGROLANDSCAPES

M.K. Zinchenko, I.D. Fedulova, V.V. Sharkevich

Federal State Budget Scientific Institution "Upper Volga Federal Agrarian Research Center" ul. Tsentralnaya 3, poselok Noviy, Suzdalskiy rayon, Vladimir Oblast, 601260, Russian Federation

Abstract. As an index of agroecological biomonitoring, the possibility to determine the number of micromycetes was presented. It was researched the micromycetes and actinomycete complex of gray forest soil based on mineral and organomineral background various concentration in the third and fourth rotation of a 6 field crop rotation. Two ways of the main tillage were used: moldboard plowing 20-22 cm to the deep and flat resource-saving plowing 10-12 cm to the deep. Long-standing implementation of various doses of organomineral fertilizers led to change in the size of micromycetes and actinomycetes in gray forest soil of Upper Volga. Biomass of microfungi reduced on intensive and highly-intensive options of fertilizers implementation up to 85 % of general bacterial flora. The number of micromycetes and actinomycetes, which was determined by solid medium inoculation showed its relation to options where 60 and 80 t/ hectare of black liquid was implemented alongside annual use of mineral fertilizers. Apply of organic fertilizers promoted an increase of micromycetes number in 5-6 times in the first two years. A negative impact of a long-standing fertilizers implementation led to reducing in fungi sprouts (to 30 th. CFU/1g of soil), less stable microbial system, and domination of micromycetes which had more phytotoxic varieties. Significant decrease in actinomycete pool was observed in options with organomineral fertilizers where an average index was 4,8 - 5,4 Mln. CFU/1g of soil. A complex of mycelial microorganisms is an informative marker of biomonitoring of gray forest soil of agrolandscapes.

Keywords: micromycetes, actinomycete, gray forest soil, background intensification, biomonitoring, agroecosystems.

Author details: M.K. Zinchenko, Candidate of Sciences (biology), leading research fellow (e-mail: popel62@yandex.ru), I.D. Fedulova, junior research fellow, V.V. Sharkevich, research fellow.

For citation: Zinchenko M.K., Fedulova I.D., Sharkevich V.V. Complex of micromycetes and actinomycetes in agro-environmental monitoring of grey forest soil of agrolandscapes // Vladimir agricolist. 2019. №3. P. 15-19. DOI:10.24411/2225-2584-2019-10073.