

В.П. Белобров, доктор сельскохозяйственных наук

С.А. Юдин, кандидат биологических наук

Н.Р. Ермолаев, аспирант

А.Л. Иванов, академик РАН

ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»

РФ, 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 7, стр. 2

В.К. Дридигер, доктор сельскохозяйственных наук

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

РФ, 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, Шпаковский р-н, ул. Никонова, 49

А.И. Айдиев, кандидат сельскохозяйственных наук

Б.С. Ильин, старший научный сотрудник

Курский Федеральный аграрный научный центр

РФ, 305526, Курская обл., Курский р-н, п. Черемушки, 10

E-mail: belobrovvp@mail.ru

УДК.631.421.1.

DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/53-57

СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Проведен многолетний полевой опыт в зерновом четырехпольном севообороте (озимая пшеница, кукуруза, ячмень, горох) по оценке воздействия вспашки, как традиционной системы земледелия, рассмотрена изменчивость морфометрических показателей типичных черноземов. На примере четырех опытных полей (каждое площадью 2,4 га) выявлено варьирование показателей, связанное с особенностями структуры почвенного покрова и применяемых систем земледелия. Наибольшая степень изменчивости характерна для глубины вспашки. Вспашка приводит к увеличению мощности выщелоченного от карбонатов профиля почв, а прямой посев — к ее снижению. Показано, что обработка гомогенизирует поверхностный слой почв и трансформирует структуру почвенного покрова, как своеобразную «страховую систему» от погодных рисков, снижая ее эффективность. Прямой посев, напротив, ведет к восстановлению деградированных свойств и естественной неоднородности почв, этот процесс направлен на экологическое оздоровление как отдельных ареалов почв, так и структур почвенного покрова в целом. Взаимовлияние структуры почвенного покрова и систем земледелия прослеживается во времени и пространстве. Структура почвенного покрова и урожайность культур связаны с устойчивостью агросистемы к воздействию неблагоприятных климатических условий и других рисков. Для этого необходимо возобновлять мониторинг почвенного покрова, как основу для качественной оценки почв и выбора наиболее оптимального направления развития земледелия, освоения новых технологий при производстве сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: *прямой посев, традиционная технология, неоднородность, почвенный покров, вспашка.*

V.P. Belobrov, Grand PhD in Agricultural sciences

S.A. Yudin, PhD in Biological sciences

N.R. Ermolaev, PhD student

A.L. Ivanov, Academician of the RAS

FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute"

RF, 119017, g. Moskva, Pyzhevskij per., 7, str. 2

V.K. Dridiger, Grand PhD in Agricultural sciences

North Caucasus Federal Agrarian Research Centre

RF, 356241, Stavropol'skij kraj, g. Mihajlovsk, Shpakovskij r-n, ul. Nikonova, 49

A.I. Aydiev, PhD in Agricultural sciences

B.S. Il'in, senior researcher

Federal Agricultural Kursk Research Center

RF, 305526, Kurskaya obl., Kurskij r-n, p. Cheremushki, 10

E-mail: belobrovvp@mail.ru

SOIL COVER STRUCTURE AND CROPS CULTIVATION TECHNOLOGIES

The variability of morphometric indicators of typical chernozems is considered based on long-term field experiment in a grain 4-field crop rotation (winter wheat, corn, barley, peas) to assess the impact of plowing as a traditional farming system that uses soil treatment and no-till, in which plowing is not used. On the example of four experimental fields (each with an area of 2.4 hectares), the variation of indicators associated with the features of the soil cover structure and the applied farming systems was revealed. The tillage leads to an increase in the thickness of the soil profile leached from carbonates, and direct sowing leads to its decrease. The highest variability degree is found in the boiling depth of soil. It is shown that the tillage leads to the homogenization of the soils surface layer and the transformation of the soil cover structure, as a kind of «insurance system» against weather risks reducing its effectiveness. The direct sowing usage leads to the restoration of degraded properties and natural of soils heterogeneity in the soil cover structures, which can be considered as a process aimed at ecological improvement of both specific soil sites and the soil cover structures. The mutual influence of the soil cover structure and agricultural systems can be traced in time and space. The soil structure and the cultivated crops yield related to the sustainability of agrosystems to adverse climatic conditions and other risk. For these it is necessary monitoring soil as the basis for the qualitative assessment of soil and selection of the most optimal directions of agriculture development, a new technologies development in the production of agricultural products.

