

## ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ

А.Н. ВОРОНИН, к. с.-х. н.; Т.И. ПЕРЕГУДА, асп.;  
П.А. КОТЯК, асп.; Б.А. СМИРНОВ, д. с.-х. н.

(Кафедра земледелия ФГОУ ВПО ЯГСХА)

**В полевом стационарном 3-факторном опыте кафедры земледелия ФГОУ ВПО ЯГСХА изучено влияние ресурсосберегающих систем обработки, удобрений и гербицидов на биологические свойства дерново-среднеподзолистой глееватой среднесуглинистой почвы и ее структурное состояние. Установлено, что наибольший положительный эффект на изучаемые показатели оказывают система поверхностно-отвальной обработки почвы и внесение соломы совместно с полными минеральными удобрениями.**

Агрофизические и биологические свойства почвы неразрывно связаны. На это указывают множество авторов [2, 4, 9, 18]. Образование деятельного перегноя и прочной структуры почвы протекает не только при разрушении аэробными бактериями мертвых органических остатков многолетних и однолетних травянистых растений, но и при участии живых растений благодаря жизнедеятельности неспороносных ризосферных бактерий, использующих корневые выделения растений [14]. Согласно мнению [15], большинство изменений почвенной структуры являются прямым следствием изменения содержания органического вещества почвы и сообщества активных почвенных микроорганизмов.

Малогумусные почвы Нечерноземной зоны России отличаются плохими водно-физическими свойствами. Для их улучшения нужно повысить содержание гумуса (оптимум находится в пределах 1,8–2,5%). Обогащение дерново-подзолистой почвы органическим веществом способствует улучшению агрегатного состава почвы, повышению водопрочности макроструктуры. Величина равновесной плотности уменьшается по мере повышения гумусированности почвы.

С содержанием гумуса связана и биологическая активность, которая приобретает особое значение при переходе на экологически чистые методы ведения сельского хозяйства. Ее показатели — дыхание почвы, ферментативная активность, структура микробиоценоза, скорость разложения целлюлозы дают ценную информацию о конкретных экологических условиях почвенной среды [3]. Целлюлоза — наиболее распространенное углеродное соединение в природе; синтез ее сопряжен с разложением микроорганизмами. С этим процессом связано образование в почве гумусовых веществ и формирование почвенной структуры [1].

В условиях сложной экологической и экономической ситуации в АПК России первостепенное значение приобретают высокоэффективные почвозащитные и ресурсосберегающие технологии минимальной обработки почвы для адаптивно-ландшафтных систем земледелия применительно к разным уровням интенсификации [10]. Это позволит сохранить положительный баланс гумуса, повысить эффективность применяемых удобрений [11]. Эффективность минимализации признают и ряд других исследователей. Некоторые ученые видят

преимущество ресурсосбережения в снижении зависимости от погодных условий в результате эффективного влагосбережения, улучшения структуры почвы, предотвращения деформации и уплотнения подпахотных горизонтов, восполнения плодородия за счет снижения темпов минерализации гумуса [13].

В научном земледелии до сих пор не сложилось единого мнения о влиянии систем обработки почвы, фонов удобрений и гербицидов на структурное состояние почвы и ее агробиологические 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 Нечерноземной зоне составляют значительную долю от общей площади пашни, исследования не проводили.

В этой связи целью нашей работы было изучение влияния разных по интенсивности систем обработки, доз удобрений и гербицидов на структурное состояние почвы, ее агробиологические свойства и продуктивность полевых культур на дерново-подзолистых глееватых почвах.

### Методика

Экспериментальная работа проводилась в 2004–2007 гг. (т.е. на 9–12-й годы действия факторов) в полевом стационарном многолетнем 3-факторном опыте, заложенном на опытном поле ЯГСХА 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 в почве пахотного горизонта в среднем содержалось: гумуса — 2,6%, легкодоступного фосфора — 224,7 и обменного калия — 76,5 мг/кг почвы. Схема опыта (4×6×2) приведена ранее [17].

В опыте применяли гербициды: рандап — 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); структуру почвы анализировали по методу Савинова (сухое просеивание), водопрочность почвенной структуры определяли по методу Савинова с использованием прибора Бакшеева. Урожайность всех полевых культур учитывали сплошным поделяночным методом с пересчетом на абсолютную чистую продукцию и стандартную влажность зерна — 14% и сена однолетних трав — 16%.

