

## ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАБОТКАХ ПОЧВЫ И ПРИЕМАХ БИОЛОГИЗАЦИИ

Дмитрий Александрович Селищев, аспирант кафедры земледелия  
Татьяна Александровна Трофимова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия  
Артем Русланович Конусов, студент факультета агрономии, агрохимии и экологии

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В условиях ЦЧР в 2012-2014 гг. были проведены исследования по изучению влияния различных обработок почвы и приемов биологизации с целью регулирования плодородия выщелоченных черноземов и продуктивности сельскохозяйственных культур. Исследования проводились в многолетнем стационарном опыте ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. Объектом исследований является чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,12%, общего азота 0,35%,  $pH_{\text{сол}} = 5,2$ . Анализы почвенных и растительных образцов выполнялись общепринятыми методами. Биологические приемы воспроизводства плодородия существенно повысили содержание гумуса в пахотном слое почвы. При внесении различных видов органических удобрений в комплексе с минеральными удобрениями снижается плотность и твердость почвы. Урожайность сахарной свеклы при различных обработках почвы и уровнях удобрения на 40-70% зависела от агрофизических показателей плодородия чернозема выщелоченного и на 28-29% – от биологических показателей почвы. Доказана эффективность комбинированной и безотвальной разноглубинной обработки в севообороте по сравнению с мелкой мульчирующей обработкой почвы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** плотность, твердость, влажность, дискование, чизелевание, вспашка, урожайность.

In 2012-2014 the authors undertook the studies under the conditions of the Central Chernozem Region in order to evaluate the effect of different kinds of tillage and biologization techniques applied to regulate the fertility of leached chernozem soil and productivity of agricultural crops. The studies were conducted in a long-term stationary experiment on the plots of Voronezh State Agrarian University. The object of research was medium-loamy leached chernozem containing 4.12% of humus, 0.35% total nitrogen and  $pH_{\text{salt extract}} = 5.2$ . Soil and plant samples were analyzed using conventional methods. Biological techniques of soil fertility recovery substantially increased the humus content in the tilled top-soil. Application of various kinds of organic fertilizers in combination with mineral fertilizers decreased soil density and hardness. The yield of sugar beet at various kinds of tillage and levels of fertilization was by 40-70% dependent on agro-physical characteristics of leached chernozem fertility and by 28-29% on the biological characteristics of soil. The authors have proved the efficacy of combined and boardless tillage at various soil depth in crop rotation as compared to surface mulch tillage.

**KEY WORDS:** density, hardness, humidity, disk plowing, chisel plowing, plowing, crop yield.

**И**зучение механической обработки почвы и ее роли в регулировании факторов жизни растений является одним из ведущих направлений исследований в земледелии. Обработка влияет на агрофизические, биологические свойства почвы и в целом на ее плодородие. Зная закономерности изменения показателей плодородия под воздействием производственной деятельности человека и климатических факторов, можно регулировать условия жизни растений в направлении их оптимизации и тем самым повышать урожайность сельскохозяйственных культур.

В настоящее время ведется активный поиск новых, более совершенных приемов обработки с целью снижения отрицательного действия на почву тяжелых машин, ветровой и водной эрозии, экономии времени, энергетических и трудовых ресурсов, сохранения плодородия почвы. Интенсивно исследуются пути минимализации обработки почвы в США, Великобритании, Франции и других странах [12, 13, 14]. В отечественной научной литературе проблемы минимализации обработки почвы достаточно полно проанализированы Б.А. Доспеховым (1978), И.П. Макаровым (1984), Г.Г. Черепановым (1994), В.А. Кирушиным (2007) [2, 4, 5, 11].

В нашей стране минимализация обработки почвы направлена на сокращение глубины и числа обработок, совмещение технологических операций путем создания комбинированных агрегатов, уменьшения поверхности обрабатываемого поля и т. д. [1, 7, 9]. Возможности минимализации обработки почвы возрастают по мере обеспеченности производственными ресурсами, удобрениями, пестицидами, при соблюдении севооборотов, высокой культуры земледелия.

В пределах различных зон РФ обработка почвы дифференцируется в соответствии с разнообразными почвенными условиями. Вопрос о выборе способа и глубины основной обработки почвы остается дискуссионным и в настоящее время [8, 10]. В почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного региона необходимо продолжить изучение приемов минимализации основной обработки почвы в сочетании с приемами биологизации в стационарных опытах с целью выявления их влияния на показатели плодородия черноземов и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Целью наших исследований является разработка приемов регулирования плодородия выщелоченных черноземов и продуктивности сельскохозяйственных культур при длительном применении основной обработки почвы в сочетании с минеральными и органическими удобрениями.

