

**СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПРОПАШНОМ ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА
В ЗОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**
Кузыченко Ю.А.

Реферат. Исследования проводили с целью анализа освоения различных систем основной обработки почвы (отвальной, безотвальной, поверхностной) под пропашные культуры за период с 2010 по 2018 гг. в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края с разработкой системы обработки почвы под кукурузу на зерно по предшественнику озимая пшеница. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, среднесуглинистый, с содержанием гумуса 3,9 %, P_2O_5 – 36,2 мг/кг; K_2O – 162,8 мг/кг. Исследования проводили в звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно. Схема опыта включала восемь вариантов основной обработки: отвальная (контроль), безотвальные (плуг со стойками СибИМЭ, типа «Параплау», чизель, плоскорез), фрезерная, мелкая (на 10...12 см в сочетании с гербицидом Раундап) и комбинированная (отвальная под озимую пшеницу, чизелевание под кукурузу на зерно). Площадь делянки – 240 м², расположение делянок – двухярусное, рендомизированное, повторность – четырехкратная. За исследуемый период площадь, обрабатываемая безотвально на глубину 20...22 см, в среднем ежегодно-возрастала на 4,3 тыс. га. Средняя плотность почвы в вариантах с отвальной и комбинированной (вспашка на 20...22 см под озимую пшеницу, безотвальное рыхление на 23...25 см под кукурузу на зерно) обработкой практически одинаковая, как после посева (1,10 и 1,11 г/см³), так и перед уборкой (1,19 г/см³). Водопроницаемость почвы после основной обработки чизельным плугом ПЧ-4,5 составила 291 мм/ч, по вспашке – 241 мм/ч, что на 15 % меньше. Запасы влаги после посева в среднем по культурам звена севооборота в варианте с отвальной и комбинированной обработке были практически одинаковыми – 136 и 134,6 мм соответственно. На удобренном фоне затраты при комбинированной обработке в сравнении с отвальной вспашкой (контроль), уменьшились на 2300 руб./га, а рентабельность производства продукции звена севооборота составляет 89 %.

Ключевые слова: системы обработки почвы, севооборот, пропашное звено, чернозем обыкновенный, Центральное Предкавказье.

Введение. В последние годы, наряду с рассмотрением вопросов биологизации при возделывании кукурузы на зерно [1, 2] и частных вопросов, касающихся густоты стояния посевов кукурузы как фактора урожайности [3], уделяется достаточно серьезное внимание вопросам минерального питания растений [4, 5, 6]. Кроме того, прорабатываются вопросы корреляционных связей погодных условий и агрофизических факторов с урожайностью кукурузы и ее программированием [7, 8, 9]. Заслуживают внимания и исследования вопросы основной обработки почвы под кукурузу на зерно в связи с неоднозначностью мнений о эффективности применяемых способов и приемов в различных регионах Российской Федерации [10, 11, 12]. Поэтому вопрос о применении того или иного способа обработки (отвальной, безотвальной, роторного) или их комбинирования под отдельные культуры пропашного звена севооборота в зоне Центрального Предкавказья требует дальнейшего изучения.

Цель исследования – анализ освоения различных систем основной обработки почвы (отвальной, безотвальной, поверхностной) под пропашные культуры за период с 2010 по 2018 гг. в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края с разработкой системы обработки почвы под кукурузу на зерно по предшественнику озимая пшеница.

Условия, материалы и методы исследований. Анализ динамики площади посевов, на которых используют различные системы обработки под пропашные культуры, проводили для третьей зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края на основании статистических данных МСХ «Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяй-

ственных культур по Ставропольскому краю» за 2010–2018 гг. Значимость изменения нелинейных трендов изменения площади полей при различных способах их основной обработки определяли на основании знакового критерия Кокса и Стюарта [13].

