

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СТЕПНОМ ЗАВОЛЖЬЕ

ГОРЯНИН Олег Иванович, ФГБНУ «Самарский НИИСХ»

ЩЕРБИНИНА Елена Владимировна, ФГБНУ «Самарский НИИСХ»

МЕДВЕДЕВ Иван Филиппович, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

Установлено, что длительное применение технологических систем (с дифференцированными обработками и внесением измельченной соломы на поверхность чернозема обыкновенного) в севообороте вместо традиционных (с постоянной вспашкой) не противоречит развитию естественных процессов, происходящих в почве, не снижает содержание макроструктуры (0,25 – 10 мм) в пахотном слое. При этом на варианте с прямым посевом яровых зерновых наблюдается наибольшее содержание агрегатов размером 0,25–3 мм в верхнем слое почвы, что обеспечивает наименьшие потери влаги на испарение. Длительное применение современных технологических систем обработки почвы и посева полевых культур не приводит к переуплотнению чернозема обыкновенного. Плотность почвы в течение вегетации находится в пределах оптимальных значений для возделывания сельскохозяйственных культур (1,0–1,3 г/см³). При применении всех испытываемых технологий сопротивление пенетрации почвы в период посева яровых зерновых не выходит за пределы оптимальных значений для развития растений.

Одно из главных направлений ведения растениеводства в современных условиях – ресурсоэнергоэкономичность, экологическая безопасность и рентабельность. По мнению А.А. Жученко, особое значение в связи с этим приобретает разработка новых технологий, основанных на принципах ресурсоэнергосбережения [2]. Освоение таких технологий предопределено передовым мировым и отечественным научно-практическим опытом, общими тенденциями развития современного земледелия [7, 8]. Однако их внедрение должно осуществляться на системной основе и соответствовать природно-климатическим условиям региона.

Агрофизические свойства – одни из основных факторов, влияющих на химические, биологические процессы почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур. Регулирование их осуществляется главным образом обработкой почвы. По мнению многих авторов, оптимальное

строение почвы обеспечивается в основном только с помощью вспашки. Однако в многочисленных исследованиях показано, что естественное строение некоторых типов почв близко к оптимальному строению для большинства сельскохозяйственных культур [3, 4, 7, 9, 10], что позволяет снижать интенсивность обработки черноземных почв Поволжья.

Цель наших исследований – установить влияние современных технологических систем обработки почвы и посева полевых культур с биологическими методами воспроизводства почвенного плодородия на агрофизические свойства чернозема обыкновенного степного Заволжья.

Методика исследований. Исследования проводили в 1999–2010 гг. на черноземе террасовом обыкновенном малогумусном среднемощном среднесуглинистом (стационарный опыт ФГБНУ «Самарский НИИСХ»). Изучали пять технологических систем:





1) контроль – традиционная система обработки и посева под все культуры севооборота (вспашка – ПН-4-35, весеннее боронование – БЗСС-1,0, предпосевная культивация – КПС-4, посев зерновых – СЗ-3,6, прикатывание – ЗКШ-6);

2) дифференцированная 1 – мелкая мульчирующая обработка почвы под зерновые (ОПО-4,25), глубокое рыхление в чистом пару и под кукурузу (ПЧ-4,5), посев зерновых – АУП-18.05;

3) дифференцированная 2 – прямой посев зерновых культур – АУП-18.05, глубокое рыхление под пятую культуру севооборота – ПЧ-4,5 (обработка общеистребительными гербицидами парового поля);

4) мелкая мульчирующая обработка почвы под все культуры севооборота (ОПО-4,25), посев – АУП-18.05;

5) дифференцированная 3 – обработка дисковыми орудиями под зерновые культуры и в пару (Кюне-770), глубокое рыхление под пятую культуру севооборота (ПЧ-4,5), посев – АУП-18.05.

