

EDN: DWQXKB

DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-17-23



Научная статья

УДК: 631.316.2



Накопление влаги при обработке паровых полей в летний период

Сергей Иванович Камбулов^{1,2},
доктор технических наук,
главный научный сотрудник, профессор,
e-mail: kambulov.s@mail.ru;
Игорь Владимирович Божко¹,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: i.v.bozhko@mail.ru;

Галина Геннадьевна Пархоменко¹,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru;
Виктор Борисович Рыков^{1,2},
доктор технических наук,
главный научный сотрудник, профессор,
e-mail: rikovvb@gmail.com;
Дмитрий Сергеевич Подлесный^{1,2},
ведущий инженер, старший преподаватель,
e-mail: podlesniy.dmitri@yandex.ru

¹Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация;

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Реферат. Показали, что одна из основных задач обработки почвы паровых полей в летний период и подготовительных операций предпосевной подготовки почвы заключается в создании наиболее благоприятных условий по сохранению и накоплению влаги внутри слоев почвы. (*Цель исследования*) В зависимости от типа применяемых рабочих органов для сплошной обработки почвы паровых полей изучить процесс накопления влаги внутри слоев почвы. (*Материалы и методы*) Проведены исследования в полевых условиях с использованием экспериментального образца парового культиватора с катком шириной захвата 3 метра и стандартного культиватора для сплошной обработки почвы КСОП-4. (*Результаты и обсуждение*) За период наблюдений в июне-августе подтверждено отсутствие выноса влажных слоев на поверхность почвы (16,42-17,37 процента объемной влажности в слое 5 сантиметров) при использовании экспериментального образца парового культиватора с катком. Установили накопление объемной влажности почвы по слоям (28,40-30,48, 30,18-32,82 и 26,90-29,38 процента соответственно в слое 10, 15 и 20 сантиметров). Для сравнения, при сплошной обработке почвы стандартным культиватором наблюдался вынос влажных слоев на поверхность почвы, накопление объемной влажности уменьшилось (соответственно 18,57-21,57, 14,09-15,58 и 22,75-22,21 в слое 10, 15 и 20 сантиметров). (*Выводы*) Доказали, что применение рабочих органов для сплошной обработки почвы в летний период позволит создать условия для накопления влаги внутри слоев почвы и осуществлять обработку на небольшую глубину 4-6 сантиметров без выноса влажных слоев на поверхность.

Ключевые слова: накопление влаги, экспериментальный образец культиватора, рабочий орган, сплошная обработка почвы, паровое поле, летний период.

■ **Для цитирования:** Камбулов С.И., Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Рыков В.Б., Подлесный Д.С. Накопление влаги при обработке паровых полей в летний период // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. N4. С. 17-23. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-17-23. EDN: DWQXKB.

Scientific article

Moisture Accumulation During Summer Tillage of Fallow Fields

Sergei I. Kambulov^{1,2},
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, professor,
e-mail: kambulov.s@mail.ru;
Igor V. Bozhko¹,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: i.v.bozhko@mail.ru;
Galina G. Parkhomenko¹,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru;

Viktor B. Rykov^{1,2},
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, professor,
e-mail: rikovvb@gmail.com;
Dmitry S. Podlesny²,
lead engineer, senior lecturer,
e-mail: podlesniy.dmitri@yandex.ru

¹Agricultural Research Center «Donskoy», Zernograd, Russian Federation;

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The paper emphasizes that the primary objective of fallow field tillage in summer and pre-sowing soil preparation is to create the most favorable conditions for moisture retention and accumulation within soil layers. (*Research purpose*) The study aimed to investigate the process of moisture accumulation within soil layers as influenced by the type of working bodies used for continuous tillage of fallow fields. (*Materials and methods*) The research was conducted in field conditions using an experimental model of a steam cultivator equipped with a roller having a working width of 3 meters, as well as a standard KSOP-4 cultivator for continuous tillage. (*Results and discussion*) Observations from June to August confirmed that the experimental steam cultivator with a roller effectively prevented the displacement of wet soil layers to the surface, maintaining a volumetric moisture content of 16.42–17.37 percent in the 5-centimeter layer. Moisture accumulation was recorded at various soil depths, with volumetric moisture levels recorded at 28.40–30.48 in the 10-centimeter layer, 30.18–32.82 percent in the 15-centimeter layer, and 26.90–29.38 percent in the 20-centimeter layer. For comparison, continuous tillage using a standard cultivator resulted in the displacement of wet soil layers to the surface, with volumetric moisture levels of 22.62–25.14 percent in the 5-centimeter layer. Moisture accumulation in deeper soil layers decreased, showing 18.57–21.57 percent in the 10-centimeter layer, 14.09–15.58 percent in the 15-centimeter layer, and 22.75–22.21 in the 20-centimeter layer. (*Conclusions*) The study demonstrated that using specific working bodies for continuous soil cultivation in summer ensures moisture retention within the soil layers. This approach facilitates shallow cultivation to a depth of 4–6 centimeters without exposing wet layers to the surface.

