

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СВОЙСТВА СЛАБОЭРОДИРОВАННОГО ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

©2013 И.М. Габбасова¹, Р.Р. Сулейманов¹, И.К. Хабиров²,
П. Либельт³, М.А. Комиссаров¹, Г.А. Гималетдинова¹, А.М. Хаматшин²

¹Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

²Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа

³Университет Мартина-Лютера, Галле-Виттенберг

Поступила 07.06.2013

Показано, что по сравнению с отвальной вспашкой применение минимальной обработки почвы и прямого посева в течение двух лет привело к некоторому изменению агрофизических свойств почвы: увеличению объемной массы, ухудшению структуры и впитывающей способности почвы. В средний по условиям увлажнения год (2011 г.) это вызвало уменьшение урожайности яровой пшеницы, но в острозасушливый 2012 г. урожайность ячменя возрасла в ряду отвальная вспашка, культивация, нулевая обработка.

Ключевые слова: обработка почвы, отвальная вспашка, культивация, прямой посев, физические свойства, урожайность.

Сложное геоморфологическое строение и интенсивная хозяйственная деятельность в республике способствуют широкому проявлению эрозионных процессов. Среди эродированных пахотных почв более 70% площади приходится на слабоэродированные, расположенные преимущественно на пологих склонах [1]. Для прекращения развития эрозии на склонах и повышения плодородия эродированных почв наряду с использованием севооборотов, включающих звено многолетних трав и почвосберегающих технологий обработки почвы необходимо внесение органических и минеральных удобрений. В связи с недостатком органических и высокой стоимостью минеральных удобрений целесообразно использование местных природных удобрений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в ООО «Артемида» (Кармаскалинский р-н Республики Башкортостан). Осенью 2010 г. и весной 2011 и 2012 г.г. на опытном поле были проведены следующие виды обработки почвы: классическая вспашка плугом с оборотом пласта на глубину 28-30 см, минимальная обработка культиватором Senius на глубину 14-16 см, дисковой бороной Catros на глубину 8-10 см и прямой посев без обработки (no-tillage, глубина посева 5-6 см). Площадь делянок составила 2100 м² (700×30 м). Весной 2011 года по вариантам классической обработки и прямом посева был заложен мелкоделяночный опыт с внесением удобрений. Площадь делянок составила 4 м² (2×2 м). Опыт за-

ложен в трех повторностях со следующими вариантами: 1. Контроль; 2. Сплавина + NP(60); 3. Сплавина + *Trichoderma* + NP(60); 4. Навоз; 5. Солома + NP(60); 6. Солома + *Trichoderma* + NP(60); 7. Цеолит; 8. Гумат Na.

Сплавина была извлечена при очистке пруда, расположенного недалеко от опытного поля. Она представляет собой растительную массу, состоящую в основном из рогоза, камыша и осок. Ее измельчили вместе с корнями и внесли в почву во влажном состоянии. Для ускорения гумификации сластины и соломы добавили суспензию микроскопического гриба *Trichoderma* sp.14. Его биомасса была получена при выращивании на среде Чапека (2% сахарозы) в течение 14 сут. На делянку вносили по 10 г сырой биомассы, суспензированной в 10 л воды. Титр рабочей суспензии составлял 10⁸ КОЕ/мл. Органические удобрения, цеолит (Тузбекское месторождение, представлен ломонитом и морденитом) и гумат натрия (торговый препарат-удобрение в виде порошка, полученное из бурого угля) вносили по 10 кг на делянку.

Участок расположен на пологом склоне западной экспозиции, на котором сформирован чернозем выщелоченный. Длительное сельскохозяйственное использование способствовало развитию эрозии на этом склоне и в настоящее время почва является слабоэродированной.

Лабораторно-аналитические исследования образцов почв проводились в соответствии с принятыми в почвоведении методами [2-4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика почв опытного участка. Анализ морфологических свойств показал, что мощность гумусово-аккумулятивного горизонта (A+AB) на пашне изменяется в диапазоне 55-77 см, что в среднем на 29 см меньше, чем на залежи. Он характеризуется темно-серой окраской, глыбистой, но непрочной структурой и большей плотностью подпахотного слоя.