Исследования проводили в семипольном севообороте с чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – кукуруза (с 2006 г. горох + овес) – яровая пшеница – ячмень. Делянки размещали методом рендомизированных блоков. Площадь делянки – 0,15 га, повторность трехкратная.

Применяли интегрированные приемы борьбы с сорняками. Для посева использовали сорта, адаптированные к местным погодным условиям. Уборку проводили с измельчением соломы.

В 2002, 2005 гг. наблюдалась весенняя засуха (ГТК за май – август 0,46–0,47), в 2008, 2009 гг. – весенне-летняя засуха (ГТК за май – август 0,69–0,76), в 2010 г. – весенне-осенняя засуха, самая продолжительная за последние 100 лет (ГТК за май – август 0,15). Благоприятными для роста и развития озимых культур оказались 2000, 2001, 2004, 2006 гг. (ГТК за май – август 0,53–0,81), а 2003 и 2007 гг. – для всех сельскохозяйственных культур (ГТК за май – август 1,13–1,42).

В ходе исследований определяли структурно-агрегатный состав почвы – способом сухого просеивания по методу

Н.И. Савинова [1]; плотность почвы – методом цилиндров по С.И. Долгову (ГОСТ 27593–88); сопротивление пенетрации почв – пенетрометром; скважность почвы – расчетным способом.

Результаты учетов и наблюдений обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализов (компьютерная программа AGROS ver. 2.09).

Результаты исследований. Установлено, что применение современных технологических систем обработки почвы и посева полевых культур в сравнении с традиционной системой не привело к ухудшению структурно-агрегатного состава почвы. Это согласуется с данными, полученными как на склоновых землях, так и на равнинных участках чернозема обыкновенного [4, 5, 10]. На всех изучаемых вариантах структурное состояние почвы было хорошим (табл. 1).

В среднем за годы исследований наибольшее содержание агрономически ценных агрегатов отмечали при поверхностном внесении соломы и дифференцированной обработке почвы 2 – 67,5 %, что на 3,2 % выше контроля.

В засушливых условиях Заволжья на паровых полях возможно проявление ветровой эрозии. В среднем за время проведения опыта количество эрозионно-устойчивых агрегатов в верхнем слое почвы в зависимости от изучаемых технологических систем обработки пара менялось незначительно. Наибольшее содержание фракции > 1 мм было выявлено на вариантах с дифференцированной обработкой 1 и 3 – 72,0 %, что несущественно (на 1,3–3,1 %) больше, чем количество фракций на остальных испытываемых вариантах. При этом верхний слой почвы обладал эрозионной устойчивостью, то есть содержание эрозионно-устойчивых агрегатов больше 1 мм не опускалось ниже 60 %. Осадки осенне-весеннего периода не оказывали существенного влияния на содержание эрозионно-устойчивых агрегатов в весенний период.

Применение технологических систем с минимальными обработками почвы обеспечило по сравнению с вспашкой и глубоким рыхлением увеличение количества структурно-агрегатного состава почвы.



турных комочков размером от 0,25 до 3 мм в верхнем слое почвы на 1,8–6,6 %, что способствовало наименьшему расходу влаги на физическое испарение на этих вариантах. Аналогичная тенденция выявлена в годы с пониженным выпадением осадков (менее 260 мм).

В условиях обильного выпадения осадков (> 295 мм) содержание частиц от 0,25 до 3 мм в верхнем слое почвы не изменялось в зависимости от исследуемых технологий возделывания. По данным Г.И. Казакова, полученным на черноземах Среднего Заволжья, размер преобладающих почвенных агрегатов посевного слоя должен приблизительно соответствовать размерам высеваемых семян [4]. В наших исследованиях применение различных технологических систем обработки почвы и посева полевых культур не снижало количество агрегатов 0,25–7 мм и 3–10 мм по сравнению с традиционной технологией.

