

УДК 631.434:631.51:631.8:632.954

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ
ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ СИСТЕМ
ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ

С.В. ЩУКИН, к. с.-х. н.*; А.Н. ВОРОНИН, асп.*;
А.М. ТРУФАНОВ, к. с.-х. н.*; Б.А. СМИРНОВ, д. с.-х. н.*

Приводятся данные, полученные в полевом стационарном 3-факторном опыте кафедры земледелия ФГОУ ВПО ЯГСХА на дерново-подзолистой среднесуглинистой глееватой почве, о влиянии разных систем обработки удобрений и гербицидов. Установлена возможность отказа от интенсивной обработки почвы на глубину пахотного слоя и более в системе поверхностно-отвальной обработки и замены ее на поверхностную при неблагоприятных погодных условиях, что обеспечивало формирование более оструктуренного пахотного слоя почвы.

Структура почвы является важнейшим показателем ее плодородия. Только с помощью структуры почв можно управлять пористостью и физическими свойствами почв, а также протекающими в них процессами [1]. Изменение структурного состояния определяет динамику водного, воздушного, теплового и питательного режимов почвы.

Известно, что система обработки существенно изменяет структурное состояние почвы. Причем характер данных изменений зачастую определяется не столько способом обработки, сколько своевременностью ее проведения. Данный вопрос особо актуален на почвах с избыточным увлажнением, где формируются условия не позволяющие проводить обработку почвы при физической спелости, то есть в состоянии наиболее благоприятном для структурообразования. Обработка почвы в переувлажненном состоянии приводит к перераспределению и разрушению плотных структурных отдельностей за счет частичной или полной диспергации почвенного материала [4]. Поэтому важно определить границы целесообразности такой обработки непосредственно в полевых ус-

ловиях, где она выступает как основной способ в регулировании сорного компонента агрофитоценоза. В этой связи, на наш взгляд, является интересным и изучение влияния гербицидов на структурные характеристики почвы.

Применение удобрений является основным фактором повышения урожайности культурных растений. Однако в литературе достаточно противоречиво представлена роль минеральных удобрений в изменении структурного состояния почвы.

В данном аспекте представляет большой интерес изучение структурных характеристик почвы, которые позволят адекватно оценить влияние различных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов на изменение эффективного плодородия почвы и помогут сформулировать рекомендации по их оптимизации.

Методика

В настоящей статье приводятся результаты исследований за 2004-2005 гг., на 9-й и 10-й годы действия изучаемых факторов с момента закладки опыта (1995) на опытном поле ФГОУ ВПО ЯГСХА. Опыт заложен методом

* ФГОУ ВПО ЯГСХА.

расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта 4-кратная.

Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая глееватая средне-суглинистая на карбонатной морене. Почва пахотного горизонта содержала: гумуса — 2,50%, легкодоступного фосфора — 220,00; обменного калия — 90,00 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований составляла 9,50, гидролитическая кислотность — 1,50 мгэкв. на 100 г почвы, рН солевой вытяжки — 6,00.

В период исследований в опыте выращивали следующие полевые культуры: 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 3 (ячмень), Скакун (овес), Волхова (озимая рожь).

В опыте использовались рекомендованные для региона элементы технологий выращиваемых культур (кроме изучаемых).

Схема 3-факторного (4x6x2) опыта включала 48 вариантов. На делянках 1-го порядка площадью 756 м² (54 м x 14 м) изучали системы обработки почвы, на делянках 2-го порядка площадью 126 м² (14 м x 9 м) — удобрения и на делянках 3-го порядка площадью 63 м² (9 м x 7 м) — гербициды.

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

Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»

1. Отвальная: вспашка на 20-22 см с предварительным дискованием или лущением на 8—10 см, ежегодно, «О₁».

2. Поверхностная с рыхлением: рыхление на 20-22 см с предварительным лущением на 8-10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на глубину 6—8 см в остальные 3 года, «O_2».

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: однократное дисковое лущение на 6-8 см ежегодно, «О₄».

В год закладки опыта (июль - август 1995) во всех вариантах была проведена вспашка на 20-22 см с предварительным дискованием на 8—10 см.

В 2004 г. перед посевом однолетних трав в качестве основной обработки по системе поверхностная с рыхлением было проведено рыхление на глубину 27-29 см, а по системе поверхностно-отвальной — вспашка плугом ПБС-2 на глубину 20-22 см с рыхлением подпахотного горизонта на 5-7 см.