Keywords: moisture accumulation, experimental cultivator model, working body, continuous soil cultivation, fallow field, summer period.

■ **For citation:** Kambulov S.I., Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Rykov V.B., Podlesny D.S. Moisture accumulation during summer tillage of fallow fields. *Agricultural Machinery and Technologies*. Vol. 18. N4. 17-23 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-17-23. EDN: DWQXKB.

В засушливых условиях применение в севообороте паровых полей позволяет получать высокие урожаи зерновых культур. При этом обработка почвы в летний период способствует уничтожению сорной растительности и накоплению влаги внутри слоев почвы [1]. Основными сельскохозяйственными агрегатами, применяемыми летом на паровых полях, являются культиваторы [2]. Культивация относится к технологическим агроприемам, который обеспечивает полное уничтожение сорняков [3], выравнивание поверхности поля, а также частичное перемешивание, крошение и рыхление поверхностного слоя [4].

От обработки поверхностного слоя почвы зависит накопление и сохранение влаги не только в верхних, но и более глубоких горизонтах [5, 6]. Основная задача обработки почвы паровых полей в летний период, а также подготовительной предпосевной обработки почвы заключается в создании наиболее благоприятных условий для посева [7].

Серийно выпускаемые сельхозмашины [8], оснащенные стрельчатыми лапами [9], культивируют почву на глубину 8–10 см. В силу конструктивных особенностей рабочего органа (стрельчатой лапы) происходит вынос влажных слоев на поверхность [10], что негативно сказывается на накоплении влаги внутри обрабатываемого слоя [11]. Потери запасов влаги ведут к снижению продуктивности роста и развития сельскохозяйственных культур [12]. На накопление запасов влаги, а соответственно и формирование урожайности возделываемых культур [13], оказывают влияние как тип рабочих органов [14], так и преобладающие в период веге-

тации погодные условия [15]. Возникает необходимость совершенствования рабочих органов культиваторов, позволяющих выполнять более мелкую обработку почвы на глубину 4–6 см, без выноса влажных слоев на поверхность.

Цель исследований. В зависимости от типа применяемых рабочих органов для сплошной обработки почвы паровых полей установить степень накопления влаги внутри слоев почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Влажность слоя почвы исследовали на поле АНЦ «Донской» при использовании экспериментального образца парового культиватора (рис. 1) с катком шириной захвата 3 м и стандартного культиватора для сплошной обработки почвы КСОП-4.



Рис. 1. Экспериментальный образец парового культиватора

Fig. 1. Experimental model of a steam cultivator

Экспериментальный образец содержит раму, шесть рабочих органов для сплошной обработки почвы, почвообрабатывающий каток с изменяемым углом установки относительно рамы культиватора.

В АНЦ «Донской» предложена конструкция рабочего органа для сплошной обработки почвы паровых полей в летний период (рис. 2). В нее входят стойка 1, долотообразный нож 2, держатель 3; левостороннее 4 и правостороннее 5 плоскорежущие крылья.

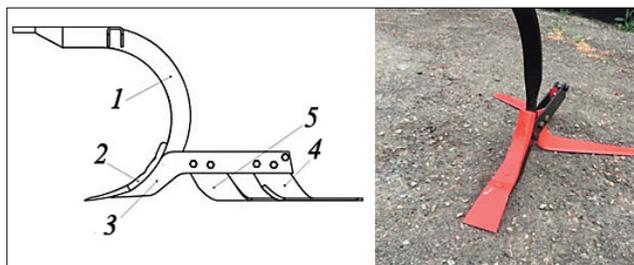


Рис. 2. Конструкция рабочего органа для сплошной обработки почвы паровых полей в летний период
Fig. 2. Design of the working body for continuous tillage of fallow fields in summer

На паровом поле были заложены экспериментальные участки площадью 0,672 га для каждого типа используемой в опытах сельскохозяйственной машины. Обработка участков проводилась в летний сезон с июня по август и предпосевной – в сентябре. Для экспериментального культиватора, учитывая особенностей конструкции рабочих органов, почва обрабатывалась на глубину от 4 до 10 см; для стандартного культиватора КСОП-4 на 8-10 см.

