

УДК 631.51:631.8

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ,
УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ

А.М. ТРУФАНОВ, Б.А. СМИРНОВ, С.В. ЩУКИН

(ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»)

Впервые в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России на дерново-среднеподзолистой глееватой среднесуглинистой почве была изучена ресурсосберегающая поверхностно-отвальная обработка. Данная система как без удобрений и гербицидов, так и при их применении предотвращает процессы дегумификации, способствует созданию благоприятных условий для развития целлюлозоразлагающей микрофлоры и энтомофауны, не способствует усилению токсичности почвы и снижению урожайности полевых культур, экономит затраты совокупной энергии на основную обработку почвы в 2,9 раза в сравнении с классической отвальной обработкой.

Ключевые слова: адаптивно-ландшафтные системы земледелия, поверхностно-отвальная система основной обработки почвы, система удобрений, биологические свойства почвы, урожайность, экономическая и энергетическая эффективность.

Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия требует разработки отдельных их звеньев (подсистем), адаптированных к конкретным агроландшафтным комплексам и направленных на воспроизводство плодородия почвы на основе ресурсосбережения, экологической сбалансированности и получения экологически безопасной продукции [8].

В Центральном районе Нечерноземной зоны в составе дерново-подзолистых почв дерново-среднеподзолистые глееватые среднесуглинистые почвы, включенные в пахотные угодья, занимают большую долю. Только в Ярославской области они представляют каждый шестой гектар пашни (16,3%). Эти почвы формируются при временном избыточном увлажнении. Они, как правило, сильно засорены, особенно многолетними сорными растениями, и имеют очень низкий уровень эффективного плодородия. На этих почвах из-за переувлажнения полевые работы обычно начинаются позднее на 25-30 дней, их окончание приходится на первую декаду сентября, набор адаптированных культурных растений крайне ограничен, применение энергоемкой системы отвальной обработки почвы и гербицидов в оптимальные сроки, а также использование традиционных органических удобрений невозможно. Однако эти почвы имеют большое страховое значение, особенно в засушливые годы, так как на них открываются большие возможности получения стабильных урожаев адапти-

рованных культурных растений при условии соблюдения качественных параметров в технологии их возделывания.

Результаты в рамках обзора литературных данных свидетельствуют об отсутствии каких-либо разработок по управлению основными показателями плодородия этих почв. Особое внимание при этом заслуживает изучение способов улучшения биологических свойств, которые и являлись объектом исследований.

Объекты и методы исследования

Экспериментальная работа проводилась в 2002-2005 гг. в полевом стационарном трехфакторном опыте, заложенном на опытном поле ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях (рендомизация проведена при закладке опыта в 1995 году). Повторность опыта четырехкратная.

Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая глееватая средне суглинистая на карбонатной морене. Перед закладкой опыта по более, чем 10-летней залежи (из-за переувлажнения), почва пахотного горизонта содержала: гумуса — 3,29%, легкодоступного фосфора — 356,5, обменного калия — 71,5 мг/кг почвы, сумма обменных оснований составляла 22,15, а гидролитическая кислотность — 1,38 мг-экв на 100 г почвы, pH солевой вытяжки — 6,13.

Опыт проводился с чередованием полевых культур во времени: многолетние травы (1995) — озимая пшеница (1996) — однолетние травы (1997) — ячмень (1998) — овес (1999) — однолетние травы (2000) — озимая рожь (2001) — однолетние травы (2002) — озимая рожь (2003) — однолетние травы (2004) — ячмень (2005). Сорты: Мироновская-808 (озимая пшеница), Ярославская-136 (вика полевая) + Скакун (овес) — однолетние травы, Московский-121 (ячмень), Скакун (овес), Волхова (озимая рожь).

Схема трехфакторного (4x6x2) опыта включала 48 вариантов. На делянках первого порядка площадью 756 м² (54x14 м) изучались системы обработки почвы, на делянках второго порядка площадью 126 м² (14x9 м) — удобрения и на делянках третьего порядка площадью 63 м² (9x7 м) — гербициды. Исследования проводились по всем показателям на всех вариантах в 4-х повторностях опыта.

Схема полевого стационарного трехфакторного (4x6x2) опыта:

Фактор А. Система основного обработки почвы, «О»:

1. Отвальная: вспашка на 20-22 см с предварительным лущением на 8-10 см, ежегодно (контроль), «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 лущением на 8-10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на 6-8 см в остальные 3 года, «О₃». 4. Поверхностная: однократная поверхностная обработка на 6-8 см, ежегодно, «О₄».