Габбасова Илюся Масгутовна, д.б.н., проф., зав. лабораторией, e-mail: gimib@mail.ru; Сулейманов Руслан Римович, д.б.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: soils@mail.ru; Хабиров Ильгиз Кавиевич, д.б.н., проф., зав. кафедрой, e-mail: ilkhabirov@yandex.ru; Либельт Петер, аспирант, e-mail: peter.liebelt@geo.uni-halle.de; Комиссаров Михаил Александрович, к.б.н., младший научный сотрудник, e-mail: mikhail-vir@yandex.ru; Гималетдинова Гульдар Айдаровна, аспирант; Хаматшин Айдар Манавиевич, аспирант.

В полевых условиях гранулометрический состав всех почв определялся как тяжелосуглинистый, но аналитические исследования показали, что содержание физической глины составляет от 57 до 64% с преобладанием крупнопылеватых (25-29%), мелкопылеватых (18-24%) фракций и ила (26-37%). Почва разрезов 1 и 3 классифицируется как крупнопылевато-иловатая легкая глина, а разреза 2 – мелкопылевато-крупнопылеватая легкая глина, т.е. в пахотных почвах распределение механических элементов несколько различается. В профиле почв гранулометрический состав довольно однороден. В этих почвах хорошо выражена микроструктура. Количество микроагрегатов размером более 0,01 мм составляет от 84 до 90%. Вместе с тем в пахотных почвах степень разрушения микроагрегатов в воде (фактор дисперсности по Качинскому) выше, чем в почве залежи, но потенциальная способность почвы к оструктурированию остается высокой.

Данные структурно-агрегатного состава черноземов выщелоченных свидетельствуют, что они хорошо оструктурены, количество агрономически ценных фракция (0,25-10 мм) при сухом просеивании превышает 60%. Пахотные почвы отличаются от почв залежи большим содержанием глыбистой фракции и существенно меньшим коэффициентом структурности. Содержание водопрочных агрегатов в пахотных горизонтах составляет 60,3-61,4, что определяет хорошую водопрочность, а в верхнем горизонте залежи водопрочность избыточно высокая, что подтверждается также значениями коэффициентов водопрочности.

Плотность твердой фазы пахотных горизонтов варьирует в пределах 2,55-2,65 г/см³, с глубиной она возрастает до 2,82 г/см³ (табл. 1). Хорошая оструктуренность этих почв способствует созданию

оптимального сложения пахотного слоя. Плотность сложения изменяется от 0,98 до 1,13 в пахотном слое и характеризуется как оптимальная для всех культур, на залежи в гумусово-аккумулятивном горизонте она составляет 0,88-1,02 г/см³. Порозность всех почв также хорошая.

Черноземы выщелоченные обладают влагоемкостью, характерной для почв легкого глинистого гранулометрического состава с высоким содержанием гумуса.

Все почвы характеризуются слабокислой реакцией среды в верхних горизонтах постепенно переходящей к нейтральной и слабощелочной – в нижних. Они насыщены основаниями с преобладанием поглощенного кальция, содержат высокое количество гумуса, легкогидролизующего азота и валового фосфора, но слабо обеспечены подвижным фосфором (табл. 2). В пахотных почвах содержание гумуса и питательных элементов несколько ниже, чем в почве залежи.

Влияние способов обработки на агрофизические свойства почв. Анализ динамики влажности почв в слое 0-30 см показал, что уже в первый год (2011) этот показатель был различным при разных вариантах обработки почвы. В начале вегетационного периода влажность почв была близка и изменялась в узком диапазоне (27-35%). К концу мая влажность несколько возросла на залежи и при культивации. В середине июня максимальная влажность наблюдалась на варианте с прямым посевом и до конца вегетационного периода оставалась самой высокой. На 3-5% влаги меньше содержалось при культивации. Более существенная разница была при классической обработке, а самая низкая влажность отмечалась в почве залежи.