Разработку дифференцированной системы обработки почвы под кукурузу на зерно по предшественнику озимая пшеница проводили с 2010 по 2018 гг. в пропашном звене севооборота (занятый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – кукуруза на зерно – озимый ячмень) в стационарном опыте ФГБНУ Ставропольский НИИСХ на удобренном и неудобренном фонах. Почва – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, содержание гумуса в слое 0...20 см составляет 3,9 %, подвижного фосфора (по Мачигину) – 36,2 мг/кг, обменного калия (методом пламенной фотометрии) – 162,8 мг/кг. Фон удобрений за всю ротацию севооборота составлял $P_{300}K_{250}$ под основную обработку во всех вариантах опыта. Доза азотных удобрений под предпосевную культивацию в поле второй озимой пшеницы составляла N_{60} . Изучали восемь вариантов основной обработки почвы с использованием плуга ПЛН-5-35; плуга со стойками СибИМЭ; чизельного плуга ПЧ-4,5; плоскореза ПГ-3-100; плуга со стойками «Параплау»; фрезы болотной ФБН-1,5. Комбинированная система предусматривала вспашку ПЛН-5-35 на глубину 20...22 см под вторую озимую пшеницу и чизелевание ПЧ-4,5 на 23...25 см под кукурузу на зерно. В варианте с минимализацией перед посевом проводили боронование БДТ-3 (на 10...12 см) на фоне летне-осеннего и весеннего применения гербицида Раундап по необработанной стерне в дозе 3 л/га.



Рисунок – Нелинейные тренды динамики площадей применения различных способов основной обработки поздней зяби

Анализ и обсуждение результатов исследований. Анализ динамики изменения нелинейных трендов площади полей, обрабатываемых различными способами основной обработки под пропашные культуры с 2010 по 2018 гг. показал наличие значимого тренда увеличения площадей, обрабатываемых безотвально на глубину 20...22 см ($z=2,02$ при $z_T=1,96$) со средним ежегодным ростом на 4,3 тыс. га (см. рисунок).

В наших опытах в звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно средняя плотность почвы в слое 0...20 см в вариантах с отвальной и комбинированной обработкой после посева была практически одинаковой (1,10 и 1,11 г/см³). По плоскорезной обработке она значимо возростала, в сравнении со вспашкой (контроль), на 0,05г/см³, при использовании орудия со стойками типа «Параплау» – на 0,08г/см³, после фрезерной обработки – на 0,08 г/см³ и по дискованию – на 0,10 г/см³. Перед уборкой плотность почвы при комбинированной обработке (1,19 г/см³) и вспашке плугом ПЛН-5-35 была одинаковой, ее значимое повышение в этот срок при обработке орудием со стойками «Параплау» составляло 0,07 г/см³, в

варианте с мелкой обработкой – 0,11 г/см³.

Определение водопроницаемости почвы перед уходом в зиму показало, что скорость впитывания при обработке чизельным плугом ПЧ-4,5 составила 291 мм/ч, при вспашке – 241 мм/ч, или на 15 % меньше. Запас продуктивной влаги после посева в среднем по культурам звена севооборота при комбинированной обработке (134,6 мм) и вспашке (136,0 мм) находился на одном уровне (табл. 2). В остальных вариантах отмечено статистически значимое снижение величины этого показателя, особенно при использовании орудий со стойками «Параплау» (на 40 мм) и мелкой обработке (на 44,6 мм). Перед уборкой наблюдали аналогичную закономерность, наибольшее статистически значимое уменьшение запасов продуктивной влаги установлено в этих же вариантах 38,6 мм и 46,3 мм соответственно.

Статистический анализ результатов двухфакторного опыта по оценке продуктивности звена севооборота показал, что существенных различий при комбинированной обработке, в сравнении со вспашкой (контролем) не установлено. Снижение составило в среднем 0,65 тыс. зерн. ед./га при значимом различии между удобренным и не удобренным фонами, которое составило 0,85 тыс. зерн. ед. / га (табл. 3).

Наибольший выход зерновых единиц с 1 га севооборотной площади в звене севооборота с постоянной отвальной вспашкой на удобренном фоне – 7,27 тыс. зерн. ед./га при максимальных в опыте затратах – 22,6 тыс. руб./га. На фоне комбинированной обработки под отдельные культуры севооборота затраты были ниже на 2,3 тыс. руб./га, а рентабельность на 2 % (табл. 4). При постоянной основной обработке почвы орудием с наклонными стойками типа «Параплау», мелком дисковании бороной БДТ-3 и обработке фрезой ФБН-1,5 рентабель-

Таблица 1 – Плотность почвы при обработке различными орудиями в звене севооборота (в слое 0...20 см), г/см³

Вариант	Озимая пшеница		Кукуруза на зерно		Среднее	
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	1,11	1,17	1,10	1,22	1,10	1,19
Плуг со стойками СиБИМЭ	1,13	1,19	1,14	1,23	1,13	1,21
Плуг чизельный ПЧ-4,5	1,13	1,20	1,13	1,24	1,13	1,22
Плоскорез ПГ-3-100	1,13	1,22	1,18	1,25	1,15	1,23
Плуг со стойками «Параплау»	1,16	1,25	1,21	1,28	1,18	1,26
Фреза ФБН-1,5	1,14	1,24	1,22	1,29	1,18	1,26
Комбинированная обработка	1,11	1,17	1,12	1,22	1,11	1,19
Гербицид «Раундап» + БДТ-3	1,18	1,31	1,23	1,30	1,20	1,30
НСР ₀₅ : посев – 0,05 г/см ³ , F _ф = 5,1 > F _T = 3,4; уборка – 0,03 г/см ³ ; F _ф = 15,4 > F _T = 3,4						

