

ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ОТ ЕЕ ОБРАБОТКИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРЧИЦЫ

Е.В. Кузина

Реферат. Исследования проводили с целью изучения влияния различных систем обработки почвы на плотность сложения, структурно агрегатный состав и водопрочность пахотного слоя под посевами горчицы. Работу выполняли в 2019-2021 гг. в Ульяновской области. Сравнивали пять систем обработки почвы: отвальная - вспашка на 20...22 см ПЛН-4-35 (контроль); дифференцированная разноглубинная - чередование вспашки на 25...27 см ПЛН-4-35 и дискования на 6...8 см; гребнекульная - ОП-ЗС на 13...15 см; дисковая - БДМу на 6...8 см; плоскорезная - КПШ-3 на 13...15 см. Почва опытного участка представлена слабывщелочным тяжелосуглинистым черноземом с содержанием гумуса 5,8...6,1 %. Замена вспашки на безотвальное рыхление (варианты с гребнекульной, дисковой и плоскорезной обработкой) или её периодическое применение на фоне дисковой обработки в севообороте (вариант с дифференцированной обработкой) благоприятно воздействовали на структуру почвы, повышая не только коэффициент структурности, но и водопрочность агрегатов, способствуя увеличению устойчивости почвы к водной эрозии. В этих вариантах содержание агрономически ценных структурных и водопрочных агрегатов увеличивалось, по сравнению с традиционной вспашкой, на 1,4...2,3 и 0,8...1,7 % соответственно, коэффициент структурности возрастал на 0,29...0,49 ед. Наименьшая плотность почвенной структуры на глубине 0...30 см отмечена в варианте с дифференцированной обработкой (1,07 г/см³). В вариантах без вспашки она повышалась на 0,04...0,16 г/см³, или 3...14 %, по сравнению с контролем, но не выходила за пределы оптимальной. По запасам продуктивной влаги в метровом слое почвы дифференцированная и гребнекульная обработки не уступали контролю.

Ключевые слова: обработка почвы, водопрочные агрегаты, почвенные фракции, коэффициент структурности, структурно-агрегатный состав, слой почвы.

Введение. Благоприятные агрофизические свойства почв - одно из необходимых условий их плодородия, регулирование которого составляет одну из важнейших задач в земледелии и растениеводстве [1, 2, 3]. Вопросы сохранения и повышения плодородия почвы выступают основополагающими в росте продуктивности сельскохозяйственных культур [4, 5]. Среди факторов, определяющих плодородия почвы большую роль играет их структурно-агрегатный состав, от которого зависят водный, воздушный, питательный режимы, противозерозионная устойчивость и условия роста растений [6, 7, 8].

Существующая противоречивость в оценке влияния различных способов основной обработки почвы на изменение плотности сложения и структурно-агрегатного состава пахотного слоя, отмечаемые при анализе литературных источников, свидетельствует о том, что их использование не может быть повсеместным, независимым от типа почвы, так как каждый тип почвы имеет только ему свойственные генетические и диагностические особенности, знания которых позволяет регулировать уровень плодородия почв [9, 10, 11]. В связи с этим выбор систем обработки почвы необходимо осуществлять с учетом почвенно-климатических условий региона, уровня ресурсного обеспечения сельскохозяйственных предприятий и других факторов [12, 13], что свидетельствует об актуальности этой проблемы и обуславливает необходимость её дальнейшего изучения.

Цель исследований - изучение влияния различных систем обработки почвы на агрофизические показатели плодородия чернозема выщелоченного.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в полевом опыте Ульяновского НИИСХ - филиала СамНЦ РАН в 2019-2021 гг. Объектами исследований служили горчица белая сорт Рапсодия, чернозем выщелоченный.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов обработки почвы:

отвальная - вспашка на 20...22 см ПЛН-4-35 (контроль);

дифференцированная разноглубинная - чередование вспашки на 25...27 см ПЛН-4-35 и дискования на 6...8 см;

гребнекульная - ОП-ЗС на 13...15 см;

дисковая - БДМу на 6...8 см;

плоскорезная - КПШ-3 на 13...15 см.

Системы обработки почвы изучали в зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар - озимая пшеница - яровая пшеница - горчица - озимая пшеница - ячмень. Эксперимент заложен в четырехкратной повторности, площадь посевной деланки общая - 250 м², учётная - 125 м².

