

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ И ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ СВЕКЛОВИЧНЫХ СЕВООБОРОТОВ

Н.В. Безлер, Д.И. Щеглов, Е.В. Куликова, Е.А. Дворянкин

*ВНИИСС (ВНИИ сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова)
Воронежский государственный университет*

Изучен состав микробного сообщества чернозема выщелоченного и фитотоксичность почвы в зависимости от чередования сельскохозяйственных культур и степени насыщенности севооборота сахарной свеклой. Увеличение в структуре севооборота числа полей сахарной свеклы ведет к перегруппировке микробного комплекса и ухудшению биологических свойств почвы. При 30%-ном насыщении активизируются процессы минерализации органического вещества, увеличивается численность микромицетов и актиномицетов, начинает проявляться фитотоксичность почвы. При 40%-ном насыщении севооборота сахарной свеклой достоверно увеличивается фитотоксичность почвы как по отношению к тест-культуре – кресс-салату, так и основной культуре – сахарной свекле.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время становится очевидным, что характер и интенсивность антропогенной нагрузки влияют на большинство показателей свойств почв, как биологических, так и физико-химических и физических. Важнейшей характеристикой почвы является микробное сообщество (МСО), сложившееся в процессе ее использования. Если в нетронутых хозяйственной деятельностью почвах микроорганизмы и, прежде всего, значительная по биомассе грибная мицелиальная сеть успешно справляется со своей задачей транспорта и ассимиляции ресурсов, то иная картина наблюдается в почвах сельскохозяйственных угодий [27]. Существенные изменения в составе и численности почвенной микрофлоры агроценозов часто являются важным симптомом нарушений естественных процессов поддержания плодородия почв.

Влияние растений на почвенную среду прежде всего выражается в изменении поступления органических остатков по количеству и качественному составу, что проявляется в изменении интенсивности и направленности биологических процессов, определяемых деятельностью почвенной биоты [10]. Под влиянием сельскохозяйственной культуры в почве формируются микробные сообщества с определенным набором микроорганизмов на уровне родов и видов. Перегруппировка в микробном сообществе почвы происходит как под

влиянием смены сельскохозяйственных культур, так и способов их возделывания [13].

На современном этапе развития земледелия требуется разработка и внедрение специализированных севооборотов, позволяющих насыщать их более выгодными для экономики данного хозяйства культурами. В свою очередь, это приводит к частому возврату культур на одно и то же поле, что, в соответствии со спецификой культивируемых растений, вызывает перестройку экологической обстановки и отражается на структуре и биологической активности МСО почвы [3, 6, 12].

Правильно составленные и научно обоснованные севообороты позволяют регулировать микробиологические процессы, которые являются основой питательного режима почв. Однако количество и качество растительных остатков, попадающих в почву после уборки различных сельскохозяйственных культур, неодинаково и они имеют разную питательную ценность для микроорганизмов. Особенно трудно разлагаются и плохо используются микрофлорой пожнивные остатки зерновых культур, которые отличаются широким отношением С : N и содержат до 60% трудногидролизуемой фракции углеродсодержащих веществ. Накопление этих остатков в почве при насыщении севооборотов зерновыми культурами нарушает сложившееся в ней экологическое равновесие. Происходит снижение биологической активности почвы, замедляются процессы деструкции органического вещества, появляются патогенные организмы, изменяется состав микробных комплексов в сторону преобладания олиготрофных микроорганизмов

и видов со слабой ферментативной активностью. В результате таких изменений возникает «микробиологическое почвоутомление», и снижается продуктивность культур [5, 13].

В «утомленной» почве перегруппировка в составе микробных сообществ происходит в направлении увеличения доли грибной микрофлоры, актиномицетов, уменьшения количества бактерий и повышения содержания фитопатогенов [13]. Фитотоксичные формы имеются у всех основных групп почвенных микроорганизмов, но основное их количество обнаружено среди микроскопических грибов. Значительное количество фитотоксичных видов найдено среди бактерий рода *Pseudomonas*, *Bacillus*, грибов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* [2, 13]. Повышение токсичности почвы наблюдается при монокультурном возделывании зерновых колосовых и сахарной свеклы, а также при чередовании однородных по биологии культур [21]. Это подтверждается многими исследованиями у нас в стране и за рубежом [2, 13, 21, 25, 26, 28].

