

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ И УДОБРЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДородия ПОЧВЫ

Многообразные биохимические процессы, происходящие в почве, можно описать комплексным понятием «биологическая активность». Для характеристики биологической активности почвы используют целый ряд показателей: процентное содержание гумуса, ферментативную активность, целлюлозоразлагающую способность, интенсивность дыхания почвы, видовой состав микрофлоры и т.д. Все вышеперечисленные показатели являются индикаторами изменения условий среды, т.к. быстро трансформируются под действием внешних факторов.

Существенное влияние на биологическую активность почвы оказывает механическая обработка. По данным ряда исследователей отвальная обработка почвы нарушает ход естественных биологических процессов и приводит к усилению процессов минерализации растительных остатков [1]. Применение почвозащитных систем обработки увеличивает микробиомассу почвы, активность ферментов и усиливает денитрификацию [2, 3]. Однако при проведении ресурсосберегающих систем обработки может проявляться фитотоксический эффект.

В последнее время в качестве эффективного органического удобрения используется солома зерновых культур. Соломенное удобрение стимулирует развитие микрофлоры почвы, т.к. представляет собой легкодоступный источник углерода, необходимый для развития микроорганизмов. Кроме того, при разложении соломы образуется большое количество молодого активного гумуса [4]. Однако от прямого действия соломы урожайность полевых культур часто снижается, что объясняется ухудшением условий питания в результате иммобилизации доступных форм азота и образования токсических продуктов при её разложении [5].

Б.А. Смирновым была разработана система ресурсосберегающей почвозащитной обработки, условно названная

«поверхностно-отвальной», её эффективность была установлена на дерново-подзолистых почвах нормального увлажнения при применении минеральных удобрений [6].

В задачи исследований входило изучение влияния данной поверхностно-отвальной обработки при использовании соломы в качестве органического удобрения на биологические показатели плодородия дерново-среднеподзолистой глееватой почвы.

Методика исследований

Экспериментальная работа проводилась в 2005-2007 гг. в полевом многолетнем стационарном трехфакторном опыте, заложенном в 1995 г. на опытном поле ФГОУ ВПО ЯГСХА методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта четырехкратная.

Схема полевого стационарного трехфакторного (4x6x2) опыта.

Фактор А. Система основной обработки почвы, «О». 1 – отвальная: вспашка на 20-22 см с предварительным дискованием или лущением на 8-10 см, ежегодно, «О₁». 2 – поверхностная с рыхлением: рыхление на 20-22 см с предварительным лущением на 8-10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на 6-8 см в остальные 3 года, «О₂». 3 – поверхностно-отвальная: вспашка на 20-22 см с предварительным дискованием или лущением на 8-10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на 6-8 см в остальные 3 года, «О₃». 4 – поверхностная обработка: однократное дисковое лущение на 6-8 см ежегодно (вспашка была проведена при закладке опыта в 1995 г.), «О₄».

В год закладки опыта (1995) проводилась вспашка плугом ПЛН 3-35 на 20-22 см с предварительным дискованием пласта БДТ-3 на глубину 8-10 см на всех вариантах опыта.

Фактор В. Система удобрений, «У». 1 – без удобрений, «У₁». 2 – N₃₀, «У₂». 3 – солома 3 т/га, «У₃». 4 – солома 3 т/га + N₃₀ (азотное удобрение в расчете 10 кг д.в. на 1 т соломы), «У₄». 5 – солома 3 т/га + NPK (доза минеральных удобрений, рассчитанная на прибавку урожая), «У₅». 6 – NPK (доза минеральных удобрений, рассчитанная на прибавку урожая), «У₆».

Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г». 1 – биотехнологическая (без гербицидов), «Г₁». 2 – интегрированная (с гербицидами), «Г₂».

В опыте использовались рекомендованные для региона элементы технологий выращиваемых культур (кроме изучаемых). Солома вносилась осенью в 2003, 2005, 2006 гг.

Почва опытного поля дерново-среднеподзолистая слабogleеватая среднесуглинистая на карбонатной морене.

Наши исследования проводились на вариантах с поверхностно-отвальной (О₃) и ежегодной поверхностной (О₄) системами обработок на фонах без использования удобрений (У₁) с внесением как одних минеральных удобрений (У₆), так и совместно с соломой (У₅) без использования гербицидов.

В работе использовались общепринятые методы исследований.

Результаты исследований

Нормальному протеканию биохимических процессов препятствует образование в почве токсинов различного происхождения в результате тех или иных агротехнических приемов. В соответствии с общепринятой методикой токсичными считаются почвы, ингибирующие прорастание семян на 20-30% и более.