Наблюдения, определения и учёт проводили по общепринятым методикам:

плотность почвы - методом режущих колец, путем отбора проб с ненарушенным сложением (г/см³) в первой и третьей повторностях, образцы отбирали в середине вегетации культуры в слоях 0...10, 10...20 и 20...30 см;

структурно-агрегатный состав почвы - по методу Н. Савинова. Почву фракционировали на ситах в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание). Среднюю пробу 2,5 кг разделяли на фракции: >10, 10...7, 7...5, 5...3, 3...2, 2...1, 1...0,5, 0,5...0,25 и <0,25 мм. Каждую фракцию собирали отдельно, взвешивали и рассчитывали ее процентное содержание, до-

Таблица 1 - Изменение плотности сложения пахотного слоя в зависимости от обработки почвы (2019-2021гг.), г/см³

Вариант	Слои почвы, см			
	0...10	10...20	20...30	0...30
всходы				
Отвальная на 20...22 см	1,08	1,05	1,15	1,09
Дифференцированная	1,07	1,10	1,05	1,07
Гребнекулисная на 13...15 см	1,08	1,20	1,24	1,17
Дисковая на 6...8 см	1,18	1,30	1,29	1,25
Плоскорезная на 13...15 см	1,06	1,14	1,19	1,13
уборка				
Отвальная на 20...22 см	1,10	1,22	1,19	1,17
Дифференцированная	1,08	1,15	1,16	1,13
Гребнекулисная на 13...15 см	1,15	1,19	1,23	1,19
Дисковая на 6...8 см	1,15	1,24	1,24	1,21
Плоскорезная на 13...15 см	1,16	1,16	1,20	1,17
НСР ₀₅ (всходы)				0,05
НСР ₀₅ (уборка)				0,03

лю и менее 0,25 мм рассчитывали по разности между взятой для анализа почвой и суммой фракций более 0,25 мм. За 100 % принимали всю взятую для анализа навеску. По данным сухого просеивания определяли коэффициент структурности;

подвижные формы фосфора и калия - по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), рН (KCl) - потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85);

математическую обработку результатов исследований - методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов по Доспехову Б.А. (1985) с использованием персонального компьютера и программы AGROS версия 2.06.

Почва опытного поля - чернозем, слабывщелоченный среднесуглинистый со следующими агрохимическими харак-

теристиками: содержание гумуса - от 5,8 до 6,1 %, обеспеченность подвижным фосфором - очень высокая (226 мг/кг), калием - средняя (92 мг/кг), реакция почвенного раствора - близкая к нейтральной (рН 6,6).

Результаты и обсуждение. В последние годы под влиянием антропогенного воздействия происходит значительное усиление техногенной деградации агрогенных почв. Одним из способов ее профилактики выступает минимизация обработки. Однако известно, что снижение интенсивности обработки почвы приводит к уплотнению пахотного слоя. Основным критерием научного обоснования выбора глубины обработки служит разница между фактическими и оптимальными (установленными для конкретной культуры) параметрами плотности посевного и подпосевного слоя почвы. Если величины этих по-

Таблица 2 – Структурно-агрегатный состав почвы под горчицей, %

Слой почвы, см	Размер фракции, мм	Основная обработка почвы				
		отвальная	дифференцированная	гребнекулисная	дисковая	плоскорезная
0...10	>10	22,2	19,3	16,8	19,3	15,8
	<0,25	2,2	2,1	1,9	2,4	2,2
	0,25...10	75,6	78,6	81,3	78,3	82,0
	K*	3,10	3,67	4,35	3,61	4,55
10...20	>10	21,9	17,7	19,7	17,6	19,6
	<0,25	2,6	2,3	1,9	2,2	2,2
	0,25...10	75,6	80,0	78,4	80,2	78,4
	K*	3,08	4,0	3,63	4,05	3,60
20...30	>10	17,4	18,8	21,9	19,0	20,4
	<0,25	2,3	2,1	2,2	1,7	1,7
	0,25...10	80,3	79,1	75,9	79,3	77,9
	K*	4,08	3,78	3,15	3,83	3,60
0...30	>10	20,5	18,6	19,5	18,6	18,6
	<0,25	2,4	2,2	2,0	2,1	2,0
	0,25...10	77,1	79,2	78,5	79,3	79,4
	K*	3,36	3,81	3,65	3,83	3,85
НСР ₀₅ для слоя 0...30 см			>10 <0,25 0,25...10 K	0,72 0,03 1,36 0,19		

*коэффициент структурности.