Таким образом, при разработке севооборотов, особенно с высоким насыщением одной культу-

рой или культурами, сходными по биологии, оценка потенциальной возможности проявления признаков почвоутомления становится важной практической задачей [13].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время изучение влияния степени насыщенности полей сахарной свеклой на микробиологические и фитотоксические свойства черноземов актуально и практически значимо. Исследования проводились в условиях десятипольного зерно-свекловичного севооборота на черноземах выщелоченных в стационарном опыте, заложенном в 1968 году во ВНИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова. Целью стационара является изучение влияния чередования культур и степени насыщенности севооборота сахарной свеклой, а также различных доз органических и минеральных удобрений, на плодородие почвы и продуктивность севооборотов.

На опытном участке перед началом эксперимента на поле, занятом озимой пшеницей, был заложен почвенный разрез и отобраны образцы по-

Таблица 1

Схема опыта

№ п/п	Степень насыщения севооборота сахарной свеклой, %	Виды и нормы удобрений	Чередование культур
1	20	Навоз - 8 т/га N ₃₆ P ₄₆ K ₃₇	Черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень и многолетние травы – многолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – озимая пшеница – кукуруза на силос
2	30	Навоз - 16 т/га N ₃₉ P ₅₄ K ₄₀	Черный пар - озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень и многолетние травы – многолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла - горох – озимая пшеница - сахарная свекла
3	20	Навоз - 16 т/га N ₅₁ P ₆₂ K ₅₈	Однолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень и многолетние травы – многолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – озимая пшеница – кукуруза на силос
4	30	Навоз - 8 т/га N ₃₆ P ₄₆ K ₃₇	Однолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – озимая пшеница – сахарная свекла
5	30	Навоз - 8 т/га N ₃₆ P ₄₆ K ₃₇	Однолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – горох – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – озимая пшеница – сахарная свекла
6	40	Навоз - 16 т/га N ₃₆ P ₄₆ K ₃₇	Однолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – сахарная свекла - кукуруза на силос – озимая пшеница – сахарная свекла – горох – озимая пшеница – сахарная свекла

чвы по генетическим горизонтам для агрохимической характеристики.

Морфологические параметры профиля почвы дали основание считать, что участок расположен на черноземе выщелоченном среднегумусном среднетяжелосуглинистом. Основные агрохимические характеристики почвы опытного поля на глубине 0-20см: рН водный – 6.30, гумус – 5.6%, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ – 34.2, гидролитическая кислотность – 2.7, емкость поглощения – 38.9 мг-экв/100г почвы, степень насыщенности основаниями – 92.7%, содержание подвижных форм фосфора и калия (в форме K_2O и P_2O_5) 8.0 и 7.9 мг/100г почвы соответственно; на глубине 20-40см: рН водный – 6.36, гумус – 5.8%, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ – 33.0, гидролитическая кислотность – 2.6, емкость поглощения – 39.6 мг-экв/100г почвы, степень насыщенности основаниями – 92.7%, содержание подвижных форм фосфора и калия – 7.6 и 6.9 мг/100г почвы соответственно.

Токсичность почвы определяли по почвенным вытяжкам. Для получения их навески почвы по 1000г заливали водой в отношении 1:1. Почву тщательно перемешивали на ротаторе в течение 1,5 часов, затем фильтровали через бумажный фильтр. Полученную водную вытяжку использовали для замачивания семян, испытания на проростки и микробные тесты. Контрольные семена тех же растений замачивали в водопроводной или дистиллированной воде. Далее использовали метод проращивания семян в рулонах [9, 15].

