

# ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Известия ТСХА, выпуск 3, 2002 год

УДК 631.51.01

## ПОВЕРХНОСТНО-ОТВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ (Новая технология)

**Б. А. СМЕРНОВ**

(Кафедра земледелия Ярославской ГСХА)

Приводятся результаты многолетних научных исследований, полученные в стационарных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах Центрального района РФ и проверенные в условиях производства, целью которых были разработка и обоснование новой почвозащитной ресурсосберегающей агротехнической системы основной обработки почвы, условно названной «поверхностно-отвальной», приемлимой для адаптивно-ландшафтного земледелия. Эта система базируется на сочетании обработок отвальной 1 раз в 4 года и поверхностной в остальные 3 года и в сравнении с традиционной отвальной сдерживает дегумификацию и деградацию почвы, не ухудшает уровень других показателей плодородия и фитосанитарного состояния почвы и посевов, не ведет к снижению урожайности полевых культур, уменьшает затраты совокупной энергии на основную обработку в 2,1-2,8 раза.

Экологическая сбалансированность, почвозащитная и ресурсосберегающая направленность всех агротехнических систем — основные условия адаптивно-ландшафтного земледелия.

Севооборот 4-8-полный с 2-3 полями многолетних трав — главный агротехнический стержень любых систем земледелия, в т. ч. и ландшафтных, в Нечерноземном

центре России. Однако такая доля многолетних трав в структуре севооборота может быть оптимальной для обеспечения бездефицитного баланса гумуса — интегрального показателя плодородия и определяющего фактора экологической сбалансированности только при условии, если агротехническая система, включающая в себя тесно взаимосвязанные и взаи-

мообусловленные подсистемы (обработку почвы, противозрозионные мероприятия, защиту культурных растений от вредных организмов, удобрение), не только не приведет к дегумификации и деградации почв, а будет способствовать проявлению тенденции к накоплению запасов в почве органического вещества в этой форме.

Тридцатилетние результаты наших научных исследований, выполненные в многолетних, стационарных опытах, свидетельствуют, что традиционная агротехническая система, базирующаяся на отвальной обработке как приеме регулирования свойств почвы и соответственно земных факторов жизни растений, фитосанитарного состояния почвы и посева, эффективности вносимых удобрений, включающая ежегодную вспашку на глубину пахотного слоя с предварительным лущением, приводит к лишней аэрации почвы и ускорению минерализации гумуса, усилению эрозионных процессов, деградации почвы.

Семена сорных растений, осыпавшиеся на поверхность почвы, при ежегодной вспашке не удушаются, а только лишь перемешиваются с почвенной массой пахотного слоя и частично даже провоцируются к прорастанию в посевах.

Дифференциация пахотного горизонта дерново-подзолистых почв по агрофизическим и агрохимическим показателям плодородия при безотвальной обработке идет такими темпами, что не определяет необходимость проводить оборот пласта раньше, чем через 4 года, т. к. не вызывает депрессии в урожайности.

Неоправданно большая энергоемкость системы основной обработки, базирующейся на ежегодной вспашке, не позволяет провести ее в данном регионе под ранние культуры осенью на основных площадях. В результате вспашка переносится на весенний период. Это приводит к позднему срокам сева, ухудшению условий роста и развития растений, неполноценному и запоздалому формированию урожая. В отдельные годы на больших площадях урожай вообще не успевает сформироваться и не убирается, что также сдвигает сроки вспашки на весенний период, способствует усилению засоренности посевов. Тем более, что такой прием, как лущение стерни, вообще не применяется в системе основной обработки.

Нашими многолетними стационарными исследованиями было также выявлено, что при поверхностной обработке без применения

гербицидов со временем наступает депрессия в урожайности культурных растений из-за накопления в верхнем слое зачатков вредных организмов, особенно сорных растений, и соответствующего усиления засоренности посевов. Эта депрессия наступает значительно раньше (как правило, на 5-й год поверхностной обработки), чем от расслоения пахотного горизонта по другим показателям плодородия почвы.

Это позволило нам установить значение биологических показателей и первоочередную роль фитосанитарного фактора в дифференциации пахотного горизонта на слои по плодородию при поверхностной и безотвальной обработках почвы с целью определения периодичности отвальной обработки в севооборотах данного региона.

В результате нами была разработана и проверена в условиях производства для несклоновых дерново-подзолистых почв, нормального увлажнения, среднего и более легкого гранулометрического состава почвозащитная ресурсосберегающая, экологически безопасная агротехническая система регулирования основных агрофизических, агрохимических, биологических и фитосанитарных свойств почвы и фи-

тосанитарного состояния посевов в полевых севооборотах Нечерноземного центра России, приемлемая для адаптивно-ландшафтного земледелия. Она базируется на сочетании вспашки на глубину пахотного слоя 20-22 см с предварительным лущением стерни или дискованием пласта многолетних трав на 8—10 см один раз в 4 года и поверхностной одно-, двукратной обработки на глубину до 10—12 см в течение остальных 3 лет и применении обычной предпосевной обработки почвы. Вспашка проводится после многолетних трав и в паровом поле при заделке органических удобрений или под пропашные культуры. Полевые культуры, под которые есть потребность проводить вспашку, должны распределяться равномерно в схеме севооборота. Кратность вспашки в севообороте в указанных пределах лет определяется длительностью периода ротации. Однако в 5-польном севообороте с 2 полями многолетних трав вспашку достаточно проводить один раз за ротацию.

Кратность поверхностных обработок в годы, когда вспашка не проводится, определяется длительностью послеуборочного периода и возможностью проведения провокации к отрастанию сорных растений, особенно

многолетних, в летне-осенний период. При длительном послеуборочном периоде проводится двукратное лушение: первое — сразу после уборки урожая на 6-8 см, второе — при массовом появлении пырея ползучего в фазе «шильца» и розеток листьев корнеотпрысковых видов сорных растений на глубину 10—12 см. При коротком послеуборочном периоде лушение проводится сразу после уборки урожая на глубину 10—12 см.