Фактор В. Система удобрений, «У»:

1. Без удобрений (контроль), «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 (нормы минеральных удобрений, рассчитанные на планируемую прибавку урожая), «У₅». 6. NPK (нормы минеральных удобрений, рассчитанные на планируемую прибавку урожая), «У₆».

Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»:

1. Биотехнологическая (без гербицидов) — контроль, «Ц». 2. Интегрированная (с гербицидами), «Г₂».

Применялись следующие гербициды: 2,4-Д в норме 2,0 кг/га весной в фазу кушения озимой пшеницы (1996); Раундап — 5 л/га (1997) — за две недели до посева вико-овсяной смеси по всходам пырея ползучего (10-15 см); Гранстар — 15 г/га в фазу кушения ячменя; Раундап — 8 л/га (2004) за 14 дней до первой механической обработки при массовом появлении побегов многолетних сорных растений.

Осуществлялись такие технологические приемы, как: дискование пласта многолетних трав на 8-10 см под озимую пшеницу — тяжелой дисковой бороной БДТ-3 в агрегате с трактором ДТ-75М (1995), остальные технологические приемы — в агрегате с трактором МТЗ-82; вспашка на глубину 20-22 см — плугом ПЛН-3-35, вспашка на глубину 20-22 см с оборотом пласта на 180° и с рыхлением подпахотного горизонта — плугом ПБС-2 (только в 2004 г. на вариантах с поверхностно-отвальной обработкой, «0₃»); лущение и поверхностная обработка — дисковым лущильником ЛДГ-5А, культивация — культиватором КПС-4, боронование — зубовой бороной БЗТС-1,0, рыхление на 20-22 см — сменными рабочими органами к плугу ПБС-2 — рыхлителями.

Содержание гумуса в почве определяли по методу И.В. Тюрина [9]; определение биологической активности почвы проводили методом аппликации; анализ токсичности почвы — по методу почвенных пластинок [3]; учет поражения зерновых культур корневыми гнилями — по методу А.Ф. Коршуновой, А.Е. Чумакова, и Р.И. Щекочиной [4]; учет пораженности зерновых культур стеблевыми фитопатогенами — по методике ВНИИЗР [6]; учет численности дождевых червей — методом отмучивания [1]; изучение численности хищных жужелиц в динамике — с помощью ловушки Барбера; определение запаса органов вегетативного размножения многолетних сорняков в почве во всех повторениях опыта — по методике Б.А. Смирнова и В.И. Смирновой [7]; засоренность почвы семенами сорных растений определяли методом малых проб [2]. Урожайность всех полевых культур учитывали сплошным поделяночным методом с пересчетом на абсолютно чистую продукцию и стандартную влажность зерна 14% и сена однолетних трав — 16%. Экономическая эффективность перспективных технологий производства продукции полевых культур рассчитывалась по фактическим затратам на основании действующих в хозяйствах области нормативов и цен на продукцию и материалы. Энергетическая оценка систем обработки почвы проводилась по методике ВАСХНИЛ (1983) с использованием учебного пособия [5] и фактических технологических карт. Все экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ «STRAZ».

В период исследований отмечались годы как засушливые (2002) и переувлажненные (2004), так и близкие по метеорологическим условиям к среднемуголетним (2003, 2005).

Результаты и их обсуждение

Гумус — интегральный показатель плодородия почвы. Его содержание определяет уровень ее окультуренности и урожайность полевых культур. Так, между содержанием гумуса и урожайностью нами была установлена тесная связь, которая выражается коэффициентом корреляции 0,78-0,91 в зависимости от возделываемой культуры с максимумом (0,91) в 2003 году на озимой ржи.

Содержание гумуса после распашки залежи имело тенденцию к резкому снижению до 2000 года, однако этот процесс шел с разной интенсивностью. Наименьший уровень дегумификации наблюдался по ресурсосберегающим технологиям обработки.

За годы наших исследований (2002-2005) системы минимальной обработки почвы по разным фонам удобрений способствовали увеличению содержания гумуса по сравнению с отвальной в результате преобладания процесса гумификации над минерализацией. Наибольший прирост гумуса наблюдался при использовании системы поверхностно-отвальной обработки и сочетания поверхностной обработки с рыхлением. Так по фону без удобрений это увеличение, соответственно, было на 0,28 и 0,17% (рис. 1).

