

УДК [631.445.24:631.43]:[631.51:631.8]

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ

Б.А. СМИРНОВ, А.Н. ВОРОНИН

(Кафедра земледелия ФГОУ ВПО ЯГСХА)

В статье приводятся данные о 4-летнем влиянии различных систем обработки, удобрений и гербицидов на агрофизические свойства почвы. Система поверхностно-отвальной обработки как без удобрений и гербицидов, так и при их применении способствует улучшению гумусированности почвы и ее структурного состояния, препятствует излишнему уплотнению и обеспечивает установление уровня влажности и твердости почвы в пределах оптимальных значений, не снижает урожайность полевых культур и экономит затраты совокупной энергии на проведение основной обработки почвы в 2,8 раза в сравнении с традиционной отвальной. Была обоснована недопустимость применения ежегодной поверхностной обработки и необходимость периодического оборачивания почвы из-за возможного со временем переуплотнения слоя 10–20 см и нижележащих горизонтов в связи с миграцией фракции почвы <0,25 мм из верхнего слоя в нижний.

Ключевые слова: дерново-подзолистая глееватая почва, поверхностно-отвальная обработка, гумус, переуплотнение почвы, миграция фракций почвы.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия, базирующиеся на энерго-ресурсосбережении и экологической сбалансированности, в настоящее время не имеют альтернативы [6]. Подбор культурных растений, сортов и разработка научно обоснованных технологий, наилучшим образом приспособленных к агроландшафтным территориям и их элементам, характеризующимися однородностью почвенного покрова, обусловленного почвообразовательным процессом, — одна из главных задач современной агрономической науки [7].

Дерново-подзолистые глееватые почвы, занимающие только в Ярославской обл. каждый шестой гектар пашни, имеют важное страховое значение, особенно в засушливые годы.

Физические свойства почв являются критерием их плодородия или деградации. Механические элементы и структурные отделенности почв являются матрицей, на которой протекают все физико-химические процессы, развитие корневых систем, поглощение ими элементов минерального питания [3, 5].

В научном земледелии до сих пор не сложилось единого мнения о влиянии систем обработки почвы, фонов удобрений и гербицидов на агрофизические свойства, что обусловлено различными почвенными условиями. Этот вопрос в основном изучался на почвах нормального увлажнения. На глееватых почвах, формирующихся в условиях временного избыточного увлажнения, которые в Нечернозем-

ной зоне составляют значительную долю от общей площади пашни, исследования не проводили [8].

Целью нашей работы было изучение влияния разных по интенсивности систем обработки, удобрений и защиты растений от сорняков на основные агрофизические свойства и продуктивность полевых культур на дерново-подзолистых глееватых почвах.

Условия и методика исследований

Экспериментальную работу проводили в 2003–2006 гг. в полевом стационарном многолетнем трехфакторном опыте, заложенном на опытном поле ЯГСХА в 1995 г. методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта 4-кратная.

Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая глееватая средне-суглинистая на карбонатной морене. В годы исследований почва пахотного горизонта в среднем содержала: гумуса — 2,6%, легкодоступного фосфора — 224,7, обменного калия — 76,5 мг/кг почвы.

Полевые культуры и их чередование 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) — озимая тритикале (2006). Сорты: Мироновская 808 (озимая пшеница), Ярославская 136 (вика полевая) + Скакун (овес) — однолетние травы, Московский 3 (ячмень), Скакун (овес), Волхова (озимая рожь), Антей (озимая тритикале).

Все элементы технологий выращиваемых культур (кроме изучаемых) в опыте — рекомендованные для региона.

Схема трехфакторного (4×6×2) опыта включает 48 вариантов. На де-

лянках первого порядка площадью 756 м² (54 × 14 м) изучали системы обработки почвы, на делянках второго порядка площадью 126 м² (14 × 9 м) — удобрения и на делянках третьего порядка площадью 63 м² (9 × 7 м) — гербициды.