Таблица 2 – Запас продуктивной влаги по культурам в среднем за ротацию звена севооборота, мм

Вариант	Озимая пшеница		Кукуруза на зерно		Среднее	
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	109	92	163,1	82,3	136,0	87,1
Плуг со стойками СиБИМЭ	105	85	136,1	50,9	120,5	67,9
Плуг чизельный ПЧ-4,5	85	82	132,1	48,6	108,5	65,3
Плоскорез ПГ-3-100	82	81	128,6	41,9	105,3	61,4
Плуг со стойками «Параплау»	67	60	125,6	37,1	96,2	48,5
Фреза ФБН-1,5	76	72	126,6	41,8	101,3	56,9
Комбинированная обработка	111	94	158,2	72,6	134,6	83,3
Гербицид «Раундап» + БДТ-3	60	46	122,9	35,6	91,4	40,8
НСР ₀₅ : посев – 16,1 мм, F _ф = 11,0 > F _T = 3,4; уборка – 18,3 мм, F _ф = 7,1 > F _T = 3,4.						

Таблица 3 – Влияние систем обработки почвы и удобрений на продуктивность пропашного звена севооборота, тыс. зерн. ед./га

Система основной обработки почвы в звене севооборота (фактор А)	Фон удобрений (фактор В)		Средние по фактору В
	без удобрений	с удобрениями	
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	6,24	7,27	6,75
Плуг со стойками СиБИМЭ	5,39	6,27	5,83
Плуг чизельный ПЧ-4,5	5,34	6,19	5,77
Плоскорез ПГ-3-100	5,14	5,97	5,56
Плуг со стойками «Параплау»	4,82	5,76	5,29
Фреза ФБН-1,5	5,24	5,88	5,56
Комбинированная обработка	5,84	6,37	6,10
Гербицид «Раундап» + БДТ-3	3,15	4,10	3,62
Средние по фактору А	5,15	5,98	

НСР₀₅: по фактору А = 0,89 тыс. зерн. ед./га; F_φ=0,55 > F_т= 0,26; по фактору В = 0,42 тыс. зерн. ед./га; F_φ=1,19 > F_т= 0,45

Таблица 4 – Экономическая эффективность пропашного звена севооборота при различных системах основной обработки почвы

Вариант	Средняя продуктивность, тыс. зерн. ед./га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Плуг ПЛН-5-35 (контроль)	72,7	22,6	87
Плуг со стойками СиБИМЭ	62,7	21,0	79
Плуг чизельный ПЧ-4,5	61,9	20,8	78
Плоскорез ПГ-3-100	59,7	20,0	73
Плуг со стойками «Параплау»	57,6	20,9	61
Фреза ФБН-1,5	58,8	23,3	53
Комбинированная обработка	63,7	20,3	89
Гербицид «Раундап» + БДТ-3	41,0	18,4	55

ность возделывания культур в севообороте была самой низкой: меньше, чем в контроле (вспашка), на 26, 34 и 32 % соответственно.

Выводы. Плотность почвы в слое 0...20 см в вариантах с отвальной и комбинированной обработкой как после посева (1,10 и 1,11 г/см³ соответственно), так и перед уборкой (1,19 г/см³) была практически одинаковой. Запас продуктивной влаги после посева в среднем по культурам звена севооборота при комбинированной обработке (134,6 мм) и вспашке (136,0 мм) так же находился на одном уровне. Результаты статистического анализа показали, что снижение урожайности при комбинирован-

ной обработке (0,65 тыс. зерн. ед./га) было не существенно, в сравнении с постоянной вспашкой (контролем). При этом внесение удобрений обеспечивало достоверную прибавку, которая в среднем по вариантам составила 0,83 тыс. зерн. ед./га. Наиболее эффективной системой основной обработки почвы в пропашном звене севооборота озимая пшеница – кукуруза на зерно с экономической точки зрения было чередование обычной вспашки на глубину 20...22 см под озимую пшеницу и чизельной обработки на 23...25 см под кукурузу на зерно. Уровень рентабельности производства продукции в этом варианте составил 89 %.