Одним из важнейших показателей агрофизических свойств почвы является ее плотность. При длительном применении технологических систем обработки почвы с различными способами заделки соломы и пожнивно-корневых остатков (ПКО) плотность ее на всех вариантах была в пределах оптимальных значений для рос-

та и развития исследуемых культур – 1,0–1,3 г/см³. В большей степени она зависела от биологических особенностей растений и в меньшей – от технологических систем обработки почвы и посева (табл. 2).

Под посевами озимой пшеницы почва пахотного слоя была более плотного сложения (1,07–1,12 г/см³), чем на остальных полях (1,03–1,08 г/см³), за счет меньшей влажности и уплотняющего действия на почву корневой системы, хорошо развитой в весенний период. Корреляционный анализ взаимосвязи плотности почвы под посевами озимой пшеницы в весенний период с климатическими условиями выявил наибольшую взаимосвязь с температурой воздуха за сентябрь – апрель. На вариантах с ежегодной вспашкой и обработкой черного пара дисковым орудием наблюдалась средняя несущественная прямая взаимосвязь между этими показателями ($r = 0,41-0,45$). На остальных исследуемых вариантах коэффициент корреляции ($0,64^*-0,69^*$) был достоверным на 5%-м уровне. Влияние осадков осенне-весеннего периода на плотность почвы было менее значимым. Наибольшая взаимосвязь ($r = 0,59$) между признаками установлена на варианте с ранним паром.

Таблица 1

Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) весной на паровом поле при разных технологических системах обработки почвы и посева, %

Показатель	Технологические системы обработки почвы и посева					НСР ₀₅ , среднее
	1	2	3	4	5	
Количество осадков за сентябрь – апрель менее 260 мм (7 лет)	61,4	61,7	65,8	64,5	63,9	5,10
Количество осадков за сентябрь – апрель более 295 мм (4 года)	69,2	69,2	70,2	69,5	68,6	3,36
Среднее за 2000–2010 гг.	64,3	64,5	67,5	66,3	65,6	4,47

Плотность почвы в слое 0–30 см весной при разных технологических системах обработки почвы и посева зерновых культур, г/см³ (2000–2010 гг.)

Поле севооборота	Технологические системы обработки почвы и посева					НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	
Чистый пар (1)	1,08	1,06	1,03	1,06	1,06	0,055
Озимая пшеница (2)	1,12	1,12	1,07	1,10	1,09	0,056
Горох + овес (5)	1,06	1,07	1,04	1,06	1,07	0,054
Ячмень (7)	1,07	1,07	1,04	1,08	1,07	0,052
Среднее	1,08	1,08	1,05	1,08	1,07	0,053

В годы с температурой воздуха за сентябрь – апрель выше 0,4 °С плотность почвы в пахотном слое под посевами озимой пшеницы не зависела от технологий систем обработки почвы и посева и составляла 1,13–1,17 г/см³, близко к оптимальным значениям для роста и развития культуры (1,2–1,3 г/см³).

В годы с понижением температуры в сентябре – апреле до –0,5 °С установлено снижение плотности почвы на 0,04–0,10 г/см³ (3,6–9,7 %) и урожайности в 1,6–1,7 раза на варианте с дифференцированной обработкой 2.

В паровом поле по сравнению с полем, где возделывали озимую пшеницу, наблюдали другую зависимость плотности от температуры воздуха за сентябрь – апрель. В годы с температурой за анализируемый период более 0,4 °С плотность сложения почвы не зависела от применяемых технологических систем обработки почвы и посева. Однако на вариантах с вспашкой и глубоким рыхлением она была существенно ниже на 0,05–0,09 г/см³ (4,9–8,7 %) по сравнению со значениями в годы с более низкими температурами во вневегетационный период. На вариантах с постоянной мелкой обработкой почвы и при ее отсут-

ствии изменения плотности почвы в зависимости от температуры осенне-весеннего периода были незначительными.