Таблица 1. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного

Горизонт, глубина, см	Плотность, г/см ³		Порозность, % от массы почвы	Влажность, % от массы почвы				Влагоемкость, % от объема почвы			
	удельная	объемная		ГВ	МГ	ВЗ	Полевая влажность	НВ	КВ	ПВ	ДАВ
Разрез 1-2010. Пашня.											
Ап 0-10	2,65	1,02	61,5	3,9	10,7	14,3	17,55	37,6	56,1	62,8	23,3
Ап 10-20	2,67	1,13	57,8	4,3	11,1	14,8	19,86	37,2	53,9	61,6	22,4
А1 35-45	2,69	1,19	55,8	4,0	10,9	14,6	17,87	36,3	47,3	48,8	21,7
АВ 60-70	2,74	1,44	47,4	3,4	10,6	14,2	15,52	27,1	34,2	36,3	12,9
В 80-90	2,75	1,45	47,3	3,3	10,6	14,2	16,67	26,2	34,4	35,2	12,0
В 95-105	2,78	1,45	47,8	3,3	10,4	14,0	13,94	25,4	33,8	35,3	14,0
С 108-118	2,82	1,62	42,6	3,1	9,9	13,2	14,92	22,9	27,0	28,8	9,7
Разрез 2-2010. Пашня.											
Ап 0-15	2,55	0,98	61,6	4,0	10,9	14,6	25,51	38,0	56,2	64,0	23,4
А1 35-45	2,61	1,22	53,3	4,3	11,5	15,4	23,66	34,8	53,2	50,6	19,4
Разрез 3-2010. Залежь.											
А1 0-10	2,54	0,88	65,4	4,2	11,2	15,1	27,82	39,7	56,4	65,5	24,6
А1 10-20	2,62	1,02	61,1	4,1	11,5	15,5	25,48	38,9	56,3	62,6	23,4
Прим. ГВ – гигроскопическая влага, МГ – максимальная гигроскопичность, ВЗ – влажность завядания, НВ – наименьшая влагоемкость, КВ – капиллярная влагоемкость, ПВ – полная влагоемкость, ДАВ – диапазон активной влаги											

Таблица 2. Химические свойства чернозема выщелоченного

Горизонт, глубина, см	Гумус %	рН		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Фосфор		Азот щелг. мг/кг почвы
		H ₂ O	KCl	мг-экв/100 г почвы			Подиж.	Вал.	
							мг/100 г почвы		
Разрез 1. Пашня									
Апах 0-27	7,67	5,9	5,1	40	6	46	3,33	156,74	231
А1 27-50	6,56	6,9	5,1	38	4	42	1,67	141,07	168
АВ 50-77	4,31	7,0	5,8	35	5	40	1,38	109,72	70
В 77-108	2,56	7,4	6,2	22	5	27	4,52	125,39	28
Разрез 2. Пашня									
Апах 0-15	7,89	6,4	6,0	40	5	45	4,52	188,09	217
А1 15-55	7,86	6,2	5,2	36	5	41	1,55	203,76	238
АВ 55-71	5,12	6,8	5,4	33	6	39	0,67	125,39	112
В 71-105	2,93	7,4	6,2	22	4	26	2,00	97,18	56
Разрез 3. Залежь									
А1 0-28	8,01	6,2	5,4	41	4	48	5,38	191,22	210
А1 28-88	7,29	6,5	5,3	41	4	48	2,38	188,09	175
АВ 88-106	3,13	6,8	5,8	38	4	42	3,10	156,74	70
В 106-130	1,52	7,5	6,2	27	5	32	4,88	115,99	56

Весной следующего года (2012) влажность почвы при минимальной обработке (прямой посев и культивация) была относительно высокой (около 30-35%), тогда как при отвальной обработке и на залежи – составляла 16-23%. В течение лета влажность почвы по всем вариантам опыта последовательно снижалась до 7-15% к концу июля, т.е. фактически приблизилась к максимальной гигроскопической влагоемкости. Общая закономерность предыдущего года, т.е. уменьшение влажности почвы по вариантам обработки: прямой посев, культивация, отвальная вспашка, залежь – сохранялась.

Такое изменение влажности обусловлено рядом причин: климатическими условиями, структурой почвы, ее плотностью, биомассой растительности. Изменение температуры на глубине 15 см в целом соответствовало изменению температуры воздуха, но по вариантам обработки существенно различалось. При отвальной обработке она была в среднем на 2-3 градуса выше, чем при минимальной обработке в течение всего вегетационного периода двух лет исследований, что хорошо согласуется с фактом лучшей влагообеспеченности почвы при минимальной обработке. Это подтверждается также результатами определения скорости испарения влаги из почвы. Диапазон изменения испаряемости был не велик (1,9-3,75% влаги в сутки), но различия по вариантам опыта оказались существенными и общая закономерность ее увеличения в ряду: прямой посев, культивация, отвальная вспашка, залежь проявлялась в течение двух лет исследований. Следует отметить, что на второй год ее показатели оказались ниже на вариантах с минимальной обработкой, а при отвальной вспашке остались на прежнем уровне. Очевидно, это обусловлено прежде всего увеличением плотности верхнего горизон-

та почвы в условиях минимальной обработки (табл. 3).

