

- Sirotenko O. D., Abashina Ye. V., Pavlova V. N., Dolgiy-Trach V. A. Razrabotka sistemy regional'nogo kruglogodichnogo monitoringa vodno-teplovogo rezhima posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Development of a system for regional year-round monitoring of the water-thermal regime of agricultural crops] // *Trudy regional'nogo konkursa nauchnykh projektov v oblasti yestestvennykh nauk*. Kaluga: ANO KNC Publishing House, 2008, issue 13, pp. 276–281.
- Tarasova L. L. Dolgosrochnyy prognoz gradatsiy uvlazhneniya metrovogo sloya pochvy vesnoy [Long-term forecast of gradations of moistening of a meter layer of soil in spring] // *Agrofizika*, 2021, no. 1, pp. 33–38.
- Tooming H. G. *Solnechnaya radiatsiya i formirovaniye urozhaya* [Solar radiation and crop formation]. L.: Gidrometeoizdat, 1977, 200 p.
- Shumova N. A. Otsenka tochnosti modeli dlya rascheta dinamiki zapasov vody v pochve [Estimation of the accuracy of a model for calculating dynamics of moisture reserves in the soil] // *Meteorologiya i gidrologiya*, 2003, no. 10, pp. 97–106.

УДК 633.34:631.445.4:631.459

DOI: 10.25695/AGRPH.2022.04.02

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ В ПОСЕВАХ СОИ НА ЭРОЗИОННО ОПАСНОМ СКЛОНЕ

А. В. Мищенко

Федеральный Ростовский аграрный научный центр (ФГБНУ ФРАНЦ),
346735, Ростовская обл., Аксайский р-н, п. Рассвет, ул. Институтская, д. 1,
E-mail: 85maw@mail.ru

Поступила в редакцию 12.07.2022 г., принята к печати 20.11.2022 г.

Исследования проведены на эродированных склонах сельскохозяйственных полей в Ростовской области, которая находится в зоне рискованного земледелия. Почвы – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, среднесмытый. В статье представлены результаты трехлетних исследований (2018–2020 гг.). Цель исследований заключалась в установлении влияния способов обработки почвы и способов посева на структурное состояние черноземов обыкновенных при возделывании сои на эродированных склонах в Ростовской области. В стационарном опыте Научного центра изучены такие системы основной обработки почвы, как отвальная вспашка (контроль) и чизельная (противоэрозионная) вспашка на эрозионно опасных склонах. Также в рамках исследования изучались два способа посева: широкорядный (контроль) и обычный рядовой (почвозащитный). Проведена оценка структурного состояния и водопрочности черноземов обыкновенных. Рассчитаны коэффициенты структурности (K_c) и водопрочности (K_b), а также критерий водопрочности (критерий АФИ). Исследуемые почвы имеют хорошее ($< 60\%$) и отличное ($< 80\%$) структурное состояние по доле воздушно-сухих агрегатов и отличное ($< 80\%$) – по количеству водопрочных агрегатов. Черноземы обыкновенные характеризуются также отличным состоянием по коэффициенту структурности ($K_c > 1,5$) и хорошим – по критерию водопрочности ($K_{АФИ} = 100–500\%$). При возделывании сои на эродированных склонах рекомендовано применять чизельную обработку почвы при обычном рядовом способе посева.

Ключевые слова: структура почвы, чернозем обыкновенный, эродированные склоны, обработка почвы, способ посева, соя.