Таблица 3 - Влияние основной обработки почвы на содержание водопрочных агрегатов (> 0,25 мм) при возделывании горчицы, %

Вариант	Слой почвы, см			
	0...10	10...20	20...30	0...30
Отвальная на 20...22 см	78,3	78,5	79,1	78,6
Дифференцированная	79,7	79,6	79,7	79,6
Гребнекулисная на 13...15 см	79,3	79,9	80,2	79,8
Дисковая на 6...8 см	78,3	79,4	80,5	79,4
Плоскорезная на 13...15 см	80,5	79,8	80,6	80,3
НСР ₀₅	0,7			

казателей совпадают или близки, это дает возможность уменьшения глубины основной обработки почвы.

Оптимальный интервал изменения плотности почвы для большинства сельскохозяйственных культур находится, по данным многочисленных исследований, в пределах 1,10... 1,30 г/см³, что близко к равновесной плотности черноземов. В наших исследованиях в среднем за 3 года наименьшую плотность сложения почвы весной отмечали в варианте с дифференцированной обработкой - 1,07 г/см³. При вспашке она была выше всего на 0,02 г/см³, или менее 2 % (табл. 1).

После плоскорезной и гребнекулисной обработки плотность сложения почвы повышалась, по сравнению с контролем, на 0,04...0,08 г/см³, или на 3...7 %, но не выходила за пределы оптимальной. Наибольшее уплотнение отмечали в варианте с дисковой обработкой, где плотность сложения пахотного слоя возрастала относительно вспашки на 14 % и достигала 1,25 г/см³.

Самое высокое содержание агрегатов агрономически ценного диапазона отмечено в вариантах с дифференцированной дисковой и плоскорезной обработкой - 19,2, 19,3 и 79,4 % соответственно. При этом коэффициенты структурности были равны 3,81, 3,83 и 3,85. В контроле величины этих показателей составили 77,1 % и 3,36. В варианте с гребнекулисной обработкой они занимали промежуточное положение (78,5 % и 3,65).

Снижение интенсивности обработки почвы положительно повлияло не только на структурно-агрегатный состав почвы, но и на водопрочность почвенной структуры. Содержание водопрочных агрегатов (диаметром >0,25 мм) по вариантам обработки изменялось от 78,6 до 80,3 % (табл. 3), что по классификации С.И. Долгова и П.У. Бахтина соответствовало отличной водопрочности почвенной

структуры.

Таким образом, при уменьшении механического воздействия на почву машин и орудий происходило увеличение водопрочности её структуры. При проведении дисковой, гребнекулисной и плоскорезной обработки количество водоустойчивых агрегатов возрастало на 0,8, 1,2 и 1,7 %, в варианте дифференцированной обработки - на 1,0 %, по сравнению с контролем.

Изменение водопрочности агрегатов по слоям почвы при разных обработках происходило не одинаково. В вариантах с отвальной, гребнекулисной и дисковой обработкой количество водопрочных агрегатов увеличивалось сверху вниз. В варианте с плоскорезной обработкой в верхнем (0...10 см) и нижнем (20...30 см) слоях их было больше, чем в среднем (10...20 см). Дифференцированная обработка выравнивала водоустойчивость почвенной структуры по слоям почвенного профиля.

Обработка почвы играет большую роль в накоплении, сохранении и рациональном использовании почвенной влаги для формирования урожая. Запасы продуктивной влаги в период полных всходов в пахотном слое почвы находились в пределах 33,1... 45,5 мм. Максимальными в опыте и в этом, и в метровом слое почвы они были в варианте с дифференцированной обработкой - 45,5 мм и 143,5 мм (табл. 4). Из ежегодных безотвальных обработок наиболее эффективной в плане улучшения водного режима почвы была гребнекулисная, при которой обеспеченность растений горчицы продуктивной влагой находилась на уровне классической вспашки.

Определение остаточных запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в фазе полной спелости культуры выявило преимущество гребнекулисной и дифференцированной обработки почвы, по сравнению со вспашкой. Разница в содержании влаги между ними

Таблица 4 - Влияние способов обработки почвы на запасы продуктивной влаги в посевах горчицы (2019–2021 гг.), мм

Вариант обработки	Всходы		Уборка		Коэффициент водопотребления, мм/т
	0...30	0...100	0...30	0...100	
Отвальная на 20...22 см.	44,4	140,3	23,8	77,6	194,9
Дифференцированная	45,5	143,5	25,3	93,0	164,0
Гребнекулисная на 13...15 см.	38,0	141,4	20,8	84,5	183,4
Дисковая на 6...8 см.	35,3	115,4	20,0	76,7	154,6
Плоскорезная на 13...15 см.	36,3	113,5	18,7	74,8	167,0
НСР ₀₅	1,8	5,4	2,6	3,2	4,1

и отвальной обработкой составила соответственно 6,9 и 15,4 мм.