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 (нормы минеральных удобрений, рассчитанные на планируемую прибавку урожая), «У₅».

6. НРК (нормы минеральных удобрений, рассчитанные на планируемую прибавку урожая), «У₆».

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

1. Биотехнологическая (без гербицидов), «Г₁».

2. Интегрированная (с гербицидами), «Г₂».

Применяли гербициды 2,4-ДА в норме 2,0 кг/га весной в фазу куще-

ния озимой пшеницы (1996); раундап 5 кг/га (1997) за две недели до посева викоовсяной смеси по всходам пырея ползучего (10—15см), гранстар 15 г/га (1998) в фазу кущения ячменя; раундап 8 кг/га (2004) за две недели до первой механической обработки при массовом появлении многолетних сорных растений.

Структуру почвы определяли методом Н.И. Савинова при сухом просеивании через комплект сит разного диаметра с последующим отбором средней навески для просеивания в воде на приборе И.М. Бакшеева для определения ее водопрочности.

Результаты исследований

Полученные результаты исследований в среднем за 2004-2005 гг. свидетельствуют об отсутствии различий в почвенной массе агрономически ценных (10-0,25 мм) и глыбистых (>10 мм) агрегатов по всем изучаемым системам обработки почвы (табл. 1).

Применение системы поверхностно-отвальной обработки, а также поверхностной с рыхлением способствовало незначительному уменьшению пылеватой фракции в пахотном слое почвы. Это связано с рыхлением подпахотного слоя на данных системах обработки, что, вероятно, способствовало более интенсивному вымыванию агре-

гатов меньшего размера в нижние слои. Аналогичные тенденции были получены и при мокром просеивании по системе поверхностная с рыхлением, где наблюдалось незначительное уменьшение агрегатов размером 1-0,25 мм по всем изучаемым слоям пахотного горизонта. Это обуславливало некоторое уменьшение массы водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы.

Весенне-осенний период 2003 г. и весенне-летний 2004 г. характеризовались обильными осадками, что явилось причиной невозможности своевременного проведения основной обработки почвы.

Вспашка плугом-чизелем (серии ПБС) на глубину 20-22 см + 7 см, проведенная в 2004 г. перед посевом однолетних трав по системам поверхностно-отвальной и поверхностной с рыхлением, обуславливала увеличение общей пористости и особенно её некапиллярной части, что способствовало накоплению в пахотном и подпахотном слоях влаги. Перенасыщение водой играет существенную роль в формировании структуры пахотного слоя. Данное обстоятельство явилось причиной незначительного снижения массы наиболее ценных (3-1 мм) водопрочных агрегатов при мокром просеивании по системе поверхностно-отвальной обработки.

Таблица 1

Влияние систем обработки почвы на показатели макроструктуры пахотного слоя
(%, в среднем за 2004-2005 гг.)

Вариант	Слой почвы, см	Сухой рассев			Мокрое просеивание			
		>10	10-0,25	<0,25	>3	3-1	1-0,25	всего
Отвальная, «О ₁ »	0-10	19,85	76,49	3,66	25,16	9,19	23,50	57,85
	10-20	21,38	75,74	2,88	23,99	4,57	23,71	52,27
	0-20	20,61	76,12	3,27	24,58	6,88	23,60	55,06
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	0-10	20,10	76,45	3,45	24,83	7,33	22,50	54,66
	10-20	21,16	75,95	2,89	24,00	6,05	22,36	52,41
	0-20	20,63	76,20	3,17	24,42	6,69	22,43	53,54
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	0-10	18,89	77,97	3,14	24,99	7,13	24,31	56,43
	10-20	21,38	75,92	2,7	24,19	5,15	22,17	51,51
	0-20	20,13	76,94	2,93	24,59	6,14	23,24	53,97
Поверхностная, «О ₄ »	0-10	20,18	76,19	3,63	25,40	7,53	23,72	56,65
	10-20	21,48	75,44	3,08	27,57	6,66	23,24	57,47

Применение системы поверхностной обработки в среднем за 2 года, напротив, обуславливало увеличение массы водопрочных агрегатов 3-1 и >3 мм по сравнению с другими изучаемыми системами обработки.

По всем изучаемым системам обработки наблюдалась дифференциация пахотного горизонта на слои, где верхний слой был более оструктурен, чем нижний, что связано с более высокой степенью его гумусированности. При этом также наблюдалось увеличение доли пылевой фракции, что объясняется более интенсивным механическим воздействием на верхний слой почвы орудиями обработки.