Key words: *no-till, traditional tillage, heterogeneity, soil cover, plowing.*

Естественное состояние почвенного покрова отражает природную неоднородность почв в пространстве, которая в процессе окультуривания (использование разных систем и технологий земледелия) постепенно трансформируется. Оценка пестроты почвенного покрова на разных исторических этапах развития земледелия была преимущественно экспертной, и обычно опиралась на разную продуктивность и качество почв, изучение урожайности и условий возделывания сельскохозяйственных культур. С разработкой теории структуры почвенного покрова (СПП), ее оценка в земледелии приобрела целевое качественно-количественное назначение. [12] Было установлено, что усредненный показатель урожайности во многом зависит от вариабельности свойств почв во времени и пространстве, взаимосвязей между ними, а также погодных условий, влияющих на продуктивность фитоценозов.

В.М. Фридланд предположил, что микропестрота почвенного покрова может быть «страховой системой», определяющей наличие урожая в разные по погодным условиям годы. Следовательно, без изучения структуры почвенного покрова нельзя достаточно обоснованно решать проблемы организации и технологии сельскохозяйственного производства. [13]

Эти вопросы по-прежнему актуальны. Они связаны с постоянным прогрессом в области агротехнологий, направлены на повышение урожайности возделываемых культур, снижение процессов деградации и восстановление продуктивных свойств агропочв. [7] Важен также агроэкологический подход к использованию почв, разработанный В.И. Кирюшиным [8] по применению адаптивно-ландшафтного земледелия в стране, и необходимость учета изменения мезо-, микро- и нано-климатических параметров.

Следствие процесса окультуривания почв – изменения сложности и контрастности СПП, обусловленные обработками, внесением удобрений, процессами водной эрозии и дефляции. С одной стороны, они приводят к гомогенизации 20 (25) см слоя почв, нивелируя поверхностную природную неоднородность гумусового горизонта и снижая эффективность «страховой системы», а с другой – формируют антропогенные агропочвенные нано- и микроструктуры (борозды выпашивания, переуплотнение), изменяющие условия водно-теплового режима, эффективность вносимых удобрений и т. д.

«Страховая система» естественных структур почвенного покрова адаптирована к основным локально-региональным климатическим параметрам (температура, осадки) и нивелирует в годовом и многолетнем цикле урожайность культур. В свою очередь урожайность «привязана» к компонентам СПП и реагирует на изменения погодных условий разного уровня. В агроструктурах почвенного покрова, в силу трансформации свойств определяющих плодородие почв, эффективность «страховой системы» снижается. При этом увеличиваются риски из-за погодных изменений и аномалий, а урожайность падает. В агросистемах, где имеется дефицит влаги, требуется орошение не отдельных компонентов, а всей территории поля, тогда как

в природной экосистеме регулятор – естественный микрорельеф (процесс саморегулирования). Переход к прямому посеву, экологической и почвосберегающей технологии в земледелии сказывается на изменчивости свойств почв и ведет к усилению неоднородности характерной для естественного состояния СПП. [3, 4, 6, 14] Проявляется взаимовлияние процесса окультуривания почв и стремление структуры почвенного покрова к возврату в свое естественное состояние.

Цель работы – оценка воздействия традиционной технологии земледелия и прямого посева на структуры почвенного покрова через анализ изменчивости морфометрических параметров типичных черноземов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – четыре опытных поля «Курского ФАНЦ» (GPS – 51° 37', 71 с.ш. 36° 15', 73 в.д.), расположенных на плакорной поверхности водораздела, уклон – север-запад-север ~ 1°. На выделенных участках (2,4 га) с 2013 года по методике В.И. Кирюшина изучали минимизацию обработок, анализируя морфометрические, агрохимические и агрофизические свойства типичных черноземов (*Halpic chernozem*). Применяли четыре варианта обработки почв, размер делянки 60 × 100 м: вспашка с оборотом пласта, комбинированная (чизель + дискование), минимальная (дискование) и прямой посев.