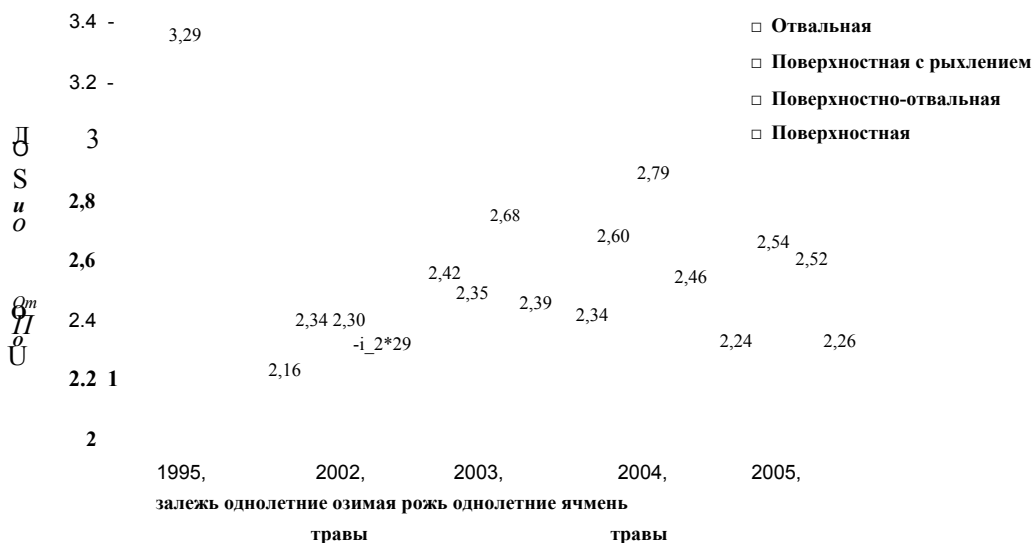


Рис. 1. Динамика содержания гумуса в почве пахотного слоя 0-20 см по разным системам обработки (%), по фону «без удобрений»

Система ежегодной отвальной обработки не способствовала увеличению содержания органического вещества, более того, наблюдалось его уменьшение в 2004 и в 2005 гг. При этом проведенные в 2004 году вспашка и глубокое рыхление на вариантах с сочетанием обработок на 4-й год применения поверхностных обработок способствовали снижению содержания гумуса в 2005 г.

Применение удобрений, особенно соломы с NPK, способствовало значительному накоплению гумуса в пахотном слое независимо от способов их заделки, однако при этом наблюдалась дифференциация пахотного горизонта на слои с превышением содержания гумуса в слое 0-10 см на вариантах с ресурсосберегающими обработками почвы. Особенно это превышение было значительным на 4-й год после рыхления и вспашки по системам сочетания поверхностной обработки с рыхлением и поверхностной с отвальной.

На наиболее интенсивном фоне удобрений (солома + NPK) наблюдалась несколько иная динамика (рис. 2).

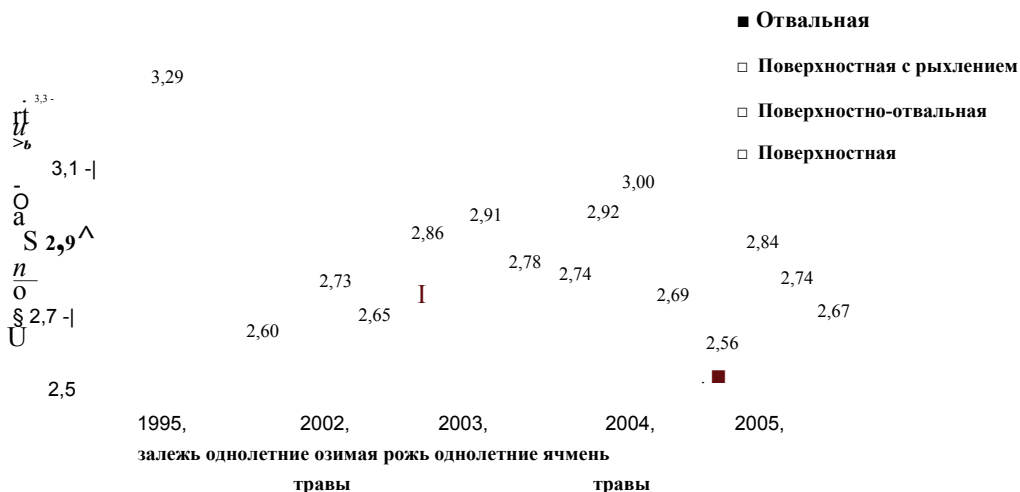


Рис. 2. Динамика содержания гумуса в почве пахотного слоя 0-20 см по разным системам обработки (%), по фону солома + NPK)

Системы ежегодной отвальной и ежегодной поверхностной обработки имели практически сходную динамику изменения содержания гумуса в почве. При этом на отвальной обработке наблюдалось постепенное снижение содержания гумуса. Преобладанию же процесса гумификации над минерализацией способствовали сочетания обработок, особенно поверхностно-отвальная.