### Методика

Изучение возможности замены ежегодной отвальной основной обработки почвы на периодическую отвальную в сочетании с поверхностной или нулевой было проведено в многолетнем 3-факторном стационарном опыте, заложенном методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях в учебно-опытном хозяйстве ТСХА «Михайловское» Подольского района Московской области в 1980-1992 гг.

В предыдущие годы (1966—1979) проводились рекогносцировочные опыты, в которых было установлено наступление депрессии в урожайности полевых культур при поверхностной обработке по фону без гербицидов на 5-й год после вспашки вследствие накопления в

верхней части пахотного горизонта генеративных и вегетативных зачатков и соответствующего увеличения обилия сорных растений в посевах.

Площадь элементарной делянки в опыте — 100 м<sup>2</sup>. Повторность опыта 4-кратная. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, в пахотном слое перед закладкой опыта содержалось гумуса — 1,84%, азота общего — 0,11%, сумма обменных оснований — 12,8 м-экв/100 г, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 7,2, K<sub>2</sub>O — 12,8 мг/100 г; рН<sub>сол</sub> — 6,0, гидролитическая кислотность — 1,53.

Перед закладкой опыта было проведено известкование почвы по полной гидролитической кислотности. Удобрение вносили под программируемую урожайность: зерновых культур — 40 ц, однолетних трав на зеленую массу — 250 ц, картофеля — 250 ц/га.

### Схема опыта 1.

*Фактор А.* Севооборот:

1 — плодосменный = однолетние травы - озимая пшеница — картофель — ячмень;  
2 — зерновой специализации = однолетние травы - озимая пшеница - овес - ячмень.

*Фактор В.* Система основной обработки почвы: 1 — отвальная — вспашка на 20—22 см с предварительным лушением стерни на 8—10 см, ежегодно; 2 — сочетание от-

вальной с поверхностной — вспашка на 20—22 см с предварительным лущением на 8-10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная дисковая обработка на 10-12 см в остальные 3 года; 3 — сочетание отвальной с нулевой — вспашка на 20-22 см с предварительным лущением на 8-10 см 1 раз в 4 года и без обработки в остальные 3 года. Вспашку проводили в вариантах с сочетанием обработок под третью культуру севооборотов: в плодосменном — под картофель весной; в зерновой специализации — под овес осенью. Предпосевная обработка - рекомендованная для зоны.

*Фактор С.* Гербициды: 1 — без гербицидов; 2 — с гербицидами при насыщении севооборота на 50%; 3 — с гербицидами при насыщении севооборота на 75%. Использовались гербициды, рекомендованные для производственного применения. Они не применялись на однолетних травах в варианте с 75% насыщением, на однолетних травах и картофеле в варианте с насыщением севооборота гербицидами 50%.

Проверку результатов исследований в условиях производства проводили в 1993—1996 гг. в многолетнем 3-факторном стационарном опыте, заложенном на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве производственного

сельскохозяйственного кооператива «Родина» Большесельского района Ярославской области методом расщепленных делянок, с рендомизированным размещением вариантов в повторении.

В почве пахотного слоя 0~20 см содержалось: гумуса — 2,29%,  $P_2O_5$  — 85,3 мг/кг,  $K_2O$  — 150 мг/кг, сумма обменных оснований — 12,5 мпэкв/100 г;  $pH_{\text{СОЛ}}$  — 6,1. Повторность в опыте — 3-кратная. Общая площадь делянок: 1-го порядка - 7176 м<sup>2</sup> (46 м x 156 м); 2-го — 2392 м<sup>2</sup> (46 м x 52 м) и 3-го — 1196 м<sup>2</sup> (23 м x 52 м). Опыт заложен по многолетним травам 2-го г. п. в севообороте: многолетние травы 1-го г.п. (1991) — многолетние травы 2-го г.п. (1992) — ячмень (1993) — овес (1994) — пар занятый однолетними травами (1995) — озимая рожь + многолетние травы (1996).

#### **Схема опыта 2.**

*Фактор А.* Система основной обработки почвы, 0:1 — отвальная (дискование или лущение до 8—10 см + вспашка на 20-22 см, ежегодно),  $O_1$ ; 2 — сочетание 1 - поверхностно-отвальная с 2-кратным лущением (дискование пласта на 8-10 см + вспашка на 20~22 см 1 раз в 4 года (1993) — под ячмень, нулевая — без обработки осенью во влажные годы (1993) + + 2-кратное дисковое лущение на 6-8 см + 10-12 см

весной (1994) — под овес, 2-кратное дисковое лущение на 6—8 см + 10-12 см осенью (1994) — под однолетние травы и летом (1995) - под озимую рожь с подсевом многолетних трав), 0<sub>2</sub>; 3 — сочетание 2 — поверхностно-отвальная с однократным лущением (дискование пласта на 8-10 см + вспашка на 20-22 см 1 раз в 4 года (1993) - под ячмень, нулевая - без обработки осенью во влажные годы (1993) + однократное дисковое лущение на 10-12 см весной (1994) - под овес, однократное дисковое лущение на 10—12 см осенью (1994) — под однолетние травы и летом (1995) — под озимую рожь с подсевом многолетних трав), 0<sub>3</sub>.

*Фактор В.* Удобрение У: 1 — без удобрений, У<sub>2</sub>; 2 — NPK = 22N22P22K (1994), 22N (1995), 30N (1996) кг д.в. на 1 га У<sub>2</sub>; 3 — 2NPK = 44N44P44K (1994), 34N (1995), 60N (1996) кг д.в. на 1 га У<sub>3</sub>. В 1993 г. удобрения не применялись.

*Фактор С.* Гербициды Г: 1 — без гербицидов, Г<sub>1</sub>; 2 — с гербицидами 2,4-ДА (1993), ковбой (1994), Г<sub>2</sub>. Гербициды в 1995 и 1996 гг. не применялись. Минеральные удобрения вносили весной.