Результаты исследований представлены в среднем по изучаемым факторам и за 2003–2006 гг.

Схема полевого стационарного трехфакторного (4×6×2) опыта

Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»

1. Отвальная: вспашка на 20–22 см с предварительным лущением на 8–10 см, ежегодно, «О₁».

2. Поверхностная с рыхлением: 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 обработка на 6–8 см, ежегодно, «О₄».

В год закладки опыта (1995) проводили вспашку плугом ПЛН-3-35 на 20–22 см с предварительным дискованием пласта многолетних трав 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 + НРК (доза минеральных удобрений, рассчитанная на планируемую прибавку урожая), «У₅»; 6 — НРК (норма минеральных удобрений, рассчитанная на планируемую прибавку урожая), «У₆».

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

1 — (без гербицидов), «Г₁»; 2 — (с гербицидами), «Г₂».

Технологические приемы осуществлялись: дискование пласта многолетних трав на 8–10 см под озимую пшеницу тяжелой дисковой бороной БДТ-3 в агрегате с трактором ДТ-75; 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. в варианте «О₃»); 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. Все операции осуществлялись в агрегате с трактором МТЗ-82.

Гербициды: 2,4-ДА (40%) в норме 2,0 кг/га весной в фазу кущения озимой пшеницы (1996); раундап — 5,0 л/га за две недели до предпосевной обработки под викоовсяную смесь по всходам пырея ползучего (10–15 см) (1997); гранстар — 15,0 г/га в фазу кущения ячменя (1998); раундап — 8,0 л/га при массовом появлении побегов многолетних сорных растений, за 14 дней до предпосевной обработки почвы под викоовсяную смесь (2004); агритокс — 1,25 л/га — весной в фазу кущения озимой тритикале (2006).

Содержание гумуса определяли по методу И.В. Тюрина (вариант ЦИНАО) [3]; структуру почвы анализировали по методу Савинова (сухое просеивание), водопрочность почвенной структуры — по методу Савинова с использованием прибора Бакшеева [1]; электрокинетический потенциал — методом электрофореза [2]; плотность почвы — по общепринятой методике [3]; твердость почвы — с помощью твердомера Ревякина [1];

влажность почвы определяли весовым методом [3]. Урожайность всех полевых культур учитывали сплошным поделяночным методом с пересчетом на абсолютную чистую продукцию и стандартную влажность зерна 14% и сена однолетних трав — 16%.

За период проведения исследований погодные условия вегетационных периодов были контрастными: 2003 и 2004 гг. характеризовались избыточным количеством осадков, 2005 и 2006 гг. — меньшим количеством атмосферных осадков при повышенной температуре в сравнении со средне-многолетними данными.

Результаты исследований

*Влияние разных
по интенсивности систем
обработки, удобрений и гербицидов
на динамику агрофизических
свойств почвы*

Гумус как интегральный показатель плодородия в значительной мере влияет на агрофизические свойства почвы и на урожайность полевых культур. Так, связь гумусированности почвы с урожайностью в среднем за 2003–2006 гг. была тесной и выражалась коэффициентом корреляции $r = 69,5\%$, а с влажностью — $r = 62,4\%$.

В 2003 г. изучаемые системы обработки почвы в среднем по факторам не обусловили существенных различий в содержании гумуса, при наибольших значениях по системе поверхностно-отвальной обработки и наименьших по ежегодной поверхностной в слое 0–10 см и в целом по пахотному горизонту. А в среднем за 2004–2006 гг. система поверхностно-отвальной обработки обеспечила достоверное увеличение содержания гумуса как в слое 0–10 см, так и в 10–20 см на 0,14 и 0,16% соответственно по сравнению с системой отвальной обработки (табл. 1). Из изу-

Действие факторов интенсификации земледелия на содержание гумуса в почве
(%, в среднем за 2004–2006 гг.)