Динамика содержания гумуса в слое 0-20 см за годы исследований в среднем по системам удобрений и гербицидов свидетельствует, что с 2002 г. на вариантах с системами ресурсосберегающей обработки почвы, в сравнении с отвальной, наблюдалось гумусонакопление (рис. 3).

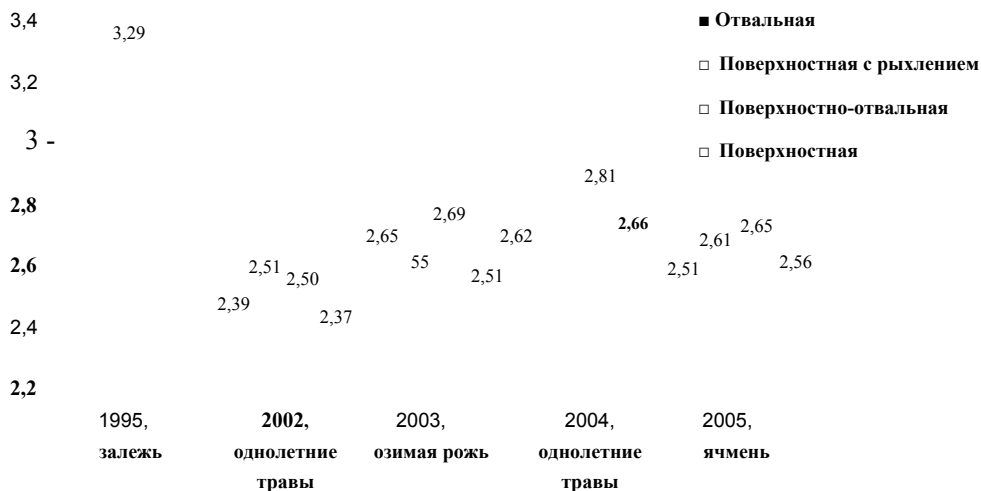


Рис. 3. Динамика содержания гумуса в почве пахотного слоя 0-20 см по системам обработки почвы (%), в среднем по системам удобрений и гербицидов)

В среднем по изучаемым факторам система поверхностно-отвальной обработки почвы способствовала достоверному увеличению гумуса в пахотном горизонте (0-20 см) в сравнении с отвальной обработкой, но в основном за счет слоя 0-10 см (табл. 1).

Таблица 1

**Роль изучаемых факторов в изменении содержания гумуса в почве
(%, в среднем по факторам и за период 2002-2005 гг.)**

Вариант	Слой почвы, см		
	0-10	10-20	0-20
<i>А. Система основной обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О ₁ »	2,58	2,52	2,55
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	2,61	2,51	2,56
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	2,70	2,63	2,67
Поверхностная, «О ₄ »	2,55	2,47	2,51
НСР ₀₅	0,07	$F_{\infty} < F_{\text{O}}$	0,08
<i>В. Система удобрений, «У»</i>			
Без удобрений, «У ₁ »	2,45	2,40	2,43
N301 «У ₂ »	2,55	2,45	2,50
Солома 3 т/га, «У ₃ »	2,53	2,47	2,50
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	2,55	2,47	2,51
Солома + NPK, «У ₅ »	2,82	2,75	2,79
NPK, «У ₆ »	2,76	2,66	2,71
НСР ₀₅	0,06	0,08	0,05
<i>С. Гербицид, «Г»</i>			
Без гербицидов, «Г ₁ »	2,70	2,62	2,66
С гербицидами, «Г ₂ »	2,72	2,67	2,70
НСР ₀₅	$F_{\text{Г}} < F_{\text{O}}$	$F_{\text{Г}} < F_{\text{O}}$	$F_{\text{Г}} < F_{\text{O}}$

Внесение удобрений способствовало достоверному увеличению содержания гумуса в почве. Особенно этим отличались варианты с внесением соломы совместно с NPK, а также отдельным внесением NPK, где накопление гумуса было существенно выше по обоим слоям пахотного горизонта в сравнении с фоном без удобрений. Действие и последствие гербицидов незначительно увеличивало содержание гумуса.

На процессы накопления и разложения гумуса активно влияют различные группы микроорганизмов, среди которых положительную роль в гумусонакоплении играют целлюлозоразлагающие микроорганизмы.