В условиях производства проверку сочетания периодической вспашки с поверхностной обработкой проводили

и на легкосуглинистой почве. Полевые и лабораторные исследования осуществляли по общепринятым методикам [1-5].

## Результаты

**Действие разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на сорный компонент агрофитоценоза.** Возможность регулирования численности сорных растений и накопления их сухой массы разными системами обработки почвы и гербицидов в севооборотах наиболее четко проявлялась в периоды второй и третьей ротаций, т.е. когда опыт уже вошел в режим.

Сочетание отвальной обработки с поверхностной или с нулевой по фону без гербицидов обеспечило в среднем за 8-летний период двух ротаций в плодосменном севообороте практически одинаковый уровень численности малолетних сорных растений, а в севообороте зерновой специализации в вариантах с сочетанием обработок наблюдалась тенденция к снижению численности малолетников в сравнении с засоренностью растениями этой группы по отвальной обработке (табл. 1).

Численность многолетних видов сорных растений как в севообороте плодосменном, так и зерновой специализации по фону без гербицидов

Таблица 1

**Численность (шт/м<sup>2</sup>) и сухая масса (г/м<sup>2</sup>) сорных растений  
в среднем за вегетацию культур второй и третьей ротаций  
севооборотов (1985 - 1992 гг., УОХ «Михайловское»)**

Система основной обработка почвы	Герби- цид (насы- ще- ние, %)	Севооборот плодос- менный			Севооборот зерновой специализации		
		шт/м <sup>2</sup>		г/м <sup>2</sup>	шт/м <sup>2</sup>		г/м <sup>2</sup>
		мало- летние	много- летние	все виды	мало- летние	много- летние	все виды
Отвальная	0	294	1,9	94,8	270	1,6	71,3
	50	165	1,5	52,5	179	1,7	27,4
	75	87	1,6	20,0	116	1,3	18,3
Сочетание отваль- ной с поверхн.	0	307	2,5	112	243	3,6	85,6
	50	201	1,5	50,9	164	1,9	29,3
	75	124	1,8	29,9	122	1,7	24,6
Сочетание отваль- ной с нулевой	0	293	5,0	117	225	9,3	95,5
	50	191	1,8	51,9	151	3,1	30,2
	75	130	2,4	28,8	120	2,9	23,7

при сочетании обработок имела тенденцию к увеличению в сравнении с отвальной. С уменьшением механического воздействия засоренность многолетними видами сорных растений увеличивалась. Однако превышение численности многолетников по сочетанию отвальной обработки с поверхностной было незначительным и составляло 0,6 шт/м<sup>2</sup> в плодосменном севообороте и 2 шт/м<sup>2</sup> зерновой специализации.

Основным показателем, отражающим уровень конкурентной способности сорных растений, является их сухая масса. Накопление ее всеми видами сорных растений по фону без гербицидов в сред-

нем за две ротации севооборотов к концу вегетации полевых культур было практически одинаковым по всем системам обработки почвы в обоих севооборотах. Общий уровень накопления сухой массы сорных растений по фону без гербицидов в плодосменном севообороте по всем системам обработки почвы был выше, чем в севообороте зерновой специализации, за счет большего накопления ее в посадках картофеля, чем в посевах овса. Это превышение составило: по отвальной обработке — 33,0%; сочетанию отвальной с поверхностной — 30,8%; сочетанию отвальной с нулевой — 22,5%.

Применение гербицидов в обоих севооборотах резко снизило засоренность посевов как по численности, так и накоплению сухой массы сорными растениями всех биогрупп и выравнило ее по уровню на всех системах обработки в пределах фона по насыщению ими севооборота. Увеличение насыщения севооборота гербицидами с 50 до 75% способствовало уменьшению численности малолетних и сухой массы всех видов сорных растений, но не приводило к снижению численности многолетних видов.

При проверке в условиях производства в год закладки полевого стационарного опыта (1993) в посевах первой культуры (ячменя), размещённой по отвальной обработке, на всех условно выделенных вариантах, но ещё не развернутых в натуре, различия в обилии сорных растений основных биологических групп были недостоверными, а различия в потенциальной засорённости семенами и вегетативными органами размножения сорных растений и плотности почвы пахотного слоя были незначительными. Так, общая численность семян сорных растений варьировала от 1196 до 1310 млн шт/га, общая длина вегетативных органов размножения — от 282 до 334 см/м<sup>2</sup>, а плотность почвы в фазу выхода в труб-

ку культурных растений — от 1,22 до 1,29 г/см<sup>3</sup>.

Изучаемые системы обработки почвы и удобрений способствовали частичному изменению обилия сорных растений как по численности многолетних и малолетних видов, так и по общему накоплению сухой массы в среднем за 4-летний период звена севооборота (табл. 2).

Существенное снижение обилия сорных растений в среднем за 4 года опыта наблюдалось в основном только под действием гербицидов на малолетние виды. При этом достоверное снижение численности последних наблюдалось только по двум системам обработки: традиционной отвальной и поверхностно-отвальной с двукратным лушением на двух самых низких фонах питания ( $У_1$  и  $У_2$ ). В других вариантах обработки почвы и удобрений гербициды обеспечили только проявление тенденции к снижению численности сорных растений в связи с большим их угнетением и уничтожением на соответствующих вариантах по фонам без гербицидов.