Во время проведения исследований погодные условия вегетационных периодов были контрастными: 2004 г. характеризовался избыточным количеством осадков, в 2005, 2006 и 2007 гг. выпало меньшее количество атмосферных осадков при повышенной температуре в сравнении со среднепогодными данными.

### Результаты исследований

Гумусовые вещества существенно изменяют свойства поверхностей минерального почвенного субстрата и влияют на формирование таких экологически и агрономически важных признаков, как агрегатное состояние и водоудерживающие свойства [7]. По мнению [6], гумус вместе с глинистыми минералами, составляющими часть почвенного ила, служит «аналогом нервной системы», т.е. системы управления жизнью почвы. Результаты последних исследований [16] свидетельствуют о том, что почвенный гумус представляет собой органоминеральный гель, находящийся частично в студнеобразном состоянии и армированный органическими и неорганическими коллоидными частицами. Агротехнические

приемы в значительной мере влияют на содержание гумуса.

В наших исследованиях применение систем минимальной обработки в среднем по факторам и в среднем за 2004–2007 гг. способствовало увеличению содержания гумуса при наибольших достоверных значениях по поверхностно-отвальнойной обработке почвы (табл. 1). Это связано с улучшением всех почвенных режимов при периодическом обороте по сравнению с ежегодной вспашкой. В результате поверхностно-отвальной системы обработки обеспечивается превалирование процесса гумификации над минерализацией.

Использование изучаемых систем удобрений обусловило существенное увеличение содержания гумуса по всем слоям пахотного горизонта при максимальных показателях в вариантах с внесением полных минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с соломой.

Применение химических средств защиты растений от сорняков не ока-

Таблица 1

**Содержание гумуса (%) в зависимости от действия изучаемых факторов (в среднем за 2004–2007 гг.)**

Вариант	Слой, см		
	0–10	10–20	0–20
<b>Фактор А.</b>			
<i>Система основной обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О <sub>1</sub> »	2,58	2,52	2,55
Поверхностно-отвальная, «О <sub>3</sub> »	2,75	2,68	2,72
Поверхностная, «О <sub>4</sub> »	2,65	2,58	2,62
НСР <sub>05</sub>	0,08	0,08	0,07
<b>Фактор В. Система удобрений, «У»</b>			
Без удобрений, «У <sub>1</sub> »	2,50	2,46	2,48
N <sub>30</sub> , «У <sub>2</sub> »	2,61	2,53	2,57
Солома, «У <sub>3</sub> »	2,59	2,53	2,56
Солома + N <sub>30</sub> , «У <sub>4</sub> »	2,60	2,56	2,58
Солома + NPK, «У <sub>5</sub> »	2,87	2,73	2,80
NPK, «У <sub>6</sub> »	2,82	2,73	2,77
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,07	0,05
<b>Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»</b>			
Без гербицидов, «Г <sub>1</sub> »	2,66	2,59	2,62
С гербицидами, «Г <sub>2</sub> »	2,67	2,59	2,63
НСР <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>

зало какого-либо статистически значимого влияния на содержание гумуса.

Одним из компонентов синтеза гуминовой кислоты являются продукты разложения клеточных стенок растений целлюлозоразлагающими микроорганизмами. Изучаемые системы обработки неодинаково влияли на целлюлозоразлагающую способность почвы (табл. 2).

Таблица 2

**Целлюлозоразлагающая способность почвы (% разложения льняной ткани) в среднем за 2004–2007 годы**

Вариант	Слой, см		
	0–10	10–20	0–20
<b>Фактор А.</b>			
<i>Система основной обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О <sub>1</sub> »	34,48	37,15	35,82
Поверхностно-отвальная, «О <sub>3</sub> »	40,82	35,81	38,32
Поверхностная, «О <sub>4</sub> »	39,28	35,84	37,63
НСР <sub>05</sub>	5,95	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>
<b>Фактор В. Система удобрений, «У»</b>			
Без удобрений, «У <sub>1</sub> »	33,57	30,79	32,19
Солома, «У <sub>3</sub> »	39,43	35,06	37,24
Солома + NPK, «У <sub>5</sub> »	36,94	37,34	37,24
NPK, «У <sub>6</sub> »	42,83	41,87	42,36
НСР <sub>05</sub>	6,05	7,82	6,38
<b>Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»</b>			
Без гербицидов, «Г <sub>1</sub> »	36,86	34,24	35,56
С гербицидами, «Г <sub>2</sub> »	39,52	38,29	38,95
НСР <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	4,02	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>