Микробиологическая активность разложения целлюлозы в 2002 г. была выше на вариантах с поверхностно-отвальной обработкой почвы в сравнении с отвальной по всем изучаемым системам удобрений, особенно при совместном внесении соломы и NPK (на 40%) и при отдельном внесении NPK (в 2 раза). В основном существенные различия отмечались в верхнем слое почвы 0-10 см. При этом общий уровень интенсивности разложения целлюлозы был низким, особенно на вариантах с отвальной обработкой почвы, что стало следствием внесения в 2001 г. соломы озимой ржи.

На 2-й год разложения соломы (2003) активность микрофлоры по системе поверхностно-отвальной обработки почвы резко увеличилась в 2-4 раза по сравнению с отвальной на вариантах ее внесения, а также по фону «без удобрений».

В 2004 г. достоверных различий между изучаемыми системами основной обработки почвы в среднем по системам удобрений и гербицидов, а также по влиянию на активность целлюлозоразлагающей микрофлоры обнаружено не было, однако наблюдалась динамика увеличения при проведении ресурсосберегающих обработок. Повторное внесение соломы в 2003 г. не привело к снижению микробиологической активности в 2004 г. на вариантах ее внесения. Действие гербицида Раундап, внесенного в 2004 г., существенно усиливало интенсивность микробиологических процессов.

Преимущество ресурсосберегающих обработок при применении соломы, как совместно с минеральными удобрениями, так и отдельно от них, подтвердилось и в 2005 г. усилением активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, если сравнивать с отвальной системой обработки почвы. Последствие от применения гербицида хоть и сохранило свое положительное влияние, однако оно уже было незначительным по сравнению с вариантами без его применения.

Численность дождевых червей в пахотном слое также является фактором повышения плодородия почв. Этот показатель увеличивался при уменьшении интенсивности механической обработки за все годы исследований. Большее количество червей было обнаружено на вариантах с ежегодными поверхностными обработками, а наименьшее — с ежегодными отвальными. Система поверхностно-отвальной обработки заняла промежуточное положение.

Внесение органического удобрения в виде соломы и ее совместное применение с минеральными удобрениями способствовало увеличению обилия дождевых червей в пахотном слое почвы. Действие и последствие гербицидов незначительно снижало численность этих беспозвоночных. Независимо от изучаемых факторов количество дождевых червей было больше в слое 0-10 см, чем в слое 10-20 см, и в значительной степени зависело от метеорологических условий года. Численность хищных жуличиц также является биологическим индикатором экологического состояния агроландшафта. Численность их на поверхности почвы в зависимости от системы обработки изменялась незначительно с тенденцией увеличения в вариантах с поверхностно-отвальной обработкой почвы. Вносимые удобре-

ния в основном отрицательно сказывались на численности этих полезных хищных насекомых. Четкой зависимости между действием и последствием гербицидов и количеством хищных жужелиц установлено не было.

Значительных преимуществ по снижению пораженности полевых культур как корневыми гнилями, так и стеблевой ржавчиной система отвальной основной обработки почвы не имела в сравнении с системами ресурсосберегающей обработки. При этом применяемые удобрения способствовали увеличению степени пораженности культурных растений фитопатогенами, особенно при внесении соломы в сочетании с NPK и при отдельном внесении NPK. Так распространенность корневых гнилей озимой ржи в 2003 г. при совместном внесении соломы и NPK была выше на 40%, а при отдельном внесении NPK — на 13%, в сравнении с фоном без удобрений; развитие стеблевой ржавчины на таких вариантах было в 2,2 раза интенсивнее. В последующие годы отрицательное влияние вносимых удобрений на развитие стеблевой ржавчины снизилось, однако распространенность заболевания оставалась высокой.

Токсичность почвы определяли по развитию тест-объекта — озимой ржи. В 2003 г. более благоприятные условия для развития тест-культуры складывались при системах поверхностно-отвальной и даже ежегодной поверхностной обработки, чем в вариантах с отвальной. Последствие соломы не оказывало токсического влияния на развитие проростков и корней тест-культуры, а ее совместное применение с NPK даже значительно уменьшало токсичность почвы по сравнению с фоном без удобрений. После внесения соломы под урожай 2004 г. токсичность почвы увеличилась на вариантах с ее заделкой, что проявилось в снижении всхожести и отразилось на развитии проростка и корней тест-культуры. Однако достоверным это снижение было только на показателе всхожести в слое 0-10 см. Как и в 2003 г. несколько лучшие условия для развития тест-культуры складывались в вариантах с ресурсосберегающими обработками почвы. Действие гербицидов не вызвало достоверных различий в токсичности почвы. В 2005 г. изучаемые факторы незначительно повлияли на показатели развития тест-объекта. За все годы исследований токсичность почвы по всем вариантам не превышала значений контроля, за исключением длины корней тест-культуры в 2005 г.