Накопление сухой массы всеми сорными растениями в среднем за 4-летний период существенно снижалось под действием гербицидов, но только по системе поверхностно-отвальной обработки с однократным лушением при



Т а б л и ц а 2

**Обилие сорных растений при применении разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов (в среднем за 1993-1996 гг., п. с.-х. к. «Родина»)**

Вариант			Численность, шт/м <sup>2</sup>			Сухая масса, г/м <sup>2</sup>
обработка почвы, О	удобрение, У	гербицид, Г	всего	в т. ч.		
				многолетние	малолетние	всего
Отвальная, О <sub>1</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	201	5,1	196	28,0
		Г <sub>2</sub>	147	4,2	143	24,7
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	199	4,6	194	30,2
		Г <sub>2</sub>	143	3,6	139	25,0
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	178	4,3	174	34,5
		Г <sub>2</sub>	143	3,8	139	28,3
Сочетание 1 (поверхностно-отвальная с двукратным лущением), О <sub>2</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	185	8,6	176	26,5
		Г <sub>2</sub>	131	7,3	124	22,9
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	183	8,0	175	26,6
		Г <sub>2</sub>	134	7,8	126	23,9
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	159	9,4	150	27,3
		Г <sub>2</sub>	155	7,8	147	25,0
Сочетание 2 (поверхностно-отвальная с однократным лущением), О <sub>3</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	156	8,3	148	28,5
		Г <sub>2</sub>	142	6,9	135	21,9
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	180	9,0	171	33,2
		Г <sub>2</sub>	138	7,5	130	25,3
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	174	9,2	165	31,2
		Г <sub>2</sub>	134	8,1	126	23,3
НСР <sub>05</sub> <sup>А</sup>			$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
НСР <sub>05</sub> <sup>В</sup>			$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
НСР <sub>05</sub> <sup>С</sup>			43,2	2,0	42,8	7,2

применении удобрений. По всем другим системам обработки почвы и удобрений от применения гербицидов наблюдалась лишь чётко выраженная тенденция к уменьшению накопления сухой массы сорных растений.

При разработке ресурсосберегающих почвозащитных систем обработки почвы важна не столько интенсивность регулирующего воздействия их на сорный компонент полевого агрофитоценоза и основные показатели плодо-

родия почвы, сколько общая, направленность этого воздействия со временем. В этой связи анализ результатов исследований, полученных в последний год 4-польного звена севооборота, имеет принципиальное значение в определении направленности тенденций и закономерностей регулирующего воздействия применяемых факторов. Так, если в первый год опыта перед вводом в действие вариантов с разными по интенсивности системами обработки почвы различия по обилию сорных растений во всех случаях были не достоверными, то в 4-й год наблюдалась чётко выраженная тенденция к уменьшению их общей численности по обеим ресурсосберегающим системам обработки в сравнении с традиционной отвальной обработкой при достоверном снижении численности при системе поверхностно-отвальной с однократным лущением по фону без удобрений (табл. 3).

Достоверное снижение по фону без удобрений наблюдалось на обеих ресурсосберегающих системах обработки и численности малолетних сорных растений при сохранении отсутствия существенных различий по численности побегов многолетних сорняков между изучаемыми системами обработки почвы, удобрений и гербицидов.

Накопление общей сухой массы сорных растений почти по всем фонам удобрений и гербицидов было существенно меньше на ресурсосберегающих системах обработки, чем в соответствующих вариантах с отвальной обработкой.

Применение низких «компенсирующих» и двойных доз минеральных удобрений и гербицидов не способствовало существенному изменению численности сорных растений при взаимодействии с изучаемыми системами обработки, а лишь приводило под действием удобрений к некоторому достоверному увеличению общей массы сорных растений, особенно по системе отвальной обработки, в связи с более низкой конкурентной способностью стеблестоя озимой ржи в данных условиях года.

Таким образом, изучаемые ресурсосберегающие системы обработки почвы не способствуют увеличению общего обилия сорных растений как по фонам без удобрений и без гербицидов, так и при применении низких «компенсирующих» доз удобрений и гербицидов (с 50% насыщением севооборота). Особенностью этих систем обработки почвы при взаимодействии с изучаемыми фонами является более эффективное регулирующее воздействие на малолетние сорные растения и менее эф-

Таблица 3

**Обилие сорных растений в посевах озимой ржи  
при применении разных по интенсивности систем обработки  
почвы, удобрений и гербицидов  
(1996 г., в среднем за вегетацию, п. с.-х. к. «Родина»)**

Вариант			Численность, шт/м <sup>2</sup>			Сухая масса, г/м <sup>2</sup>
обработка почвы, О	удоб- рение, У	герби- цид, Г	всего	в т. ч.		всего
				много- летние	мало- летние	
Отвальная, О <sub>1</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	76	2,1	74	61,1
		Г <sub>2</sub>	70	2,3	68	61,5
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	70	2,3	68	69,1
		Г <sub>2</sub>	80	1,5	79	63,5
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	68	2,0	66	84,1
		Г <sub>2</sub>	70	1,8	68	79,4
Сочетание 1 (поверхностно- отвальная с дву- кратным луще- нием), О <sub>2</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	50	1,9	48	49,3
		Г <sub>2</sub>	55	2,5	53	56,9
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	58	2,3	56	50,8
		Г <sub>2</sub>	67	2,8	64	61,7
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	69	2,7	66	53,1
		Г <sub>2</sub>	67	4,1	63	62,4
Сочетание 2 (поверхностно- отвальная с одно- кратным луще- нием), О <sub>3</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	38	3,2	35	63,2
		Г <sub>2</sub>	55	2,7	52	52,9
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	56	2,7	53	60,7
		Г <sub>2</sub>	54	3,7	50	69,1
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	56	2,9	53	66,2
		Г <sub>2</sub>	59	4,1	55	59,8
НСР <sub>05</sub> <sup>А</sup>			31,0	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	25,7	2,9
	НСР <sub>05</sub> <sup>В</sup>		F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	2,4
		НСР <sub>05</sub> <sup>С</sup>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	2,8

фактивное воздействие на многолетние виды сорных растений, чем при системе отвальной обработки и соответствующих сочетаниях факторов. Однако все изучаемые нами агрокомплексы способствуют уменьшению числен-

ности многолетних и малолетних сорных растений.