Так, наименьшие значения выше-названного показателя в среднем на 9–12-й годы действия факторов наблюдались при системе отвальной обработки. При ежегодном обороте отмечалось стрессовое состояние как аэробных, так и анаэробных микроорганизмов. В результате замедлялся их рост и развитие, что и привело к снижению целлюлозоразлагающей способности почвы. При ресурсосберегающих системах обработок в верхней части пахотного горизонта отмечалось увеличение активности микроорганизмов, разрушающих клетчатку, по сравнению с ежегодной отвальной, в т.ч. существенное увеличение активности —

при поверхностно-отвальной. Такая тенденция связана с увеличением содержания гумуса в этих же вариантах (см. табл. 1).

Используемые системы удобрений обусловили повышение активности микроорганизмов во всех слоях пахотного горизонта, наибольшие значения данного показателя в вариантах с внесением полных минеральных удобрений.

Применение химических средств защиты растений от сорняков способствовало повышению целлюлозоразлагающей способности почвы при достоверном увеличении показателя в нижней части пахотного горизонта. При проведении минимальных обработок отмечалась дифференциация на слои по содержанию гумуса и активности микроорганизмов, разрушающих клетчатку, наибольшими эти показатели были в верхней части пахотного горизонта. Это обусловлено постоянным поступлением в нее свежего органического вещества в виде органических и минеральных остатков, а также листового и в значительной мере корневого опада.

При сельскохозяйственном производстве под действием систем обработки, удобрений и гербицидов изменяются условия формирования гумусовых веществ и продуктов их взаимодействия с минеральными компонентами почвы, что влияет на качественный состав и соотношение продуктов органоминерального взаимодействия и как следствие на перераспределение почвенной массы между фракциями [8]. При сухом просеивании были выделены следующие фракции: глыбистая — больше 10 мм; агрономически ценные агрегаты — от 0,25 до 10 мм и меньше 0,25 мм.

Использование изучаемых систем обработки и удобрений в среднем по факторам не обусловило существенных изменений в содержании глыбистых частиц (>10 мм), наименьшие значения этих показателей были при системе поверхностно-отвальной обработки в слое 0–10 см (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение содержания глыбистых частиц (>10 мм) в зависимости от действия разных факторов, % (2004–2007 гг.)**

Вариант	Слой, см		
	0–10	10–20	0–20
<b>Фактор А.</b>			
<i>Система основной обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О <sub>1</sub> »	21,71	22,45	22,08
Поверхностно-отвальная, «О <sub>3</sub> »	21,25	22,68	21,96
Поверхностная, «О <sub>4</sub> »	21,64	22,11	21,87
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
<b>Фактор В. Система удобрений, «У»</b>			
Без удобрений, «У <sub>1</sub> »	21,78	22,62	22,20
N <sub>30</sub> , «У <sub>2</sub> »	21,95	23,51	22,73
Солома, «У <sub>3</sub> »	20,26	20,84	20,55
Солома + N <sub>30</sub> , «У <sub>4</sub> »	21,46	22,56	22,00
Солома + NPK, «У <sub>5</sub> »	21,74	21,49	21,62
NPK, «У <sub>6</sub> »	21,90	23,21	22,56
HCP <sub>05</sub>	1,39	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	1,43
<b>Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»</b>			
Без гербицидов, «Г <sub>1</sub> »	21,48	22,48	21,98
С гербицидами, «Г <sub>2</sub> »	21,55	22,26	21,90
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

Применение одной соломы в среднем при всех системах обработки и удобрений способствовало достоверному снижению количества глыб в слое 0–10 см и в целом по пахотному горизонту, что привело к увеличению содержания агрономически ценных агрегатов по этому фону (табл. 4).

В 2005 г. проявились та же тенденция. В 2003 г. солому вносили после уборки озимой ржи. В 2005 г. при внесении соломы отмечены максимальные показатели, целлюлозоразрушающей способности почвы в целом по пахотному горизонту. Микроорганизмы при разложении соломы вынуждены были забирать азот для своего развития из гумусных соединений, что и могло привести к разрушению глыбистых частиц.