Условия, складывавшиеся при проведении поверхностно-отвальной обработки (О₃) в 2005 и 2006 гг., положительно влияли на прорастание и развитие озимой ржи, использованной в качестве тест-культуры (табл. 1). Проведение ежегодной поверхностной обработки в 2005 г. вызвало существенное снижение длины проростка.

Действие почвы, отобранной в 2007 г. с варианта, где ежегодно проводилась обработка на глубину 6-8 см (О₄), проявилось в некотором увеличении длины проростка и корней. Однако все изменения показателей были не существенными.

Изучаемые системы удобрений по-разному влияли на токсичность почвы. Продукты разложения соломы не оказы-

вали токсического действия на семена и проростки через год после её внесения. Это подтверждается результатами исследований. В 2005 г. (второй год разложения соломы) наблюдалось увеличение всхожести тест-культуры по фону внесения соломы совместно с минеральными удобрениями (У₅). В год действия соломы как в 2006, так и в 2007 гг. проявился её фитотоксический эффект в снижении всхожести озимой ржи. Следует отметить отрицательное действие на длину проростков минеральных удобрений (У₆) в период исследований и всхожесть в 2005 г.

На варианте с заделкой соломы совместно с минеральными удобрениями (У₅) и по фону с применением полной нормы минеральных удобрений (У₆) в течение 3 лет исследований наблюдалось снижение длины корней озимой ржи.

Токсичность почвы главным образом создается почвенной микрофлорой в результате неполно окисленных продуктов микробного метаболизма. Степень микробной токсичности почвы определяется по разнице в количестве проросших семян и длине проростков и корней в опыте и контроле.

Проведение ресурсосберегающих обработок не привело к проявлению микробиологической токсичности почвы (табл. 1), наибольшие значения длины проростка и корней семян редиса, используемого в качестве тест-объекта, наблюдались на варианте с ежегодной поверхностной обработкой (О₄). Однако существенных различий обнаружено не было.

Внесение полной нормы минеральных удобрений совместно с соломой (У₅) увеличивало токсическое действие почвы на развитие проростков, что объясняется накоплением большего количества грибов, в частности рода *Penicillium*, который является сильным фитотоксинообразователем.

Одним из показателей биологической активности почвы, влияющим как на фитосанитарное её состояние, так и на процессы трансформации органических веществ в почве, является численность почвенной микрофлоры.

Наибольшая общая численность сапрофитных микроорганизмов, выявленных на мясо-пептонном агаре (МПА), была в варианте с поверхностно-отвальной обработкой (табл. 2).

В качественном составе сапрофитных микроорганизмов наблюдалось доминирование рода *Mycobacterium*, особенно при проведении ежегодной поверхностной

системы обработки почвы (77,35; 84,60% соответственно) по сравнению со спорообразующими микроорганизмами, выявленными на МПА.

Анализируя численность микроорганизмов, учитываемую на смешанном агаре (мясо-пептонный агар + сусло-агар), можно отметить, что заметных различий в количестве спорообразующих микроорганизмов, находящихся в состоянии спор, между вариантами обработки почвы не установлено. Спорообразующие микроорганизмы были представлены родами *Bacillus idosus*, *Bacillus cereus*, причем преобладающим являлся род *Bacillus idosus* (80%).

Наибольшее количество актиномицетов обнаружено на варианте с поверхностно-отвальной обработкой (O₃).

На фоне с ежегодной поверхностной обработкой (O₄) общее количество грибов превышало их количество на варианте с поверхностно-отвальной обработкой почвы (O₃), что свидетельствует об ухудшении биологического состояния почвы. Качественный состав грибов представлен родами *Mucor* и *Penicillium* с преобладанием рода *Mucor* (на поверхностно-отвальной – 84,68%; поверхностной – 60,17%). Поверхностная обработка способствовала развитию рода *Penicillium* (39,83%).

Таблица 1

Роль изучаемых факторов в изменении токсичности и микробного токсикоза почвы (в среднем по факторам в слое почвы 0-20 см)