Закладывали опытные поля в четырехкратной повторности последовательно по одному полю с 2013 по 2016 год в июле-августе после уборки уравнильного посева горохово-овсяной смеси (озимая пшеница, кукуруза, ячмень, горох). Полевые исследования включали детальную топографическую (рис. 1, 2-я стр. обл.) и почвенную съемку каждого поля (45 скважин ручного бурения на одно поле) с фиксацией основных морфометрических параметров черноземов (мощность горизонтов А1 и А1+АВ, глубина вскипания от 10 % НСЛ).

После первой ротации за 2017–2020 годы провели повторное картографирование почв по аналогичной методике на всех полях, с отбором проб по тем же фиксированным GPS точкам. Статистически обрабатывали данные с помощью Excel 2016 и непараметрического серийного критерия S_{05} . [10]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Мощность гумусированного профиля типичных черноземов на всех полях за четыре года практически не изменилась и характеризуется очень слабой (статистически не значимой) тенденцией роста мощности горизонта А1 и А1+АВ, что можно отнести на счет вариабельности параметров, минимизации обработок по вариантам и влияния климатических показателей за прошедший период (табл. 1).

Глубина вскипания также не поменялась, имея при этом очень высокий показатель варьирования, превышающий в два и более раза изменчивость мощности гумусированного профиля.

При сравнении показателей гумусового профиля черноземов между вариантом вспашка и прямым посевом, различий не наблюдалось ни до, ни по-

сле первой ротации, тогда как по глубине вскипания выявлен разнонаправленный тренд, который характеризует статистически недостоверное увеличение и уменьшение выщелоченности профиля черноземов от карбонатов (табл. 2).

При вспашке глубина вскипания увеличилась на 10 см (77...87 см), а в прямом посеве уменьшилась на 5 см (71...66 см), что отражает общую для полей тенденцию при смене традиционной технологии земледелия на прямой посев. [3]

Для вспашки и прямого посева в таблице 3 представлены показатели мощности гумусового горизонта и глубины вскипания отдельно для каждого из четырех полей до и после первой ротации севооборота.

До начала опыта эти показатели отражали исходную структуру почвенного покрова, а неоднородность свойств почв была обусловлена длительным использованием вспашки, как традиционной технологии земледелия (рис. 2, 2-я стр. обл.). Мощность А1 черноземов варьировала по средним показателям для делянок от 47 до 82 см, достоверно различались только на поле 2. После первой ротации мощность А1 на полях 3 и 4 снизилась, на 1 и 2 увеличилась, но значимые различия между вспашкой и прямым посевом были выявлены только на поле 4. Снижение мощности А1 связано с уплотнением поверхностного слоя гумусового горизонта почв, которое сопряжено в первые годы применения технологии прямого посева с отсутствием обработок почв.

Вспашка за четыре года опыта мало повлияла на мощность гумусового горизонта: на полях 2 и 4 практически не изменилась, 3 — достоверно уменьшилась. При прямом посеве колебания мощности А1 за ротацию носили более существенный характер: на полях 3 и 4 достоверно снижалась, 1 и 2 — увеличивалась.

СПП типичных черноземов по карбонатности (глубина вскипания), отражает длительный период использования в земледелии вспашки (рис. 3, 2-я стр. обл.). В отличие от карты мощности, она имеет больше ареалов, то есть ее сложность выше, что отразилось на варьировании глубины вскипания черноземов в вариантах по обработкам и годам исследования до начала опыта: на полях 1 и 4 в прямом посеве изначально ниже, а на 2 и 3 выше, чем при вспашке. Несмотря на высокую вариабельность и различия глубины вскипания черноземов на отдельных полях, разница в средних глубинах была не достоверна.

