

цессов в различных частях зерновок. При этом уровень ПОЛ в зародыше и эндосперме коррелятивно связан с содержанием антиоксидантов в этих частях зерновок, тогда как в щитке отмечается обратная корреляция этих параметров.

3. В работе ферментов (АДГ, Г6ФДГ и пероксидаза) отмечаются как минимумы, так и максимумы проявления активности. Причем величины экстремумов у каждого фермента имеют индивидуальные значения. В период набухания отмечаются сильные колебания в активности исследуемых ферментов, что свидетельствует о протекании процессов синтеза и протеолиза белков в клетках различных частей зерновок пшеницы и включение их во время набухания. Кроме того, можно отметить, что в процессе набухания наблюдается импульсивный характер проявления активности исследованных ферментов, обуславливающий их индивидуальную ритмику.

4. Низкая пероксидазная активность и снижение содержания антиоксидантов в щитке в период набухания свидетельствуют о том, что в этой части зародыша создаются условия для протекания свободнорадикальных реакций. При этом на щиток возлагается регуляторная функция, обеспечивающая избирательное поступление из эндосперма питательных веществ и фитогормонов в зародыш.

#### Библиографический список

1. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.
2. Рогожина Т.В., Рогожин В.В. Физиолого-биохимические механизмы прорастания

зерновок пшеницы // Вестник АГАУ. – 2011. – № 8. – С. 17-21.

3. Рогожин В.В. Биохимия растений. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 432 с.

4. Батыгина Т.Б. Хлебное зерно: атлас. – Л.: Наука, 1987. – 103 с.

5. Рогожин В.В., Курилюк Т.Т. Роль пероксидазы в механизмах покоя и прорастания зерновок некоторых злаковых культур // Известия ТСХА. – 2010. – № 4. – С. 22-32.

6. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 1989. – С. 283-285.

7. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 252 с.

8. Рогожин В.В., Курилюк Т.Т. Влияние ультрафиолетового облучения семян на процессы перекисного окисления липидов в проростках пшеницы // Биохимия. – 1996. – Т. 61. – № 8. – С. 1432-1439.

9. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

10. Рогожин В.В. Практикум по биологической химии. – СПб.: Лань, 2006. – 256 с.

11. Методы биохимических исследований / под ред. М.Н. Прохоровой. – Л., 1982. – 271 с.

12. Лебедева О.В., Угарова Н.Н., Березин И.В. Кинетическое изучение реакции окисления о-дианизидина перекисью водорода в присутствии пероксидазы из хрена // Биохимия. – 1977. – Т. 42. – № 8. – С. 1372-1379.

13. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.



УДК 631.5:633.11 (571.17)

**В.В. Гребенникова,  
Н.Н. Чуманова**

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

**Ключевые слова:** обработка почвы, плотность, структура, водопрочность, за-

пасы влаги, продуктивность, минимально-нулевая обработка, слой почвы.

Обработка почвы – самое энергоёмкое звено в системе земледелия, на него приходится примерно половина энергетических затрат от всего объема возделывания сельскохозяйственных культур [1]. Теоретическое обоснование механической обработки почв сдерживается сложностью, многогранностью и противоречивостью влияния обработки на плодородие и разнообразием почвенно-климатических условий.

Широко известны эксперименты Т.С. Мальцева, который отказавшись от вспашки, пришел к выводу, что безотвальная обработка почвы должна проводиться дважды в паровом поле. После уборки зерновых культур поверхностная обработка дисковым лушильником на глубину 7-8 см. Данная система обработки прошла производственную проверку в районах Зауралья и Сибири и дала положительные результаты [2].

Сама по себе минимальная обработка не нова, и начало её научного осмысления положено в трудах И.Е. Овсинского в конце XIX в. Примерно через 40 лет его идеи получили подтверждение американским фермером Э. Фолкнером [3].

В современных условиях на смену традиционным обработкам почвы с применением вспашки пришли технологии с элементами ресурсосбережения. Эти технологии в отличие от традиционных отвечают требованиям природоохранного земледелия (исключается переуплотнение, ослабляются процессы разрушения почв, снижаются темпы минерализации органического вещества) [4].

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в Западной Сибири невозможно без совершенствования технологии обработки почвы и интенсификации земледелия. Направленные изменения агрофизических свойств черноземных почв в системе почва – обработка – средство интенсификации – агрофитоценоз возможно проследить только в длительных стационарных исследованиях, что и было сделано в Омской области в 1984-2000 гг. Определяющим фактором агрофизики почвы является плотность. Длительное (20 лет) применение минимальных обработок способствовало оптимизации сложения верхнего слоя. В полях зернопаропропашного севооборота плотность верхнего слоя составляла 1,04-1,10 г/см<sup>3</sup>; при отвальной обработке – 1,04-1,06 г/см<sup>3</sup>. Наиболее заметные отличия наблюдаются в слоях 12-27 см, когда на варианте минимальная обработка плотность на 0,03-0,10 г/см<sup>3</sup> выше, чем по вспашке [5].