Потенциальная засоренность почвы семенами сорных растений в слое 0-20 см в год закладки опыта в среднем составила 217,8 млн. шт/га. За годы исследований это количество возросло на всех вариантах опыта за счет адаптированных видов сорных растений к изучаемым культурным видам. Наиболее распространенными сорными растениями семенного размножения были: марь белая (*Chenopodium album* L.), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.).

За годы исследований системы ресурсосберегающей обработки почвы способствовали большей аккумуляции семян сорных растений в верхней части пахотного слоя, которая оказалась на 25-30% выше, чем в вариантах с отвальной обработкой. Внесение удобрений, особенно совместное применение соломы и NPK, способствовало увеличению запаса семян сорных растений в 1,3-1,7 раза по отношению к фону без удобрений. Последствие гербицидов незначительно снижало потенциальную засоренность почвы семенами. Засоренность почвы вегетативными органами размножения многолетних сорных растений с момента закладки опыта снизилась в 8-12 раз.

В 2004 г. (через 9 лет после закладки опыта, действия и взаимодействия факторов) среди всех изучаемых систем основной обработки почвы лишь ежегодная

поверхностная привела к достоверному увеличению длины корней размножения многолетних сорных растений по сравнению с отвальной обработкой. По системе поверхностно-отвальной обработки запасы органов вегетативного размножения были на уровне отвальной. Существенному снижению длины вегетативных органов размножения (в 4-5 раз) способствовало совместное внесение соломы с NPK. На искоренение многолетних сорняков также влияло и отдельное внесение соломы, если сравнивать с вариантами без удобрений. Действие и последствие гербицида способствовало снижению длины органов вегетативного размножения сорных растений при сопоставлении с вариантами без его внесения.

Динамика изменения длины корней размножения также была характерна и для показателя их сухой массы. Следует отметить, что в слое 0-10 см значения длины и сухой массы вегетативных органов размножения были в 2 и более раз больше, чем в слое 10-20 см по всем изучаемым вариантам.

В год закладки опыта (1995) органы вегетативного размножения были представлены в основном корневищами пырея ползучего (*Agropyrum repens* L.). За годы исследований их доля уменьшилась на 70%, при этом соответственно увеличилась доля корневых отпрысков бодяка полевого (*Cirsium ctrvense* L.), осота полевого (*Sonchus ctrvense* L.), корневищ хвоща полевого (*Equisetum ctrvense* L.) и некоторых других видов. При этом слой 0-10 см отличался большими значениями развития корневой размножения многолетних сорных растений по отношению к слою 10-20 см во всех изучаемых вариантах опыта.

Хозяйственная, энергетическая и экономическая эффективность технологий

Различные системы обработки почвы за все годы исследований практически по всем фонам удобрений и гербицидов незначительно различались по урожайности полевых культур.

Внесение соломы совместно с NPK, а также отдельное применение NPK способствовало существенному увеличению урожайности полевых культур в 2002 г., соответственно на 0,66 и 0,61, в 2003 г. — на 1,64 и 1,49, в 2004 г. — на 0,75 и 0,66, в 2005 г. — на 1,55 и 1,11 т/га в среднем по обработкам почвы и гербицидам. Кроме этого, совместное применение соломы с азотом значительно увеличивало урожайность зерна озимой ржи (2003 г.) на всех вариантах обработки почвы, а ячменя (2005 г.) — на вариантах с ежегодной поверхностной обработкой и также при ее сочетании с рыхлением.

За все годы исследований достоверных различий между системами ресурсосберегающей обработки почвы и отвальной (в среднем по системам удобрений и гербицидов) по влиянию на урожайность установлено не было (табл. 2).

Применение всех изучаемых систем удобрений в 2002, 2004 и 2005 гг. приводило к существенному увеличению урожайности полевых культур в сравнении с фоном без удобрений. В 2003 г. этому способствовало внесение NPK как отдельно, так и совместно с соломой, а также соломы с азотом.

Наибольший выход продукции полевых культур за годы исследований был получен при совместном внесении соломы с NPK, рассчитанных на планируемую прибавку урожая.