Исследования выполнены в многолетнем стационарном опыте, заложенном сотрудниками ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

Стационарный многофакторный опыт по определению оптимального сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия и различных способов основной обработки почвы заложен в 1985 г. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,12%, общего азота – 0,35%,  $pH_{\text{сол}} = 5,2$ .

Схема опыта включает 10 вариантов внесения различных доз минеральных удобрений, навоза (Н), запарку соломы озимой пшеницы (Соп) и биомассы сидератов, возделываемых в пару и в пожнивных посевах (Ск), дефеката (Д) в 4-польном севообороте: пар занятый, эспарцет (Пз); пар сидеральный, эспарцет (Пс) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень.

Фактор А – пар (занятый и сидеральный).

Фактор В – приемы основной обработки почвы:

1) мелкая мульчирующая обработка почвы в севообороте (дискование на глубину 8-10 см под сахарную свеклу и ячмень, дискование на глубину 6-8 и 12-14 см под озимую пшеницу);

2) разноглубинная безотвальная обработка почвы в севообороте (чизельная обработка на глубину 25-27 см под сахарную свеклу, на глубину 20-22 см – под ячмень, дискование на глубину 6-8 и 12-14 см – под озимую пшеницу);

3) комбинированная разноглубинная обработка почвы в севообороте (вспашка на глубину 25-27 см под сахарную свеклу, на глубину 20-22 см – под ячмень, дискование на глубину 6-8 и 12-14 см под озимую пшеницу).

Фактор С – различные дозы и сочетания минеральных и органических удобрений. Изучаемая культура – сахарная свекла. Исследования проводились в блоке с сидеральным паром в 2012-2014 гг.

Главным показателем физического состояния почв является плотность сложения, которая выражается через объемную массу или плотность почвы. Плотность почвы определяет интенсивность микробиологических и физико-химических процессов, направленность водного, теплового и воздушного режимов, что сказывается на мобилизации питательных веществ, их доступности и использовании растениями. С плотностью непосредственно связаны эффективность и качество механической обработки почвы, затраты на ее проведение. Отклонение от оптимального значения плотности почвы ухудшает условия роста растений и снижает продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур [9].

Наблюдения за изменением плотности почвы в зависимости от приемов основной обработки при возделывании сахарной свеклы показали, что при проведении вспашки на глубину 25-27 см во все сроки определения слой почвы 0-30 см был менее уплотнен (табл. 1).

**Таблица 1. Плотность почвы в слое 0-30 см под сахарной свеклой в зависимости от различных приемов обработки и удобрений в среднем за вегетацию (2012-2014 гг.), г/см<sup>3</sup>**

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)		
	Дискование на глубину 8-10 см	Чизельная обработка на глубину 25-27 см	Вспашка на глубину 25-27 см
Контроль (Ск)	1,14	1,12	1,10
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	1,10	1,08	1,04
(NPK)200 + Ск + 2Соп	1,11	1,07	1,06
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	1,10	1,10	1,06
НСР <sub>05</sub>	0,03-0,04		

При рассмотрении приемов повышения плодородия прослеживается тенденция снижения плотности почвы на вариантах внесения органических удобрений в комплексе с минеральными удобрениями.

В среднем за три года исследований минимальная плотность почвы в слое 0-30 см наблюдалась на варианте внесения навоза, соломы и пожнивного сидерата на фоне (NPK)100 под отвальную обработку.

Для оценки сложения почвы кроме плотности определялся и такой показатель, как твердость почвы, который определяет условия развития корневой системы растений, сопротивление почвы при обработке. С увеличением твердости ухудшаются агрофизические свойства почвы, растут затраты на ее обработку. Твердость почвы зависит от влажности, плотности почвы, структуры, содержания органического вещества [7].

В наших исследованиях твердость пахотного слоя изменялась в зависимости от приемов основной обработки почвы и удобрений (табл. 2).