**Влияние разных по интенсивности систем обработки почвы и удобрений на показатели плодородия пахотного слоя.** Содержание гумуса в почве в вариантах с соче-

танием обработок на 13-й год (1992) опыта 1 под четвертой культурой после вспашки было больше в сравнении как с исходной величиной, так и с содержанием в этот же год в варианте с отвальной обработкой (табл. 4). Наибольшие различия (на 0,19%) наблюдались в слое 0-10 см. В этой связи плотность почвы на данных системах обработки имела тенденцию к снижению по всей глубине пахотного горизонта в сравнении с плотностью при отвальной обработке и была на уровне оптимальной для группы зерновых культур (табл. 4).

Суммарное содержание  $P_2O_5$  в пределах пахотного слоя по всем системам обработки было практически одинаковым с тенденцией к незначительному увеличению показателя в верхней части пахотного слоя по сочетанию обработок. Это можно объяснить внесением минеральных удобрений в верхний слой

почвы в течение 3 лет после вспашки (табл. 4).

В опыте в условиях производства наибольших изменений в основных показателях плодородия почвы под действием изучаемых факторов можно было ожидать только в конце 4-летней ротации звена севооборота.

*Засорённость почвы, органами размножения сорняков.* Уменьшение численности многолетних и особенно малолетних сорных растений в агрофитоценозах к 1996г. по изучаемым нами ресурсосберегающим системам обработки почвы обусловлено соответствующим действием их на генеративные и вегетативные зачатки, находящиеся в почве (табл.5). Так, общее количество семян сорных растений в пахотном слое почвы к концу вегетации озимой ржи (четвёртой культуры звена севооборота) уменьшилось под действием систем обработки: отвальной — на

Т а б л и ц а 4  
**Свойства пахотного слоя почвы 0-10 см (числитель) и 10-20 см (знаменатель) (севооборот зерновой специализации, оз. пшеница, 1992 г., УОХ «Михайловское»)**

Обработка почвы	Гумус, %	$P_2O_5$ , мг/кг	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Отвальная	<u>1,79</u>	<u>207</u>	<u>1,25</u>
	1,83	235	1,32
Сочетание отвальной с однократной поверхностной	<u>1,98</u>	<u>221</u>	<u>1,22</u>
	1,86	226	1,30
Сочетание отвальной с нулевой	<u>1,97</u>	<u>215</u>	<u>1,12</u>
	1,90	216	1,15

31,6%, поверхностно-отвальной с двукратным лущением — на 47,8%, поверхностно-отвальной с однократным лущением — на 37,1% в сравнении с исходными величинами потенциальной засорённости, установленными перед посевом ячменя (1993 г.).

Большее уменьшение запасов семян по системам с сочетанием обработок обусловлено аккумуляцией семян в верхней части пахотного слоя в этих вариантах в течение последних 3 лет и более сильной их провокацией к прорастанию и уничтожением проростков в послеуборочный и предпосевной периоды.

Общая длина органов вегетативного размножения в пахотном слое почвы по изучаемым системам обработки (отвальной, сочетание 1, сочетание 2) к концу вегета-

ции озимой ржи уменьшилась соответственно на 18,7; 11,0; 9,3%. Более низкий уровень эффективности ресурсосберегающих систем обработки в подавлении корневой системы многолетников связан с меньшей глубиной подрезания её при применении поверхностных обработок в течение последних 3 лет.

*Содержание в почве органического вещества.* По фону без удобрений и гербицидов содержание органического вещества в обоих слоях пахотного горизонта почв в 4-й год после вспашки в вариантах с сочетанием обработок было больше, чем в вариантах с ежегодной отвальной обработкой как в начале, так и в конце вегетации (табл.6). Во всех случаях увеличение содержания органического вещества

Т а б л и ц а 5

**Изменение потенциальной засорённости почвы при разных по интенсивности системах обработки (слой 0-20 см)**

Система обработки почвы, O	Семена сорных растений, млн. шт/га	Органы вегетативного размножения сорных растений, см/м <sup>2</sup>					всего
		бодяк полевой	осот полевой	пырей ползучий	хвощ полевой	прочие виды	
Отвальная, O <sub>1</sub>	<u>1264</u>	<u>86</u>	<u>44</u>	<u>98</u>	<u>56</u>	<u>21</u>	<u>305</u>
	865	71	27	69	61	20	248
Сочетание 1, O <sub>2</sub>	<u>1310</u>	<u>71</u>	<u>30</u>	<u>122</u>	<u>45</u>	<u>14</u>	<u>282</u>
	684	64	39	78	52	18	251
Сочетание 2, O <sub>3</sub>	<u>1196</u>	<u>98</u>	<u>68</u>	<u>77</u>	<u>63</u>	<u>28</u>	<u>334</u>
	753	85	53	83	56	26	303

П р и м е ч а н и е. В числителе — 1993 г., в знаменателе — 1996 г.

**Т а б л и ц а 6**

**Содержание органического вещества в почве под посевом  
озимой ржи (% , 1996 г.)**

Система обработки почвы, O	Слой почвы, см	Срок определения		В среднем за вегетацию
		начало вегетации	конец вегетации	
Отвальная, O <sub>1</sub>	0-10	2,16	2,27	2,22
	10-20	2,04	2,26	2,15
	0-20	2,10	2,27	2,19
Сочетание 1 (поверхностно-отвальная с двукратным лущением), O <sub>2</sub>	0-20	2,37	2,50	2,44
	10-20	2,14	2,35	2,25
	0-20	2,26	2,43	2,35
Сочетание 2 (поверхностно-отвальная с однократным лущением), O <sub>3</sub>	0-10	2,29	2,54	2,42
	10-20	2,30	2,50	2,40
	0-20	2,30	2,52	2,41

в почве при уменьшении механического воздействия было обусловлено превышением активности процессов образования его над минерализацией из-за ослабления аэрации почвы.

**Изменение агрохимических показателей.** Кислотность почвы при уменьшении механического воздействия в вариантах с сочетанием обработок как по фону без удобрений, так и с их применением имела тенденцию к снижению, особенно в слое 0-10 см, по сравнению со значениями в аналогичных вариантах с отвальной обработкой (табл.7). Это можно объяснить увеличением содержания в почве органического вещества.