Сложившиеся представления о составляющих микробного сообщества разных типов почв позволяют использовать микробиологический анализ численности эколого-трофических групп для выявления интенсивности почвенных процессов в условиях разного рода антропогенных воздействий. Для характеристики типа почвы и ее состояния важна не только численность разных групп микроорганизмов, но и анализ их соотношения [17, 22].

Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов оценивали методом высева почвенной суспензии различной степени разведения на селективные питательные среды [15].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Почвенным микроорганизмам присуща доминирующая роль в процессах трансформации растительных остатков в почве: минерализации, гумификации и консервации не полностью разложившихся их составляющих. Важна роль микрофлоры и в минерализации гумусовых веществ. Эти процессы обеспечивают естественное плодородие почв.

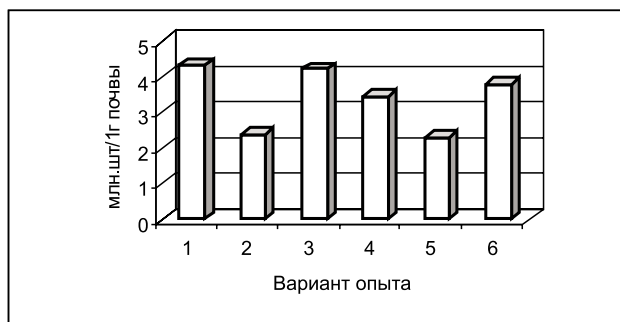


Рис. 1. Влияние структуры севооборота на развитие аммонифицирующих микроорганизмов в почве

Известно, что разложение органических азотсодержащих соединений почвы осуществляется, главным образом, аммонифицирующими бактериями, которые с помощью выделяемых в почву ферментов переводят азот органических остатков в доступную форму. Аммонификаторы разлагают органические соединения, содержащие азот, до продуктов полураспада и, в последствии, до полной минерализации с выделением аммиака. По мере высвобождения аммиака нитрификаторы трансформируют его в нитратную форму, поставляя в почвенный раствор доступный растениям азот, и ликвидируют избыток аммиака, который при определенной концентрации становится токсичным для живых организмов [1].

Полученные нами данные показали, что наибольшая численность аммонификаторов отмечалась в севооборотах с 20%-ной насыщенностью сахарной свеклой, а наименьшая – с 30%-ной (рис.1).

Другая группа микроорганизмов участвует в процессах иммобилизации минерального азота. От степени иммобилизации азота зависит содержание его легкодоступной формы в почве.

Так, численность микроорганизмов использующих минеральные формы азота была наименьшей в почве при 20%-ном насыщении сахарной свеклой на фоне повышенных доз минеральных удобрений. При 40 и 30%-ном насыщении севооборота сахарной свеклой с добавлением 20% бобовых численность данной группы в почве повышалась в среднем в 1.8 раза. Это свидетельствует об ускорении процессов минерализации свежего органического вещества.

Соотношение численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, и аммонификаторов свидетельствует об интенсивности процессов минерализации растительных остатков и трактуется как коэффициент минерализации [6]. Результаты расчетов показывают, что самый

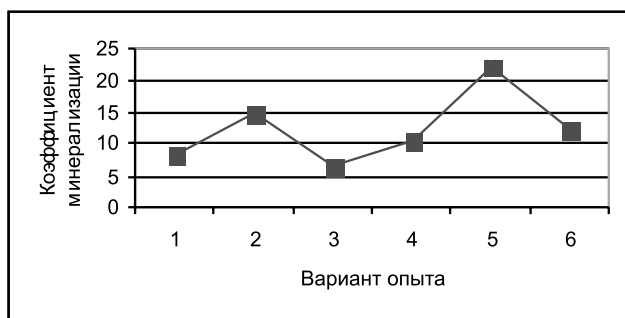


Рис. 2. Влияние структуры севооборота на коэффициент минерализации



Рис. 4. Влияние структуры свекловичного севооборота на численность автохтонной микрофлоры