THE STRUCTURAL STATE OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER SOYBEAN CROPS ON AN EROSION-PRONE SLOPE

A. V. Mishchenko

Federal Rostov Agricultural Research Center

1, Institutskaya St., Rassvet, Aksay district, Rostov region, 346735, Russian Federation

E-mail: 85maw@mail.ru

The study was carried out on the eroded slopes of agricultural areas in the Rostov region, which is located in the zone of risky farming. Soils are classified as heavy loam ordinary chernozems on a medium-washed loess-like loam. The paper presents the results of a three-year research (2018–2020). The aim of the research was to establish the influence of two tillage systems and two sowing methods on the structural state of the ordinary chernozem when growing soybeans on the eroded slopes. In the field experiment, conventional mouldboard ploughing (control) and chisel tillage (erosion control) on erosion-prone slopes were studied. Also, two sowing methods were studied: wide-row (control) and ordinary row (soil-protected). The assessment of the structural state and water stable aggregation of the chernozem has been carried out. The soil structure coefficients, coefficients of the aggregate water stability as well as the criterion of water stability (ARI criterion) were calculated. The studied soils have good ($< 60\%$) and excellent ($< 80\%$) structural state in terms of the air-dry aggregates proportion and excellent ($< 80\%$) in terms of the water-stable aggregates number. Ordinary chernozems are also characterized by an excellent state in terms of structural coefficient ($C_s > 1.5$) and good in terms of water stability ($K_{ARI} = 100\text{--}500\%$). When cultivating soybeans on eroded slopes, it is recommended to use chisel tillage with an ordinary row sowing method.

Keywords: soil structure, ordinary chernozems, eroded slopes, tillage, sowing method, soybeans.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире соя повсеместно привлекает к себе внимание как культура, весьма востребованная для экспорта и импорта. На глобальном уровне она является одним из самых богатых источников белка в кормах для животных (Шабалкин, Дубинкина, 2022). При этом неизменно повышается потребительский спрос на данную культуру в перерабатывающей и пищевой промышленности (Сингх, 2016; Сапрыкин и др., 2022).

Ростовская область – крупнейший сельскохозяйственный регион Российской Федерации. Согласно данным из Интернета (СельхозПортал, 2022), посевная площадь сои здесь составляет 14935 га при средней урожайности $1,57 \text{ т га}^{-1}$. Однако в данном регионе, где 65% площади территории занимают черноземы, преобладают эрозионные процессы, особенно на склоновых землях (Безуглова и др., 2022). При этом уровень оструктуренности почв, подвергшихся деградации, снижается, что приводит к резкому снижению плодородия и в результате наносит колоссальный ущерб сельскохозяйственному производству (Белоусова и др., 2021).

В современном земледелии все более широко применяются ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Гаевауа и др., 2021). В связи с этим увеличивается необходимость изучения агроэкологических факторов, способных оказывать противостояние деградации почвы. Одним из важнейших показателей является структурное состояние почвы, которое определяет ее потенциальное плодородие, обеспечивающее получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур (Зеленев и др., 2020; Гукалов и др., 2021; Гумматов и др., 2016).

При этом необходимо, чтобы каждый отдельно взятый почвенный агрегат обладал устойчивостью к размыванию водой. Это замедлит и предотвратит последующие разрушения почвенных покровов под

влиянием водной эрозии (Ширяева и др., 2020). Благоприятное для роста и развития сельскохозяйственных культур сложение пахотного слоя черноземов достигается при содержании водопрочных агрегатов не менее 40–45% (Воронцов, Скорочкин, 2019). В связи с этим исследование структуры деградированных черноземов обыкновенных в Ростовской области, несомненно, является весьма актуальным.

Целью исследований являлось установление влияния способов обработки почвы и способов посева на структурно-агрегатный состав черноземов обыкновенных при возделывании сои на эродированных склонах в Ростовской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2018–2020 гг. в многофакторном стационарном опыте ФГБНУ ФРАНЦ. Опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории при полосном размещении культур на эрозионно опасном склоне крутизной до $3,5\text{--}4^\circ$. Размещение вариантов опыта по способам основной обработки почвы и способам посева систематическое, повторностей опыта – рендомизированное. Предшественник исследуемой культуры – яровой ячмень (Мищенко и др., 2021).

Климат зоны проведения исследования – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Почвенный покров опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, среднесмытый. Содержание гумуса в пахотном (0–30 см) слое составляет 3,6%, обеспеченность общим азотом – 0,14–0,16%, подвижным фосфором – $15,7\text{--}18,2 \text{ мг кг}^{-1}$, обменным калием – $282\text{--}337 \text{ мг кг}^{-1}$ (Мищенко и др., 2021).