После первой ротации на всех полях (исключение — поле 1), из-за вспашки увеличилась выщелоченность профиля. При прямом посеве на всех полях (в большей степени 2 и 4) снизилась выщелоченность профиля черноземов от карбонатов. Этот тренд характеризует общую тенденцию в изменении карбонатности типичных черноземов при смене традиционной технологии земледелия на прямой посев.

Таким образом, за одну ротацию севооборота на разных полях между вспашкой и прямым посевом имеются хорошо выраженные тренды по мощности гумусового горизонта и глубине вскипания. Полученные данные определяют роль двух важных факторов в неоднородности почвенного покрова на уровне вида — структура и технология земледелия.

Таблица 1. Морфометрические параметры типичных черноземов опытных полей по годам

Статистический параметр (n=180)	2013–2016			2017–2020		
	мощность		вскипание	мощность		вскипание
	A1	A1+AB		A1	A1+AB	
Средняя арифметическая	65	104	74	68	109	73
Стандартное отклонение	13	17	30	12	18	30
Коэффициент вариации	20	16	41	18	17	41

Таблица 2. Морфометрические параметры типичных черноземов опытных полей по вариантам (вспашка и прямой посев)

Статистический параметр (n=40)	2013–2016			2017–2020		
	мощность		вскипание	мощность		вскипание
	A1	A1+AB		A1	A1+AB	
Средняя арифметическая	67/64	104/101	77/71	65/65	105/103	87/66
Стандартное отклонение	13/14	17/19	37/27	12/8	13/17	33/26
Коэффициент вариации	19/22	16/19	48/38	18/12	12/17	38/39

Примечание. Числитель — вспашка, знаменатель — прямой посев.

Таблица 3. Влияние способа обработки на гумусированность и карбонатность профиля типичных черноземов

Обработка почвы	Мощность А1 по годам, см		+/-	S ₀₅	Глубина вскипания по годам, см		+/-	S ₀₅
	2013	2017			2013	2017		
Поле 1								
Вспашка	66	75	+9	Нет	96	86	-10	Нет
Прямой посев	59	74	+15	Нет	78	71	-7	Нет
+/-	-7	-1			-18	-15		
S ₀₅	Нет	Нет			Нет	Нет		
Поле 2								
	2014	2018			2014	2018		
Вспашка	67	68	+1	Нет	75	92	+17	Нет
Прямой посев	47	63	+16	Нет	80	62	-18	Нет
+/-	-20	-5			+15	-30		
S ₀₅	Да	Нет			Нет	Нет		
Поле 3								
	2015	2019			2015	2019		
Вспашка	70	62	-8	Да	63	86	+23	Да
Прямой посев	82	62	-20	Да	85	78	-7	Нет
+/-	+12	0			+22	-8		
S ₀₅	Нет	Нет			Нет	Нет		
Поле 4								
	2016	2020			2016	2020		
Вспашка	75	74	-1	Нет	69	80	+11	Нет
Прямой посев	64	55	-9	Lf	66	47	-19	Нет
+/-	-11	-19			-3	-33		
S ₀₅	Нет	Да			Нет	Нет		

Примечание. Нет — по критерию S₀₅ выборки (вспашка и прямой посев) достоверно не различаются, да — значимо различаются.

СПП влияет на любую из используемых в земледелии технологий. В свою очередь технология приводит к трансформации СПП через свойства почв. Обработка почв с оборотом пласта создает более благоприятные условия для фронтальной фильтрации выпадающих осадков, особенно в условиях применения пара, тогда как при прямом посеве осадки частично задерживаются растительными остатками на поверхности и проникают в глубь почвенного профиля по трещинам, унаследованным от прошедших этапов формирования лессовидных суглинков и рельефа. СПП при прямом посеве трансформируется, постепенно возвращаясь в свое природное равновесное состояние. Меняется видовой состав почв в структуре почвенного покрова и тем сильнее, чем интенсивней воздействуют на почвы деградационные процессы (эрозия), вызванные обработками и природными катаклизмами (засуха, песчаные бури, переувлажнение и др.).