Внесение в почву в качестве удобрений соломы вело к увеличению массы агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм) и снижению массы глыбистой и пылевой фракции по сравнению с вариантом без удобрений. Применение минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с соломой вело к формированию массы агрегатов размером 10-0,25 мм на уровне контроля (табл. 2).

При применении полных минеральных удобрений и особенно при совместном их внесении с соломой отмечалось незначительное снижение доли пылевой фракции при сухом отсеиве почвы.

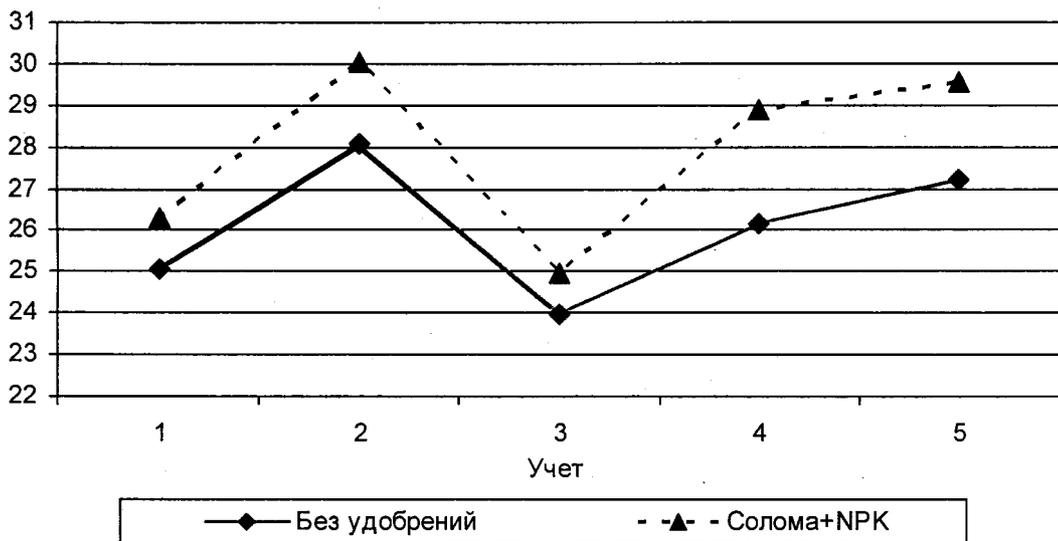
Внесение удобрений сопровождалось снижением водопрочности почвы по сравнению с вариантом без удобрений. При этом наблюдалось уменьшение доли водопрочных агрегатов >3 и 3-1 мм. Масса же агрегатов размером 1—0,25 мм при применении удобрений оставалась на уровне контроля без удобрений и даже незначительно его превосходила.

Снижение водопрочности может быть связано с рядом причин. Во-первых, на делянках, где применяли удобрения, как правило, стеблестой культуры был более плотным и высоким, поэтому испарение с поверхности почвы здесь было менее интенсивным по сравнению с делянками без применения удобрений. Влажность почвы в вариантах с применением удобрений также была выше на 1-2% (рисунк). В данном случае почва дли-

Т а б л и ц а 2

Влияние систем удобрений на показатели макроструктуры пахотного слоя почвы
(%, в среднем за 2004-2005 гг.)

Вариант	Слой почвы, см	Сухой рассев			Мокрое просеивание			
		>10	10-0,25	<0,25	>3	3-1	1-0,25	всего
Без удобрений, «У ₁ »	0-10	20,37	75,58	4,05	31,68	9,26	22,03	62,97
	10-20	21,28	75,48	3,24	31,77	6,01	21,28	59,06
	0-20	20,82	75,53	3,65	31,73	7,63	21,65	61,01
N ₃₀ , «У ₂ »	0-10	19,81	75,58	4,61	25,95	8,85	22,39	57,19
	10-20	23,42	73,58	3,00	24,00	5,70	23,72	53,42
	0-20	21,62	74,89	3,49	24,98	7,27	23,06	55,31
Солома 3 т/га, «У ₃ »	0-10	17,71	79,28	3,01	24,43	6,59	22,50	53,52
	10-20	18,68	78,60	2,72	24,16	6,21	22,46	52,83
	0-20	18,19	78,94	2,87	24,30	6,40	22,48	53,18
Солома 3 т/га + N ₃₀ , «У ₄ »	0-10	19,89	76,34	3,77	23,60	7,47	25,51	56,58
	10-20	21,72	75,67	2,61	26,08	5,88	23,76	55,72
	0-20	20,80	76,01	3,19	24,84	6,67	24,63	56,14
Солома 3 т/га + NPK, «У ₅ »	0-10	20,70	76,53	2,77	23,02	7,98	26,53	57,53
	10-20	20,02	77,17	2,81	22,27	4,63	22,38	49,28
	0-20	20,36	76,85	2,79	22,65	6,30	24,46	53,41
NPK, «У ₆ »	0-10	20,04	76,74	3,22	21,89	6,60	22,07	50,56
	10-20	22,99	74,07	2,94	21,33	5,21	23,62	50,16
	0-20	21,51	75,41	3,08	21,61	5,90	22,85	50,36