Вариант	Токсичность почвы									Микробный токсикоз		
	ячмень, 2005 г.			озимая тритикале, 2006 г.			однолетние травы, 2007 г.			однолетние травы, 2007 г.		
	всхожесть, %	длина проростка, см	длина корней, см	всхожесть, %	длина проростка, см	длина корней, см	всхожесть, %	длина проростка, см	длина корней, см	всхожесть, %	длина проростка, см	длина корней, см
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»												
Поверхностно-отвальная, «O ₃ »	77,7	12,1	5,2	86,3	13,1	8,6	74,4	11,1	6,4	8,5	0,1	0,5
Поверхностная, «O ₄ »	76,5	11,3	4,9	82,1	12,8	8,4	74,5	11,4	6,5	6,8	0,8	0,9
Фактор В. Система удобрений, «У»												
Без удобрений, «У ₁ »	78,8	11,5	5,0	83,6	12,7	8,7	73,3	10,5	6,4	5,9	-0,1	0,4
Солома + NPK, «У ₅ »	80,9	12,0	4,9	83,0	13,1	7,8	72,4	11,3	6,2	-0,7	0,1	0,3
NPK, «У ₆ »	75,7	11,7	4,9	83,8	13,0	8,6	74,7	11,4	6,1	10,3	0,6	0,7

Примечание. * Различия существенны на 5%-ном уровне значимости по системам обработки почвы.

Таблица 2

Влияние изучаемых факторов на численность микроорганизмов (в среднем по факторам в слое почвы 0-20 см)

Вариант	Общее количество микроорганизмов				Активность каталазы (мл O ₂ на 1 г почвы за 1 мин.)
	сапрофитные микроорганизмы, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы	спорообразующие микроорганизмы, находящиеся в состоянии спор, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы	микроорганизмы, выявленные на КАА, млн клеток в 1 г абс. сухой почвы	грибы, тыс. клеток в 1 г абс. сухой почвы	
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»					
Поверхностно-отвальная, «O ₃ »	65,50	17,43	163,50	2,07	3,07
Поверхностная, «O ₄ »	55,60	18,87	98,23	4,27	3,13
Фактор В. Система удобрений, «У»					
Без удобрений, «У ₁ »	37,95	10,85	130,6	2,15	2,93
Солома + NPK, «У ₅ »	107,10	18,70	182,15	4,90	3,30
NPK, «У ₆ »	36,60	24,90	79,85	2,45	3,13

Изменения в численности и составе микробиологического сообщества обусловлены также и внесением удобрений (табл. 2).

Внесение соломы активизировало деятельность сапрофитных микроорганизмов. Среди сапрофитных микроорганизмов преобладал род *Mycobacterium*. Причем совместное применение соломы и полных минеральных удобрений ($У_5$) способствовало значительному увеличению численности представителей этого рода (90,78%).

Рассматривая общую численность спорообразующих микроорганизмов по фоновым питанием, можно отметить, что максимальное их количество наблюдалось по фону одних минеральных удобрений ($У_6$). Увеличение численности спорообразующих микроорганизмов происходило за счет рода *Bacillus cereus*.

Заделка соломы в почву обуславливало интенсивное развитие актиномицетов и микроскопических грибов. Увеличение количества актиномицетов при внесении соломы связано с усвоением ими, за счёт богатого ферментативного аппарата, недоступных другим микроорганизмам органических соединений.

Грибы способны использовать разнообразные источники питания. Они могут разлагать сложные азотистые и углеродсодержащие органические соединения, поэтому они участвуют в процессах минерализации органического вещества в течение всего периода их разложения. Грибы были представлены родами *Miscor* и *Penicillium*, причем преобладающим являлся род *Miscor* (на варианте без удобрений – 89,30%; солома + NPK – 51,28%; NPK – 76,70%). Однако солома способст-

вовала интенсивному развитию грибов рода *Penicillium* (48,72%).

Ферментативная активность – одна из характеристик почвы. Ферменты накапливаются в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов и выделения корневых систем растений. Среди них можно выделить каталазу, роль которой заключается в разрушении перекиси водорода до воды и кислорода. Она образуется в процессе дыхания и в результате биохимических реакций.

В наших исследованиях более высокая каталазная активность отмечалась на поверхностной обработке (O_4) в сравнении с поверхностно-отвальной системой (O_3) (табл. 2), что объясняется тесной связью ферментативной активности с влажностью почвы, которая на данном варианте в период исследований была выше. Повышая плодородие почвы, удобрения положительно действуют на ее ферментативную активность. Наибольшая активность каталазы была при совместном внесении соломы с полной нормой минеральных удобрений ($У_5$).

По интенсивности разложения льняной ткани можно судить о ходе мобилизационных процессов и наличии доступных форм азота в почве.

Следует отметить, что усиление активности целлюлозоразлагающей микрофлоры не способствует минерализации гумуса, т.к. эта микрофлора разлагает первичные органические вещества, поступающие в почву. В результате такого разложения образуются соединения, входящие в состав гумусовых веществ, что в свою очередь может обуславливать увеличение содержания гумуса.

