

УДК 633.152(470.630)	UDC 633.152(470.630)
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство	4.1.1. General agriculture and crop production
ФОРМИРОВАНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВАМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФОНЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ	FORMATION OF AGROPHYSICAL INDICATORS OF SOIL UNDER WINTER WHEAT CROPS AGAINST THE BACKGROUND OF DIFFERENTIATED SOIL CULTIVATION BASIS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN CAUCASIA
Кравченко Роман Викторович, д. с.-х. н., доцент	Kravchenko Roman Viktorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
РИНЦ SPIN-код: 3648-2228 roma-kravchenko@yandex.ru	RSCI SPIN code: 3648-2228 roma-kravchenko@yandex.ru
Амзаева Яна Борисовна, аспирант	Amzaeva Yana Borisovna, graduate student
Тымчик Денис Евгеньевич, студент	Tymchik Denis Evgenievich, student
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13	Kuban State Agrarian University, Russia, 350044, Krasnodar, Kalinina, 13
В работе показаны итоги полевых опытов по изучению формирования агробиологических показателей озимой пшеницы Тимирязевка 150 на фоне дифференцированной основной обработки почвы в условиях Западного Предкавказья (УОХ «Кубань» Кубгау). Годы исследований – 2023-24. В соответствии с экспериментальной схемой исследовались три варианта основной обработки почвы (вспашка на 20-22 см, чизелевание на 20-22 см и нулевая обработка (no-till). Контрольным вариантом служило дисковое лущение на 10-12 см. В качестве объекта исследования использовался сорт озимой пшеницы Тимирязевка 150. Было изучено формирование его агробиологических показателей по предшественнику соя. Было выявлено, что в условиях центральной зоны Западного Предкавказья традиционная вспашка обеспечивает наименьшую плотность почвы в слое 0-10 см (1,07-1,22 г/см³) и наибольшую общую пористость (до 59,3% весной), что создает благоприятные условия для развития корневой системы. Однако к фазе полной спелости влажность почвы при вспашке снижается до минимальных значений (8,2% в слое 0-20 см), а запасы продуктивной влаги в метровом слое составляют 117 мм, что уступает другим вариантам. При этом твердость почвы в верхнем слое остается самой низкой (4,2-11,8 кг/см²). Чизелевание продемонстрировало лучшие показатели по сохранению влаги: влажность почвы в фазу колошения достигала 21,2% (0-20 см), а запасы продуктивной влаги в метровом слое – 133 мм, что на 16 мм выше вспашки. Плотность почвы при чизелевании оставалась на уровне 1,15-1,28 г/см³. Нулевая обработка способствовала максимальной плотности почвы (до 1,33 г/см³), твердость – до 11,0 кг/см². Дисковое лущение, использовавшееся как контроль, обеспечило минимальные значения по	The paper presents the results of field experiments on studying the formation of agrobiological indicators of winter wheat Timiryazevka 150 against the background of differentiated soil cultivation in the conditions of the Western Ciscaucasia (UOKh "Kuban" Kubgau). Research years - 2023-24. In accordance with the experimental design, three variants of primary soil cultivation were studied (plowing at 20-22 cm, chisel tillage at 20-22 cm and zero tillage (no-till). The control variant was disk stubble cultivation at 10-12 cm. The Timiryazevka 150 winter wheat variety was used as the object of the study. The formation of its agrobiological indicators was studied according to the soybean predecessor. It was found that in the conditions of the central zone of the Western Ciscaucasia, traditional plowing provides the lowest soil density in the 0-10 cm layer (1.07-1.22 g / cm³) and the highest total porosity (up to 59.3% in spring), which creates favorable conditions for the development of the root system. However, by the stage of full maturity, soil moisture during plowing decreases to minimum values (8.2% in the 0-20 cm layer), and the reserves of productive moisture in the meter layer are 117 mm, which is inferior to other options. At the same time, the soil hardness in the upper layer remains the lowest (4.2-11.8 kg/cm²). Chisel plowing demonstrated the best indicators for moisture conservation: soil moisture in the earing phase reached 21.2% (0-20 cm), and the reserves of productive moisture in the meter layer were 133 mm, which is 16 mm higher than plowing. Soil density during chisel plowing remained at the level of 1.15-1.28 g/cm³. Zero tillage contributed to the maximum soil density (up to 1.33 g/cm³), hardness - up to 11.0 kg/cm². Disk stubble cultivation, used as a control, provided minimum values for most indicators: soil density - 1.19-1.32 g/cm³, moisture in the earing phase - 19.7%.

