

## Эффективность систем основной обработки почвы под культуры полевого звена севооборота в Центральном Предкавказье

*Ю.А. Кузыченко, д.с.-х.н.,  
ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ*

Различные приёмы основной обработки почвы значительно снижают плотность пахотного слоя за счёт изменения объёма порового пространства, а следовательно, изменяются показатели водопроницаемости [1]. Эти водно-физические факторы оказывают определённое влияние на урожайность культур в звене занятого пара [2–5].

**Цель исследования** – установить наиболее эффективную систему основной обработки почвы под культуры звена севооборота с занятым паром.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводилось на стационарном опыте ФГБНУ СНИИСХ в полевом звене севооборота: занятый пар – озимая пшеница – озимая пшеница, типичном для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края зернопаропропашном севообороте (овсяно-гороховая смесь – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на зерно – яровой ячмень). Почва – чернозём обыкновенный, малогумусный, среднемощный, среднесуглинистый. Содержание гумуса в слое 0–20 см – 3,9%, подвижного фос-

фора – 19,5 мг/кг, обменного калия – 198 мг/кг почвы. В опыте изучались три варианта основной обработки почвы на глубину 20–22 см под все культуры звена севооборота с применением: плуга ПЛН-5-35; плуга со стойками СИБИМЭ; чизельного плуга ПЧ-4,5, вариант с комбинированием орудий основной обработки под отдельные культуры севооборота: под занятый пар – обработка плугом со стойками СИБИМЭ на 20–22 см; под озимую пшеницу после занятого пара – чизелевание плугом ПЧ-4,5 на глубину 10–12 см; под 2-ю озимую пшеницу – вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 20–22 см, а также вариант с постоянной минимальной дисковой основной обработкой почвы на глубину 10–12 см тяжёлой бороней БДТ-3 на фоне летне-осеннего применения гербицида Раундап по необработанной стерне в дозе 2 л/га. Предпосевная культивация проводилась паровым культиватором КПС 4 + 4БЗСС-1. Доза удобрений на весь период ротации севооборота составляла  $P_{300}K_{250}$  под основную обработку в поле занятого пара на всех вариантах опыта, а под предпосевную культивацию: в поле озимой пшеницы после занятого пара –  $N_{35}$ ; в поле второй

озимой пшеницы – N<sub>60</sub>. Сорт озимой пшеницы – Одесская 200.

Анализ развития корневых систем парозанимающих культур при различной плотности почвы проводился с использованием метода фрактальной геометрии [6, 7] с вычислением коэффициента длины K<sub>l</sub> и коэффициента ветвления корневой системы K<sub>b</sub>. Фрактальная размерность D<sub>r</sub> структуры определялась по формуле D<sub>r</sub> = ln K<sub>b</sub> / ln K<sub>l</sub>. Определённая таким образом фрактальная размерность D<sub>r</sub> верно описывает экстремальные свойства анализируемых корневых структур: чем длиннее ответвления (чем меньше K<sub>l</sub>) и чем их больше (чем выше K<sub>b</sub>) для корневой системы, тем быстрее происходит заполнение пространства корневой системой, т.е. чем выше значение D<sub>r</sub>, тем интенсивнее стремление корневой системы занять плоскость (в смысле топологической плоскостной размерности).

**Результаты исследования.** Анализ таблицы 1 показывает, что при сравнении плотности почвы по вариантам обработки после посева установлено увеличение плотности в слое 0–20 см в сравнении со вспашкой практически по всем вариантам безотвальной обработки на 0,02 г/см<sup>3</sup>. Перед уборкой значения плотности почвы в среднем за ротацию при обработке стойками СИБИМЭ (1,22 г/см<sup>3</sup>) и комбинированной обработке (1,19 г/см<sup>3</sup>) в сравнении с отвальной вспашкой практически равны, превышение плотности почвы на варианте с мелкой обработкой составляет 0,09 г/см<sup>3</sup>.

Анализ развития корневых систем потенциальных парозанимающих культур (горох, редька масличная) и озимой пшеницы в зависимости от средней плотности почвы в слое 0–20 см за период вегетации при основной отвальной и мелкой обработке почвы представлен в таблице 2 и на рисунке 1.

Данные исследования показывают, что у гороха на зерно суммарная длина корневых систем при отвальной обработке составляла в среднем 84,1 см, что на 21,6 см больше, чем при мелкой обработке, при этом показатель фрактальной размерности D<sub>r</sub> выше (1,87 > 1,75). Аналогичные данные получены и по озимой пшенице, где суммарная длина корневых систем при отвальной обработке составляла 153,9 см, что на 34,1 см больше, чем при мелкой обработке, при этом показатель фрактальной размерности D<sub>r</sub> выше (4,6 > 1,97). Это говорит о более интенсивном заполнении объёмного пространства почвы корнями растения при отвальной обработке. Стержневые корневые системы (редька масличная) описать таким образом невозможно в связи с отсутствием корней низшего порядка.