Применялись следующие способы основной обработки почвы:

1. Отвальная (контроль) – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 25–27 см;

2. Чизельная (противоэрозионная) – вспашка чизельным плугом ПЧ-2,5 на глубину 25–27 см.

Применялись два способа посева:

1. Широкоярусный (контроль) – с междурядьями 45 см;

2. Обычный рядовой (почвозащитный) – с междурядьями 15 см.

После уборки предшествующей культуры и перед проведением основной обработки почвы осуществлялось дискование агрегатом БДТ-3 на тяге МТЗ-80 на глубину 12–15 см с направлением поперек склона.

Почвенные образцы с ненарушенной структурой отбирались для анализа перед посевом культуры и в фазу ее полной спелости. В каждом варианте опыта отбор проб выполнен по всей площади склонов в двукратной повторности отдельно по слоям 0–10 см, 10–20 см и 20–30 см.

Для определения количественной (сухое просеивание) характеристики структуры почвы использовался макроагрегатный анализ по методу Н. И. Саввинова. Распределение фракций водонепрочных агрегатов (мокрое просеивание) устанавливалось на приборе И. М. Бакшеева (Доспехов и др.; Васильев, Туликов, 1987). Анализы выполнены в двукратной повторности. Математическая обработка полученных результатов проведена по Б. А. Доспехову (Доспехов, 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований структурно-агрегатного состава чернозема обыкновенного в посевах сои в условиях эрозионно опасного склона при различных способах основной обработки почвы и посева в среднем за 2018–2020 гг. представлены в табл. 1.

Таблица 1. Структурно-агрегатный состав пахотного слоя черноземов обыкновенных в посевах сои (2018–2020 гг.)

Обработка	Способ посева	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм и % содержания в общей массе воздушно-сухой почвы			Коэффициент структурности
			> 10	10–0,25	< 0,25	
Посев						
Чизельная	обычный рядовой	0–10	17,2±5,6	78,0±5,1	4,8±1,2	4,3
		10–20	17,0±5,9	78,9±4,8	4,1±1,2	4,2
		20–30	14,2±3,9	81,8±2,9	4,0±1,0	4,8
		0–30	16,2±5,0	79,6±4,0	4,3±1,0	4,4
	широкорядный	0–10	17,2±5,6	78,0±5,1	4,8±1,2	4,3
		10–20	17,0±5,9	78,9±4,8	4,1±1,2	4,2
		20–30	14,2±3,9	81,8±2,9	4,0±1,0	4,8
		0–30	16,2±5,0	79,6±4,0	4,3±1,0	4,4
Отвальная	обычный рядовой	0–10	27,8±9,0	66,1±6,3	6,2±2,7	2,2
		10–20	15,7±6,2	78,4±4,6	5,9±2,9	4,1
		20–30	13,5±4,2	80,3±3,4	6,2±2,9	4,5
		0–30	19,0±5,9	74,9±3,6	6,1±2,8	3,6
	широкорядный	0–10	27,8±9,0	66,1±6,3	6,2±2,7	2,2
		10–20	15,7±6,2	78,4±4,6	5,9±2,9	4,1
		20–30	13,5±4,2	80,3±3,4	6,2±2,9	4,5
		0–30	19,0±5,9	74,9±3,6	6,1±2,8	3,6
НСР ₀₅ = 2,9%						
Полная спелость						
Чизельная	обычный рядовой	0–10	6,0±0,5	81,1±0,9	12,8±1,3	4,3
		10–20	10,2±0,7	81,6±2,0	8,2±1,4	4,6
		20–30	8,5±1,1	84,1±1,0	7,4±1,6	5,3
		0–30	8,3±0,4	82,3±1,3	9,5±1,2	4,7
	широкорядный	0–10	3,9±0,1	82,7±1,4	11,2±	4,9
		10–20	7,7±0,8	82,3±0,2	9,9±1,3	4,7
		20–30	8,1±1,5	82,3±0,6	9,6±0,9	4,7
		0–30	6,6±0,4	82,5±0,5	10,2±1,4	4,7
Отвальная	обычный рядовой	0–10	5,5±0,1	82,0±1,7	12,5±1,6	4,7
		10–20	8,1±1,8	81,7±2,3	10,2±1,6	4,7
		20–30	8,7±3,2	82,5±2,7	8,9±1,7	5,0
		0–30	7,5±1,7	82,0±1,9	10,5±1,6	4,8
	широкорядный	0–10	5,3±1,4	79,3±2,5	15,5±1,7	4,0
		10–20	8,5±0,6	79,8±1,7	11,8±2,0	4,0
		20–30	7,1±1,3	81,5±1,3	11,4±1,6	4,4
		0–30	6,9±0,2	80,2±1,5	12,9±1,8	4,1
НСР ₀₅ = 2,3%						