Важным показателем эффективности способов обработки почвы служит расход продуктивной влаги на единицу урожая - коэффициент водопотребления. Он зависит не только от общего расхода влаги, но и от уровня урожайности культуры. Расчет баланса влаги в почве в период от посева до уборки горчицы показал, что наименьшее ее количество на 1 т семян горчицы расходовалось в вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой (154,6 и 164,0 мм/т). В контроле коэффициент водопотребления был выше на 40,3 и 30,9 мм/т. Гребнекулисная обработка почвы снижала его, относительно классической вспашки, на 6 %, плоскорезная - на 14 %. То есть, применение дифференцированной и дисковой обработки позволяет повысить эффективность использования влаги на 16...31 %, по

сравнению с традиционной вспашкой.

Выводы. На черноземных почвах с высоким уровнем плодородия и оптимальными для растений агрофизическими свойствами (плотность 1,1... 1,2 г/см³, содержание водопропрочных структур более 77 %), создаются предпосылки для минимизации обработки почвы. Снижение интенсивности влияния на обрабатываемый слой почвы при замене отвальной обработки на безотвальные, включающие в себя дифференцированную, гребнекулисную, плоскорезную и дисковую обработку позволяет повысить эффективность использования влаги и сопровождается тенденцией к увеличению количества водопропрочных и агрономически ценных агрегатов, что указывает на повышение почвозащитного эффекта и восстановление почвенной структуры, в сравнении со вспашкой.

Литература

1. Гулаев В.М., Зудилин С.Н., Гулаева Н.В. Влияние основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия почвы на посевах сои // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5 (3). С. 1090-1092.
2. Подсевалов М.И., Хайртдинова Н.А. Влияние обработки почвы и удобрений на агрофизические показатели чернозема выщелоченного и урожайность зернобобовых культур при биологизации севооборотов // Нива Поволжья. 2012. № 3 (24). С. 18-22.
3. Антонов В.Г. Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике 7 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (6). С. 733-742. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742.
4. Кузина Е.В. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Пермский аграрный вестник. 2016. № 3 (15). С. 35-40.
5. Немцев С.Н., Сабитов М.М., Никитин С.Н. Сохранение плодородия почв в Ульяновской области // Земледелие. 2009. № 7. С. 12-13.
6. Самофалова И.А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в нечерноземной зоне // Земледелие. 2019. №1. С. 24-28. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10107.
7. Горянин О. И., Мадякин Е. В., Пронович Л. В. и др. Технологии возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 42-47. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10908.
8. Горбунова М.В., Лобков В.Т. Влияние обработки почвы на ее структурно-агрегатный состав // Russian agricultural science review. Орел: ООО «МегаСервис», 2015. Т. 5. № 1. С. 243-245.
9. Сахаров А.В., Мищенко В.В., Ерёмин Д.И. Агрофизические свойства чернозёма выщелоченного при различном его использовании в лесостепной зоне Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3. С. 62-67.
10. Немцев С. Н., Шарипова Р. Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 3. С. 10- 14. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10302.
11. TebrUgge E. No-Tillage Visions- Protection of Soil, Water and Climate and Influence on Management and Farm Income // Conservation Agriculture. 2003. P. 327-340.
12. Стахурлова Л.Д., Свистова И.Д. Динамика свойств черноземов типичных заповедника «Стрелецкая степь» под влиянием многолетнего агрогенного воздействия Я Российской сельскохозяйственной наука. 2018. №4. С.40-42. doi: 10.31857/S250026270000567-8.
13. Mechanical properties and soil organic carbon of soil aggregates in the northern Appalachians / H. Blanco-Canqui, R. Lai, L. B. Owens, et al. // Soil Science Society of America. 2005. № 69. P. 1472-1481.