Изучаемые системы обработки почвы в среднем по факторам не оказали существенного влияния на содержание агрономически ценных агрегатов, наибольшие значения отмечены при по-

Таблица 4

Роль разных систем обработки, удобрений и гербицидов в изменении содержания агрономически ценных агрегатов, % (2004–2007 гг.)

Вариант	Слой, см		
	0–10	10–20	0–20
<b>Фактор А.</b>			
<i>Система основной обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О <sub>1</sub> »	74,21	73,86	74,03
Поверхностно-отвальная, «О <sub>3</sub> »	74,97	73,79	74,38
Поверхностная, «О <sub>4</sub> »	74,27	73,99	74,13
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
<b>Фактор В. Система удобрений, «У»</b>			
Без удобрений, «У <sub>1</sub> »	73,62	73,46	73,54
N <sub>30</sub> , «У <sub>2</sub> »	73,91	73,00	73,45
Солома, «У <sub>3</sub> »	75,76	75,32	75,54
Солома + N <sub>30</sub> , «У <sub>4</sub> »	74,61	74,14	74,38
Солома + NPK, «У <sub>5</sub> »	74,55	74,73	74,64
NPK, «У <sub>6</sub> »	74,29	72,94	73,61
HCP <sub>05</sub>	1,46	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	1,47
<b>Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»</b>			
Без гербицидов, «Г <sub>1</sub> »	74,48	73,70	74,09
С гербицидами, «Г <sub>2</sub> »	74,44	74,16	74,30
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

верхностно-отвальной системе в слое 0–10 см и в целом по пахотному горизонту (см. табл. 4). Использование удобрений способствовало увеличению количества частиц размером от 0,25 до 10 мм при достоверных величинах в вариантах с соломой в слое 0–10 см и в целом в пахотном горизонте (как отмечалось ранее). Применение гербицидов в среднем за 2004–2007 гг. не вызвало значимых изменений в содержании агрономически ценных агрегатов.

Содержание агрегатов <0,25 мм представляет собой важнейший агрономический показатель в силу способности этой фракции объединяться в агрономически ценные комочки посредством гумусовых веществ. Поэтому необходимо выявить влияние разных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов на содержание этой фракции (табл. 5).

Существенное увеличение содержания частиц размером <0,25 мм при

Таблица 5

Изменение содержания частиц <0,25 мм в зависимости от действия разных факторов, % (2004–2007 гг.)

Вариант	Слой, см		
	0–10	10–20	0–20
<b>Фактор А.</b>			
<i>Система основной обработки почвы, «О»</i>			
Отвальная, «О <sub>1</sub> »	4,09	3,69	3,89
Поверхностно-отвальная, «О <sub>3</sub> »	3,79	3,53	3,66
Поверхностная, «О <sub>4</sub> »	4,09	3,90	4,00
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	0,18	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>
<b>Фактор В. Система удобрений, «У»</b>			
Без удобрений, «У <sub>1</sub> »	4,60	3,92	4,26
N <sub>30</sub> , «У <sub>2</sub> »	4,14	3,49	3,82
Солома, «У <sub>3</sub> »	3,98	3,84	3,91
Солома + N <sub>30</sub> , «У <sub>4</sub> »	3,93	3,30	3,62
Солома + NPK, «У <sub>5</sub> »	3,71	3,79	3,74
NPK, «У <sub>6</sub> »	3,82	3,85	3,83
HCP <sub>05</sub>	0,66	0,49	0,49
<b>Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»</b>			
Без гербицидов, «Г <sub>1</sub> »	4,04	3,81	3,93
С гербицидами, «Г <sub>2</sub> »	4,01	3,58	3,80
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>

ежегодной поверхностной обработке в слое 10–20 см обусловлено сильным распылением верхнего слоя почвы и миграцией ее в нижнюю часть пахотного горизонта, что может приводить к его переуплотнению. При поверхностно-отвальной системе обработки почвы с применением периодической вспашки 1 раз в 4 года удается достигать перемещения фракции <0,25 мм в верхнюю часть пахотного горизонта для оструктурирования. В результате действия данных факторов при этой системе в среднем на 9–12-й годы отмечены наименьшие значения вышеназванного показателя в обоих слоях пахотного горизонта.