большинству показателей: плотность почвы – 1,19-1,32 г/см ³ , влажность в фазу колошения – 19,7%.	
Ключевые слова: ПОЧВА, ЧЕРНОЗЁМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, ПЛОТНОСТЬ, ОБЩАЯ ПОРИСТОСТЬ, ВОЗДУХОСОДЕРЖАНИЕ, ТВЕРДОСТЬ	Key words: SOIL, leached chernozem, density, total porosity, air content, hardness

Введение

Значение озимой пшеницы для России трудно переоценить. Она составляет основу зернового клина страны, обеспечивая около 70% от общего объема производства пшеницы в стране и примерно 90% всех посевных площадей озимых зерновых культур. Экономическая и агротехническая роль озимой пшеницы проявляется в ее высокой урожайности, которая, как правило, превосходит яровые сорта благодаря лучшему использованию влаги. При соблюдении агротехнологий современные сорта способны давать урожайность, превышающую 50 ц/га, особенно в передовых хозяйствах Юга России. Кроме того, озимая пшеница является ценным предшественником в севообороте, освобождая поля в ранние сроки и способствуя снижению напряженности полевых работ. В кормопроизводстве озимые культуры также могут обеспечивать ранний зеленый корм. [1-5].

Водно-воздушный и тепловой режимы почвы регулируются обработкой почвы. При рыхлении наблюдается увеличение общей пористости и уменьшение доли капиллярных пор, что способствует снижению капиллярного испарения влаги и, напротив, активизации конвекционно-диффузных процессов перемещения влаги. Это также улучшает прогревание почвы, что положительно сказывается на ранних этапах роста растений. [10].

В противоположность этому, при уплотнении почвы общая пористость снижается, а соотношение пор изменяется в сторону увеличения капиллярных. Такие условия способствуют подъему влаги из

нижних горизонтов к поверхности, но одновременно снижают аэрацию, что ограничивает интенсивность аэробных процессов в почве. Особенно ярко эти различия проявляются при снижении влажности почвы: на рыхлых почвах преобладает конвекционно-диффузное испарение, тогда как на уплотненных – капиллярное. [6-9, 11].

Поэтому целью наших исследований было изучение таких агрофизических показателей почвы, как плотность, общая пористость, воздухосодержание и твердость чернозёма выщелоченного под посевами озимой пшеницы сорта Тимирязевка 150, выращиваемой после сои, под влиянием различных приёмов основной обработки почвы в условиях центральной зоны Западного Предкавказья.

Материал и объект исследований

Исследования проводили на опытном поле УОХ «Кубань» КубГАУ в 2023-2024 годах. Погодные условия были благоприятны для возделывания озимой пшеницы. Почва – чернозем выщелоченный. Исследовались три варианта основной обработки почвы (вспашка на 20-22 см, чизелевание на 20-22 см и нулевая обработка (no-till). Контрольным вариантом служило дисковое лушение на 10-12 см. Предшественник – соя.

Результаты исследований

Озимая пшеница занимает ведущее место среди зерновых культур в сельском хозяйстве России, обеспечивая продовольственную безопасность и стабильность аграрного сектора. Эффективное возделывание данной культуры требует комплексного подхода к организации производственного процесса, в котором особое значение придается агротехническим мероприятиям. Одним из ключевых факторов, определяющих успешность выращивания озимой пшеницы, является система основной обработки

почвы, оказывающая существенное влияние на физико-химические свойства почвенного покрова, водный и воздушный режим, а также биологическую активность почвы.

Во всех вариантах обработки почвы наблюдается устойчивая тенденция к увеличению ее плотности по мере развития вегетационного периода (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика плотности (d_o , г/см³) и весовой влажности (B_o , %) почвы в зависимости от приема основной обработки почвы

Обработка почвы	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		20-30		0-30	
	d_o	B_o	d_o	B_o	d_o	B_o	d_o	B_o
кущение весной								
Дисковое лушение (к)	1,16	20,1	1,26	18,2	1,27	16,9	1,23	18,4
Вспашка	1,07	20,6	1,10	19,9	1,16	19,4	1,11	19,8
Чизелевание	1,13	21,2	1,22	21,3	1,27	22,3	1,21	21,6
Нулевая обработка	1,20	21,6	1,25	19,7	1,32	18,2	1,26	19,8
колошение								
Дисковое лушение (к)	1,20	17,3	1,29	20,5	1,27	21,0	1,25	19,6
Вспашка	1,15	18,8	1,20	21,4	1,23	21,3	1,19	20,5
Чизелевание	1,16	18,9	1,23	22,9	1,27	23,3	1,22	21,7
Нулевая обработка	1,23	17,5	1,28	20,9	1,30	21,9	1,27	20,1
полная спелость								
Дисковое лушение (к)	1,22	12,5	1,31	15,2	1,28	15,3	1,27	14,3
Вспашка	1,22	9,4	1,24	15,1	1,26	14,9	1,24	13,1
Чизелевание	1,23	13,4	1,24	14,8	1,28	15,7	1,25	14,6
Нулевая обработка	1,26	9,8	1,30	14,8	1,29	14,9	1,28	13,2