Уплотнение почвы почвообрабатывающими орудиями наблюдается во всем мире. В результате воздействия движителей и

орудий обработки почвы разрушается ее структура, повышается плотность, снижается водо- и воздухопроницаемость. А.Г. Бондаревым определено, что многочисленные проходы техники по полю способствуют разрушению структуры сухой почвы, ее истиранию [1]. При увлажнении такая почва заплывает, а последующее иссушение приводит к формированию крупных глыб. Плотность почвы повышается и достигает 1,3-1,5 г/см<sup>3</sup> и даже более.

Для выбора системы обработки (её приемов) необходимо полагаться на научные рекомендации, в основе которых исследования для конкретных условий, или сделана адаптационная корректировка для условий Сибири.

С этой целью была разработана областная программа и начаты исследования по теме: «Оценка технологии нулевой обработки почвы по системе No-till в сравнении с зональными и минимальными вариантами при возделывании сельскохозяйственных культур в Кемеровской области». В задачи исследования входило:

- оценка влияния систем обработки почвы на агрофизические свойства;
- оценка влияния систем обработки почвы на гидрологические свойства почвы;
- оценка влияния систем обработки почвы на формирование продуктивности зерновых культур.

#### Методика исследования

Исследования проводились в 2007-2009 гг. в полевом севообороте, где изучали три варианта системы обработки почвы. Почва – чернозем выщелоченный, содержание гумуса 10,4-11%, среднесплодный, тяжелосуглинистый, pH = 5,5-5,6, содержание обменного калия 60 мг/кг почвы; обеспеченность подвижным фосфором 35-46 мг/кг почвы. Площадь делянки – 12,5 га, повторность 2-кратная.

Гидротермические условия в период исследований характеризовались следующими показателями ГТК: 2007 г. – 1,5, 2008 г. – 1,38, 2009 г. – 1,1, при среднемноголетнем показателе ГТК – 1,1.

#### Объект изучения

1. Системы обработки почвы.

- **Зональная** (плоскорезная (зяблевая), КПГ-2-150 на глубину 20-22 см; ранневесеннее боронование БИГ-3 – 4-6 см; предпосевное лушение и посев VADERSTAD Rapid A 800 C – 4-5 см.

- **Минимальная** предпосевное лушение, посев, VADERSTAD Rapid A 800C.

- **Нулевая** (посев VADERSTAD Rapid A 800 C).

За контроль взят вариант зональной системы обработки почвы.

2. Сорты культур:

- пшеница, сорт Ирень, с нормой высева 6,0 млн всхожих семян (2007 г.);
- горох, сорт Агроинтел, с нормой высева 1,3 млн всхожих семян (2008 г.);
- ячмень, сорт Биом, с нормой высева 4,5 млн всхожих семян (2009 г.).

Закладка опыта, учеты, наблюдения проводились с использованием общепринятых методик:

1. Влажность почвы – термостатно-весовым методом, в основные фазы роста и развития культур в слое 0-100 см. Для расчетов запасов продуктивной влаги определяли почвенно-гидрологические константы – МГ и ВУЗ [6].

2. Плотность почвы методом режущего кольца по Н.А. Качинскому, перед посевом и перед уборкой, в слое 0-100 см [3].

3. Структура почвы сухим и мокрым рассевом по Н.И. Саввинову [6].

4. Фенологические наблюдения, учет урожая и элементов его структуры по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7].

**Результаты исследований**

Агрегатный состав почвы определялся перед посевом и в фазу созревания. Отмечаем, что технологии обработки почвы влияют на агрегатный состав, а именно на содержание фракций крупнее 10 мм (табл. 1).

В 2007 г. перед закладкой опыта содержание агрегатов диаметром 0,25-10 мм было практически одинаковым и соответствовало отличному состоянию, согласно шкале оценки. Водопрочность почвы была неудовлетворительной по всем вариантам. В 2007 г. перед закладкой опыта содержание агрегатов диаметром 0,25-10 мм было практически одинаковым и соответствовало отличному состоянию, согласно шкале оценки. Водопрочность почвы была неудовлетворительной по всем вариантам.