Анализ данных, полученных в период посева сои, показал, что процентное содержание агрономически ценных почвенных агрегатов (0,25–10 мм) составляло $79,6\% \pm 4,0$ в варианте с чизельной основной обработкой почвы при исследованных способах посева и $74,9\% \pm 3,6$ при контрольной вспашке. Отсюда следует, что черноземы обыкновенные по доле воздушно-сухих агрегатов имели хорошее (60–80%) структурное состояние во всех вариантах опыта. Содержание более крупных фракций (> 10 мм) в пахотном слое в варианте с противоэрозионной основной обработкой почвы при исследуемых способах посева составило $16,2\% \pm 5,0$, что на 2,8% меньше по сравнению с контролем. Количество пылевой фракции ($< 0,25$) в варианте с отвальной основной обработкой почвы было на 1,8% больше, чем при чизельной обработке, что значительно снизило инфильтрационную способность черноземов обыкновенных и тем самым привело к развитию эрозионных процессов в почвенных покровах. При этом коэффициент структурности в слое 0–30 см в варианте с противоэрозионной основной обработкой почвы был несколько выше, чем при отвальной основной обработке, и составил 4,4 против 3,6. Однако, согласно оценке агрегатного состояния почв, данный показатель характеризовал

состояние почвы как отличное ($> 1,5$) во всех вариантах опыта.

К периоду полной спелости сои количество агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) в варианте с чизельной основной обработкой почвы составило $82,3\% \pm 1,3$ при обычном рядовом способе посева и $82,5\% \pm 0,5$ – при ширококормном; в варианте с отвальной вспашкой при обычном рядовом способе посева – $82,0\% \pm 1,9$, при ширококормном – $80,2\% \pm 1,5$. Отмечена тенденция к некоторому увеличению количества данной фракции с периода посева до фазы полной спелости исследуемой культуры. Так, структурное состояние черноземов обыкновенных улучшилось до отличного ($> 80\%$) по доле воздушно-сухих агрегатов. Это можно объяснить структурообразующим действием корневой системы сои. При этом во всех вариантах опыта процент содержания более крупных фракций (> 10 мм) несколько снизился, а пылевой фракции – увеличился. Коэффициент структурности в фазу полной спелости сои, как и в период посева культуры, характеризовал агрегатное состояние почв как отличное ($> 1,5$).

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что черноземы обыкновенные по доле водопрочных агрегатов имели отличное ($> 70\%$) структурное состояние во всех вариантах опыта.

Таблица 2. Количество водоустойчивых агрегатов в пахотном слое черноземов обыкновенных в посевах сои (2018–2020 гг.)