Осенью первого года опыта (2011 г.) плотность сложения на варианте с отвальной вспашкой оценивалась как рыхлая (пашня вспушена) в слое 0-10 см, а в среднем в пахотном слое и в условиях прямого посева и культивации была оптимальной для большинства культур. На следующий год эта закономерность сохранилась, но значения объемной массы при минимальной обработке несколько возросли.

Для оценки почвенной влаги в отношении доступности растениям были определены почвенно-гидрологические константы. Как отмечается в коллективной монографии «Теории и методы физики почв» [5], эти константы изменчивы в зависимости от разных состояний почвы и различия могут достигать нескольких процентов, т.е. их следует принимать за условные, достаточно приближенные придержки, характеризующие состояние воды в почве.

Как видно из таблицы 3, на пашне все категории влагоемкости несколько ниже, чем на залежи, что обусловлено, очевидно, меньшим содержанием в них органического вещества, так как гранулометрический состав в почвах опыта достаточно однородный. За два года различной обработки почв показатели наименьшей, капиллярной и полной влагоемкости остались на прежнем уровне.

Структурно-агрегатный состав почвы к осени первого года исследований по всем видам обработки был почти одинаковым, коэффициент структурности изменялся от 3,6 до 6,0, водопрочность агрегатов также была близка (77,5-81,0).

На следующий год структурно-агрегатный состав существенно изменился: по всем вариантам обработки увеличивалась доля крупных фракций

Таблица 3. Влияние различных видов обработки на водно-физические свойства почв

Вид обработки	Глубина	Объемная масса, г/см ³		Влагоемкость, %					
		2011 год	2012 год	НВ		КВ		ПВ	
				2011 год	2012 год	2011 год	2012 год	2011 год	2012 год
Залежь	0-10	0,86	0,93	41,2	39,2	56,6	56,5	64,1	64,1
	10-20	1,06	1,10	39,4	38,7	56,4	56,0	61,3	60,4
	20-30	1,12	1,11	39,1	38,3	47,7	46,3	51,7	51,8
	30-40	1,18	1,14	37,5	36,8	44,7	43,2	47,7	48,5
	40-50	1,20	1,17	36,6	35,9	42,1	42,6	46,9	47,8
Отвальная вспашка на глубину 28-30 см	0-10	0,94	1,01	38,5	38,2	56,7	56,8	61,2	62,2
	10-20	1,13	1,03	37,1	38,6	55,4	55,5	57,1	59,3
	20-30	1,22	1,06	37,5	37,5	43,7	43,4	52,9	52,3
	30-40	1,26	1,22	34,4	36,4	37,4	38,4	39,1	41,3
	40-50	1,39	1,33	29,3	28,1	30,1	32,4	38,1	39,9
Cenius культивация на глубину 14-16 см	0-10	1,01	1,13	39,2	39,1	56,4	56,2	63,5	64,8
	10-20	1,15	1,16	39,1	38,3	52,9	53,1	61,6	62,4
	20-30	1,20	1,25	38,7	36,1	41,3	40,2	56,9	51,8
	30-40	1,25	1,24	35,2	34,1	36,3	38,0	38,1	49,2
	40-50	1,32	1,25	34,1	32,5	34,9	36,9	37,6	39,2
No-tillage прямой посев	0-10	1,08	1,17	36,1	37,7	55,8	55,4	63,2	62,5
	10-20	1,10	1,18	36,0	36,9	52,5	50,5	60,0	62,3
	20-30	1,17	1,13	39,5	39,5	47,3	49,4	57,8	59,5
	30-40	1,20	1,14	38,4	35,1	41,2	40,1	53,2	53,3
	40-50	1,22	1,21	36,5	32,1	37,3	39,5	40,6	50,4

7-10 мм и более 10 мм и снизилась доля мелких, в основном частиц размером 0,25-0,5 и 0,5-1,0 мм. С одной стороны, это обусловлено меньшей влажностью почвы в засушливый вегетационный период 2012 г., из-за чего возросла глыбистость и в почве залежи, с другой стороны, сказалась технология обработки почвы. Так, в условиях прямого посева количество глыбистой фракции увеличилось в 11 раз, культивации – в 5,6 раза, вспашки – в 4 раза, залежи – в 2,8 раза. При этом возросла и водопропускная способность агрегатов до уровня избыточно высокой оценки.

Структура почвы и плотность ее сложения на фоне тяжелого гранулометрического состава почвы опыта в значительной степени определили ее водопропускную способность. Анализ зависимости водопропускной способности (х) от объемной массы почвы (у), проведенный по данным второго года исследований показал наличие достоверной обратной линейной связи ($R^2=0,76-0,92$; $P=95$) между ними, причем урав-

нение зависимости оказалось почти одинаковым при всех видах обработки: $y=1,5-0,03x$.