На посевах яровых культур плотность почвы не зависела от температуры воздуха; существенно зависела от осадков весеннего периода. Наиболее тесная прямая взаимосвязь с осадками отмечена в сентябре – мае, при максимальных значениях ($r = 0,61^* - 0,75^{**}$) на вариантах с дифференцированной обработкой почвы 1 и 2. Установлено, что плотность почвы изменяется по профилю.

В паровом поле и под посевами яровых культур самый плотный слой 20–30 см (1,08–1,12 г/см³) в весенний период был установлен на вариантах, где проводили основную обработку на различную глубину. Под посевами озимой пшеницы, возделываемой по черному пару, различия между слоями 10–20 и 20–30 см по этому показателю были незначительными.

При технологических системах с прямым посевом яровых выявлена обратная зависимость. Максимальную плотность отмечали на варианте 3 в слоях 10–20 и 20–30 см, под посевами озимой пшеницы – в слое 20–30 см. Определенная тенденция к снижению плотности почвы в слое 20–30 см



Плотность пахотного слоя почвы осенью при разных технологических системах обработки и посева зерновых культур в зависимости от ГТК, г/см³ (2000–2010 гг.)

Поле севооборота	Технологические системы обработки почвы и посева				
	1	2	3	4	5
Чистый пар (1)	$\frac{1,03}{1,08}$	$\frac{1,05}{1,08}$	$\frac{1,02}{1,08}$	$\frac{1,03}{1,08}$	$\frac{1,07}{1,08}$
Озимая пшеница (2)	$\frac{1,09}{1,12}$	$\frac{1,12}{1,12}$	$\frac{1,12}{1,08}$	$\frac{1,09}{1,13}$	$\frac{1,07}{1,10}$
Горох + овес (5)	$\frac{1,08}{1,06}$	$\frac{1,09}{1,06}$	$\frac{1,13}{1,08}$	$\frac{1,09}{1,09}$	$\frac{1,06}{1,05}$
Ячмень (7)	$\frac{1,09}{1,06}$	$\frac{1,09}{1,05}$	$\frac{1,10}{1,07}$	$\frac{1,07}{1,09}$	$\frac{1,10}{1,07}$
Среднее	$\frac{1,07}{1,08}$	$\frac{1,09}{1,08}$	$\frac{1,09}{1,08}$	$\frac{1,07}{1,10}$	$\frac{1,08}{1,08}$

Примечание: в числителе – среднее за годы с ГТК более 0,75 (2000, 2003, 2006–2008 гг.); в знаменателе – среднее за годы с ГТК менее 0,70 (2001, 2002, 2004, 2005, 2009, 2010 гг.).

на варианте с прямым посевом практически под всеми культурами севооборота и под посевами озимой пшеницы на остальных вариантах служит доказательством разуплотнения почвы в необрабатываемых слоях. За вегетационный период произошло выравнивание плотности почвы в зависимости от изучаемых технологических систем. Однако при этом почва под посевами озимой пшеницы к уборке урожая, как и в весенний период, была более плотного сложения (1,09–1,12 г/см³), чем на остальных полях (1,05–1,10 г/см³).

Выявлена зависимость плотности сложения почвы от ГТК вегетационного периода. В паровом поле увеличение плотности почвы за вегетационный период (до 6 %) в годы с засушливыми условиями связано с ее уплотнением в необрабатываемом за период парования слое 10–30 см. После уборки озимой пшеницы и горохово-овсяной смеси более плотное сложение почвы на варианте с прямым посевом яровых зерновых культур отмечали в благоприятные по увлажнению годы (табл. 3). На остальных вариантах плотность почвы после уборки сельскохозяйственных культур практически не зависела от ГТК

вегетационного периода. В среднем по севообороту на всех исследуемых технологических системах выявлена аналогичная тенденция.

Для более полной характеристики плотности почвы необходимо, по мнению некоторых ученых, использовать наряду с объемной массой показатель общей пористости (суммарного объема пор в процентах ко всему объему почвы) [6]. В наших исследованиях применение технологических систем обработки не оказало существенного влияния на общую пористость почвы над и под семенным слоем. Она в большей мере зависела от биологических особенностей растений и практически не зависела от изучаемых вариантов.