Обработка	Способ посева	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм и содержание водоустойчивых агрегатов, %			Коэффициент водо-устойчивости
			> 7	7–0,25	< 0,25	
Посев						
Чизельная	обычный рядовой	0–10	3,2±0,4	77,5±2,3	18,9±2,1	3,5
		10–20	4,5±0,8	80,3±2,1	15,2±2,8	4,1
		20–30	4,2±1,0	81,6±0,8	14,2±1,8	4,4
		0–30	4,0±0,7	79,8±1,7	16,1±2,2	4,0
	широкорядный	0–10	3,2±0,4	77,5±2,3	18,9±2,1	3,5
		10–20	4,5±0,8	80,3±2,1	15,2±2,8	4,1
		20–30	4,2±1,0	81,6±0,8	14,2±1,8	4,4
		0–30	4,0±0,7	79,8±1,7	16,1±2,2	4,0
Отвальная	обычный рядовой	0–10	3,7±1,7	76,1±2,9	20,3±4,1	3,2
		10–20	1,3±0,6	77,1±5,6	21,6±6,1	3,4
		20–30	1,5±0,3	78,2±5,1	20,3±5,1	3,6
		0–30	2,2±0,9	77,1±4,5	20,7±5,1	3,4
	широкорядный	0–10	3,7±1,7	76,1±2,9	20,3±4,1	3,2
		10–20	1,3±0,6	77,1±5,6	21,6±6,1	3,4
		20–30	1,5±0,3	78,2±5,1	20,3±5,1	3,6
		0–30	2,2±0,9	77,1±4,5	20,7±5,1	3,4
НСР ₀₅ = 3,4%						

Обработка	Способ посева	Слой почвы, см	Размер агрегатов, мм и содержание водоустойчивых агрегатов, %			Коэффициент водо- устойчивости
			> 7	7–0,25	< 0,25	
			Полная спелость			
Чизельная	обычный рядовой	0–10	3,4±1,7	71,1±1,4	25,5±0,3	2,5
		10–20	1,9±1,3	75,5±1,1	21,9±1,0	3,2
		20–30	2,5±1,4	75,8±1,4	21,7±1,1	3,1
	широкорядный	0–30	2,6±1,5	74,1±1,3	23,1±0,8	2,9
		0–10	0,9±0,5	71,9±2,1	27,3±2,4	2,6
		10–20	1,4±0,1	75,7±2,8	23,0±2,6	3,1
		20–30	3,4±0,7	73,1±2,9	23,5±3,5	2,7
		0–30	1,9±0,4	73,6±2,6	24,6±2,9	2,8
		0–10	0,7±0,5	73,1±2,5	26,2±1,5	2,7
		0–30	2,2±0,2	73,8±2,9	24,0±3,0	2,8
Отвальная	обычный рядовой	20–30	2,2±0,4	74,7±3,3	23,1±3,7	3,0
		0–30	1,7±0,4	73,9±2,9	24,4±2,7	2,8
		0–10	1,3±0,5	71,9±5,3	30,8±5,5	2,2
	широкорядный	10–20	1,6±1,0	72,2±4,3	26,3±5,2	2,6
		20–30	2,3±0,9	72,3±3,5	25,4±4,3	2,6
		0–30	1,7±0,8	72,1±4,4	27,5±5,0	2,5

НСП₀₅ = 2,9%

НСР₀₅ = 2,9%

Для фракций размером от 7 до 0,25 мм на протяжении всего периода вегетации культуры была характерна динамика уменьшения содержания водопрочных агрегатов при всех способах обработки почвы и посева. Однако наименьшие потери агрономически ценных агрегатов отмечены в варианте с противоэрозионной вспашкой при обычном рядовом способе посева. Также отмечено некоторое снижение количества фракций размером более 7 мм.

Обратная тенденция была свойственна для агрегатов пылеватой фракции размером менее 0,25 мм. Анализ данных показал, что максимальное увеличение их содержания произошло в период полной спелости сои при отвальной вспашке и ширококормном способе посева. Наименьшие показатели содержания пылеватой фракции были отмечены в период посева в варианте с противоэрозионной основной обработкой почвы, они составили $16,1\% \pm 2,2$ в слое почвы 0–30 см.