Вариант	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	0–20
<i>Фактор А. Система обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О ₁ »	2,59	2,51	2,55
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	2,63	2,52	2,58
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	2,73	2,67	2,70
Поверхностная, «О ₄ »	2,62	2,55	2,59
НСР ₀₅	0,06	0,09	0,07
<i>Фактор В. Система удобрений, «У»</i>			
Без удобрений, «У ₁ »	2,48	2,44	2,46
N ₃₀ , «У ₂ »	2,58	2,51	2,54
Солома, «У ₃ »	2,56	2,48	2,52
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	2,58	2,55	2,56
Солома + NPK, «У ₅ »	2,86	2,69	2,78
NPK, «У ₆ »	2,80	2,71	2,76
НСР ₀₅	0,06	0,08	0,05
<i>Фактор С. Система защиты растений, «Г»</i>			
Без гербицидов, «Г ₁ »	2,62	2,56	2,59
С гербицидами, «Г ₂ »	2,66	2,57	2,62
НСР ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

чаемых систем удобрений в 2003 г. лишь по фону солома + NPK отмечено достоверное увеличение содержания гумуса по слоям 0–10 и 10–20 см. В среднем за 2004–2006 гг. применение всех фонов удобрений по факторам способствовало увеличению содержания гумуса при наибольших статистически значимых уровнях в вариантах солома + NPK и NPK. Это можно объяснить поступлением в почву дополнительно органического вещества за счет увеличения корневого опада и внесения соломы.

Попеременное уплотнение и рыхление, характерное для современных технологий земледелия, — одна из главных причин деградации структуры пахотного горизонта, прежде всего снижения его способности к впитыванию осадков и созданию предпосылок для его эрозионного разрушения [2].

Коэффициент структурности, предложенный Н.А. Качинским, яв-

ляется наиболее общим показателем, характеризующим структурное состояние почвы. Исследуемые системы обработки почвы в 2003 г. и за 2004–2006 гг. в среднем по фонам удобрений и гербицидов не оказали существенного эффекта на коэффициент структурности (табл. 2). Вместе с тем, динамика этого показателя свидетельствует, что наибольшие значения коэффициента структурности отмечены по системам поверхностной с рыхлением и поверхностно-отвальной обработки, а наименьшие — при ежегодной отвальной.

Из изучаемых систем удобрений в среднем по факторам в 2003 г. в варианте солома + NPK по слою 0–10 см отмечено существенное увеличение коэффициента структурности.

В 2004–2006 гг. на всех фонах удобрений, за исключением N₃₀, наблюдалось увеличение коэффициента структурности, а в варианте солома 3 т/га оно было достоверным в слое

Влияние факторов интенсификации земледелия на структурность почвы
(в среднем за 2004–2006 гг.)

Вариант	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	0–20
<i>Фактор А. Система обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О ₁ »	3,42	3,33	3,38
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	3,49	3,36	3,42
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	3,52	3,35	3,43
Поверхностная, «О ₄ »	3,43	3,36	3,40
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
<i>Фактор В. Система удобрений, «У»</i>			
Без удобрений, «У ₁ »	3,38	3,38	3,38
N ₃₀ , «У ₂ »	3,28	3,13	3,21
Солома, «У ₃ »	3,71	3,48	3,59
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	3,44	3,47	3,46
Солома + NPK, «У ₅ »	3,46	3,47	3,47
NPK, «У ₆ »	3,52	3,18	3,35
НСР ₀₅	0,29	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
<i>Фактор С. Система защиты растений, «Г»</i>			
Без гербицидов, «Г ₁ »	3,41	3,28	3,35
С гербицидами, «Г ₂ »	3,35	3,29	3,32
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

0–10 см, при наибольших значениях в целом по пахотному горизонту на фонах солома 3 т/га, солома + NPK и солома + N₃₀.

Применение гербицидов в среднем по факторам не вызвало достоверных различий в коэффициенте структурности.

Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) в 2003 г. достоверно не зависело от изучаемых факторов. В среднем за 2004–2006 гг. содержание этой фракции существенно не изменялось под действием исследуемых систем обработки почвы по факторам при наибольших значениях по системе поверхностно-отвальной обработки в слое 0–10 см и в целом по пахотному горизонту (табл. 3).

Применение всех фонов удобрений, кроме N₃₀, в среднем по факторам способствовало увеличению содержания агрономически ценных агрегатов, при этом наибольшие значения отме-

чены в вариантах с соломой по фону солома 3 т/га в слое 0–10 см и в целом по пахотному горизонту.

Использование химических средств защиты растений от сорняков не обусловило в среднем по факторам достоверных изменений доли агрегатов от 0,25 до 10 мм. Содержание агрегатов размером <0,25 мм влияет на долю агрономически ценных агрегатов и коэффициент структурности.

На 8-й год применения системы поверхностной обработки (2003) при внесении полных минеральных удобрений наблюдалось достоверное увеличение содержания фракции <0,25 мм в слое 10–20 см с 1,96 по системе отвальной обработки до 4,49% (рис. 1 б).

Увеличение содержания фракции <0,25 мм по ежегодной поверхностной обработке в слое 10–20 см обусловлено сильным распылением верхнего слоя почвы и миграцией ее

Действие изучаемых факторов на содержание агрономически ценных агрегатов при сухом просеивании (% в среднем за 2004–2006 гг.)

Вариант	Слой, см		
	0–10	10–20	0–20
<i>Фактор А. Система обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О ₁ »	76,14	75,80	75,98
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	76,17	75,77	76,01
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	76,87	75,41	76,14
Поверхностная, «О ₄ »	75,76	75,51	75,63
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
<i>Фактор В. Система удобрений, «У»</i>			
Без удобрений, «У ₁ »	75,40	75,35	75,38
N ₃₀ , «У ₂ »	75,33	74,25	74,79
Солома, «У ₃ »	77,94	77,38	77,72
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	76,19	75,74	75,97
Солома + NPK, «У ₅ »	76,36	76,59	76,48
NPK, «У ₆ »	76,19	74,43	75,31
HCP ₀₅	1,80	F _ф <F ₀₅	1,81
<i>Фактор С. Система защиты растений, «Г»</i>			
Без гербицидов, «Г ₁ »	76,21	75,29	75,75
С гербицидами, «Г ₂ »	76,26	75,96	76,13
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

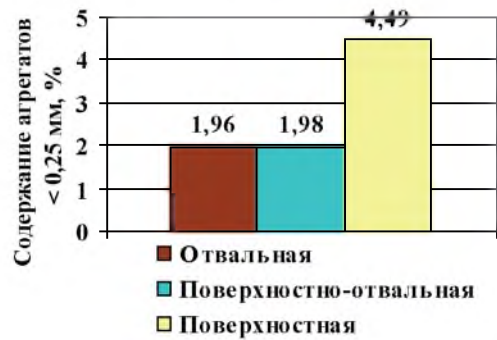
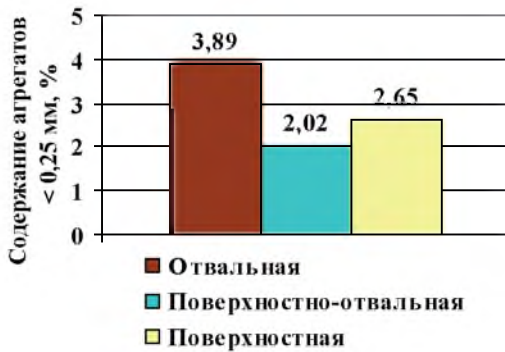


Рис. 1. Влияние разных систем обработки на содержание фракции <0,25 мм в слое почвы 10–20 см (2003 г., а — без удобрений, б — NPK)

в нижнюю часть пахотного слоя, что может приводить к его переуплотнению.