Применение гербицида раундап в 2004 г. и его последствие в 2005 г. способствовало получению достоверной прибавки урожая по отношению к вариантам без

Таблица 2

Роль изучаемых систем обработки, удобрений и гербицидов в изменении урожайности полевых культур (т/га основной продукции, в среднем по факторам)

Вариант	Однолетние травы, 2002 г.	Озимая рожь, 2003 г.	Однолетние травы, 2004 г.	Ячмень, 2005 г.
<i>А. Система основной обработки почвы, «О»</i>				
Отвальная, «О ₁ »	1,76	2,13	1,74	2,20
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	1,91	2,00	1,65	2,12
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	1,73	2,10	1,63	2,27
Поверхностная, «О ₄ »	1,63	1,97	1,88	2,15
НСР ₀₅	$1-\Phi < 1\sim_{05}$	$1-\Phi < 1\sim_{05}$	$1-\Phi < 1\sim_{05}$	$\sim\Phi < 1\sim_{05}$
<i>В. Система удобрений, «У»</i>				
Без удобрений, «У ₁ »	1,44	1,36	1,41	1,53
N301 ^ У ₂ ^	1,60	1,46	1,56	1,88
Солома 3 т/га, «У ₃ »	1,63	1,63	1,52	1,87
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	1,68	2,02	1,63	2,12
Солома + NPK, «У ₅ »	2,11	3,00	2,17	3,08
NPK, «У ₆ »	2,06	2,83	2,08	2,63
НСР ₀₅	0,13	0,29	0,09	0,22
<i>С. Гербицид, «Г»</i>				
Без гербицидов, «Г ₁ »	1,76	2,05	1,69	2,09
С гербицидами, «Г ₂ »	1,75	2,06	1,76	2,28
НСР ₀₅	$1-\Phi < 1\sim_{05}$	$1-\Phi < 1\sim_{05}$	0,07	0,12

его применения. Ранее внесенные гербициды не оказали существенного влияния на урожайность полевых культур, так как потеряли свое последствие.

Затраты совокупной энергии на систему поверхностно-отвальной обработки почвы в среднем за 4 года были меньше в 2,9 раза при их сопоставлении с затратами на систему отвальной обработки (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Совокупные затраты энергии на разные по интенсивности системы основной обработки почвы, МДж/га в год

Система основной обработки почвы	Статьи затрат			Итого
	ГСМ	затраты труда	затраты на механизмы и орудия	
Отвальная, «О ₁ »	648,7	80,0	511,8	1240,5
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	208,8	25,8	196,8	431,4

При этом экономическая эффективность технологий производства зерна озимой ржи и ячменя была выше при технологиях, базирующихся на системе поверхностно-отвальной обработки почвы и применении соломы как совместно с азотом, так и с NPK, где уровень рентабельности при производстве зерна озимой ржи был выше соответственно на 32 и 10%, а при производстве зерна ячменя — на 7 и 67%, чем при технологиях с ежегодной отвальной обработкой.

Выводы

1. Десятилетнее применение системы поверхностно-отвальной обработки в среднем по факторам за 4 последних года способствует достоверному увеличению содержания гумуса в слое почвы 0-20 см на 0,12%, по сравнению с системой отвальной обработки. Повышение интенсивности фонов удобрения приводит к увеличению количества гумуса в почве на 0,07-0,36% по отношению к вариантам без удобрений.

2. Активность целлюлозоразлагающей микрофлоры увеличивается в 1,4-3 раза, особенно в слое почвы 0-10 см, при системе поверхностно-отвальной обработки почвы при сопоставлении с ежегодной отвальной. Внесение соломы в качестве органического удобрения снижает микробиологическую активность в первый год ее разложения в 1,1-1,8 раза, а на второй год — усиливает в 1,2-1,5 раза. Применение NPK в 1,1-1,6 раза увеличивает активность разложения целлюлозы. Гербициды также положительно влияют на усиление микробиологической активности почвы.

3. Численность дождевых червей и хищных жужелиц увеличивается на фоне снижения глубины и кратности механических обработок при: поверхностно-отвальной обработке на 5-17%, при ежегодной поверхностной — на 10-39%, по сравнению с ежегодной отвальной.

4. Применение соломы, как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями, способствует увеличению популяции дождевых червей на 3-12%, отдельное

внесение минеральных удобрений снижает их численность на 6% в сравнении с фоном без удобрений. Внесение удобрений приводит к снижению количества хищных жужелиц на 10-40%. Действие и последствие гербицидов отрицательно сказывается на распространении дождевых червей, при этом не оказывает заметного влияния на распространение хищных жужелиц.

5. Ежегодная отвальная обработка не имеет преимуществ в снижении степени пораженности культурных растений корневыми и листостеблевыми фитопатогенами при сравнении с системой поверхностно-отвальной обработки. Совместное внесение соломы с NPK и отдельное внесение NPK создает благоприятные условия для распространения и увеличения интенсивности заболеваний полевых культур (корневых гнилей — на 13-40%, стеблевой ржавчины — в 2,2 раза).