Рис. 3. Влияние структуры свекловичного севооборота на численность зимогенной микрофлоры в почве

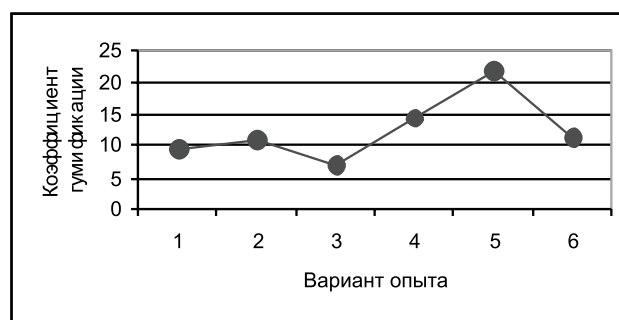


Рис. 5. Влияние структуры свекловичного севооборота на коэффициент гумификации

высокий коэффициент минерализации отмечался в севообороте с 30%-ным насыщением сахарной свеклой с добавлением 20% бобовых. При 20%-ном насыщении этот коэффициент уменьшается приблизительно в 2.6-3.6 раза. Причем наименьшее его значение наблюдается на фоне повышенных доз минеральных удобрений (рис.2).

С процессами минерализации растительных остатков связаны процессы синтеза гумуса, поскольку структурные фрагменты, являющиеся продуктами полураспада сложных полимерных соединений, таких как целлюлоза, лигнин, включаются в его синтез. Поэтому соотношение процессов синтеза и распада определяет количественный и качественный состав гумуса, а следовательно, и потенциальное плодородие почвы.

Зимогенная микрофлора выполняет функцию поставщика материалов и ферментов для синтеза молекулы гумуса. Увеличение данной группы микроорганизмов в почве наблюдалось при 40%-ном насыщении севооборота сахарной свеклой и в севообороте с 20% бобовых при 30%-ном насыщении. Наименьшая численность зимогенной микрофлоры отмечена при 20%-ном насыщении севооборота на фоне повышенных доз минеральных удобрений (рис.3).

Противоположный процесс – деструкцию гумуса – вызывает автохтонная микрофлора, которая

может использовать гумусовые вещества в качестве единственного источника питания или наряду с другими [4, 23]. Считается, что при нормальном питательном режиме эта группа не доминирует в почве. Результаты анализов показали, что численность автохтонной микрофлоры была в 1,7 раза ниже в почвах севооборотов с 30%-ным насыщением сахарной свеклой по сравнению с 20 и 40%-ным насыщением (рис.4). Это связано с увеличением числа механических обработок и снижением поступления свежих органических остатков, а также с нормой органических удобрений (табл. 1).

Соотношение численности зимогенной и автохтонной микрофлоры рассматривается как условный коэффициент гумификации и может косвенно свидетельствовать о направленности этого процесса в почве. Чем выше этот показатель, тем активнее идет синтез гумуса. Исходя из наших данных, этот процесс интенсивнее идет в севооборотах с 40 и 30%-ным насыщением сахарной свеклой. Причем наибольшая его величина отмечалась при наличии в севообороте двух полей бобовых (гороха). Самый низкий коэффициент гумификации в почве (6.9) зафиксирован при 20%-ном насыщении севооборота на фоне повышенных доз минеральных удобрений и двойной нормы органических (навоза), что говорит о стаби-

лизации содержания гумуса в почве на уровне 5.4 – 5.8 % (рис. 5).

Важную роль в трансформации органического вещества в почве играют микроорганизмы, разлагающие сложные полимерные соединения. К такому относятся микроскопические грибы, актиномицеты, целлюлозоразлагающие организмы. Они являются деструкторами мертвого органического вещества и агентами процесса гумусообразования.

Активное участие в биологической трансформации различных органических веществ в почве принимают микроскопические грибы, входящие в гетеротрофный блок биогеоценозов. С одной стороны, их численность зависит от наличия соответствующего субстрата в почве, а с другой – от создания условий способствующих их развитию. В комплексе микромицетов выщелоченного чернозема доминируют медленно растущие виды грибов с высокоактивным ферментативным аппаратом [11].