На посевах озимой пшеницы общая пористость почвы была наименьшей за счет снижения количества пор аэрации. В слое 0–10 см она составила 57,0–59,7 %, в слое 10–30 см – 56,2–57,4 %. На остальных полях этот показатель колебался: над семенным слоем – 59,7–62,4 % и в под семенном слое – 57,0–58,9 %. В среднем по севообороту на всех вариантах общая пористость почвы была благоприятной для развития сельскохозяйственных растений.



Дополнительной характеристикой агрофизических свойств почвы является определение сопротивления ее пенетрации. Установлено, что сопротивление пенетрации корнеактивного слоя почвы (0–60 см) в весенний период (после посева яровых зерновых) не выходило за пределы 1400 КПа. На посевах озимой пшеницы (фаза кущения) наименьшее сопротивление пенетрации, связанное с более высокими запасами продуктивной влаги, выявлено на варианте без осенней обработки почвы. На остальных вариантах разница в показаниях пенетromетра была незначительной. Не отмечали значительных изменений сопротивления пенетрации почвы в зависимости от технологий систем обработки почвы и посева яровых зерновых культур.

При послойном анализе сопротивления почвы после посева яровых культур наблюдали более рыхлое сложение почвы при традиционной технологии в слоях 0–10 и 0–30 см, что подтверждает наибольшее значение послепосевого прикатывания для прорастания семян по сравнению с испытываемыми технологиями. На вариантах с постоянной мелкой и дифференцированными обработками в севообороте показатель сопротивления почвы возрастал в верхнем слое в 2–3 раза. Наиболее оптимальные значения в пахотном слое почвы под посевами яровых зерновых отмечали при дифференцированной обработке 1 – 940 КПа.

При уменьшении запасов продуктивной влаги в почве во время вегетации сельскохозяйственных культур увеличивалось сопротивление пенетрации. Во влажные 2007 и 2008 гг. в течение всей вегетации независимо от варианта показатель не превышал предельных значений для роста и развития культур 2,0–2,5 МПа. Особенно сильно сопротивление пенетрации возрастало в годы с недостаточным количеством осадков за весенне-летний период (2009, 2010 гг.), когда независимо от технологий данный показатель к уборке превышал 3,5 МПа.

К концу парования наиболее оптимальные значения в пахотном слое почвы (861–975 Кпа) для осеннего развития

озимой пшеницы были установлены на вариантах с ежегодной вспашкой и дифференцированной обработкой почвы 1. К уборке озимой пшеницы существенное увеличение сопротивления пенетрации в корнеактивном слое (0–60 см) было выявлено на варианте с постоянной мелкой обработкой почвы в севообороте – 2133 КПа, что на 194–311 КПа (10,0–17,1 %) выше, чем на остальных вариантах. После уборки яровых зерновых, а также в среднем по севообороту наиболее оптимальное сопротивление пенетрации в слое 0–60 см наблюдали в контроле и при дифференцированной обработке – 1484–1622 КПа и 1488–1589 КПа соответственно.

Выводы. Результаты исследований в зернопаропропашном севообороте на черноземе обыкновенном свидетельствуют о перспективности применения для степного Заволжья технологических систем обработки почвы и посева полевых культур в современных адаптивных системах земледелия.

Применение технологических систем (с дифференцированными способами обработки почвы и поверхностным размещением соломы и пожнивно-корневых остатков) по сравнению с традиционной технологией с постоянной вспашкой не противоречит проявлению естественных процессов, происходящих в почве, не снижает содержание макроструктуры (10–0,25 мм) в пахотном слое. При этом на варианте с прямым посевом яровых зерновых наблюдается наибольшее содержание агрегатов размером 0,25–3,0 мм в верхнем слое почвы, что обеспечивает наименьшие потери влаги на испарение.