**Содержание в почве фосфора в подвижной форме и обменного калия** было различным по слоям пахотного

горизонта. Дифференциация пахотного горизонта почвы по содержанию этих элементов питания с превышением их запасов в верхнем слое (0-10 см) над количеством в нижнем (10-20 см) наблюдалась при всех системах обработки почвы и фонах питания. Расслоение пахотного слоя почвы по этим показателям происходило более рельефно по системам поверхностно-отвальной обработки. Это можно объяснить большей аккумуляцией в верхнем слое ежегодно образующихся фосфора и калия в доступных растениям формах и внесении удобрений в верхний слой в предыдущие годы без перемешивания почвы в течение 3 лет в данных вариантах обработки.

**Агрофизические показатели.** Плотность почвы под посевом озимой ржи по всем

Т а б л и ц а 7

**Реакция почвенного раствора ( $pH_{\text{сол}}$ ), содержание в почве  $P_2O_5$   
и  $K_2O$  (мг/кг) под посевом озимой ржи (1996 г.,  
в среднем за вегетацию) в слое почвы 0-10 см (числитель)  
и 10-20 см (знаменатель)**

Вариант		$pH_{\text{сол}}$	$P_2O_5$	$K_2O$
обработка почвы, O	удобрение, У			
Отвальная, O <sub>1</sub>	У <sub>1</sub>	<u>6,1</u>	<u>81</u>	<u>155</u>
		5,7	76	130
	У <sub>2</sub>	<u>5,1</u>	<u>52</u>	<u>147</u>
		5,6	58	120
	У <sub>3</sub>	<u>5,5</u>	<u>66</u>	<u>135</u>
		5,6	74	112
Сочетание 1 (поверхностно-отвальная с двукратным лущением), O <sub>2</sub>	У <sub>1</sub>	<u>6,2</u>	<u>67</u>	<u>163</u>
		5,4	47	137
	У <sub>2</sub>	<u>6,4</u>	<u>110</u>	<u>195</u>
		5,6	62	145
	У <sub>3</sub>	<u>6,1</u>	<u>135</u>	<u>152</u>
		6,0	94	103
Сочетание 2 (поверхностно-отвальная с однократным лущением), O <sub>3</sub>	У <sub>1</sub>	<u>6,4</u>	<u>101</u>	<u>176</u>
		6,2	78	108
	У <sub>2</sub>	<u>6,6</u>	<u>74</u>	<u>122</u>
		5,8	62	79
	У <sub>3</sub>	<u>6,5</u>	<u>89</u>	<u>173</u>
		5,9	67	122

системам обработки в вариантах без удобрений и гербицидов была на уровне оптимальной для культурных растений (табл. 8). Однако по отвальной обработке в начале вегетации плотность почвы была несколько ниже, чем по поверхностно-отвальной. Это могло отрицательно отразиться на формировании урожая зерна озимой ржи в связи с меньшими запасами влаги из-за большой некапиллярной пористости.

Примечательным остаётся тот факт, что даже после

3-летней поверхностной обработки и при выращивании четвертой культуры после вспашки из группы озимых зерновых плотность почвы в слое 10-20 см в конце вегетации была не выше, чем плотность того же слоя при ежегодной отвальной обработке.

**Влажность почвы** в день посева озимой ржи была несколько выше на делянках с поверхностно-отвальной обработкой в слое почвы 10-20 см, чем в том же слое на делянках с отвальной обработкой (табл.9).

Таблица 8

**Влияние разных по интенсивности систем обработки на плотность почвы под посевом озимой ржи (г/см<sup>3</sup>, 1996 г.)**

Система обработки почвы, О	Слой почвы, см	Срок определения		В среднем за вегетацию
		начало вегетации	конец вегетации	
Отвальная, О <sub>1</sub>	0-10	1,15	1,27	1,21
	10-20	1,22	1,44	1,33
	0-20	1,19	1,35	1,27
Сочетание 1 (поверхностно-отвальная с двукратным лущением), О <sub>2</sub>	0-10	1,28	1,36	1,32
	10-20	1,32	1,41	1,37
	0-20	1,30	1,39	1,35
Сочетание 2 (поверхностно-отвальная с однократным лущением), О <sub>3</sub>	0-10	1,32	1,33	1,33
	10-20	1,32	1,39	1,35
	0-20	1,32	1,36	1,34

Таблица 9

**Изменение влажности почвы под действием разных по интенсивности систем обработки (%), 1995 г., озимая рожь, день посева)**

Система обработки почвы, О	Слой почвы, см	
	0-10	10-20
Отвальная, О <sub>1</sub>	12,1	16,2
Сочетание 1, О <sub>2</sub>	12,3	18,8
Сочетание 2, О <sub>3</sub>	12,6	19,1

В связи с малым количеством атмосферных осадков в летний период 1995 г. при отвальной обработке почвы наблюдалась большая глыбистость на всю глубину пахотного слоя, а следовательно, при этом увеличивались некапиллярная пористость и потеря почвенной влаги. В вари-

антах с поверхностной обработкой (сочетание), которая проводилась сразу после уборки однолетних трав, почва верхнего слоя хорошо крошилась. Это положительно отразилось на сохранении влаги в почве и полевой всхожести семян. Почва нижней части пахотного слоя была с нарушенным сложением и большим объемом капиллярной пористости. Это способствовало подъёму воды из нижележащих горизонтов почвы к поверхностному слою. В результате начало всходов озимой ржи в вариантах с сочетанием обработок наблюдалось раньше на 2 дня. Полнота всходов была больше на 18,6%. Начало кушения отмечено на 3 дня раньше, чем при отвальной обработке почвы. Всё это



положительно сказалось на формировании урожая культуры.

**Хозяйственная и энергетическая эффективность разных по интенсивности технологий производства продукции.** Продуктивность полевых культур по сочетанию отвальной обработки с поверхностной имела тенденцию к увеличению в сравнении с отвальной во всех севооборотах в условиях интенсивного земледелия (табл. 10). При сочетании отвальной обработки с нулевой не снижалась продуктивность культурных растений как по фонам без гербицидов, так и с гербицидами в обоих севооборотах (табл. 10).