Коэффициент водопрочности несколько снизился за вегетационный период культуры. Однако, согласно оценке агрегатного состояния почв, данный показатель характеризовал состояние почв как отличное ($> 1,5$) как в период посева, так и в фазу полной спелости культуры во всех вариантах опыта.

В целом было выявлено, что при всех исследуемых системах основной обработки почвы показатели водопрочности почвенных агрегатов были ниже при контрольном способе посева, чем при обычном рядовом. При этом наименьшие снижения данного показателя отмечены в варианте с чизельной основной обработкой почвы и обычным рядовым способом посева.

В рамках настоящего исследования рассчитан также еще один важный объективный показатель структурного состояния черноземов обыкновенных, учитывающий долю воздушно-сухих и водопрочных агрегатов, – критерий АФИ (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика структурного состояния черноземов обыкновенных эродированных (2018–2020 гг.)

Обработка	Способ посева	Содержание агрономически ценных агрегатов 0,25–10 мм, % к массе сухой почвы		Критерий АФИ, %
		воздушно-сухих	водоустойчивых	
посев				
Чизельная	обычный рядовой	22,9±5,9	61,5±3,8	269
	широкорядный	23,6±6,0	63,6±2,0	270
Отвальная	обычный рядовой	25,4±6,8	66,0±4,3	259
	широкорядный	28,7±5,6	67,3±2,5	234
полная спелость				
Чизельная	обычный рядовой	43,7±4,2	61,0±4,8	140
	широкорядный	45,7±2,8	60,6±3,7	133
Отвальная	обычный рядовой	48,7±9,6	59,8±2,8	123
	широкорядный	50,3±3,1	58,2±3,1	116

Из полученных данных следует, что величина критерия АФИ в период посева сои была несколько выше, чем в фазу полной спелости культуры. За вегетационный период сои данный показатель снизился в среднем на 130% по всем вариантам опыта. Согласно справочным данным, водопрочность агрегатов черноземов обыкновенных характеризуется как хорошая (100–500%).

ВЫВОДЫ

Оценка структурного состояния пахотного слоя показала, что черноземы обыкновенные характеризуются хорошим (< 60%) и отличным (< 80%) структурным состоянием. Коэффициент структурности характеризовал агрегатное состояние почв как отличное (> 1,5) как в период посева сои, так и в фазу ее полной спелости.

При всех исследуемых системах основной обработки почвы показатели водопрочности почвенных агрегатов были ниже при контрольном

способе посева, чем при обычном рядовом. При этом наименьшие снижения данного показателя в период от посева до полной спелости культуры отмечены в варианте с чизельной основной обработкой почвы и обычным рядовым способом посева.

Водопрочность почвенных агрегатов черноземов обыкновенных эродированных, согласно критерию АФИ, характеризовалась как хорошая. Максимальная величина данного показателя отмечена в варианте с чизельной основной обработкой почвы в период посева сои (270–269%), минимальная – в фазу полной спелости культуры при контрольной вспашке и широкорядном способе посева (116%).

Для сохранения оптимального структурного состояния и предотвращения дальнейшей деградации черноземов обыкновенных при возделывании сои на эрозионно опасных склонах в Ростовской области следует применять чизельную основную обработку почвы при обычном рядовом способе посева.