**Таблица 2. Твердость почвы в слое 0-25 см под сахарной свеклой в зависимости от различных приемов основной обработки почвы и удобрений в среднем за вегетацию (2012-2014 гг.), кг/см<sup>2</sup>**

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)		
	Дискование на глубину 8-10 см	Чизельная обработка на глубину 25-27 см	Вспашка на глубину 25-27 см
Контроль (Ск)	29,4	27,5	27,1
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	29,0	27,2	26,8
(NPK)200 + Ск + 2Соп	27,9	26,0	25,5
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	27,8	25,9	25,2
НСР <sub>05</sub>	0,24-0,57		

Во все сроки исследований наименьшие величины твердости почвы отмечались по вспашке. Ежегодное применение дискования на 8-10 см под все культуры севооборота существенно повысило твердость почвы в слое 0-25 см по сравнению с вариантом комбинированной разноглубинной обработки в севообороте. Внесение под сахарную свеклу NPK(150) + Д + Ск + Соп способствовало существенному снижению твердости почвы по сравнению с другими изучаемыми агротехническими приемами.

Одним из важнейших факторов, определяющих величину урожая возделываемых культур в условиях ЦЧР, является влага. Основным источником почвенной влаги – атмосферные осадки, количество и распределение которых во времени зависят от климата данной местности и метеорологических условий отдельных лет. На запас почвенной влаги большое влияние оказывают агротехнические приемы [3].

Запас влаги в почве в метровом слое в среднем за вегетацию сахарной свеклы колебался в пределах 96-112 мм (табл. 3).

Максимальное содержание доступной влаги в метровом слое почвы (независимо от удобрений) наблюдалось при использовании комбинированной разноглубинной обработки почвы в севообороте, где под сахарную свеклу проводилась вспашка на глубину 25-27 см. Применение дискования и чизельной обработки снизило содержание влаги соответственно на 10,9 и 2,7 мм. Использование органических удобрений в комплексе с минеральными удобрениями не способствовало существенному повышению содержания доступной влаги в метровом слое почвы.

**Таблица 3. Содержание доступной влаги в слое 0-100 см под сахарной свеклой в зависимости от различных приемов обработки почвы и удобрений в среднем за вегетацию (2012-2014 гг.), мм**

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)		
	Дискование на глубину 8-10 см	Чизельная обработка на глубину 25-27 см	Вспашка на глубину 25-27 см
Контроль (Ск)	100,1	109,7	110,4
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	97,3	100,8	106,3
(NPK)200 + Ск + 2Соп	97,8	108,7	112,4
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	96,7	105,8	106,4
НСР <sub>05</sub>	7,11-20,03		

Достаточно точное представление о действии различных агротехнических приемов на интенсивность разрушения растительного материала дают методы учета биологической активности почвы по разложению естественных источников целлюлозы – соломы и льняного волокна. Уровень разложения льняного полотна в пахотном слое почвы определяется водным и воздушным режимами, доступностью элементов питания для микроорганизмов.

Технически наиболее просто определять активность микрофлоры, разлагающей целлюлозу, по степени распада льняной ткани (полосок льняного полотна).

Из таблицы 4 видно, что внесение под вспашку (NPK)100 + Н + Ск + Соп существенно повысило биологическую активность почвы по сравнению с контролем. Независимо от уровня удобренности применение отвальной обработки почвы повысило целлюлозоразлагающую активность микрофлоры в слое почвы 0-30 см. По сравнению с вариантом применения отвальной обработки, на котором степень разложения льняного полотна в слое 0-30 см составила 31,4% (независимо от удобрений), применение чизельной обработки уменьшило разложение целлюлозы до 26,2%, дискования – до 11,2%.

**Таблица 4. Интенсивность распада льняной ткани в слое 0-30 см под сахарной свеклой в зависимости от различных приемов основной обработки почвы и удобрений в среднем за вегетацию (2012-2014 гг.), %**

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)		
	Дискование на глубину 8-10 см	Чизельная обработка на глубину 25-27 см	Вспашка на глубину 25-27 см
Контроль (Ск)	22,2	22,2	29,3
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	26,2	32,5	40,6
(NPK)200 + Ск + 2Соп	20,5	23,7	27,8
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	24,7	26,2	29,1
НСР <sub>05</sub>	0,37-0,54		

По мнению Н.И. Зезюкова и В.Е. Острцова [3], основная причина снижения запасов гумуса в обрабатываемых почвах – это ежегодное отчуждение большей его части вновь созданным урожаем. М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков, Е.В. Морозова [6, 7] в условиях

дефицита органических удобрений предлагают использовать другие источники повышения плодородия, увеличивающие поступление в почву свежего органического вещества – внесение соломы в качестве удобрения, замена чистых паров на сидеральные, посев промежуточных культур на сидерат.