При поверхностно-отвальной обработке почвы путем применения периодической вспашки 1 раз в 4 года удастся достигать перемещения фракции <0,25 мм в верхнюю часть пахотного горизонта для оструктурирования.

По фону без удобрений в слое 10–20 см наибольшее содержание фракций <0,25 мм отмечалось при системе отвальной обработки, а наименьшее — при поверхностно-отвальной (рис. 1 а). В среднем за 2004–2006 гг. содержание фракции < 0,25 мм при системах отвальной и поверхностно-отвальной обработки по фону

без удобрений было примерно на одном уровне и лишь в варианте с ежегодной поверхностной наблюдалось значительное увеличение (рис. 2).

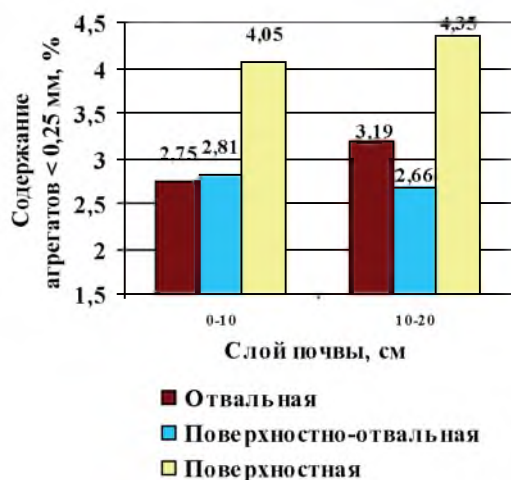


Рис. 2. Влияние изучаемых систем обработки на содержание фракции < 0,25 мм (в среднем за 2004–2006 гг., фон — без удобрений)

При изучаемых системах обработки почвы в среднем по фонам удобрений и гербицидов отмечалась разная динамика содержания фракции < 0,25 мм (табл. 4). Наибольшее содержание этой фракции наблюдалось при системах отвальной и поверхностной обработки в обоих слоях почвы, а наименьшее — при поверхностно-отвальной. Применение удобрений в среднем по факторам обусловило существенное снижение доли фракции < 0,25 мм в слое 0–10 см и в целом по пахотному горизонту на фонах $У_3$, $У_5$ и $У_6$, а в слое 10–20 см — в вариантах $У_3$, $У_4$ и $У_5$.

Гербицид в среднем не обусловил достоверных изменений исследуемого показателя.

Электрокинетический потенциал при системе поверхностно-отвальной обработки находится на практически одинаковом уровне у фракций размером < 0,25 мм, 0,25–10 мм и > 10 мм в обоих слоях (0–10, 10–20 см) пахотного горизонта. Это свидетельствует

Таблица 4

Содержание фракции < 0,25 мм при сухом просеивании (% в среднем за 2004–2006 гг.)

Вариант	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	0–20
<i>Фактор А. Система обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О ₁ »	3,23	2,68	2,96
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	2,94	2,70	2,82
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	2,77	2,49	2,63
Поверхностная, «О ₄ »	3,49	2,82	3,15
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
<i>Фактор В. Система удобрений, «У»</i>			
Без удобрений, «У ₁ »	3,55	2,91	3,23
N ₃₀ , «У ₂ »	3,88	2,75	3,32
Солома, «У ₃ »	2,71	2,62	2,67
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	3,20	2,52	2,86
Солома + NPK, «У ₅ »	2,47	2,54	2,51
NPK, «У ₆ »	2,81	2,67	2,74
HCP ₀₅	0,66	0,34	0,38
<i>Фактор С. Система защиты растений, «Г»</i>			
Без гербицидов, «Г ₁ »	2,95	2,76	2,86
С гербицидами, «Г ₂ »	3,26	2,58	2,92
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

о наступлении динамического равновесия, благоприятного для формирования агрономически ценной почвенной структуры и ее качественной однородности.