Динамика влажности почвы (%) пахотного слоя (0-20 см) в зависимости от изучаемых систем удобрений, 2004 г.

тельное время находилась в переувлажненном состоянии, что может являться причиной диспергации почвенного материала.

Во-вторых применение минеральных удобрений может изменять состав ППК, который в большей степени насыщается одновалентными катионами (Na^+ , K^+). Данные почвы характеризуются широким ионно-электростатическим барьером, который предохраняет частицы от взаимной молекулярной адгезии. Экранированные от взаимодействия друг с другом высокодисперсные глинистые частицы обладают избытком поверхностной энергии, которая практически целиком расходуется на водоудержание. При этом происходит диспергирование почвенных частиц в связи с возникновением чрезвычайно большого различия между значениями расклинивающего давления почвенной влаги внутри частиц и вне их [2, 3]. В этой связи ряд исследователей связывают применение минеральных удобрений с ухудшением структуры почвы. Несомненно, этот вопрос требует более глубокого рас-

смотрения и отдельного исследования.

Применение гербицидов необходимо для регулирования численности сорных растений, особенно при применении систем минимальной обработки. Их использование неоднозначно влияет на микрофлору почвы и на структуру агрофитофеноза. В этой связи можно ожидать и изменения структурных характеристик почвы.

Исследования, проведенные в течение 2004 и 2005 гг., свидетельствуют о незначительных изменениях показателей макроструктуры при использовании гербицида раундап, который применяли за 2 недели до посева однолетних трав в 2004 г. (табл. 3). Можно отметить лишь тенденцию увеличения массы водопрочных агрегатов 1 - 0,25 мм на делянках с использованием гербицида.

Безусловно, двух лет недостаточно, чтобы выявить роль гербицида и особенно на глееватых почвах, где его применение лимитируют условия увлажнения. В нашем случае действие гербицида носило локальный харак-

Таблица 3

Влияние гербицидов на показатели макроструктуры пахотного слоя
(%, в среднем за 2004-2005 гг.)

Вариант	Слой почвы, см	Сухой рассев			Мокрое просеивание			
		>10	10-0,25	<0,25	>3	3-1	1-0,25	всего
Без гербицидов, «Г ₁ »	0-10	20,08	76,54	3,38	26,54	7,99	22,20	56,73
	10-20	21,63	75,27	3,10	25,34	5,53	22,05	52,92
	0-20	20,85	75,91	3,24	25,94	6,76	22,12	54,82
С гербицидами, «Г ₂ »	0-10	19,43	76,80	3,77	24,96	7,89	23,94	56,79
	10-20	21,07	76,26	2,67	24,54	5,68	23,69	53,91
	0-20	20,25	76,53	3,22	24,75	6,79	23,82	55,36

тер, связанный с некоторым повышением конкурентоспособности культуры и не оказывало прямого влияния на структуру почвы.

Вместе с тем следует отметить, что применение гербицида в 2004 г. способствовало незначительному ухудшению структуры почвы. Это, вероятно, связано с уничтожением сорных растений, интенсивно расходующих влагу, что могло быть причиной ухудшения почвенных условий в период проведения обработки по сравнению с вариантами, где опрыскивание гербицидами не проводили.

В свою очередь, в 2005 г., напротив, на делянках с применением гербицида наблюдалось улучшение структурных характеристик почвы, что можно объяснить поступлением свежего органического вещества как с сорными растениями, так и более высоким корневым опадом однолетних трав (табл. 4).