Урожайность озимой пшеницы как тесткультуры, выращиваемой по интенсивной технологии, на 13-й год опыта и 4-й год после вспашки в вариантах с сочетанием от-

вальной с поверхностной или нулевой обработок была на уровне отвальной обработки и составляла 59,9 - 64,3 ц/га в плодосменном севообороте и 59,1 - 61,9 ц/га в севообороте зерновой специализации.'

В опыте в условиях производства при современных экономических отношениях в АПК урожайность полевых культур по системам с сочетанием обработок на фоне удобрений и гербицидов имела тенденцию к увеличению в сравнении с уровнем на соответствующих фонах по отвальной обработке почвы, а в 1994 г. по поверхностно-отвальной обработке с однократным лушением при применении минимальной «компенсирующей» дозы удобрений ( $У_2$ ) без гербицидов была получена существенная прибавка урожая овса (6 ц/га) по сравнению с уров-

Т а б л и ц а 10  
Продуктивность севооборотов (УОХ «Михайловское»)

Обработка почвы	Гербицид (насыщенность, %)	Плодосменный		Зерновой специализации	
		1980-1991 гг., ц к.ед/га	1992 г., оз. пшеница, ц/га	1980-1991 гг., ц к.ед/га	1992 г., оз. пшеница, ц/га
Отвальная, $O_1$	0	45,8	61,2	31,2	60,1
	75	52,7	63,1	34,0	61,3
Сочетание отвальной с поверхн.	0	46,3	61,7	31,4	59,5
	75	52,8	63,1	35,1	61,9
Сочетание отвальной с нулевой	0	47,3	59,9	31,6	59,1
	75	52,8	64,3	35,3	61,3

Таблица 11

**Урожайность полевых культур при применении разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов (ц/га)**

Вариант			Культура севооборота			
обработка почвы, О	удобре- ние, У	герби- цид, Г	ячмень, 1993 г.	овёс, 1994 г.	одно- летние травы, (сено) 1995 г.	озимая рожь, 1996 г.
Отвальная, О <sub>1</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	33,1	21,6	32,4	19,3
		Г <sub>2</sub>	35,3	24,3	30,5	19,4
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	32,8	21,7	31,2	22,5
		Г <sub>2</sub>	34,4	27,4	33,0	20,5
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	34,0	23,0	35,5	22,7
		Г <sub>2</sub>	35,6	31,0	37,1	22,8
Сочетание 1 (поверхностно- отвальная с дву- кратным луще- нием), О <sub>2</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	32,9	22,4	34,3	21,9
		Г <sub>2</sub>	35,7	26,6	36,8	23,5
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	33,7	22,7	31,6	24,5
		Г <sub>2</sub>	35,4	29,9	33,7	24,9
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	32,9	25,4	42,3	26,4
		Г <sub>2</sub>	34,8	33,0	43,4	27,4
Сочетание 2 (поверхностно- отвальная с одно- кратным луще- нием), О <sub>3</sub>	У <sub>1</sub>	Г <sub>1</sub>	33,0	23,8	32,9	22,5
		Г <sub>2</sub>	34,9	27,1	36,6	22,9
	У <sub>2</sub>	Г <sub>1</sub>	32,7	27,7	33,1	24,9
		Г <sub>2</sub>	36,1	32,8	36,5	25,9
	У <sub>3</sub>	Г <sub>1</sub>	33,8	27,8	36,2	27,1
		Г <sub>2</sub>	35,9	35,0	38,0	27,3
НСР <sub>05</sub> <sup>А</sup>			F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	5,77	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>
НСР <sub>05</sub> <sup>В</sup>			F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	4,94	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	6,99
НСР <sub>05</sub> <sup>С</sup>			1,07	3,70	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

нем урожайности на соответствующих фонах отвальной обработки (табл. 11).

Применение удобрений было более эффективным при использовании гербицидов. Однако достоверные прибавки урожая от удобрений были получены только в 1994 и 1996 гг. при вы-

ращивании овса и озимой ржи, соответственно. Гербициды в повышении урожайности имели значение только в годы их применения при формировании урожая ячменя и овса. По всем системам обработки почвы от гербицидов были получены достоверные прибавки урожая.

Технологии производства продукции полевых культур, базирующиеся на ресурсосберегающих системах поверхностно-отвальной обработки почвы (сочетания 1 и 2) как без применения удобрений и гербицидов, так и с их применением были энергетически более эффективны (табл. 12). Коэффициент энергетической эффективности был выше по этим технологиям на фонах без удобрений и гербицидов на 0,09 и 0,14, а на фонах с удобрениями и гербицидами — на 0,09 и 0,15 по сравнению с соответствующими коэффициентами по технологиям с отвальной обработкой почвы. Это было обусловлено в основном меньшими энергетическими затратами на основную обработку почвы (табл. 13).

Затраты совокупной энергии на основную обработку почвы уменьшались: при сочетании отвальной с двукратной поверхностной — в 2,1 раза, а при сочетании отвальной с однократной поверхностной — в 2,8 раза в сравнении с затратами энергии на отвальную обработку.

Наибольшей энергетической эффективностью по всем фонам отличалась технология, базирующаяся на системе поверхностно-отвальной обработки с однократным лучением (сочетание 2), что объясняется не только боль-

шей экономией энергии на основной обработке почвы, но и некоторым увеличением валового выхода энергии. Сочетание отвальной обработки с нулевой и двукратной поверхностной (сочетание 1), а также сочетание отвальной с нулевой и однократной поверхностной обработок (сочетание 2) в опыте, проведенном в условиях производства хозяйства «Родина», способствовали увеличению выхода продукции в среднем по всем фонам удобрений и гербицидов за 4 года соответственно на 2,6 и 3,4 ц к. ед. на 1 га (табл. 14).