На основании данных плотности и влажности почвы, а также плотности твёрдой фазы рассчитана общая пористость почвы, а также процентное соотношение воды, воздуха и твёрдой фазы при влажности пахотного слоя 14,9% (табл. 3). Отмечается равное значение общей пористости при обработке стойками СИБИМЭ в сравнении с отвальным плугом (63,4–63,8%), при этом общая пористость при поверхностной обработке ниже на 9,2%.

1. Плотность почвы при обработке различными орудиями в звене севооборота, г/см<sup>3</sup>

Орудия основной обработки	Овсяно-гороховая смесь		Озимая пшеница		2-я озимая пшеница		Средняя за ротацию	
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	1,13	1,16	1,18	1,28	1,11	1,17	1,15	1,20
Плуг со стойками СИБИМЭ	1,15	1,19	1,21	1,29	1,13	1,19	1,17	1,22
Плуг чизельный ПЧ-4,5	1,16	1,19	1,22	1,30	1,13	1,20	1,18	1,23
Комбинированный	1,11	1,15	1,15	1,26	1,09	1,17	1,13	1,19
Дискование БДТ-3	1,19	1,24	1,25	1,33	1,18	1,31	1,22	1,29

2. Морфометрия корневых систем гороха и озимой пшеницы при различных способах основной обработки почвы

Плотность почвы, средняя за вегетацию в слое 0–20 см, г/см <sup>3</sup>	Порядок корней	N <sub>i</sub> , шт.	L <sub>i</sub> , мм	K <sub>b</sub> = N <sub>i</sub> / N <sub>i+1</sub>	k <sub>l</sub> = L <sub>i+1</sub> / L <sub>i</sub>	K <sub>b</sub>	K <sub>l</sub>	D <sub>r</sub>	L <sub>Σ</sub> , см
Горох н/з									
1,27 (мелкая)	1	15	16,5	1,7	1,9	5,3	2,6	1,75	62,5
	2	9	30,8	9	3,2	–	–	–	–
	3	1	100	–	–	–	–	–	–
1,18 (отвальная)	1	28	20	7	2,0	5,5	2,4	1,87	84,1
	2	4	40,3	4	2,98	–	–	–	–
	3	1	120	–	–	–	–	–	–
Озимая пшеница									
1,24 (мелкая)	1	25	6	1,04	7,28	0,52	3,64	1,97	119,8
	2	24	43,7	–	–	–	–	–	–
1,15 (отвальная)	1	34	8,4	1,54	6,79	0,77	3,39	4,6	153,9
	2	22	57	–	–	–	–	–	–



Рис. 1 – Развитие корневых систем растений при различных системах основной обработки почвы за период вегетации:  
1 – мелкая обработка, 10–12 см; 2 – отвальная обработка, 20–22 см

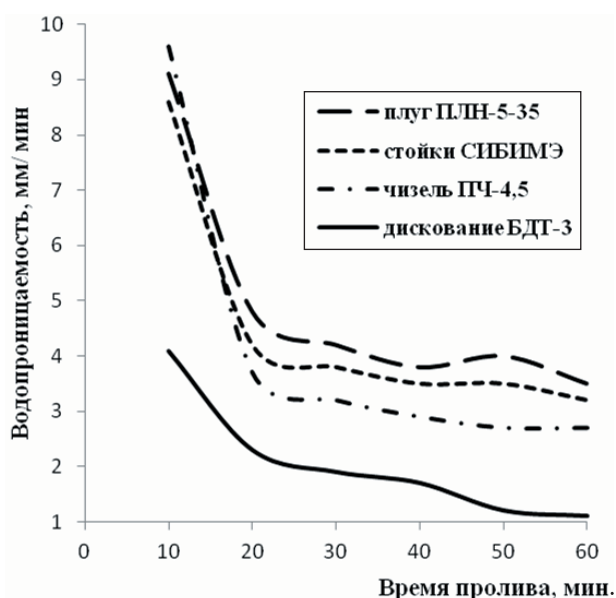


Рис. 2 – Водопроницаемость при различных приёмах основной обработки почвы, мм/мин

Различные способы основной обработки создают неодинаковые агрофизические условия для накопления и расходования влаги в почве [8]. В первую очередь это относится к скорости впитывания почвой выпадающих осадков, т.е. её водопроницаемости, включающей процессы впитывания и фильтрации, которые связаны с общей пористостью пахотного слоя почвы [9, 10].