В структуре почвенного покрова полей доминируют два вида типичных черноземов: среднечерноземные и среднекарбонатные, занимающие соответственно 75,7 % (60...85,7) и 57,4 % (43,3...65,8) площади (табл. 4).

Дифференциация по мощности гумусового горизонта и карбонатности хорошо видна на примере поля 2, где значительную площадь занимают маломощные и высококарбонатные черноземы, соответственно 40 и 25,3 %, поля 3—20 % мощные черноземы и только 3,8 % — высококарбонатные (см. рис. 2, 3).

СПП всех полей имеет топогенно-зоогенный генезис, обусловлена формированием мезо- и микрорельефа, который определяет состав почвенного покрова на уровне вида типичных черноземов. Вытянутые ложбинообразные контуры на картах характеризуют высококарбонатные и мощные черноземы. Отдельные округлой формы и небольшие по площади ареалы почв типичны для запаханых микроповышений сурчинно-слепышового микрорельефа с типичной зоогенной перерытостью, маломощным и высококарбонатным профилем.

В целинных черноземах сурчинный и слепышовый микрорельеф хорошо сохранился на территориях степных заповедников страны. [2, 11] На опытных полях он запахан, а перерытость профиля фиксируется при бурении скважин на глубину 2 м и более. Она варьирует от 1,7 % на поле 1 до 23,0 % — поле 2. Зоогенное перераспределение карбонатов и органического вещества в вертикальном профиле черноземов сказывается на водном режиме почв, отражается на вариабельности морфометрических

параметров, формирует СПП с более неоднородным почвенным покровом.

На всех полях небольшую площадь от 2,7 % на поле 1 до 8,9 % на поле 4 составляют высококарбонатные, выщелоченные черноземы, в профиле которых выделяется самостоятельный выщелоченный от карбонатов горизонт. [9] Эти почвы маркируют глубокие внутрпочвенные ложбины стока и депрессионные воронки в суглинистой лессовидной толще почв, создавая дополнительную сложность и контрастность структуры.

Такая неоднородность типичных черноземов на уровне вида в СПП полей хорошо диагностируется при мониторинге почв. Длительное воздействие однотипной традиционной технологии земледелия оставляет морфометрические показатели черноземов относительно постоянными, если отсутствуют и/или слабо развиты процессы водной и ветровой эрозии, при которых мощность гумусового горизонта и глубина вскипания меняется сравнительно быстро. [5] Смена технологии на прямой посев возвращает к природной «страховой системе», изменяя показатели водопроницаемости, влагозарядки, процессы разложения и минерализации органического вещества, структуру и водоустойчивость агрегатов, равновесную плотность и другие свойства почв. [1, 6, 15] Длительное применение прямого посева приводит к достоверным изменениям свойств почв и восстановлению природной неоднородности почвенного покрова. [5, 14]

В Ставропольском крае традиционная технология на фоне сложного расчлененного рельефа и специфического ветрового режима приводит к усилению процессов деградации, снижает мощность гумусового горизонта в результате дефляции, усиливает карбонатность, меняет видовой состав и структуру почвенного покрова. [3] В СПК «Архангельский» Буденновского района шестилетнее применение прямого посева привело к прекращению эрозионных процессов на полях хозяйства и эрозионно-опасных участках склонов [6], а 12-летний опыт этой технологии в производственных условиях ООО СХП «Урожайное» Ипатовского района показал, что при возделывании зерновых культур сохраняются региональные среднестатистические показатели агрохимических и агрофизических свойств обыкновенных черноземов. Растительные остатки на поверхности защищают почвы от дефляции, накапливают влагу в зимний период, снижают риски потери урожая при дефиците увлажнения и периодических засухах. [4]

Смена технологии на прямой посев не только отвечает функции почвосберегающей технологии, но и в определенной степени способствует восстановлению «страховой системы» почвенного покрова, сохраняя ее уникальную природную адаптацию к меняющимся факторам почвообразования, в том числе климатическим.