На начальном этапе, в фазу весеннего кущения, плотность почвы составляет от 1,07 до 1,32 г/см³ в зависимости от варианта обработки. К фазе колошения плотность возрастает до 1,15-1,33 г/см³, а к полной спелости достигает максимальных значений - 1,22-1,31 г/см³. Это увеличение связано с естественным уплотнением почвы под влиянием осадков, механического воздействия сельскохозяйственной техники, а также за счет уменьшения пористости по мере высыхания почвы и роста растений.

Влажность почвы, напротив, демонстрирует отчетливую тенденцию к снижению на протяжении всего вегетационного периода. В фазу кущения влажность почвы находится в диапазоне 16,9-23,3%, что свидетельствует о достаточном запасе влаги для начального развития растений. Однако к фазе колошения влажность снижается до 13,5-19,2%, а к полной спелости достигает минимальных значений - от 9,4 до 15,7%. Наиболее выраженное снижение влажности отмечается в верхних слоях почвы (0-10 см и 10-20 см), что связано с интенсивным испарением влаги, а также с потреблением воды растениями в период активного роста.

Сравнительный анализ вариантов обработки показывает, что чизелевание способствует лучшему сохранению влаги в почве, особенно в фазах кущения и колошения. В этих вариантах отмечаются наиболее высокие значения влажности по сравнению с другими способами обработки. Это может быть связано с особенностями структуры почвы после чизелевания, которая способствует накоплению и удержанию влаги, а также замедляет процессы испарения.

Нулевая обработка почвы (no-till) демонстрирует промежуточные значения как по плотности, так и по влажности. Это свидетельствует о том, что отказ от механического воздействия позволяет сохранить структуру

почвы и частично уменьшить потери влаги, однако не обеспечивает столь выраженного эффекта, как чизелевание.

Результаты эксперимента подтверждают, что минимизация механического воздействия на почву и применение современных технологий обработки, таких как чизелевание, позволяют улучшить агрофизические свойства почвы и создать более устойчивые условия для выращивания сельскохозяйственных культур.

Во всех вариантах обработки почвы наблюдается постепенное снижение общей пористости от фазы кущения весной к фазе полной спелости. Наибольшие значения пористости фиксируются в варианте вспашки (например, в слое 0-10 см: от 59,3% - кущение весной, до 53,6% - полная спелость), а наименьшие - при нулевой обработке (от 55,7% до 52,1% в том же слое). Это свидетельствует о том, что традиционная вспашка способствует формированию более рыхлой структуры почвы, тогда как минимальная обработка и особенно нулевая обработка приводят к большему уплотнению почвы по мере вегетации (таблица 2).

Показатель воздухосодержания также снижается в течение вегетационного периода во всех вариантах обработки. Максимальные значения A_m отмечаются при вспашке (например, в слое 0-10 см: 37,8% - кущение весной, 36,5% - колошение, 42,1% - полная спелость), что связано с лучшей аэрацией и пористостью почвы после обработки. Минимальные значения характерны для нулевой обработки (30,2-39,8% в том же слое), что указывает на меньшую аэрацию и потенциально худшие условия для дыхания корней растений.

Вспашка обеспечивает наиболее высокие показатели пористости и воздухосодержания на протяжении всего периода наблюдений, особенно в верхних слоях почвы.

Чизелевание занимает промежуточное положение между вспашкой и нулевой обработкой, обеспечивая относительно стабильные значения как по пористости, так и по аэрации.

Таблица 2 – Динамика общей пористости (V_o , %) и воздухоудержания (A_w , %) почвы в зависимости от приема основной обработки почвы