В стационарном опыте биологические приемы воспроизводства плодородия (сидеральный пар, пожнивная сидерация, внесение в почву соломы озимой пшеницы, навоза, дефеката) в комплексе с минеральными удобрениями существенно повысили содержание гумуса в пахотном слое почвы по сравнению с контрольным вариантом (табл. 5).

**Таблица 5. Содержание гумуса в слое 0-30 см под сахарной свеклой в зависимости от различных приемов основной обработки почвы и удобрений (2012-2014 гг.), %**

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)		
	Дискование на глубину 8-10 см	Чизельная обработка на глубину 25-27 см	Вспашка на глубину 25-27 см
Контроль (Ск)	3,81	4,07	4,15
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	4,19	4,21	4,23
(NPK)200 + Ск + 2Соп	4,02	4,11	4,17
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	4,16	4,25	4,28
НСР <sub>05</sub>	0,04-0,07		

В проведенных нами исследованиях влияние фактора В (обработки почвы) на содержание гумуса было существенным. В опыте с сахарной свеклой получены результаты, которые показывают достоверное уменьшение содержания гумуса на варианте ежегодного дискования (независимо от удобрений) по сравнению с вариантом применения отвальной обработки.

Максимальное содержание гумуса в слое почвы 0-30 см в среднем за три года исследований наблюдалось на варианте внесения (NPK)150 + Д + Ск + Соп под вспашку.

Урожайность сельскохозяйственных культур служит обобщенным критерием состояния плодородия чернозема выщелоченного при изучении различных приемов основной обработки почвы и удобрений.

Приемы основной обработки оказали существенное влияние на урожайность сахарной свеклы. Вычленение главного эффекта по фактору В показало, что ежегодное применение мелкой обработки под все культуры севооборота привело к существенному снижению урожайности сахарной свеклы (независимо от факторов А и С) по сравнению с вариантом глубокой отвальной обработки. Урожайность сахарной свеклы на варианте применения чизельной обработки была на уровне варианта применения вспашки, при этом наблюдалась тенденция снижения урожайности на 2,1 т/га. Так, урожайность по главному эффекту (прием основной обработки, фактор В) по вспашке на глубину 25-27 см составила 70,1 т/га, по чизельной обработке – 68,0, а по ежегодному дискованию – 58,1 т/га (табл. 6).

**Таблица 6. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от приемов основной обработки почвы и удобрений (2012-2014 гг.), т/га**

Биологические приемы повышения плодородия (фактор С)	Приемы основной обработки почвы (фактор В)		
	Дискование на глубину 8-10 см	Чизельная обработка на глубину 25-27 см	Вспашка на глубину 25-27 см
Контроль (Ск)	58,6	64,9	59,9
(NPK)100 + Н + Ск + Соп	59,2	64,6	74,4
(NPK)200 + Ск + 2Соп	57,4	70,7	70,8
(NPK)150 + Д + Ск + Соп	57,2	71,9	75,2
НСР <sub>05</sub> , частный эффект	6,76-27,20		
НСР <sub>05</sub> , главный эффект, фактор В	1,51-7,86		
НСР <sub>05</sub> , главный эффект, фактор С	2,76-9,08		

Все изучаемые приемы повышения плодородия почвы (фактор С) существенно повысили урожайность сахарной свеклы по сравнению с контролем. Максимальная урожайность сахарной свеклы наблюдалась при внесении (NPK)150 кг/га д. в. в комплексе с дефекатом, пожнивной сидерацией и соломой под отвальную обработку – 75,2 т/га.

Корреляционный анализ позволяет установить оптимальные значения показателей плодородия черноземных почв при различных приемах обработки. Проведенный нами корреляционный анализ экспериментальных данных, полученных в стационарном опыте, свидетельствует о связи урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур с агрофизическими и биологическими показателями плодородия чернозема выщелоченного (табл. 7).