Литература

1. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Абрамов А.А. Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области // Земледелие. 2019. № 8. С. 3-5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.
2. Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories / I.O.Yasnolob, T.O.Chauka, O.O.Gorb, et al.// Ukrainian journal of ecology. – 2019. – Т. 9. – No.1. – Pp. 244-250.
3. Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Густота стояния растений – один из основных факторов высокой урожайности гибридов кукурузы // Земледелие. 2019. № 1. С. 21-23. DOI: 10.24411/0044-3913- 2019-10106.
4. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на динамику влажности почвы, водопотребление и урожайность кукурузы при выращивании на силос / В.Н.Фомин, М.М. Нафиков, В.В. Медведев и др.// Достижения науки и техники АПК. 2017. №12. С. 12-16.
5. Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Влияние извести и минеральных удобрений на урожайность кукурузы и содержание питательных элементов в серой лесной почве // Достижения науки и техники АПК. 2019. №6. С. 13-17.
6. Sweeney D.W. Tillage, Seeding Rate, and Fertilizer Placement for Corn Grown in Claypan Soil under Low-yielding Conditions // Crop forage & turfgrass management. 2016. Т. 2. No. 1. Pp. 1-7.
7. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. Корреляционные связи урожая зерна у кукурузы // Кукуруза и сорго. 2019. №3. С.3-12. DOI: 10.25715/KS.2019.3.36880.
8. Усанова З.И., Мигулев П.И. Продуктивность гибридов кукурузы при программировании урожайности в условиях Верхневолжья // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 3. С. 29-32. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10307.
9. Cociu A.I., Alionte E. Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions // Romanian agr. research. 2017. No. 34. Pp. 59-67.
10. Власова О.И., Смакуев А.Д., Трубочева Л.В. Влияние приемов основной обработки почвы на эффективность возделывания гибридов кукурузы в условиях Карачаево-Черкесской Республики // Земледелие. 2019.

№7. С. 32-34. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10708.

11. Навальцев В.В., Никитин В.В., Соловichenko В.Д. Эффективность способов обработки и уровней удобрённости на продуктивность кукурузы на зерно в Центрально-Черноземном регионе // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. №1 (43). Ч. 3. С. 21-24. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.43.101>.

12. Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Влияние систем основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур звена полевого севооборота // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. №5. С. 10-13.

13. Шварц Г. Выборочный метод. Руководство по применению статистических методов оценивания. М.: Статистика, 2011. 216 с.

Сведения об авторе:

Кузыченко Юрий Алексеевич – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, e-mail: smc.yuka@yandex/

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр», г. Михайловск, Россия

TILLAGE SYSTEMS IN THE CROP ROTATION IN THE CENTRAL CAUCASIA

Kuzychenko Yu.A.

Abstract. The research was carried out in order to analyze the development of various systems of basic tillage (moldboard, non-moldboard, surface) for row crops for the period from 2010 to 2018 in the zone of unstable moisture in Stavropol kray with the development of a soil cultivation system for corn for grain according to the predecessor winter wheat. The soil of the experimental plot is ordinary chernozem, medium loamy, with a humus content of 3.9%, P₂O₅ - 36.2 mg/kg; K₂O - 162.8 mg/kg. The research was carried out in the link of crop rotation winter wheat - corn for grain. The experimental scheme included eight options for the main processing: moldboard (control), moldless (plow with SibIME tines, "Paraplau" type, chisel, flat cutter), milling, shallow (10 ... 12 cm in combination with Roundup herbicide) and combined (moldboard under winter wheat, chisel-making for grain corn). The area of the plot is 240 m², the arrangement of the plots is two-tiered, randomized, the replication is four times. During the study period, the area cultivated without moldboard to a depth of 20 ... 22 cm, on average, grew by 4.3 thousand hectares annually. The average soil density in the options with moldboard and combined (plowing by 20 ... 22 cm for winter wheat, non-moldboard loosening by 23 ... 25 cm for corn for grain) processing is almost the same as after sowing (1.10 and 1.11 g/cm³) and before harvesting (1.19 g/cm³). The soil water permeability after the main processing with the chisel plow PCh-4.5 was 291 mm/h, plowing - 241 mm/h, which is 15% less. The average for crops in the crop rotation link in the variant with moldboard and combined tillage were practically the same - 136 and 134.6 mm, respectively. Against the fertilized background, the costs for combined tillage versus moldboard tillage (control) decreased by 2300 rubles per hectare, and the profitability of production of the crop rotation link is 89%.