Следовательно, некоторое улучшение структурного состояния почвы при системе поверхностно-отвальной обработки, особенно при применении органического удобрения в форме соломы в сочетании с минеральными, научно обосновано.

Содержание водопрочных агрегатов ($>0,25$ мм) является важнейшим качественным показателем общей оструктуренности почвы (табл. 5). Из изучаемых систем обработки в среднем по факторам за 2004–2006 гг. применение поверхностно-отвальной и ежегодной поверхностной способствовало достоверному увеличению этой фракции в целом по пахотному горизонту на 1,69 и 3,92% соответственно при наибольших значениях с системой поверхностной как в слое 0–10 см, так и 10–20 см.

Исследуемые системы удобрений неоднозначно влияли на данный показатель. Отмечалось достоверное снижение доли водопрочных агрегатов при применении соломы отдельно ($У_3$) в слое 10–20 см и NPK в обоих слоях. Использование гербицидов не способствовало в среднем заметному изменению данного показателя.

По мнению [1], знание закономерностей движения почвенной влаги позволяет выбрать такие технологические приемы в системе земледелия, применение которых не нарушает его, и обеспечивает наиболее благоприятные условия для развития корней растений.

Динамика влажности в глееватой почве зависела в основном от содержания гумуса, обусловленного системами обработки почвы и удобрений, и уровня питания, обеспечивающих различия в плотности стеблестоя и разную степень непродуктивного расхода влаги через испарение с поверхности почвы.

Таблица 5

Содержание фракции $>0,25$ мм при мокром просеивании в зависимости от изучаемых факторов (% в среднем за 2004–2006 гг.)

Вариант	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	0–20
<i>Фактор А. Система обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О ₁ »	55,46	54,63	55,04
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	57,11	52,80	54,95
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	58,34	55,12	56,73
Поверхностная, «О ₄ »	59,27	58,66	58,96
HCP ₀₅	$F_{\Phi} < F_{05}$	$F_{\Phi} < F_{05}$	1,26
<i>Фактор В. Система удобрений, «У»</i>			
Без удобрений, «У ₁ »	58,13	59,33	58,73
N ₃₀ , «У ₂ »	59,77	56,40	58,08
Солома, «У ₃ »	57,84	54,30	56,07
Солома + N ₃₀ , «У ₄ »	54,70	56,48	55,59
Солома + NPK, «У ₅ »	58,42	56,48	57,45
NPK, «У ₆ »	50,29	51,65	50,97
HCP ₀₅	4,86	4,90	3,37
<i>Фактор С. Система защиты растений, «Г»</i>			
Без гербицидов, «Г ₁ »	58,13	55,29	56,71
С гербицидами, «Г ₂ »	56,97	55,31	56,14
HCP ₀₅	$F_{\Phi} < F_{05}$	$F_{\Phi} < F_{05}$	$F_{\Phi} < F_{05}$

Твердость почвы существенно не различалась в зависимости от изучаемых систем обработки и определялась в большей степени метеорологическими условиями вегетационного периода, во всех вариантах и слоях пахотного горизонта она находилась в пределах допустимых значений. Снижение этого показателя в вариантах с удобрениями, особенно солома + NPK и NPK, обусловлено лучшей оструктуренностью почвы.

Плотность почвы — важнейшая характеристика ее физического состояния. В излишне уплотненных почвах чаще, чем в рыхлых, нарушается воздухо- и газообмен, повышается содержание недоступной влаги, а для усвояемой — практически не остается места. Чрезмерно рыхлая почва не способна удерживать влагу, в ней нет необходимого контакта почвенных частиц с прорастающими семенами, а в дальнейшем — и с корневой системой растений. Это очень динамичная и вместе с тем информативная величина, так как дает представление о соотношении пор и твердой части почвы [9].

Исследованиями, проведенными Рязанским и Горьковским СХИ, установлено, что наибольшая продуктивность большинства культур достигается при оптимальной плотности суглинистой и глинистой почвы, которая колеблется в интервале 1,1-1,3 г/см³. Однако равновесная плотность почв значительно выше этих показателей — 1,35-1,50 г/см³ [4].