Длительное применение современных технологических систем обработки почвы и посева полевых культур не приводит к переуплотнению чернозема обыкновенного. Плотность почвы в течение вегетации находится в пределах оптимальных значений для возделывания сельскохозяйственных культур (1,0–1,3 г/см³). При применении всех испытываемых технологий сопротивление пенетрации почвы в период посева яровых зерновых не выходит за пределы оптимальных значений для развития растений.



1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Жученко А. А. Проблемы ресурсосбережения в зерновом хозяйстве // Сберегающее земледелие: будущее сельского хозяйства России: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Самара, 2004. – С. 10–14.
3. Изменение физических и водно-физических свойств черноземных почв под влиянием различных севооборотов и удобрений / И.Ф. Медведев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 9. – С. 35–39.
4. Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье. – Самара, 2008. – 251 с.
5. Кисс Н.И., Сафонова И.В. Динамика структурно-агрегатного состава черноземов обыкновенных в звене зернопаропропашного севооборота на склонах // Известия Оренбургского ГАУ. – 2014. – № 4 (48). – С. 10–13.
6. Колмаков П.П., Казанцев К.И. Результаты изучения скважности почвы // Земледелие. – 1983. – № 7. – С. 29–30.
7. Концепция формирования современных ресурсосберегающих комплексов возделывания зерновых культур в Среднем Поволжье / сост. В.А. Корчагин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара, 2008. – 88 с.

8. Кроветто К. Прямой посев (No-till). – Самара, 2010. – 206 с.
9. Слесарёв В.Н. Почвенная деформация пахотного слоя сибирских черноземов // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 22–23.
10. Чуданов И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почв в Среднем Поволжье. – Самара, 2006. – 236 с.

Горянин Олег Иванович, д-р с.-х наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий, ФГБНУ «Самарский НИИСХ». Россия.

Щербинина Елена Владимировна, младший научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий, ФГБНУ «Самарский НИИСХ». Россия.

446254, Самарская обл., п.г.т. Безенчук, ул. К. Маркса, 41.

Тел.: (84676) 2-11-40.

Медведев Иван Филиппович, д-р с.-х наук, проф., главный научный сотрудник отдела экологии агроландшафтов, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Россия.

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.

Тел.: (8452) 64-76-88;

e-mail: raiser_saratov@mail.ru.

Ключевые слова: технологические системы обработки почвы и посева; агрофизические свойства; чернозем обыкновенный.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS IN THE STEPPE TRANS-VOLGA REGION

Goryanin Oleg Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the department of Agriculture and New Technologies, Samara Agricultural Research Institute. Russia.

Shcherbinina Elena Vladimirovna, Junior Researcher of the department of Agriculture and New Technologies, Samara Agricultural Research Institute. Russia.

Medvedev Ivan Filippovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief researcher of the department of Ecology of Agrolandscapes, Agricultural Research Institute for South-East Region. Russia.

Keywords: technological tillage and seeding systems; agro-physical properties; chernozem ordinary.

We present a study on five technological tillage systems and seeding on chernozem ordinary. The findings suggest that the prospects of the use of new technological systems in modern adaptive farming systems for the Trans-Volga steppe. It was found that long-term use of technological systems

with differentiated treatments and the introduction of chopped straw on the surface of chernozem ordinary in the rotation, instead of the traditional with a constant plowing, is not contrary to the development of natural processes occurring in the soil, does not reduce the content of the macrostructure (10-0,25 mm) in arable layer. In this embodiment, in the direct sowing of spring grain it is observed the highest content of aggregates of 3-0,25 mm in the upper layer of soil, which provides the smallest loss of moisture through evaporation. Long-term use of modern technological tillage systems and sowing of crops does not lead to an ordinary black soil compaction. The density of the soil during the growing season is in the range of optimal values for cropping (1,0-1,3 g / cm³). In applying all test technology, penetration resistance of the soil during the sowing of spring grains is within the optimum values for the development of plants.