Удовлетворительная водопроницаемость в первый год исследований наблюдалась только в почве залежи (120 см/сут) и на варианте с классической обработкой (84 см/сут). В условиях культивации и прямого посева она составила 65 и 50 см/сут соответственно и оценивалась как неудовлетворительная. К осени следующего года в соответствии с ухудшением структурного состояния и плотности сложения скорость фильтрации снизилась везде. Коэффициент впитывания составил 65; 37,5; 29 и 26 см/сут (залежь, отвальная вспашка, культивация и прямой посев, соответственно). По-видимому, низкая водопроницаемость в значительной степени определила развитие водной эрозии почвы опытного участка, расположенного на пологом склоне, поскольку в период весеннего снеготаяния и (или) ливневых дождей в условиях неудовлетворительного впитывания поверхностный сток развивается достаточно быстро.

Таблица 4. Урожайность сельскохозяйственных культур

Вид обработки	Пшеница (2011 г.)		Ячмень (2012 г.)	
	Масса снопа, г/м ²	Урожайность, ц/га	Масса снопа, г/м ²	Урожайность, ц/га
Отвальная вспашка	2540	40,7	401,7	13,2
Культивация (Cenius)	2180	33,3	405,0	17,8
Прямой посев	1950	28,3	426,7	21,8

На фоне некоторого ухудшения физических свойств почвы в первый год исследований при прямом посеве в условиях среднеувлажненного вегетационного периода урожайность яровой пшени-

цы была самой низкой (табл. 4). При культивации урожайность была на 4 ц/га выше, а при отвальной вспашке – на 12,4 ц/га.

На следующий острозасушливый год максимальная урожайность отмечалась на варианте прямого посева и на 8,6 ц/га была выше, чем при отвальной вспашке.

Применение минимальной обработки почвы в течение двух лет, в том числе прямого посева и культивации на глубину 14-16 см, привело к некоторому изменению агрофизических свойств почвы: увеличению объемной массы, ухудшению структуры, уменьшению впитывающей способности почвы. В средний по условиям увлажнения год (2011 г.) это вызвало уменьшение урожайности яровой пшеницы. Вместе с тем, в этих почвах отмечалась более низкая температура пахотного горизонта и повышенная влажность, которые в условиях острозасушливого 2012 г. обеспечили более высокий

урожаем ячменя, величина которого уменьшалась в ряду: нулевая обработка, культивация, отвальная вспашка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хазиев Ф.Х., Мукатанов А.Х., Хабиров И.К., Кольцова Г.А., Габбасова И.М., Рамазанов Р.Я. Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.
2. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1976. 656 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М., 1986. 416 с.
5. Теории и методы физики почв / Под. ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. М., 2007. 616 с.

EFFECT OF TILLAGE ON THE PROPERTIES OF ERODED CHERNOZEM LEACHED

©2013 I.M.Gabbasova¹, R.R. Suleymanov¹, I.K. Habirov², P. Libelt³, M.A. Komissarov¹, G.A. Gimaletdinova¹, A.M. Hamatshin²

¹Institute of Biology, Ufa Sci. Center of RAS, Ufa

²Bashkirsky State Agrarian University, Ufa

³Universitet Martin-Luther, Halle-Wittenberg

It is shown that, compared with plowing the use of minimum and no-tillage during two years has led to some changes in agrophysical properties: an increase in bulk density, deterioration of structures and absorbent water capacity of the soil. In average moisture conditions (2011 year) it caused a decrease in the yield of spring wheat, but in dry 2012 year barley yields increased in a sequence: plowing, cultivation, no-till.

Keywords: soil tillage, plowing, cultivation, no-tillage, physical properties, productivity.

Ilyusya, Gabbasova Doctor of Biology, professor, head of laboratory, e-mail: gimib@mail.ru; *Ruslan Suleymanov*, Doctor of Biology, leading researcher, e-mail: soils@mail.ru; *Ilgiz Khabirov*, Doctor of Biology, professor, head of department, e-mail: ilkhabirov@yandex.ru; *Peter Libelt*, postgraduate student, e-mail: peter.liebelt @ geo.uni-halle.de; *Mikhail Komissarov*, Candidate of Biology, junior researcher, e-mail: mixa-vip@yandex.ru; *Guldar Gimaletdinova*, postgraduate student; *Hamatshin Aidar*, postgraduate student