Сведения об авторах:

Кузина Елена Викторовна - кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией обработки почвы, e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.С. Немцева - филиал Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Ульяновск, Россия

DEPENDENCE OF SOIL STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES ON ITS TREATMENT DURING MUSTARD GROWING

E.V. Kuzina

Abstract. The article presents the results of studies on the study of the influence of various tillage systems on the bulk density, structural aggregate composition and water resistance of the arable layer under mustard crops. The studies were carried out in 2019-2021 in Ulyanovsk region. Five tillage systems were studied: 1. Moldboard - (plowing at 20-22 cm PLN-4-35) control; 2. Differentiated different-depth - (alternating plowing by 25-27 cm PLN-4-35 and disking by 6-8

cm); 3. Comb-shaped (OP-3C for 13-15cm); 4. Disc - (BDM for 6-8cm); 5. Flat-cut processing - (KPSH-3 by 13-15 cm). The soil of the experimental plot is represented by slightly leached heavy loam}- chernozem with a humus content of 5.8-6.1%. The dependence of some agrophysical properties of leached chernozem on reducing the intensity of influence on the treated layer is determined. Replacing plowing with non-moldboard loosening (options with comb, disc and flat-cut cultivation) or its periodic use against the background of disc cultivation in crop rotation (variant with differentiated cultivation) had a positive effect on the soil structure, increasing not only the structural coefficient, but also the water resistance of the aggregates, contributing to increasing soil resistance to water erosion. It was found that in these options, the content of agronomically valuable structural and water-resistant aggregates increased by 1.4-2.3 and 0.8-1.7% compared to traditional plowing, the structural coefficient increased by 0.29-0.49 units. The lowest density of the soil structure at a depth of 0-30 cm was noted in the variant with differentiated tillage of 1.07 g cm³. On non-arable variants, the density of soil composition increased by 0.04-0.16 g/cm³ or 3-14%, compared with the control, but did not go beyond the optimal. According to the reserves of productive moisture in the meter layer of soil, differentiated and comb-shaped treatments were not inferior to the control.

Key words: tillage, water-stable aggregates, soil fractions, structural coefficient, structural-aggregate composition, soil layers.

References

1. Gulaev VM, Zudilin SN, Gulaeva NV. [Influence of the main tillage on the agrophysical indicators of soil fertility on soybean crops]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2014; Vol.16. 5 (3). 1090-1092 p.
2. Podsevalov MI, Khayrtdinova NA. [Influence of tillage and fertilizers on the agrophysical indicators of leached chernozem and the yield of leguminous crops during the biologization of crop rotations]. *Niva Povolzh'ya*. 2012; 3 (24). 18-22 p.
3. Antonov VG. [Influence of minimal methods of basic tillage on the structural and aggregate composition of gray forest soil in the Chuvash Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020; 21 (6). 733-742 p. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742.
4. Kuzina EV. [Influence of the main tillage on the reserves of productive moisture and agrophysical properties of leached chernozem]. *Permskii agrarnyi vestnik*. 2016; 3 (15). 35-40 p.
5. Nemtsev SN, Sabitov MM, Nikitin SN. [Preservation of soil fertility in Ulyanovsk region]. *Zemledelie*. 2009; 7. 12-13 p.
6. Samofalova IA. [Influence of basic tillage methods on the structural-aggregate composition of soddy-podzolic soil in the non-chernozem zone]. *Zemledelie*. 2019; 1. 24-28 p. doi:10.24411/0044-3913-2019-10107.
7. Goryanin OI, Madyakin EV, Pronovich LV. [Technologies of spring barley cultivation in the arid conditions of Volga region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020; Vol.34. 9. 42-47 p. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10908.
8. Gorbunova MV, Lobkov VT. [Influence of tillage on its structural-aggregate composition]. *Russian agricultural science review*. Orel: OOO "MegaServis". 2015; Vol.5. 1. 243-245 p.
9. Sakharov AV, Mishchenko VV, Eremin DI. [Agrophysical properties of leached chernozem with its various uses in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Vestnik Kurganskoi GSKhA*. 2020; 3. 62-67 p.
10. Nemtsev SN, Sharipova RB. [Agro-climatic resources, their change and environmental restrictions of the growing season of Ulyanovsk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021; Vol.35. 3. 10-14 p. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10302.
11. TebrUgge E. No-tillage visions protection of soil, water and climate and influence on management and farm income. *Conservation Agriculture*. 2003; 327-340 p.
12. Stakhurlova LD, Svistova ID. [Dynamics of properties of typical chernozems of the Streletskaia Steppe Reserve under the influence of long-term agrogenic impact]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2018; 4. 40-42 p. doi: 10.31857/S250026270000567-8.
13. Blanco-Canqui H, Lai R, Owens LB. Mechanical properties and soil organic carbon of soil aggregates in the northern Appalachians. *Soil Science Society of America*. 2005; 69. 1472-1481 p.

Authors:

Kuzina Elena Viktorovna – Ph.D. of Agricultural sciences, Head of the Laboratory of Tillage, e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru
Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N.S.Nemtsev - branch of Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk, Russia.