Плотность почвы за годы исследований во всех вариантах, в т.ч. и по системам обработки, была в пределах оптимальных значений или несколько ниже. Использование всех фонов удобрений в среднем по факторам способствовало снижению плотности почвы, в т.ч. достоверному при применении полных минеральных удобрений совместно с соломой и отдельно ($У_3$ и $У_6$) в обоих слоях пахотного горизонта. Это можно объяснить су-

щественным увеличением гумуса в этих вариантах.

Урожайность полевых культур, экономическая и энергетическая эффективность технологий

Урожайность с.-х. культур — интегральный показатель плодородия, свидетельствующий об эффективности агротехнических приемов (табл. 6). Урожайность полевых культур существенно не изменялась при изучаемых системах обработки почвы, за исключением достоверного снижения урожая озимой тритикале по системам поверхностной и поверхностной с рыхлением в 2006 г. на 0,53 и 0,78 т/га соответственно.

Применение удобрений способствовало статистически значимому увеличению величины урожая при максимальных значениях по фону солома + NPK за все годы исследований. Использование соломы непосредственно перед посевом озимых при поверхностной ее заделке усиливало токсичность почвы и способствовало снижению урожайности озимой тритикале. Использование гербицида раундап в 2004 г., его последствие в 2005 г. и гербицида агритокс в 2006 г. привело к достоверной прибавке урожая в среднем на 4-14% в сравнении с вариантами без их применения.

Экономическая эффективность производства зерна ячменя и озимой тритикале была выше при технологиях, базирующихся на системе поверхностно-отвальной обработки почвы как с применением NPK совместно с соломой, так и отдельно. Уровень рентабельности при выращивании ячменя был выше на 42,7 и 8,8%, озимой тритикале — на 10,6 и 21,9% соответственно по сравнению с технологиями по классической отвальной обработке.

Эффективность системы поверхностно-отвальной обработки была

Таблица 6

Урожайность полевых культур в зависимости от технологий возделывания (т/га)

Вариант	Озимая рожь, 2003 г.	Однолетние травы, 2004 г.	Ячмень, 2005 г.	Озимая трикале, 2006 г.
<i>Фактор А. Обработка почвы, «О»</i>				
Отвальная, «О ₁ »	2,13	1,74	2,20	2,01
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	2,00	1,65	2,12	1,48
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	2,10	1,63	2,27	1,79
Поверхностная, «О ₄ »	1,97	1,88	2,15	1,23
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,43
<i>Фактор В. Удобрение, «У»</i>				
Без удобрений, «У ₁ »	1,36	1,41	1,53	1,09
N ₃₀ , «У ₂ »	1,46	1,56	1,88	1,40
Солома 3 т/га, «У ₃ »	1,63	1,52	1,87	1,01
Солома 3 т/га + N ₃₀ , «У ₄ »	2,02	1,63	2,12	1,91
Солома 3 т/га + NPK, «У ₅ »	3,00	2,17	3,08	2,30
NPK, «У ₆ »	2,83	2,08	2,63	2,05
НСР ₀₅	0,65	0,09	0,22	0,30
<i>Фактор С. Система защиты растений, «Г»</i>				
Без гербицидов, «Г ₁ »	2,05	1,69	2,09	1,51
С гербицидами, «Г ₂ »	2,06	1,76	2,28	1,73
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	0,07	0,12	0,10

обусловлена экономией энергетических затрат по сравнению с ежегодной отвальной в 2,8 раза, в т.ч. за-

трат на: движители и с.-х. машины — в 2,6 раза, ГСМ — в 3,1 раза и затраты труда — в 3,1 раза (табл. 7).