6. Применение систем минимальной обработки не способствует усилению токсичности почвы. Действие соломы в первый год ее разложения несколько увеличивает токсичность почвы, на второй год отмечается снижение токсичности, особенно при совместном внесении с NPK. Гербициды не оказывают токсического влияния на развитие тест-культуры (проростков озимой ржи).

7. Применение поверхностной обработки в течение 4-х лет и более приводит к большому (на 25-50%) накоплению семян сорных растений в слое почвы 0-10 см, чем при отвальной обработке. Применение соломы как отдельно, так и совместно с азотом способствует наименьшей аккумуляции семян в почве, а ее внесение с NPK и отдельное применение последних приводят к увеличению засоренности пахотного слоя на 15-75% в сравнении с вариантами без удобрений.

8. Система поверхностно-отвальной обработки обеспечивает такой же уровень засоренности почвы органами вегетативного размножения многолетних сорных растений на 9-й год опыта, как и отвальная. Применение соломы совместно с NPK, особенно отдельное внесение последних, приводит к снижению их длины в 3-4 раза, а сухой массы — в 1,4-3,3 раза.

9. Применение систем ресурсосберегающей обработки почвы способствует получению урожайности полевых культур на уровне ежегодной отвальной обработки почвы. Внесение удобрений, особенно соломы совместно с NPK, увеличивает урожайность зерновых культур на 1,55-1,64, а однолетних трав — на 0,67-0,76 т/га по всем системам обработки почвы. Достоверную прибавку урожая обеспечивает действие и последствие гербицида.

10. Система поверхностно-отвальной обработки почвы требует меньших затрат (в 2,9 раза) совокупной энергии по сравнению с затратами на систему ежегодной отвальной обработки.

11. Наиболее экономически эффективными технологиями производства продукции полевых культур являются технологии, базирующиеся на системе поверхностно-отвальной обработки почвы с применением соломы совместно с азотными удобрениями и NPK. Себестоимость производства одного центнера зерна озимой ржи и ячменя была в среднем ниже на 12%, а уровень рентабельности — выше на 53%, чем по отвальной обработке.

Библиографический список

1. Ветуель Т. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений / Т. Ветуель, Б. Фрайер. М.: Агропромиздат, 1987. 200 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

3. Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева П.П. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 224 с.
4. Коришнова А. Ф., Чумаков А.Е., Щекочихина Р.И. Защита пшеницы от корневых гнилей. JL: Колос, 1966. 94 с.
5. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е. Энергетическая оценка технологий возделывания полевых культур. М.: МСХА, 1995. 22 с.
6. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур / ФГНУ «Росинформагротех». М., 2002. С. 24-29.
7. Смирнов Б.А., Смирнова В.И. Методика учета засоренности посевов в полевом стационарном опыте // Доклады ТСХА. 1976. Вып. 224. Ч. 1. С. 91-95.
8. Смирнов Б.А., Труфанов А.М., Воронин А. П., Кочевых М.Ю. Поверхностно-отвальная обработка на дерново-подзолистых глееватых почвах / ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА». Ярославль, 2008. 382 с.
9. Ягодин Б.А., Дорогин П.П., Жуков Ю.П. Практикум по агрохимии. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.

BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC GLEYEY SOILS AND PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF TILLAGE, FERTILIZERS AND HERBICIDES

A.M. TRUFANOV, B.A. SMIRNOV, S.V. SHCHUKIN

(Yaroslavl State Agricultural Academy)

For the first time in the Central region of the Non-chernozem zone in Russia the resource-saving shallow ploughing was studied on sod-podzolic glevev loamy soil. This system either with fertilizers and herbicides application or without it prevents the soil from humus losses and contributes to the creation of favorable conditions for the development of cellulose-decomposing microorganisms and entomofauna, does not increase the soil toxicity and does not reduce crop yields, 2.9 times cuts down the total energy consumption during primary tillage compared to classical ploughing.

Key words: adaptive landscape farming systems, shallow ploughing tillage, system of fertilizer application, biological properties of soil, yield, cost and energy efficiency.

Труфанов Александр Михайлович — к. с.-х. н., доцент кафедры земледелия ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» (150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58; тел.: 8(4852) 57-89-58; e-mail: a.trufanov@yarcx.ru).

Смирнов Борис Александрович — д. с.-х. н., профессор.

Щукин Сергей Владимирович — к. с.-х. н., зав. кафедры земледелия ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» (150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58; тел.: 8(4852) 57-89-58; e-mail: s.shhukin@yarcx.ru).