Key words: tillage systems, crop rotation, row-crop link, ordinary chernozem, Central Ciscaucasia.

References

1. Zelenskiy N.A., Zelenskaya G.M., Abramov A.A. Biologization techniques for maize cultivation on light gray forest soils of Nizhny Novgorod region. [Priemy biologizatsii pri vozdeleyanii kukuruzy na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Nizhegorodskoy oblasti]. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2019. № 8. P. 3-5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.

2. Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories / I.O.Yasnobol, T.O.Chauka, O.O.Gorb, et al.// *Ukrainian journal of ecology*. – 2019. – Vol. 9.– No.1. –P. 244-250.

3. Shmalko I.A., Bagrintseva V.N. Plant density is one of the main factors of high yield of maize hybrids. [Gustota stoyaniya rasteniy – odin iz osnovnykh faktorov vysokoy urozhaynosti gibridov kukuruzy]. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2019. № 1.S. 21-23. DOI: 10.24411/0044-3913- 2019-10106.

4. Influence of basic soil tillage methods and fertilizers on the dynamics of soil moisture, water consumption and productivity of maize when grown for silage. [Vliyaniye sposobov osnovnoy obrabotki pochvy i udobreniy na dinamiku vlazhnosti pochvy, vopotreblyeniye i urozhaynost kukuruzy pri vyraschivanii na silos]. / V.N. Fomin, M.M. Nafikov, V.V. Medvedev and others. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2017. №12. P. 12-16.

5. Dyachenko E.N., Shevelev A.T. Influence of lime and mineral fertilizers on maize productivity and the content of nutrients in the gray forest soil. [Vliyaniye izvesti i mineralnykh udobreniy na urozhaynost kukuruzy i sodержaniye pitatelnykh elementov v seroy lesnoy pochve]. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. №6. P. 13-17.

6. Sweeney D.W. Tillage, Seeding Rate, and Fertilizer Placement for Corn Grown in Claypan Soil under Low-yielding Conditions // *Crop forage & turfgrass management*. 2016. T. 2. No. 1. P. 1-7.

7. Orlyanskiy N.A., Orlyanskaya N.A. *Korelyatsionnye svyazi urozhaya zerna u kukuruzy*. // *Kukuruz a i sorgo*. [Correlation relationships of maize grain productivity. // *Maize and sorghum*]. 2019. №3. P. 3-12. DOI: 10.25715/KS.2019.3.36880.

8. Usanova Z.I., Migulev P.I. Productivity of corn hybrids when programming productivity in upper Volga region. [Produktivnost gibridov kukuruzy pri programmirovanii urozhaynosti v usloviyakh Verkhnevolzhya]. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. № 3. S. 29-32. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10307.

9. Cociu A.I., Alionte E. Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions // *Romanian agr. research*. 2017. No. 34. P. 59-67.

10. Vlasova O.I., Smakuev A.D., Trubacheva L.V. Influence of basic soil tillage methods on the efficiency of maize hybrids cultivation in the Karachay-Cherkess Republic. [Vliyaniye priemov osnovnoy obrabotki pochvy na effektivnost vozdeleyvaniya gibridov kukuruzy v usloviyakh Karachaevsko-Cherkesskoy Respubliki]. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2019. №7. P. 32-34. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10708.

11. Navaltsev V.V., Nikitin V.V., Solovichenko V.D. Efficiency of processing methods and levels of fertilization on the productivity of grain corn in the Central Black Earth region. [Effektivnost sposobov obrabotki i urovney udobrennosti na produktivnost kukuruzy na zerno v Tsentralno-Chernozemnom regione]. // *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. - International research journal*. 2016. №1 (43). Ch. 3. P. 21-24. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.43.101>.

12. Akhmetzyanov M.R., Talanov I.P. The influence of basic tillage systems and nutritional backgrounds on the productivity of crops in the field crop rotation link. [Vliyaniye sistem osnovnoy obrabotki pochvy i fonov pitaniya na produktivnost kultur zvena polevogo sevooborota]. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. №5. P. 10-13.

13. Shvarts G. *Vyborochnyy metod. Rukovodstvo po primeneniyu statisticheskikh metodov otsenivaniya*. [Selective method. Guidance on the use of statistical methods of estimation]. М.: Статистика, 2011. P. 216.

Authors:

Kuzychenko Yuriy Alekseevich - Doctor of Agricultural sciences, chief researcher, e-mail: smc.yuka@yandex
North Caucasian Federal Scientific Center, Михайловск, Russia