Список литературы

- Безуглова О.С., Ильинская И.Н., Закруткин В.Е., Назаренко О.Г., Литвинов Ю.А., Гаевая Э.А., Меженков А.А., Жумбей А.И. Динамика деградации земель в Ростовской области // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 41–54. DOI: 10.31857/S2587556622010034
- Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Оценка агрофизических свойств чернозема в условиях перехода на почвозащитные технологии обработки // Агрофизика. 2021. № 3. С. 1–9. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.03.01
- Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Зависимость структурно-агрегатного состояния чернозема типичного от различных систем основной обработки почвы // Владимирский земледелец. 2019. № 2. С. 24–27. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10062
- Гукалов В.В., Баршадская С.И., Седых В.А., Савич В.И. Агроэкологическая оценка почв на примере обыкновенных черноземов Краснодарского края // Агрофизика. 2021. № 3. С. 16–19. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.03.03
- Гумматов Н.Г., Пачепский Я.А. Современные представления о структуре почв и структурообразовании: механизмы и модели, динамика и факторы (2-е изд.). Баку: Муаллим, 2016. 100 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). Учебник. 6-е изд. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
- Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
- Зеленев А.В., Егоров Н.М., Смутнев П.А. Эффективность основной обработки в регулировании структурно-агрегатного состава каштановой почвы и урожайности сортов озимой пшеницы // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4(111). С. 4–9. DOI: 10.34736/FNC.2020.111.4.001.4-8
- Мищенко А.В., Ильинская И.Н., Гаевая Э.А. Влияние элементов технологий на урожайность и водопотребление сои на склонах черноземов обыкновенных // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3 (75). С. 62–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68
- Сапрыкин Н.П., Васильев И.В., Бакаева Ю. Н. Эффективность возделывания сои в зависимости от приема основной обработки почвы и способа посева в условиях Оренбургской степи // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 1(93). С. 47–53. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-47-53
- СельхозПортал. Посевная площадь сои в Ростовской области. URL: <https://сельхозпортал.рф> › analiz-posevnyh-ploshhade (дата обращения 10.03.2022)
- Холодов В.А., Ярославцева Н.В. Агрегаты и органическое вещество почв восстанавливающихся ценозов. М.: ГЕОС, 2021. 120 с. EDN: QIRPEW
- Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А. Соя – экономически выгодная культура // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-1-17-21
- Ширяева Н.В., Ширяев А.В., Кузнецова Л.Н., Романцова И.Е. Структурное состояние почвы в посевах разных сортов озимой пшеницы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 3(27). С. 114–121.
- Gaevaya E.A., Bezuglova O.S., Ilinskaya I.N., Taradin S.A., Nezinskaya E.N., Mishchenko A.V. The experience in the implementation of adaptive-landscape systems of agriculture in Rostov oblast // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Environmental Transformation and Sustainable Development in Asian Region. 2021. pp. 012–030. DOI: 10.1088/1755-1315/629/1/012030
- Hallam J., Hodson M.E. Impact of different earthworm ecotypes on water stable aggregates and soil water holding capacity // Biology and Fertility of Soils. 2020. Vol. 56. No. 5. pp. 607–617. DOI: 10.1007/s00374-020-01432-5