**Таблица 7. Зависимость между урожайностью сахарной свеклы и показателями плодородия чернозема выщелоченного, 2012-2014 гг.**

Признаки	Пределы варьирования признаков	Коэффициент регрессии	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации
Урожайность сахарной свеклы, т/га	57,2-75,2	-	-	-
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,04-1,14	byx1 = -183,667 ± 110,254	r = -0,761 ± 0,457	0,58
Твердость, кг/см <sup>2</sup>	25,2-29,4	byx1 = -4,366 ± 2,036	r = -0,834 ± 0,389	0,70
Влажность, мм	96,7-112,4	byx1 = 0,787 ± 0,675	r = 0,635 ± 0,545	0,40
Интенсивность распада льняной ткани, %	20,5-40,6	byx1 = 0,659 ± 0,755	r = 0,524 ± 0,600	0,28
Гумус, %	3,81-4,28	byx1 = 25,143 ± 27,573	r = 0,541 ± 0,593	0,29

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований можно заключить, что колебания показателей урожайности в стационарном опыте на 28-29% обусловлены изменениями биологических показателей плодородия и на 40-70% – агрофизических показателей.

**Выводы**

1. Замена комбинированной обработки в севообороте, где под сахарную свеклу проводилась вспашка на глубину 25-27 см, на ежегодную мелкую обработку способствует большему уплотнению слоя почвы 0-30 см. При внесении различных видов органических удобрений в комплексе с минеральными удобрениями снижается плотность и твердость почвы.

2. Биологические приемы воспроизводства плодородия существенно повысили содержание гумуса в пахотном слое почвы. Максимальное содержание гумуса в слое почвы 0-30 см наблюдалось на варианте внесения (NPK)150 + Д + Ск + Соп под отвальную обработку.

3. Доказана эффективность комбинированной и безотвальной разноглубинной обработки в севообороте по сравнению с мелкой мульчирующей обработкой почвы. Сбор корнеплодов сахарной свеклы существенно повышался при применении вспашки или чизельной обработки на глубину 25-27 см по сравнению с дискованием на глубину 8-10 см.

3. Вариации урожайности сахарной свеклы в стационарном опыте на 28-29% обусловлены изменениями биологических показателей плодородия и на 40-70% зависели от изменения агрофизических показателей по вариантам опыта.

### Список литературы

1. Гармашов В.М. Минимализация обработки почвы в Центрально-Черноземной зоне / В.М. Гармашов, А.Л. Качанин // Земледелие. – 2007. – № 6. – С. 8-10.
2. Доспехов Б.А. Минимализация обработки почвы: направление исследований и перспективы внедрения в производство / Б.А. Доспехов // Земледелие. – 1978. – № 9. – С. 26-31.
3. Зезюков Н.И. Сохранение и повышение плодородия черноземов / Н.И. Зезюков, В.Е. Острецов. – Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1999. – 312 с.
4. Кирюшин В. И. Минимализация обработки почвы: итоги дискуссии / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 28-30.
5. Макаров И.П. Эффективность приемов минимализации обработки почвы. Актуальные проблемы земледелия / И.П. Макаров. – Москва : Колос, 1984. – С. 86-89.
6. Морозова Е.В. Изменение биологических показателей чернозема выщелоченного при воспроизводстве плодородия почвы / автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Е.В. Морозова. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2001. – 23 с.
7. Сидоров М.И. Земледелие на черноземах / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков. – Воронеж : ВГУ, 1992. – 184 с.
8. Трофимова Т.А. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы / Т.А. Трофимова, С.И. Коржов // Лесотехнический журнал. – Воронеж : ФГБОУ ВПО ВГЛТА, 2014. – № 1 (13). – С. 199-207.
9. Трофимова Т.А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв в ЦЧР : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 / Т.А. Трофимова. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 47 с.
10. Турусов В.И. Структура почвенных микромицетов – показатель состояния чернозема обыкновенного при интенсивном антропогенном использовании / В.И. Турусов, А.Л. Качанин, Н.А. Нужная, Е.В. Винокурова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 6. – С. 25-28.
11. Черепанов Г.Г. Нулевая обработка почвы: итоги исследований и опыт применения : обзорная информация НИИТЭИагропром / Г.Г. Черепанов. – Москва : НИИТЭИагропром, 1994. – 44 с.
12. Doran J.W. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage / J.W. Doran // Soil Science Society of America Journal. – 1980. – Vol. 44. – P. 518-524.
13. Hippa N.A. The effect of a slant-legged sub coiler in soil compaction and the grant of direct-drilled winter wheat / N.A. Hippa, D.R. Hodgeon // Soil Science Society of America Journal. – 1987. – Vol. 1109. – P. 305-319.
14. Russell E.W. Studies in soil cultivation: VII. The effect of cultivation on crop yield / E.W. Russell, B.A. Keen // The Journal of Agricultural Science. – 1938. – Vol. 28. – Issue 2. – P. 8-38.