В 2004 и 2005 гг. изучаемые системы обработки в среднем по системам удобрений и гербицидов практически не оказывали влияния на урожайность сена однолетних трав и зерна ячменя. Вместе с тем необходимо отметить, что рыхление подпахотного слоя почвы в 2004 г. по системам поверхностной с рыхлением и поверхностно-отвальной обработки обозначило тенденцию к снижению урожайности сена однолетних трав, что объясняется неблагоприятными метеорологическими условиями, повлиявшими на своевре-

Таблица 4

Урожайность полевых культур, т/га

Вариант	Однолетние травы, 2004 г.	Ячмень, 2005 г.
<i>А. Обработка, «О»</i>		
Отвальная, «О ₁ »	1,74	2,20
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	1,65	2,12
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	1,63	2,27
Поверхностная, «О ₄ »	1,88	2,15
НСР ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅
<i>В. Удобрение, «У»</i>		
Без удобрений, «У ₁ »	1,41	1,53
N ₃₀ , «У ₂ »	1,56	1,88
Солома 3 т/га, «У ₃ »	1,52	1,87
Солома+N ₃₀ , «У ₄ »	1,63	2,12
Солома+NPK, «У ₅ »	2,17	3,08
NPK, «У ₆ »	2,08	2,63
НСР ₀₅	0,09	0,22
<i>С. Гербицид «Г»</i>		
Без гербицида, «Г ₁ »	1,69	2,09
С гербицидом, «Г ₂ »	1,76	2,28
НСР ₀₅	0,06	0,12

менность и качество проведения основной обработки. При этом система поверхностной обработки, характеризовавшаяся наименьшим механическим воздействием на почву, обеспечила наибольшую урожайность сена вико-овсяной смеси.

Применение всех систем удобрений в среднем по системам обработки и гербицидов способствовало существенному увеличению урожайности полевых культур. При этом наиболее эффективно проявила себя система с использованием соломы совместно с

полными минеральными удобрениями, которая обуславливала увеличение урожайности однолетних трав на 48%, а ячменя на 101%.

Применение в 2004 г. гербицидов в среднем по всем системам обработки и удобрений способствовало достоверному увеличению урожайности сена однолетних трав и зерна ячменя.

Заклучение

Результаты исследований в среднем за 2004-2005 гг. свидетельствуют, что проведение рыхления и вспашки плугом-чизелем на глубину пахотного слоя с рыхлением на 7 см в 2004 г. по системам поверхностной с рыхлением и поверхностно-отвальной обработки обуславливало снижение массы водопрочных агрегатов. Применение системы поверхностной обработки сопровождалось тенденцией к улучшению структурного состояния почвы. В этой связи разумно отказаться от интенсивной обработки почвы на глубину пахотного слоя и более в системе поверхностно-отвальной обработки и заменить ее на поверхностную при неблагоприятных погодных условиях.

Применение в качестве удобрения соломы вело к увеличению массы агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм) и снижению массы глыбистой и пылеватой фракции по сравнению с вариан-

том без удобрений. В свою очередь, внесение удобрений сопровождалось снижением водопрочности структуры и увеличением влажности почвы по сравнению с вариантом без удобрений. При этом применение удобрений и особенно соломы с NPK способствовало достоверному увеличению урожайности полевых культур.

Действие гербицида раундап носило локальный характер, связанный с некоторым повышением конкурентоспособности культуры и практически не оказывало прямого влияния на структуру почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И. и др.* Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. — 2. *Воронин А.Д.* Основы физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. — 3. *Паченский А.Я.* Влияние состава почвенных растворов и обменных катионов на водоудерживание и влагопроводность почв // Почвоведение. 1989. № 3. С. 53-56. — 4. *Смагин А.В., Манучаров А.С., Садовникова Н.Б. и др.* Влияние поглощенных катионов на термодинамическое состояние влаги в глинистых минералах // Почвоведение, 2004. №5. С. 551-557. — 5. *Шентухов В.Н., Коновалов С.Н., Нестерова А.В.* Изменение структуры дерново-подзолистых суглинистых почв при минимизации обработки // Почвоведение, 1993. № 5. С. 64-74.

SUMMARY

Data gathered during field stationary three-factor experiment at the agriculture department of FGOU VPO YagSHA on sodpodzolic middle-loam gley soil on the various systems of fertilizers and herbicides treatment influence are cited in the article. The possibility to refuse to intensively cultivate soil at the depth of its arable layer has been found out. There are ways to replace it by shallow tillage under unfavourable climatic conditions, which would lead to more structured arable layer formation of the soil.