В то же время патогенные формы микромицетов являются главными токсинообразователями в почве. Накопление патогенных видов микромицетов в эксплуатируемых человеком агроэкосистемах отмечено во многих работах [7, 16, 19, 24]. Содержание грибов-токсинообразователей в почве возрастает в условиях антропогенного воздействия: при внесении высоких доз минеральных удобрений, при загрязнении пестицидами, тяжелыми металлами, в случаях бессменного возделывания сельскохозяйственных растений [2, 13, 18].

Численность микроскопических грибов определялась степенью насыщенности севооборота сахарной свеклой и дозой удобрений. Так, в варианте с 20%-ным насыщением севооборота сахарной свеклой на фоне повышенных доз NPK, а также с 40%-ным насыщением – количество грибов в почве было максимальным. Замечено, что в севооборотах с одинаковым насыщением данной культу-

рой численность грибов ниже в тех вариантах, где имеют место поля, занятые черным паром. По данным В.Т. Лобкова (1994) установлено, что в «утомленной» почве наблюдается перегруппировка в составе микробных комплексов почвы в направлении увеличения доли грибной микрофлоры и актиномицетов и тенденция к уменьшению количества бактерий [13]. В исследованиях Н.В. Стороженко (1986) имеются данные о том, что сахарная свекла, возделываемая бессменно приводит к заметному увеличению в составе микробоценоза микроскопических грибов, денитрификаторов [20].

В последнее время особое внимание уделяется экологии почвенных грибов, среди которых род *Fusarium* является наиболее опасным фитопатогенным токсинообразователем. В варианте с 20%-ным насыщением сахарной свеклой при 3-ей степени разведения данный род грибов не обнаружен. Это означает, что его численность была ниже 1000 шт. в 1г абсолютно сухой почвы. При 30%-ном насыщении основной технической культурой самая высокая плотность рода *Fusarium* наблюдалась в севообороте с двумя полями гороха, полем кукурузы и отсутствием парующей почвы. При 40%-ном насыщении численность токсинообразователей была ниже в 2 раза относительно почвы севооборота с 30%-ной насыщенностью сахарной свеклой и одинарной дозой навоза, что объясняется внесением двойной дозы навоза (16 т/га пашни).

Высокой численности микроскопические грибы достигли в севооборотах, в состав которых входила кукуруза, которая дает больше трудногидролизуемых остатков. Минеральные удобрения способствуют повышению численности микромицетов и снижают относительную численность актиномицетов, что наблюдается в севообороте с 20%-ным насыщением сахарной свеклой на фоне повышенных доз минеральных удобрений (табл. 2).

Таблица 2

Влияние степени насыщенности севооборота сахарной свеклой на численность микроорганизмов, разлагающих сложные полимерные соединения (в 1г абсолютно сухой почвы)

№ п/п	Микромицеты, тыс.шт.		Актиномицеты, млн.шт.	Целлюлозоразлагающие, млн.шт.
		В том числе род <i>Fusarium</i>		
1	93.60	0.01	2.19	1.87
2	107.16	3.53	3.95	1.41
3	166.38	7.76	2.96	1.55
4	133.44	7.65	3.34	0.56
5	137.02	20.61	4.64	0.87
6	141.00	9.87	5.65	0.99

Актиномицеты – спорообразующие мицелиальные бактерии, способные к образованию широкого спектра биологически активных веществ – являются постоянным компонентом почвенных и ризосферных микробных сообществ. Функциональная роль актиномицетов в микробной системе почвы связана с обеспечением растений элементами минерального питания и пополнением пула гидролитических ферментов [8].