Модификация технологии неизбежно приводит к изменениям в свойствах почв. Прямой посев, по сравнению с традиционной технологией, ведет к восстановлению деградированных свойств и усилению гетерогенности структуры почвенного покрова. Эти изменения направлены на экологическое оздоровление как отдельных ареалов почв, так и почвенного покрова в целом.

Таблица 4.

Распределение типичных черноземов по видовым показателям, %

Поле	Мощность гумусового горизонта			Карбонатность (степень выщелоченности)			
	Ч _{мм}	Ч _{см}	Ч _м	Ч _к	Ч _{вк}	Ч _{ок}	Ч _{гк}
1	9,3	78,0	12,7	—	6,2	62,5	31,3
2	40,0	60,0	—	1,0	25,3	43,3	30,4
3	1,5	78,9	19,6	—	3,8	65,8	30,4
4	0,5	85,7	13,8	—	9,0	58,1	32,9
Среднее	12,8	75,7	11,5	0,2	11,1	57,4	31,2

Послереформенный период земледелия характеризуется спецификой развития. Взаимовлияние СПП и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, как показали многолетние опыты, прослеживается во времени и пространстве. Соотношение этих факторов в формировании неоднородности почвенного покрова и урожайности культур связано с устойчивостью агросистемы к воздействию неблагоприятных климатических условий и других рисков. Требуется возобновление мониторинга почвенного покрова, как основы для качественной оценки почв и выбора наиболее оптимального направления развития земледелия и освоения новых технологий при производстве сельскохозяйственной продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баева, Ю.И. Изменение агрегатного состава различных типов почв в ходе залежной сукцессии / Ю.И. Баева, И.Н. Курганова, В.О. Лопес Де Гереню и др. // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. — 2017. — № 88. — С. 47–74.
2. Белобров, В.П. Государственный заповедник «Приволжская лесостепь» / В.П. Белобров, А.Я. Воронин, П.Е. Баранцев и др. // Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации. — М.: НИА-Природа — Фонд «Инфосфера», 2012. — С. 226–229.
3. Белобров, В.П. Влияние технологий земледелия на морфометрические признаки черноземов / В.П. Белобров, В.К. Дридигер, С.А. Юдин // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. — 2020. — № 102. — С. 125–142.
4. Белобров, В.П. Восстановление структуры почв при прямом посеве в засушливой зоне Ставрополя / В.П. Белобров, С.А. Юдин, В.А. Холодов и др. // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. — 2020. — № 6. — С. 27–31.
5. Дридигер, В.К. Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-Till / В.К. Дридигер, В.П. Белобров, С.А. Антонов и др. // Земледелие. — 2020. — № 6. — С. 11–17.
6. Дридигер, В.К. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева / В.К. Дридигер, А.Л. Иванов, В.П. Белобров, О.В. Кутювая // Почвоведение. — 2020. — № 9. — С. 1111–1120.
7. Иванов, А.Л. Анализ земельной реформы и агропромышленного производства за четверть века. Почвенно-экологические, технологические институциональные и инфраструктурные аспекты модернизации. Земельная служба (доклад) / А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин, Э.Н. Молчанов и др. — М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. — 2016. — 93 с.
8. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: итоги дискуссии // Земледелие. — 2007. — №4. — С. 28–30.
9. Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977. — 223 с.
10. Урбах, В.Ю. Биометрические методы / В.Ю. Урбах. — М.: Наука, 1964. — 415 с.
11. Фридланд, В.М. Опыт статистического анализа морфологических свойств черноземов целинной степи / В.М. Фридланд, В.П. Белобров Е.К. Дайнеко // Почвоведение. — 1969. — № 4. — С. 12–24.
12. Фридланд, В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. — М.: Мысль, 1971. — 423 с.
13. Фридланд, В.М. Структуры почвенного покрова мира. — М.: Мысль, 1984. — 235 с.
14. Холодов, В.А. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования / В.А. Холодов, Н.В. Ярославцева, Ю.Р. Фарходов и др. // Почвоведение. — 2019. — № 2. — С. 184–193.
15. Kumar, N. Impact of zero-till residue management and crop diversification with legumes on soil aggregation and carbon sequestration / N. Kumar, C.P. Nath // Soil & Tillage Research. — 2019. — № 189. — P. 158–167.