Исследование по определению водопроницаемости почвы с использованием прибора ПВН-00 проводилось на всех вариантах опыта после основной обработки почвы при влажности пахотного слоя почвы 14,9%. Результаты замеров водопроницаемости и её интенсивности при часовом проливе (рис. 2) позволяют сделать вывод о том, что при обработке отвальными орудиями в почве создаются лучшие условия для водопроницаемо-

### 3. Общая пористость при различных приёмах основной обработки почвы, %

Орудия основной обработки	Общая	В т.ч.		Твёрдая фаза
		вода	воздух	
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	63,8	15,7	46,4	36,2
Плуг со стойками СИБИМЭ	63,4	18,1	45,3	46,6
Плуг чизельный ПЧ-4,5	61,1	19,4	41,6	38,9
Дискование БДТ-3	54,6	18,4	36,2	45,3

### 4. Урожайность культур при различных системах основной обработки почвы за ротацию севооборота, ц з.е./га

Основная обработки почвы в севообороте	Овсяно-гороховая смесь	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Среднее
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	34,2	54,0	47,1	45,1
Плуг со стойками СИБИМЭ	32,5	50,2	37,7	40,1
Плуг чизельный ПЧ-4,5	31,4	49,9	36,5	39,3
Комбинированная	32,7	51,4	38,4	40,8
Дискование БДТ-3	28,1	32,7	29,5	30,1

$HCP_{05} = 6,76$  ц/га з.е.  $F_{\phi} = 6,95 > F_T = 3,8$

сти, в среднем – 4,9 мм/мин. Несколько меньшая водопроницаемость отмечается при обработке стойками СИБИМЭ (4,5 мм/мин) и чизельным плугом (4,1 мм/мин). При постоянной мелкой обработке водопроницаемость минимальная (2,1 мм/мин), снижение в сравнении со вспашкой составляет 57%.

При этом установлена высокая степень корреляции между общей пористостью и водопроницаемостью почвы, составляющая величины  $r = 0,866$  при обработке почвы с влажностью пахотного слоя 14,6%.

Более высокая урожайность получена при постоянной отвальной обработке – 45,1 ц з.е./га. Значимое снижение средней урожайности культур севооборота при дисковании на глубину 10–12 см на фоне применения гербицида Раундап в сравнении со вспашкой (контроль) составляет 15 ц з.е./га

5. Экономическая эффективность полевого звена севооборота при различных системах основной обработки почвы

Приём основной обработки	Средняя урожайность, ц/га з.е.	Производственные затраты, тыс. руб/га	Рентабельность, %
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	45,1	21,6	88
Плуг со стойками СибИМЭ	40,1	20,0	80
Плуг чизельный ПЧ-4,5	39,3	19,8	79
Комбинированный	40,8	19,3	90
Дискование БДТ-3	30,1	17,4	56

(табл. 4). Оценка экономической эффективности возделывания культур в звене занятого пара звена (табл. 5) показала более высокую рентабельность (90%) при комбинированной обработке почвы в сравнении с отвальной вспашкой.

**Вывод.** Наиболее эффективной системой основной обработки почвы в звене занятого пара является чередование обычной безотвальной обработки на глубину 20–22 см стойками СИБИМЭ под занятый пар, мелкая обработка на глубину 10–12 см чизельным плугом ПЧ-4,5 под озимую пшеницу и вспашка на глубину 20–22 см под озимую пшеницу после озимой пшеницы с уровнем рентабельности 90%.

### Литература

1. Ревут И.Б., Соколовская Н.А., Васильев А.М. Структура и плотность почвы – основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. Л.: Гидрометеиздат, 1971. С. 5–125.
2. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В. Оптимизация систем основной обработки почвы в полевых севооборотах на различных типах почв Центрального и Восточного Пред-

кавказья: монография. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2012. 168 с.

3. Желнакова Л.И., Хрипунов А.И., Федотов А.А. Эффективность чистых и занятых паров в условиях Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 9. С. 26–30.
4. Морозов Н.А. Продуктивность зерновых севооборотов в условиях изменения климата / Н.А. Морозов, С.А. Лиходиевская, А.И. Хрипунов, Е.Н. Обица // Земледелие. 2016. № 8. С. 8–11.
5. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Обобщённая оценка дифференциации систем основной обработки почвы под культуры севооборота // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 8. С. 28–30.
6. Кудрин А.И., Раков А.Ю., Мамонтова Е.П. Оценка длины корней на единицу объёма почвы как решение задачи Бюффона // Доклады ВАСХНИЛ. 1987. № 10. С. 18–19.
7. Панченко О.В., Низовцев В.В. Формализм фрактальной геометрии в приложении к реальным разветвлённым структурам // Почвоведение. 2001. № 6. С. 685–692.
8. Желнакова Л.И. Основные элементы водного баланса почвы на чёрном пару в крайне засушливой зоне Ставропольского края // Интенсивные технологии возделывания озимой пшеницы на Ставрополье: сб. науч. тр. СНИИСХ. Ставрополь, 1989. С. 174–190.
9. Болокан Н.И. Исследование воздействия сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов на водопроницаемость почвы: автореф. канд. с.-х. наук. Кишинев, 1981. 25 с.
10. Чистые и занятые пары / Под ред. В.М. Пенчукова. Ставрополь: Кн. из-во, 1986. 158 с.