Актиномицеты способны разлагать разнообразные углеродсодержащие соединения, стимулируя процесс аммонификации. Некоторые из них могут разрушать клетчатку. По имеющимся данным, практически все они относятся к зимогенным микроорганизмам. Полученные нами результаты свидетельствуют, что самая высокая численность актиномицетов была отмечена в варианте с 40%-ным насыщением севооборота сахарной свеклой, а также с 30%-ным и наличием в севообороте поля кукурузы и двух полей гороха. Так как здесь сокращается поступление свежих органических остатков и в почве накапливаются сложные полимерные соединения, разложение которых идет медленно. Наименьшая их плотность наблюдалась при 20%-ном насыщении севооборота технической культурой. Тенденции к почвоутомлению прослеживаются в вариантах с 30 и 40%-ной насыщенностью сахарной свеклой, о чем свидетельствует возрастание численности актиномицетов (табл. 2), что согласуется с данными В.Т. Лобкова (1994).

Одним из показателей биологической активности почвы служит ее целлюлозоразлагающая способность, свидетельствующая о темпах превращения растительных остатков в почве. Известно, что численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в условиях бесменного возделывания культур снижается. Это особенно заметно под

культурами, требующими строгого чередования: озимой пшеницей, сахарной свеклой [14]. Результаты наших исследований подтверждают эти данные. Самая высокая плотность целлюлозоразрушающих организмов отмечена при минимальной насыщенности севооборотов сахарной свеклой (20%-ной). При 30 и 40%-ных концентрациях основной технической культуры численность данной группы микроорганизмов заметно снижается (табл. 2). Это свидетельствует о малом поступлении в почву целлюлозы в этих севооборотах.

В последнее время для определения почвенного фитотоксикоза широко используют различные тест-культуры. Мы применили метод водных вытяжек [15] и метод проращивания семян в рулонах [9]. В качестве контроля использовали вариант с дистиллированной водой. Использовались семена сахарной свеклы сорта Рамонская односемянная 47 (Р одн. 47) и гибрида РМС-60. Кроме того, изучали реакцию кресс-салата, как наиболее устойчивой к изменению различных факторов окружающей среды культуры, на фитотоксичность почвенных вытяжек.

Использование семян кресс-салата как универсальной тест-культуры показало, что благоприятные условия для роста корней и проростков наблюдались в вариантах с 20 и 30%-ным насыщением севооборота сахарной свеклой. Максимальное ингибирование роста корней кресс-салата отмечено при 40%-ном насыщении. Их длина была на 25.6% меньше по сравнению с контролем. В то же время длина проростков существенно не изменялась (табл. 3). То есть, этот показатель менее чувствителен к изменению токсичности почвы.

В варианте с семенами сахарной свеклы сорта Р одн. 47 наилучшие условия для роста корней и проростков складывались в опыте с 20%-ным на-

Таблица 3

Чувствительность изучаемых тест-культур к токсичности почвы (% к абсолютному контролю)

Вариант опыта*	Длина корней			Длина проростков		
	Сахарная свекла		Кресс-салат	Сахарная свекла		Кресс-салат
	Р одн. 47	РМС 60		Р одн. 47	РМС 60	
Абсолютный контроль	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	113.7	129.2	112.9	108.0	129.2	111.9
2	113.6	141.2	130.1	108.1	114.2	119.6
3	116.7	134.0	99.1	110.5	115.5	96.8
4	102.0	125.7	84.0	110.7	117.3	97.6
5	112.3	135.3	97.2	107.0	108.9	97.7
6	87.8	87.4	75.0	100.2	99.1	74.4

* Содержание вариантов см. в схеме опыта

сыщением севооборота сахарной свеклой в сочетании с повышенными дозами минеральных удобрений. По сравнению с контролем длина корней тестируемого сорта была больше на 16.7%, а длина проростков – на 10.5%. В вариантах с 30%-ным насыщением севооборота сахарной свеклой при использовании повышенных доз минеральных удобрений ухудшение роста корней и проростков тест-культуры не наблюдалось. В случае 40%-ного насыщения севооборота отмечено резкое снижение роста корней (на 12.2%).