LIST OF SOURCES

1. Baeva, Yu.I. Izmenenie agregatnogo sostava razlichnyh tipov pochv v hode zaleznoj sukcessii / Yu.I. Baeva, I.N. Kurganova, V.O. Lopes De Gerenyu i dr. // Byul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva. — 2017. — № 88. — S. 47–74.
2. Belobrov, V.P. Gosudarstvennyj zapovednik «Privolzhskaya lesostep» / V.P. Belobrov, A.Ya. Voronin, P.E. Barancev i dr. // Pochvy zapovednikov i nacional'nyh parkov Rossijskoj Federacii. — M.: NIA-Priroda — Fond «Infosfera», 2012. — S. 226–229.
3. Belobrov, V.P. Vliyanie tekhnologij zemledeliya na morfometricheskie priznaki chernozemov / V.P. Belobrov, V.K. Dridiger, S.A. Yudin // Byul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva. — 2020. — № 102. — S. 125–142.
4. Belobrov, V.P. Vosstanovlenie struktury pochv pri pryamom poseve v zasushlivoj zone Stavropol'ya / V.P. Belobrov, S.A. Yudin, V.A. Holodov i dr. // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. — 2020. — № 6. — S. 27–31.
5. Dridiger, V.K. Zashchita pochv ot vodnoj erozii i deflyacii v tekhnologii No-Till / V.K. Dridiger, V.P. Belobrov, S.A. Antonov i dr. // Zemledelie. — 2020. — № 6. — S. 11–17.
6. Dridiger, V.K. Vosstanovlenie svojstv pochv v tekhnologii pryamogo poseva / V.K. Dridiger, A.L. Ivanov, V.P. Belobrov, O.V. Kutovaya // Pochvovedenie. — 2020. — № 9. — S. 1111–1120.
7. Ivanov, A.L. Analiz zemel'noj reformy i agropromyshlennogo proizvodstva za chetvert' veka. Pochvenno-ekologicheskie, tekhnologicheskie institucional'nye i infrastruktturnye aspekty modernizacii. Zemel'naya sluzhba (doklad) / A.L. Ivanov, V.I. Kiryushin, E.N. Molchanov i dr. — M.: Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva. — 2016. — 93 s.
8. Kiryushin, V.I. Minimizaciya obrabotki pochvy: itogi diskussii // Zemledelie. — 2007. — № 4. — S. 28–30.
9. Klassifikaciya i diagnostika pochv SSSR. — M.: Kolos, 1977. — 223 s.
10. Urbah, V.Yu. Biometricheskie metody / V.Yu. Urbah. — M.: Nauka, 1964. — 415 s.
11. Fridland, V.M. Opyt statisticheskogo analiza morfologicheskikh svojstv chernozemov celinnoj stepi / V.M. Fridland, V.P. Belobrov E.K. Dajneko // Pochvovedenie. — 1969. — № 4. — S. 12–24.
12. Fridland, V.M. Struktura pochvennogo pokrova / M. Fridland. — M.: Mysl', 1971. — 423 s.
13. Fridland, V.M. Struktury pochvennogo pokrova mira. — M.: Mysl', 1984. — 235 s.
14. Holodov, V.A. Izmenenie sootnosheniya frakcij agregatov v gumusovyh gorizontah chernozemov v razlichnyh usloviyah zemlepol'zovaniya / V.A. Holodov, N.V. Yaroslavceva, Yu.R. Farhodov i dr. // Pochvovedenie. — 2019. — № 2. — S. 184–193.
15. Kumar, N. Impact of zero-till residue management and crop diversification with legumes on soil aggregation and carbon sequestration / N. Kumar, C.P. Nath // Soil & Tillage Research. — 2019. — № 189. — P. 158–167.