Таблица 7

Оценка энергии систем основной обработки почвы (МДж/га/год)

Основная обработка почвы	Статьи затрат			Итого
	движители и с.-х. машины (в т. ч. амортизация, текущий ремонт, Т. О.)	ГСМ	затраты труда	
Отвальная, «О ₁ »	511,80	525,64	1,66	1038,82
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	196,74	169,20	0,53	366,48

Заклучение

На дерново-среднеподзолистой глееватой среднесуглинистой почве Центрального района Нечерноземной зоны России в качестве основной рекомендуется применение системы поверхностно-отвальной обработки, базирующейся на сочетании отвальной на глубину 20–22 см с предварительным дискованием или лушением на 8–10 см один раз в 4 года и поверхностной

обработки на 6–8 см в последующие 3 года.

Эта технология в среднем по всем системам удобрений, особенно в варианте солома + NPK, как по фону без гербицидов, так и с гербицидами обеспечивает улучшение агрофизических свойств почвы, предотвращение возможного переуплотнения нижележащих ее слоев и наибольшую экономическую и энергетическую эффективность, а также экологическую безопасность систем.

Библиографический список

1. Калинин А.И. Интегрированный подход. При определении системы почвообработки надо мыслить системно! // Новое сельское хозяйство, 2005. № 2. С. 38–41.
2. Копосов Г.Ф., Печенкина Н.В., Мифтахов Р.В. Уплотнение почвы и проблемы интенсификации земледелия // Земледелие, 2007. № 5. С. 16–18.
3. Макаров И.П., Захаренко А.В. Основные итоги и задачи исследований по обработке почвы // Достижения науки и техники АПК, 2004. № 5. С. 2–3.
4. Пестряков А.М. Оптимизация способов обработки почв в Рязанской области // Земледелие, 2003. № 6. С. 12–13.
5. Савич В.И., Байбеков Р.Ф., Банников В.Н. Физические свойства почв, как матрица их плодородия // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям. Тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 75-летию Почвенного института им. Докучаева. М., 2002.
6. Смирнов Б.А. Система «поверхностно-отвальной» обработки почвы / Почвозащитная ресурсосберегающая агротехническая система // Я., 2002.
7. Смирнов Б.А., Щукин С.В. Поверхностно-отвальная обработка почвы избыточного увлажнения в Нечерноземье // Плодородие, 2005. С. 32–35.
8. Смирнов Б.А., Щукин С.В., Чебыкина Е.В., Смирнова В.И. Система «поверхностно-отвальной» обработки на почвах с избыточным увлажнением / Почвозащитный ресурсосберегающий агротехнический комплекс // Я., 2005.
9. Татаринцев Л.М. Физическое состояние пахотных почв Юга Западной Сибири // Барнаул. Изд-во АГАУ, 2005.

Рецензент — д. с.-х. н. Г.И. Баздырев

SUMMARY

Data on four-year influence of various tillage systems, fertilizers and herbicides upon agrophysical soil properties are provided in the article. Surface — moldboard plowing system including neither fertilizers nor herbicides, and vice versa, favours both humus formation in soil and its structural state, prevents excessive compactness of the soil, and ensures both optimal moisture and firmness, does not reduce crop — capacity, cuts down expenses on tillage up to 2.8 times, as compared with traditional moldboard plowing. Both inadmissibility of annual surface tillage and periodical necessity of plowing soil have been justified because of possible overconsolidated soil layer of 10–20 cm. and lower horizons, due to soil fractions migration <0.25 mm. from upper layer to lower one.

Key words: sod-podzol gley soil, surface– moldboard plowing, humus, overconsolidated soil, soil fraction migration.

Смирнов Борис Александрович — д. с.-х. н., проф., зав. каф. земледелия ФГОУ ВПО ЯГСХА, засл. деятель науки РФ. Тел. (4852) 51-41-96. Эл. почта: agrodello@yaruslov1.ru.

Воронин Александр Николаевич — к. с.-х. н., ст. преподаватель каф. земледелия ФГОУ ВПО ЯГСХА. Тел. (920) 652-28-03.