Применение всех удобрений в среднем по системам обработки и гербицидов способствовало снижению количества частиц <0,25 мм при достоверных значениях в слое 0–10 см на фонах У<sub>4</sub>, У<sub>5</sub> и У<sub>6</sub>, в слое 10–20 см — при внесении соломы совместно с азотными удобрениями, а в целом по пахот-

систем минимальной обработки способствовало существенному снижению урожая сена однолетних трав в сравнении с системой отвальной обработки.

Использование удобрений обусловило статистически значимое увеличение урожайности сена однолетних трав в 2004 и ячменя — в 2005 гг. В 2006 г. наблюдалась сходная тенденция, за исключением некоторого снижения урожая озимой тритикале при применении соломы в чистом виде. Внесение полных минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с соломой вызвало наибольшее достоверное увеличение урожайности однолетних трав в 2007 г. на 0,67 и 0,79 т/га соответственно.

Применение гербицидов способствовало увеличению урожайности при существенных значениях в 2004, 2005 и 2006 гг.

#### Заключение

На дерново-среднеподзолистой глееватой почве наибольший положительный эффект на биологические свойства и ее структурное состояние оказывают применение системы поверхностно-отвальной обработки и совместное использование соломы с полными минеральными удобрениями. В этом случае наблюдается увеличение содержания гумуса и целлюлозоразлагающей способности почвы, улучшение структурного состояния и повышение урожайности полевых культур.

#### Библиографический список

1. Зягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: Учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2005. — 2. Шейн Е.В. Курс физики почв: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. — 3. Гельцер Ю.Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях // Почвоведение,

1990. №9. С. 47–52. — 4. Жуков А.И., Сорочкина Л.В., Мосалева В.В. Гумус и урожайность зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение, 1993. №1. С. 55–61. — 5. Канивец И.И. О «зонах» взаимодействия корневых систем и микроорганизмов в почве в связи с процессом структурообразования // Сб. памяти акад. В.Р. Вильямса. М., 1942. — 6. Карпачевский Л.О. Жизнь почвы. М.: Знание, 1989. — 7. Князев Д.А., Фокин А.Д., Князев В.Д. Роль гумусовых веществ в формировании ионопроводящих структур почвы // Почвоведение, 2002. №2. С. 150–157. — 8. Куцаева Ю.В., Фрид А.С. Динамика органического вещества тонкодисперсных частиц дерново-подзолистых почв в длительных опытах // Почвоведение, 2001. №1. С. 52–61. — 9. Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы. М.: Моск. рабочий. 1985. — 10. Макаров И.П., Захаренко А.В. Основные итоги и задачи исследований по обработке почвы // Достижения науки и техники АПК, 2004. №5. С. 2–3. — 11. Мельцаев И.Г. Плодородие почвы — основа повышения урожайности и его качества // Плодородие, 2003. №4. — 12. Милановский Е.Ю., Шейн Е.В. Структура почв // Природа, 2003. №3. — 13. Носов Г.И., Крюков И.В. Современные ресурсосберегающие технологии — важный фактор устойчивого роста АПК // Земледелие, 2005. №3. С. 14–17. — 14. Попов Д.И. Необходимость сочетания глубокой, обычной и поверхностной обработки // Изв. ТСХА, 1958. Вып.4. С. 77–88. — 15. Сдобников С.С. Окультуривание и воспроизводство плодородия почв Нечерноземья // Вестник РАСХН, 1992. №4. С. 14–17. — 16. Федотов Г.Н., Добровольский Г.В., Путьляев В.И. и др. Гелевые структуры в почвах // Почвоведение. 2006. №7. С. 824–835. — 17. Щукин С.В., Воронин А.Н., Труфанов А.М., Смирнов Б.А. Изменение структурного состояния почвы под действием различных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов // Изв. ТСХА, 2007. Вып.2. С. 12–18. — 18. Douglas J. // Soil tillage Res, 1982. 2. 155–175.

Рецензент — д. с.-х. н. Г.И. Баздырев

#### SUMMARY

During field permanent three-factor experiment of agriculture department in Yakut State Agricultural Academy the influence of resource-saving systems of tillage, fertilizers and herbicides on biological properties of sod-middle podzolic gleyey loamy soil and its structural condition has been studied. The system of shallow-moulded tillage and application of both straw and complete mineral fertilizers has been found to produce the most positive effect on indices studied.