В 2008 г. содержание агрономически ценных агрегатов на период посева изменяется по возрастающей от 87,42% (зональная) до 93,67% (нулевая). На момент созревания отмечено изменение содержания данной структуры в сторону уменьшения за счет увеличения агрегатов более 10 мм от 13,08% (минимальная) до 30,99% (зональная). По видимому, снижение количества осадков в 2008 г. в течение вегетации способствовало формированию глыбистой фракции, особенно на зональной обработке.

Третий год исследований показал, что сформировавшаяся агрономически ценная

структура за все годы исследований не только не уменьшилась, но и увеличилась по сравнению с 2008 г. на начало вегетации и составила 95-99%, что свидетельствует о хорошей мелиоративной роли предшествующей культуры – гороха. По сравнению с 2008 г. неизменной осталась и водопрочность – от 44 до 60%. По сравнению с 2008 г. снизился процент содержания агрегатов более 10 мм с 7,32 до 0,60% на зональной системе обработки и от 6,13 до 1,51% – на минимальной. На варианте нулевая обработка содержание агрегатов более 10 мм осталась неизменным.

В целом почва на всех вариантах характеризуется как оструктуренная, с хорошей водопрочностью.

Для оценки оптимальной плотности почвы, как правило, берется пахотный слой. По мнению Ф.Г. Бакирова, этого недостаточно [8]. Средняя плотность пахотного слоя, даже при нулевой обработке, не превышает оптимального для зерновых культур уровня, тогда как в слое 20-30 см она уже весной достигает 1,29 г/см<sup>3</sup>, что приводит к снижению урожайности. Поэтому для оценки пахотного слоя необходимо учитывать плотность всех слоев, особенно нижних. В наших исследованиях изучался метровый слой почвы. В 2007 г. на момент посева по всем изучаемым вариантам обработки почвы пахотный слой соответствует рыхлому сложению, с абсолютным увеличением показателя плотности на варианте минимальная обработка.

В фазу созревания наблюдалось незначительное увеличение плотности. При этом отмечаем, что на варианте нулевая обработка плотность повышается на 0,27 г/см<sup>3</sup> со слоя 20 см. В 2008 г. слой 0-40 см на вариантах зональная и минимальная обработка почвы характеризуются рыхлым сложением, на варианте нулевая обработка уже с глубины 20 см наблюдается уплотнение с 1,23 до 1,41 г/см<sup>3</sup> (табл. 2).

Выявлено, что на вариантах зональная и минимальная системах обработки почвы в 2009 г. со слоя 40-60 см наблюдается уплотнение почвы с 1,37 до 1,51 г/см<sup>3</sup> соответственно (табл. 3).

К достоинствам минимальной и нулевой технологии обработки почвы, исследователи относят накопление и сохранение продуктивных запасов влаги [9].

В 2007 г. различия по запасам влаги наблюдались только к концу вегетации при увеличении их на минимальном и нулевом вариантах обработки до 152-156 мм, на контроле – 135 мм. Данные по запасам влаги за 2008-2009 гг. позволяют делать выводы по влиянию обработок на этот показатель (табл. 4).

Таблица 1  
Структурный состав и водопрочность в зависимости от систем обработки, %  
(посев, слой 0-30 см)

Система обработки	Структура, мм			Водопрочность
	>10	0,25-10	<0,25	
Пшеница, 2007 г.				
Зональная	8,00	85,50	5,50	26,06
Минимальная	8,60	84,90	6,30	35,06
Горох, 2008 г.				
Зональная	7,32	87,42	5,16	52,54
Минимальная	6,13	91,86	2,01	61,46
Нулевая	3,54	93,67	2,79	59,04
Ячмень, 2009 г.				
Зональная	0,60	99,17	0,23	55,96
Минимальная	1,51	96,15	2,34	62,52
Нулевая	3,88	95,62	0,50	44,04

Таблица 2  
Плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (2008 г.)

Слой почвы, см	Посев			Созревание		
	1*	2	3	1	2	3
0-10	0,99	0,99	0,99	1,02	1,05	1,07
10-20	0,97	0,91	0,89	1,04	0,98	0,97
20-30	0,93	0,89	1,23	1,07	0,92	1,00
30-40	0,98	0,99	1,39	1,06	0,93	1,16
40-60	1,23	1,28	1,42	1,21	1,28	1,28
60-80	1,39	1,41	1,31	1,44	1,51	1,42
80-100	1,44	1,41	1,30	1,48	1,47	1,41

\*1 – зональная, 2 – минимальная, 3 – нулевая.

Таблица 3  
Плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (2009 г.)