Обработка почвы	Слой почвы, см							
	0-10		10-20		20-30		0-30	
	V_o	A_w	V_o	A_w	V_o	A_w	V_o	A_w
кущение весной								
Дисковое лущение (к)	55,8	32,6	51,9	29,0	48,7	26,0	52,2	29,2
Вспашка	59,3	37,8	57,8	35,8	55,9	33,5	57,6	35,7
Чизелевание	56,7	32,7	53,6	27,7	51,6	23,3	53,9	27,9
Нулевая обработка	55,7	30,2	52,1	27,4	49,8	25,8	52,5	27,8
колошение								
Дисковое лущение	54,4	33,8	51,1	29,8	50,4	29,9	52,0	31,2
Вспашка	56,6	35,8	54,3	34,0	53,7	32,8	54,9	34,2
Чизелевание	54,7	34,0	53,6	33,0	51,5	31,1	53,3	32,7
Нулевая обработка	55,7	35,0	53,0	32,1	51,6	31,2	53,4	32,8
полная спелость								
Дисковое лущение	53,5	38,3	49,9	28,2	50,8	31,1	51,4	33,1
Вспашка	53,4	42,1	52,8	34,3	52,0	33,4	52,8	36,6
Чизелевание	53,2	36,7	52,6	34,2	51,3	31,3	52,4	34,1
Нулевая обработка	52,1	39,8	50,5	31,4	50,7	31,4	51,1	34,2

Дисковое лушение и нулевая обработка характеризуются более низкими значениями пористости и воздухо содержания, что может приводить к ухудшению водно-воздушного режима почвы.

Во всех вариантах обработки по мере увеличения глубины (от 0-10 см к 20-30 см) отмечается снижение как пористости, так и воздухо содержания, что связано с естественным уплотнением почвы и меньшим воздействием обработки в более глубоких горизонтах.

Полученные данные свидетельствуют о том, что способ основной обработки почвы оказывает существенное влияние на ее физические свойства. Вспашка способствует поддержанию оптимальной структуры и аэрации почвы, тогда как отказ от обработки или минимизация вмешательства приводит к постепенному уплотнению и снижению воздухо содержания, особенно в течение вегетационного периода.

Во всех вариантах обработки почвы наблюдается закономерное увеличение твердости по мере перехода от весеннего кушения к фазе полной спелости. Минимальные значения твердости отмечаются в варианте вспашки, особенно в верхних слоях почвы (0-10 см): от 4,2 кг/см² весной до 11,8 кг/см² к полной спелости. Это свидетельствует о том, что вспашка обеспечивает наибольшую рыхлость и минимальное уплотнение почвы в течение всего вегетационного периода (таблица 3).

Дисковое лушение формирует промежуточные значения твердости: от 5,5 до 11,2 кг/см² (0-10 см) и от 17,2 до 23,7 кг/см² (30 см) в разные фазы, что указывает на умеренное уплотнение по сравнению со вспашкой.

Чизелевание характеризуется более высокими показателями твердости, особенно к концу вегетации (0-10 см: 6,7 → 14,5 кг/см²), что связано с особенностями рыхления без оборота пласта, способствующего сохранению структуры, но при этом не препятствующего постепенному уплотнению.

Нулевая обработка (no-till) демонстрирует максимальные значения твердости в большинстве слоев и фаз: от 8,6 до 11,0 кг/см² (0-10 см), от 19,3 до 22,9 кг/см² (30 см). Это указывает на значительное уплотнение почвы при отсутствии механического воздействия.

Таблица 3 – Динамика твердости почвы (кг/см²) в зависимости от приема обработки почвы

Обработка почвы	Слой почвы, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
кущение весной				
Дисковое лушение (к)	5,5	18,8	27,2	17,2
Вспашка	4,2	11,8	13,8	9,9
Чизелевание	6,7	15,3	21,2	14,4
Нулевая обработка	8,6	23,2	26,1	19,3
колошение				
Дисковое лушение (к)	9,3	23,5	30,2	21,0
Вспашка	9,6	15,1	22,3	15,7
Чизелевание	11,3	17,0	25,8	18,0
Нулевая обработка	9,9	24,9	29,8	21,5
полная спелость				
Дисковое лушение (к)	11,2	26,3	33,5	23,7
Вспашка	11,8	16,9	25,8	18,2
Чизелевание	14,5	18,8	31,1	21,5
Нулевая обработка	11,0	27,0	30,7	22,9

Во всех вариантах обработки отмечается увеличение твердости с глубиной. Наиболее выражено это при нулевой обработке и чизелевании,

где в слое 20-30 см значения достигают 31,1-33,5 кг/см² к фазе полной спелости.

Наиболее интенсивное увеличение твердости наблюдается в период от кущения к колошению, что связано с естественным уплотнением почвы под воздействием осадков, роста растений и технологических операций. К фазе полной спелости твердость достигает максимальных значений во всех вариантах.