Исследование условий прорастания гибрида сахарной свеклы РМС – 60 показало, что при повышенных дозах минеральных удобрений, 20 и 30%-ное насыщение севооборота сахарной свеклой создает оптимальные условия для его роста и развития. При 40%-ном насыщении на фоне повышенных доз минеральных удобрений отмечается заметное торможение роста корней гибрида, однако на длине проростков данный фактор почти не отражается (табл. 3).

Сравнивая сорт Р односемянная 47 и гибрид РМС – 60, необходимо отметить, что сорт заметнее реагирует на степень насыщенности севооборота культурой. Но у обоих объектов более чувствительным индикатором фитотоксичности являются корни, а не проростки.

В целом, все использованные в нашем опыте тест-культуры были чувствительны к токсичности, о чем свидетельствует длина корней. Длина проростков, в зависимости от степени фитотоксичности почвы, существенно изменялась только у кресс-салата (табл. 3).

Таким образом, кресс-салат является более чувствительной тест-культурой, чем сахарная свекла, и он может быть использован в практике для определения фитотоксичности почв при возделывании сахарной свеклы. Причем он показывает нарастание токсичности почвы тогда, как основная культура – сахарная свекла, ее не диагностирует.

О нарастании токсичности почвы по мере насыщения севооборота сахарной свеклой свидетельствует, как отмечалось выше, и состав микробного сообщества.

ВЫВОДЫ

1. 30%-ное насыщение севооборота сахарной свеклой способствует активизации процессов минерализации и синтеза органического вещества, о чем свидетельствуют полученные коэффициенты минерализации и гумификации. Наиболее низкие их значения отмечены в вариантах с 20%-ным насыщением.

2. В севооборотах с полями кукурузы в почву поступает достаточное количество трудногидролизуемых остатков. При этом численность микромицетов, обладающих высокой полифункциональностью, резко возрастает. Среди микроскопических грибов наиболее опасный токсинообразователь – род *Fusarium*, его плотность повышается в варианте с 30% и 40%-ной насыщенностью сахарной свеклой на фоне удобрений. В то же время, при 20%-ном насыщении сахарной свеклой без повышенных доз НРК данный таксон не обнаружен.

3. Изучение фитотоксических свойств почвы в результате насыщения севооборота сахарной свеклой показало, что при 40%-ном насыщении севооборота основной культурой наметилась тенденция ингибирования роста корней тест-объектов. При систематическом насыщении севооборота сахарной свеклой может быть нарушено экологическое равновесие даже высокобуферных почв – черноземов, что приведет к ухудшению их фитосанитарного состояния.

4. Подбирать культуры и формировать севообороты на черноземе выщелоченном надо с учетом направленности микробиологических процессов. Необходимо чередовать культуры, обеспечивающие развитие микроорганизмов, принимающих участие в процессах гумификации, с культурами, корневые экссудаты и остатки которых стимулируют развитие микроорганизмов, принимающих участие в минерализационных процессах. Это позволит оптимизировать биологическую активность черноземов используемых в сельскохозяйственном производстве и поможет сохранить их плодородие.

Работа проведена при частичной поддержке гранта РФФИ № 03-04-48409.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабьева И.П.* Биология почв / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова, Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1989. – 335с.
2. *Берестецкий О.А.* Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль / О.А. Берестецкий // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л., 1978. 248с.
3. *Бойко Т.Ф.* Микрофлора выщелоченного чернозема при бессменном выращивании культур и в севообороте / Т.Ф. Бойко, Р.К. Андерсен, М.Б. Амиров // Микроорганизмы, их роль в плодородии почвы и охране окружающей среды. М.: Изд-во ТСХА, 1985. – С. 94-98.
4. *Виноградский С.Н.* Микробиология почвы / С.Н. Виноградский. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 792с.