Слой почвы, см	Посев			Созревание		
	1*	2	3	1	2	3
0-10	1,08	1,03	1,02	0,89	1,02	1,01
10-20	1,10	1,05	1,02	0,95	1,06	0,97
20-30	1,18	0,89	0,96	0,89	1,01	1,01
30-40	1,05	0,97	1,23	0,99	1,22	1,12
40-60	1,28	1,32	1,31	1,22	1,28	1,19
60-80	1,37	1,52	1,36	1,09	1,25	1,24
80-100	1,45	1,51	1,35	1,05	1,16	1,21

Таблица 4  
Запасы продуктивной влаги по вариантам обработки (в слое 0-100 см), мм

Варианты обработки	2008 г.		2009 г.	
	посев	созревание	посев	созревание
Зональная	276,8	172,2	202,0	94,9
Минимальная	273,9	169,2	184,4	95,1
Нулевая	227,7	148,4	177,3	109,4

В 2008 г. на период посева запасы влаги составили 227,7 мм (нулевая) и 276,8 мм (зональная). Наблюдается тенденция к снижению запасов влаги как по вариантам обработки, так и по годам. Дефицит атмосферных осадков в 2009 г. в период созревания отразился на запасах влаги. На вариантах зональная и минимальная системы обработки почвы запасы влаги практически

одинаковые при увеличении показателя на 15 мм на варианте нулевая обработка.

Количественное увеличение запасов влаги при нулевой обработке происходит за счет увеличения плотности почвы со слоя 40-100 см. О неоднозначности влияния обработок на водный режим почв указывает в своих исследованиях А.М. Лыков [4].

Продуктивность культур в зависимости от вариантов обработки почвы, ц/га

Варианты обработки	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Зональная	33,1	29,5	49,0
Минимальная	34,7	24,8	36,2
Нулевая	33,3	19,2	28,7
НСП <sub>05</sub>	1,66	1,47	1,49

Формирование элементов продуктивности культур зависит от генетических особенностей сорта, условий окружающей среды, элементов технологий, в частности от обработки почвы.

Варианты обработки почвы на формирование урожайности пшеницы не повлияли. В 2008 г. наблюдается достоверное снижение урожайности на варианте нулевая обработка по сравнению с вариантами зональной и минимальной. Максимальная урожайность гороха – 29,5 ц/га на контрольном варианте. В 2009 г. тенденция к снижению урожайности на этих вариантах обработки также сохраняется. Урожайность ячменя на нулевой обработке по сравнению с контролем ниже на 20,3 ц/га.

**Выводы**

1. Системы обработки почвы влияют на структурный состав почвы и водопрочность. Отмечено увеличение водопрочности с 26 до 62%, содержание агрономически ценных агрегатов – с 85 до 98% на всех вариантах обработки.

2. Отмечено, что в слое почвы 0-20 см по всем системам обработки почвы сложение характеризуется как рыхлое. Выявлено уплотнение почвы выше оптимального на минимальной и нулевой системах обработки со слоя 40-60 см до 1,51 г/см<sup>3</sup>.

3. Запасы продуктивной влаги в метровом слое при минимальной и нулевой системах обработки выше за счет увеличения плотности почвы.

4. Системы обработки почвы влияют на формирование урожайности зерновых культур. Максимальную урожайность пшеницы, гороха и ячменя формировали по зональной системе обработки.

**Библиографический список**

1. Бондарев А.Г., Кузнецова И.В. Почвенно-физические основы применения энергосберегающих минимальных обработок почвы // Достижение науки и техники АПК. – 2004. – № 5. – С. 11-12.
2. Каличкин В.К. Минимальная обработка почвы в Сибири: проблемы и перспективы // Земледелие. – 2008. – № 5. – С. 24-26.
3. Гуреев И.И. Минимизация обработки почвы в Сибири // Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 25-27.
4. Лыков А.М., Прудникова А.Г., Прудников А.Д. К проблеме экологизации обработки почвы в современных системах земледелия // Плодородие. – 2006. – № 6. – С. 2-5.
5. Юшкевич Л.В., Хамова О.В. Влияние ресурсосберегающих систем обработки и интенсификация земледелия на элементы плодородия черноземных почв и урожайность зерновых культур в лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2005. – № 3. – С. 9-17.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – Вып. 1. – 269 с.
8. Бакиров Ф.Г. Влияние обработки почвы на плодородие чернозема южного // Земледелие. – 2007. – № 5. – С. 18-20.
9. Гарри Петерсон. Как при технологии No-Till сохраняется влага // Увеличение прибыли через улучшение качества почв. – Днепропетровск, 2006. – С. 65-77.