Применение удобрений, приобретенных за счет экономии средств на сушке зерна, полученного по ресурсосберегающим технологиям, позволило дополнительно получить до 4,1 ц/га к. ед. в среднем в год. Использование гербицидов в течение 2 лет из 4, приобретенных за счет экономии средств на основной обработке почвы, способствовало увеличению урожайности в среднем за 4 года на 3,3 ц к. ед. с 1 га.

Следовательно, применение ресурсосберегающих технологий позволило дополнительно получить около 7 ц к. ед. с каждого гектара посева зерновых культур за счет экономии только денежных средств на ГСМ и жидком топливе, используемом на сушке зерна.

Т а б л и ц а 12

**Энергетическая эффективность разных по интенсивности технологий выращивания продукции**  
(в среднем за 1993-1996 гг. в звене севооборота ячмень - овёс - однолетние травы - озимая рожь)

Вариант	Затраты совокупной энергии, МДж за 4 года на 1 га				Валовой выход энергии с урожаем за 4 года, МДж/га	Биоэнергетический коэффициент, η
	удобрение, гербициды, $У + Г$	всего	в т. ч.:			
основные средства производства, $Q_{i,f}$			оборотные средства производства, $Q_{o,f}$	трудовые ресурсы, $Q_{t,f}$		
Отвальная, $O_1$	$O$	22231113	7714650	14359088	157375	1,37
	$У_3 + Г_2$	22585073	7840600	14551043	193430	1,72
Сочетание 1, $O_2$	$O$	21867123	7666190	14045381	155552	1,46
	$У_3 + Г_2$	21930165	7594680	14151126	184359	1,81
Сочетание 2, $O_3$	$O$	21725001	7565120	14005631	154250	1,51
	$У_3 + Г_2$	21743237	7493610	14066570	183057	1,87

**Т а б л и ц а 13**  
**Затраты совокупной энергии на 1 га основной обработки почвы**  
**(сумма за 1993-1996 гг., п. с.-х. к. «Родина»)**

Система обработки почвы	Всего		В т.ч. ГСМ	
	МДж	%	МДж	%
Отвальная, O <sub>1</sub>	1274332	100	524172	100
Сочетание 1 (поверхностно-отвальная с двукратным лущением), O <sub>2</sub>	602743	47,3	210459	40,1
Сочетание 2 (поверхностно-отвальная с однократным лущением), O <sub>3</sub>	460663	36,1	170751	32,6

**Т а б л и ц а 14**  
**Роль обработки почвы, удобрений и гербицидов в формировании урожая полевых культур (п.с.-х.к. «Родина»)**

Фактор	Вариант	Основная продукция культур, ц/га				В среднем с 1 га, ц к.ед.
		ячмень, 1993 г.	овес, 1994 г.	од. травы (сено), 1995 г.	оз. рожь + мн. гр., 1996 г.	
Обработка почвы	Отвальная	34,2	24,8	33,3	21,2	35,2
	Сочетание 1	34,2	26,7	37,0	24,8	37,8
	— » — 2	34,4	29,0	35,6	25,1	38,6
Удобрение	Без удобрений	34,2	24,3	33,9	21,6	35,2
	Фон 1	34,2	27,0	33,2	23,9	37,0
	Фон 2	34,5	29,2	38,8	25,6	39,3
Гербицид	Без гербицидов	33,2	24,0	34,4	23,5	35,5
	С гербицидами (1993 и 1994)	35,3	29,7	36,2	23,8	38,8

Применение сочетания отвальной обработки с однократной поверхностной, осуществляемой дисковым лущильником ЛДГ-10, способствовало уменьшению на 1 га основной обработки общих денежных затрат в 2,5 раза, в т.ч.: на ГСМ — в 2,9 раза, зарплату — 2,8 раза, амортизацию и техремонт — в

2,1 раза в сравнении с затратами, производимыми при использовании системы отвальной обработки почвы.

#### З а к л ю ч е н и е

При применении системы основной обработки почвы, базирующейся на сочетании отвальной один раз в 4 года и одно-, двукратных поверх-

ностных обработок в остальные 3 года, в сравнении с традиционной отвальной: не ухудшалось фитосанитарное состояние посевов по засоренности и пораженности болезнями; увеличивалось содержание гумуса, особенно в верхней части пахотного слоя, через 13 лет; была меньше или близка к оптимальной плотность почвы в пахотном слое; не ухудшались режимы влажности и минерального питания; продуктивность полевых культур имела тенденцию к увеличению; не ухудшалось качество продукции; достигнуто снижение затрат на основную обработку совокупной энергии в 2,1-2,8 раза, общих денежных средств — в 2,5 раза, в т.ч. на ГСМ - в 2,9 раза; в несколько раз возможно снижение потребности в жидком топливе на сушку зерна; высвобождаются трудовые ресурсы и техника для более оперативного проведения весеннего сева и получения полноценного урожая полевых культур.

Данная агротехническая система регулирования основных свойств почвы и состояния посевов — ресурсосберегающая, почвозащитная и экологически безопасна как

без применения гербицидов, так и особенно с применением рекомендованных для производства препаратов. Она применима на дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почвах, нормального увлажнения, не склоновых почвах, но только при строгом соблюдении всех общих агротехнических требований, предъявляемых к технологическим приемам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Доспехов Б.А., Чекрыжов А.Д.* Учет засоренности почвы семенами сорных растений методом малых проб. — Изв. ТСХА, 1972, вып. 2. — 2. *Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М.* Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. — 3. *Максимов М.М.* Экономика и организация сельскохозяйственного производства (нормативно-справочное пособие). МСХ. ЯГСХА, 1999. — 4. *Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е.* Энергетическая оценка технологий возделывания полевых культур. М.: МСХА, 1995. — 5. *Смирнов Б.А., Смирнова В.И.* Методика учета засоренности посевов в полевом стационарном опыте. — Докл. ТСХА, 1976, вып. 224.

*Статья поступила  
3 июня 2002 г.*