References

- Bezuglova O.S., Il'inskaya I.N., Zakrutkin V.Ye., Nazarenko O.G., Litvinov Yu.A., Gayevaya E.A., Mezhenkov A.A., Zhumbey A.I. Dinamika degradatsii zemel' v Rostovskoy oblasti [Dynamics of land degradation in the Rostov region] // *Izvestiya Rossiiskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2022, vol. 86, no. 1, pp. 41–54. DOI: 10.31857/S2587556622010034
- Belousova Ye. N., Belousov A. A. Otsenka agrofizicheskikh svoystv chernozema v usloviyakh perekhoda na pochvozashchitnyye tekhnologii obrabotki [Assessment of the agrophysical properties of chernozem in the context of the transition to soil-protective tillage technologies] // *Agrofizika*, 2021, no. 3, pp. 1–9. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.03.01
- Vorontsov V. A., Skorochkin Yu. P. Zavisimost' strukturno-agregatnogo sostoyaniya chernozema tipichnogo ot razlichnykh sistem osnovnoy obrabotki pochvy [Dependence of the structural-aggregative state of typical chernozem on various systems of basic tillage] // *Vladimirskiy zemledelets*, 2019, no. 2, pp. 24–27. DOI:10.24411/2225-2584-2019-10062
- Gukalov V.V., Barshadskaya S.I., Sedykh V.A., Savich V.I. Agroekologicheskaya otsenka pochv na primere obyknovennykh chernozemov Krasnodarskogo kraya [Agroecological assessment of soils on the example of ordinary chernozems of the Krasnodar region] // *Agrofizika*, 2021, no. 3, pp. 16–19. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.03.03
- Gummatov N. G., Pachepskiy Ya. A. *Sovremennyye predstavleniya o strukture pochv i strukturoobrazovanii: mekhanizmy i modeli, dinamika i faktory* [Modern concepts of soil structure and structure formation: mechanisms and models, dynamics and factors]. Baku: Muallim, 2016, 100 p.
- Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya). Uchebnik. 6-ye izd. [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). Textbook. 6th ed.]. Moscow: Alyans, 2011, 352 p.
- Dospekhov B.A., Vasil'yev I.P., Tulikov A.M. *Praktikum po zemledeliyu* [Workshop on agriculture]. Moscow: Agropromizdat, 1987, 383 p.
- Zelenev A.V., Yegorov N.M., Smutnev P.A. Effektivnost' osnovnoy obrabotki v regulirovanii strukturno-agregatnogo sostava kashtanovoy pochvy i urozhaynosti sortov ozimoy pshenitsy [Efficiency of the main tillage in regulating the structural-aggregate composition of chestnut soil and the yield of winter wheat varieties] // *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 2020, no. 4(111), pp. 4–9. DOI: 10.34736/FNC.2020.111.4.001.4-8
- Mishchenko A.V., Il'inskaya I.N., Gayevaya E.A. Vliyaniye elementov tekhnologii na urozhaynost' i vodopotrebleniye soi na sklonakh chernozemov obyknovennykh [The influence of technology elements on the yield and water consumption of soybeans on the slopes of ordinary chernozems] // *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, no. 3(75), pp. 62–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68
- Saprykin N. P., Vasil'yev I. V., Bakayeva Yu. N. Effektivnost' vozdeleyvaniya soi v zavisimosti ot priyema osnovnoy obrabotki pochvy i sposoba poseva v usloviyakh Orenburgskoy stepi [Efficiency of soybean cultivation depending on the reception of the main tillage and the method of sowing in the conditions of the Orenburg steppe] // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, no. 1 (93), pp. 47–53. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-47-53
- Sel'khozPortal. Posevnaya ploshchad' soi v Rostovskoy oblasti [Agricultural Portal. Soybean area in the Rostov region]. URL: <https://sel'khozportal.rf/analiz-posevnyh-ploshhade> (data obrashcheniya 10.03.2022)
- Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V. Agregaty i organicheskoye veshchestvo pochv vosstanavlivayushchikhsya tsenozov [Aggregates and organic matter of soils in recovering cenoses]. Moscow: GEOS, 2021, 120 p. EDN: JaIRPESHh
- Shabalkin A. V., Dubinkina Ye. A. Soya – ekonomicheskii vygodnaya kul'tura [Soybean is an economically profitable crop] // *Agrarnaya Rossiya*, 2022, no. 1, pp. 17–21. DOI: 10.30906/1999-5636-2022-1-17-21
- Shiryayeva N. V., Shiryayev A. V., Kuznetsova L. N., Romantsova I. Ye. Strukturnoye sostoyaniye pochvy v posevakh raznykh sortov ozimoy pshenitsy [Structural state of the soil in crops of different varieties of winter wheat] // *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*, 2020, no. 3 (27), pp. 114–121.
- Gaevaya E.A., Bezuglova O.S., Ilinskaya I.N., Taradin S.A., Nezhinskaya E.N., Mishchenko A.V. The experience in the implementation of adaptive-landscape systems of agriculture in Rostov oblast // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Environmental Transformation and Sustainable Development in Asian Region*, 2021, pp. 012–030. DOI: 10.1088/1755-1315/629/1/012030
- Hallam J., Hodson M.E. Impact of different earthworm ecotypes on water stable aggregates and soil water holding capacity // *Biology and Fertility of Soils*, 2020, vol. 56, no. 5, pp. 607–617. DOI: 10.1007/s00374-020-01432-5