Полученные данные подтверждают, что способ основной обработки почвы оказывает существенное влияние на динамику ее твердости в течение вегетационного периода. Вспашка способствует поддержанию минимальных значений твердости и более рыхлой структуры, тогда как минимальная и нулевая обработка приводят к постепенному уплотнению почвы, особенно в более глубоких слоях.[32]

Заключение

В условиях центральной зоны Западного Предкавказья установлено, что традиционная вспашка обеспечивает наименьшую плотность почвы в слое 0-10 см (1,07-1,22 г/см³) и наибольшую общую пористость (до 59,3% весной), что создает благоприятные условия для развития корневой системы. Однако к фазе полной спелости влажность почвы при вспашке снижается до минимальных значений (8,2% в слое 0-20 см), а запасы продуктивной влаги в метровом слое составляют 117 мм, что уступает другим вариантам. При этом твердость почвы в верхнем слое остается самой низкой (4,2-11,8 кг/см²). Чизелевание продемонстрировало лучшие показатели по сохранению влаги: влажность почвы в фазу колошения достигала 21,2% (0-20 см), а запасы продуктивной влаги в метровом слое - 133 мм, что на 16 мм выше вспашки. Плотность почвы при чизелевании оставалась на уровне 1,15-1,28 г/см³. Нулевая обработка способствовала

максимальной плотности почвы (до 1,33 г/см³), твердость – до 11,0 кг/см². Дисковое лущение, использовавшееся как контроль, обеспечило минимальные значения по большинству показателей: плотность почвы – 1,19-1,32 г/см³, влажность в фазу колошения – 19,7%.

Библиографический список

1. Багринцева, В. Н. Засоренность и урожайность кукурузы при разной обработке почвы / В. Н. Багринцева, Т. И. Борщ, И. А. Шмалько, Р. В. Кравченко // Защита и карантин растений. – 2006. – № 2. – С. 29-30. – EDN HTVOSP.
2. Бардак, Н. И. Влияние способа обработки чернозема выщелоченного и его агрофические параметры и агробиологические показатели озимой пшеницы / Н. И. Бардак, Р. В. Кравченко, С. А. Дмитриев / Научный журнал КубГАУ, 2023. – № 188. – С.56-66. – DOI 10.21515/1990-4665-188-006.
3. Кравченко, Р. В. Реализация продуктивного потенциала гибридов кукурузы по технологиям различной интенсивности / Р. В. Кравченко // Вестник БСХА, 2009. – № 2. – С. 56-60.
4. Кравченко, Р. В. Научное обоснование ресурсо-энергосберегающих технологий выращивания кукурузы (*Zea mays* L.) в условиях степной зоны Центрального Предкавказья: дисс. ... д.с.-х.н. / Р. В. Кравченко. – Москва, 2010. – 439 с. – EDN QFEGAD.
5. Кравченко, Р. В. Эффективность минимализации основной обработки почвы на различных гербицидных фонах при возделывании кукурузы / Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 82. – С. 657-671. – EDN PGKZBH.
6. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование элементов ее продуктивности / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, А. А. Архипенко, А. Е. Семенов // Труды КубГАУ, 2021. – № 90. – С.64-70. – DOI 10.21515/1999-1703-90-64-70.
7. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование ее продуктивности / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода, С. И. Лучинский, А. А. Архипенко // Научный журнал КубГАУ, 2021. – № 169. – С.124-132. – DOI 10.21515/1990-4665-169-011.
8. Кравченко, Р. В. Динамика агро-физических показателей почвы в зависимости от ее обработки и минеральных удобрений в технологии озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, А. А. Архипенко / Научный журнал КубГАУ, 2022. – № 178. – С.283-292. – DOI 10.21515/1990-4665-178-024.
9. Кравченко, Р. В. Результативность минеральных удобрений на фоне безотвальной обработки почвы в технологии возделывания озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода, У. Б. Асроров / Научный журнал КубГАУ, 2022. – № 182. – С.99-111. – DOI 10.21515/1990-4665-182-009.
10. Кравченко, Р. В. Формирование агробиологических показателей озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений на фоне минимизации основной обработки почвы / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, А. Е. Семенов / Труды КубГАУ, 2023. – № 108. – С.71-76. – DOI 10.21515/1999-1703-108-71-76.

11. Kravchenko, R. V. Dynamics of agrophysical indicators of the soil under winter wheat crops while minimizing the main tillage / Kravchenko R.V., Luchinskiy S.I., Amzaeva Ya.B. // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2024. № 199. С. 61-68. – DOI 10.21515/1990-4665-199-007.
12. Кравченко, Р. В. Формирование продукционных показателей озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений на фоне минимизации основной обработки почвы / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, А. Е. Семенов / Труды КубГАУ, 2024. – № 112. – С.125-131. – DOI 10.21515/1999-1703-112-125-131.