Таблица 3

Роль изучаемых факторов в изменении целлюлозоразлагающей активности почвы и содержания гумуса (в среднем по факторам в слое почвы 0-20 см)

Вариант	Целлюлозоразлагающая активность почвы (% разложения льняного полотна)			Содержание гумуса, %		
	ячмень, 2005 г.	озимая тритикале, 2006 г.	однолетние травы, 2007 г.	ячмень, 2005 г.	озимая тритикале, 2006 г.	однолетние травы, 2007 г.
Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»						
Поверхностно-отвальная, « O_3 »	27,49	44,19	52,56	2,65	2,65	2,76
Поверхностная, « O_4 »	29,96	43,96	46,37	2,56	2,55	2,71
Фактор В. Система удобрений, «У»						
Без удобрений, « $У_1$ »	20,04	38,81	44,26	2,46	2,38	2,55
Солома + NPK, « $У_5$ »	30,14	39,51	46,88	2,71**	2,76**	2,86**
NPK, « $У_6$ »	28,91	45,32	57,49**	2,68**	2,70**	2,83**

Примечание. * Различия существенны на 5%-ном уровне значимости по фоновым питанием.

В наших исследованиях поверхностно-отвальная обработка (O_3) способствовала увеличению целлюлозоразлагающей активности почвы по сравнению с поверхностной обработкой (O_4), что, вероятно, связано с лучшей аэрацией пахотного слоя (табл. 3).

При применении одних полных минеральных удобрений (Y_6) и совместном их внесении с соломой (Y_5) наблюдалось более интенсивное разложение льняного полотна. Солома, внесенная в 2005 г. после уборки ячменя и в 2006 г. после уборки озимой тритикале, способствовала некоторому снижению микробиологической активности по сравнению с фоном одних минеральных удобрений в связи с иммобилизацией азота.

Содержание гумуса – основной диагностический показатель плодородия почвы. Проведение поверхностно-отвальной системы обработки (O_3) в течение 3 лет исследований способствовало поддержанию процессов гумификации на более высоком уровне, чем при ежегодной поверхностной обработке (O_4) в среднем по системам удобрений и гербицидов. Однако существенных различий обнаружено не было (табл. 3). При проведении ресурсосберегающих обработок наблюдалась дифференциация пахотного горизонта по слоям, причем в верхнем слое гумуса накапливалось больше, чем в нижнем.

Применение систем удобрений, таких как NPK и солома + NPK способствовало значительному увеличению содержания гумуса в почве по сравнению с фоном «без удобрений».

Обобщающим показателем эффективности применяемых агроприемов является урожайность полевых культур.

Полученные данные подтверждают зависимость урожайности от изучаемых факторов. Ежегодная поверхностная обработка (O_4) приводила к получению более низкой урожайности: при выращивании ячменя – на 5,29%, озимой тритикале – на 31,28, однолетних трав – на 5,13% по сравнению с поверхностно-отвальной системой обработки (O_3), а в 2006 г. снижение было достоверным.

Применение изучаемых систем удобрений способствовало существенному

увеличению урожайности в 1,72-2,01 раза ячменя, в 1,88-2,11 раза озимой тритикале, в 1,31-1,36 раза сена однолетних трав. Наибольшая урожайность полевых культур за годы исследований была получена при внесении соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений (Y_5).

Выводы

Обработка почвы, основанная на сочетании отвальной 1 раз в 4 года и поверхностной в остальные 3 года, способствовала увеличению содержания гумуса в почве, усилению микробиологической активности за счет создания благоприятных условий для ее развития и получения высоких урожаев полевых культур.

Внесение соломы с полной нормой минеральных удобрений стимулирует активизацию почвенных микроорганизмов, что обеспечивает как высокие урожаи сельскохозяйственных культур, так и увеличение содержания гумуса.

Библиографический список

1. Шикун Н.К. Воспроизводство гумуса при почвозащитной системе земледелия / Н.К. Шикун, А.Ф. Гнатенко // Земледелие. 1991. № 2. С. 40-43.
2. Воронин Б.Н. Обработка почвы под яровые зерновые в звене севооборота / Б.Н. Воронин, О.Г. Майстренко, А.М. Блинов // Достижения науки и техники АПК. 1990. № 11. С. 16-17.
3. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы / А. Свирскене // Почвоведение. 2003. № 2. С. 202-210.
4. Куприченков М.Т. Солома – ценное органическое удобрение / М.Т. Куприченков, Т.Н. Антонова, А.А. Головинов // Земледелие. 2000. № 5. С. 26.
5. Использование соломы как органического удобрения / под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1980. 270 с.
6. Смирнов Б.А. Ресурсосберегающая поверхностно-отвальная система обработки почвы: рекомендация / Б.А. Смирнов. Ярославль, 1998. 190 с.