5. Возняковская Ю.М. Микробиологические основы экологической системы земледелия / Ю.М. Возняковская // Агрохимия. – 1995. – № 5. – С. 115-125.
6. Возняковская Ю.М. Регулирование почвенно-микробиологических процессов в севооборотах интенсивного типа как одно из условий повышения эффективности земледелия / Ю.М. Возняковская // Тр. ВНИИСХ микробиологии. – Л., 1988. – Т. 58. – С. 21-29.
7. Гузев В.С. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов / В.С. Гузев, С.В. Левин // Перспективы развития почвенной биологии. – М.: МАКС пресс, 2001. – С.178-219.
8. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256с.
9. Казаков Е.Ф. Методы оценки качества зерна / Е.Ф. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215с.
10. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения / Н.А. Красильников. – М.: Изд-во АН СССР, – 1958. – 352с.
11. Кураков А.В. Минеральные удобрения как фактор воздействия на микробную систему почв: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Кураков. – М., 1983. – 35с.
12. Кутовая Н.Я. Влияние возделывания культур в севообороте и бессменно на микробиологические процессы в обыкновенном черноземе / Н.Я. Кутовая, В.В. Черенков // Почвоведение. – 1994. – №8. – С. 58-63.
13. Лобков В.Т. Почвоутомление при выращивании полевых культур / В.Т. Лобков. – М.: Колос, – 1994. – 112с.
14. Лобков В.Т. Биоразнообразие в агроэкосистемах как фактор оптимизации биологической активности почвы / В.Т. Лобков // Почвоведение. – 1999. – №6. – С.732-737.
15. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М., 1991. – 303с.
16. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. – М.: МГУ, – 1988.- 220с.
17. Мишустин Е.Н. Микробиология. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. – М.: Колос, – 1987. – 325с.
18. Свистова И.Д. Сукцессия микромицетов в выщелоченном черноземе при чередовании агрофитоценозов / И.Д. Свистова, Е.Н. Бабьева // Микология и фитопатология. – 1990. – Т.24. – № 6. – С.529-535.
19. Свистова И.Д. Токсины микромицетов чернозема: спектр антибиотического действия и роль в формировании микробного сообщества / И.Д. Свистова, А.П. Щербаков, Л.О. Фролова // Почвоведение. – 2004. – № 10. – С.1220-1227.
20. Стороженко Н.В. Характеристика микробных ценозов выщелоченного чернозема на 13-й год возделывания культур бессменно и в севообороте / Н.В. Стороженко // Регулирование биологических процессов и плодородия черноземов при различных чередованиях культур. – Воронеж, – 1986. – С. 47-55.
21. Трунова В.А. Некоторые итоги изучения влияния культур и способов их возделывания на токсичность почвы / В.А. Трунова, В.Т. Лобков // Регулирование биологических процессов и плодородия черноземов при различных чередованиях культур. – Воронеж, – 1986. – С. 65-75.
22. Чернов И.Ю. Микробное разнообразие: новые возможности старого метода / И.Ю. Чернов // Микробиология. – 1997. – Т.66. – № 1. – С. 107-113.
23. Шлегель Г. Общая микробиология / Г. Шлегель: Пер. с нем. – М.: Мир, 1987. – 567с.
24. Щербаков А.П. Агроэкологический биомониторинг: Влияние удобрений на структуру комплекса микромицетов чернозема / А.П. Щербаков, И.Д. Свистова, Н.В. Малыгина // Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология. 2002. № 2. С.168-171.
25. Carlile W.R. Control of crop diseases / W.R. Carlile. – Cambridge, 1995. – 145p.
26. Jacobsen B.J. Comparison of antagonistic bacteria and fungicides for control of rhizoctonia crown and rot on sugar beet / B.J. Jacobsen, S. Kiewnick, J.W. Bergman // Sugarbeet Research and Extension Reports. – Vol. 27. – Drayton, 1996. – 346p.
27. Rayner A. Life in collective: lessons from the fungi / A. Rayner // New Scientist. – 1988. – Vol. 19. – P. 49-53.
28. Scheffer R.P. The Nature of disease in plants / R.P. Scheffer. – Cambridge, 1997. – 325p.