Для определения влажности почвы на экспериментальных участках были заложены датчики *Waterscout SM100*, подключенные к автономной микростанции *WatchDog 1400 Series* (рис. 3).



Рис. 3. Датчик влажности *Waterscout SM100* (слева) и автономная микростанция *WatchDog 1400 Series* (справа)
Fig. 3. *Water Scout SM100* soil moisture sensor (left) and *Watch Dog 1400 Series* autonomous micro station (right)

Автономная микростанция *WatchDog 1400 Series* оснащена четырьмя программируемыми портами для подключения разных типов датчиков с возможностью установки частоты записи данных в память устройства, а также накопления фиксируемых дан-

ных. Для каждого вида исследуемых сельскохозяйственных агрегатов микростанции были запрограммированы на считывание показателей объемной влажности (в %) слоев почвы и частоту записи данных с интервалом 60 минут. Датчики влажности устанавливались на глубину слоя почвы до 20 см с шагом 5 см (рис. 4).



Рис. 4. Датчики влажности почвы, установленные по слоям
Fig. 4. Soil moisture sensors installed by layers

Влажность почвенных слоев измерялась на глубине 5, 10, 15 и 20 см. Оборудование на экспериментальных участках было установлено одновременно и фиксировало изменения показателей весь период исследований. Данные снимали ежемесячно при помощи ПК и ПО *SpecWare 9 Pro*, проводилась их первичная обработка и конвертирование (рис. 5). Последующую статистическую обработку, анализ и графическую интерпретацию данных проводили в программе *Microsoft Excel*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Объемная влажность слоев почвы равна отношению объема влаги в почве к объему всей почвы, выражается в процентах



Рис. 5. Снятие данных с микростанции *WatchDog*
Fig. 5. Data retrieval from the *Watch Dog* Microstation

или долях единицы. Минимальное значение этого показателя у абсолютно сухой почвы 0%, максимальное 100%, т.е. почва полностью насыщена водой. Значения объемной влажности слоев почвы за период наблюдений представлены в таблице.

При использовании для обработки почвы экспериментального образца парового культиватора с катком в слое 5 см снижается вынос влажных слоев

Таблица		Table	
СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ, % AVERAGE VALUES OF SOIL VOLUMETRIC MOISTURE, %			
Период сбора данных	Глубина слоя почвы, см	Экспериментальный культиватор	КСОП-4
Июнь	5	16,42	22,62
	10	28,40	18,57
	15	30,18	14,09
	20	26,90	22,75
Июль	5	17,41	24,06
	10	29,85	20,21
	15	32,18	14,67
	20	28,29	23,99
Август	5	17,37	25,14
	10	30,48	21,57
	15	32,82	15,58
	20	29,38	22,21
Сентябрь	5	15,38	24,84
	10	29,19	20,56
	15	31,98	15,11
	20	27,86	10,29

на поверхность почвы по сравнению со стандартным культиватором. В слоях 10, 15 и 20 см наблюдается накопление влаги. Таким образом, показатели объемной влажности почвы в июне-августе подтверждают отсутствие выноса влажных слоев на дневную поверхность (16,42-17,37% объемной влажности в слое 5 см), а также накопление объемной влажности почвы по слоям 10, 15 и 20 см соответственно 28,40-30,48, 30,18-32,8 и 26,90-29,38%.

При сплошной обработке почвы стандартным культиватором вынос влажных слоев на поверхность почвы составляет 22,62-25,14% объемной влажности в слое 5 см и накопление объемной влажности в слоях почвы меньше: 18,57-21,57% в 10 см, 14,09-15,58% в 15 см, 22,75-22,21% в 20 см.

Учитывая, что засушливый период в конце летнего сезона и начало подготовительных мероприятий по обработке почвы выпадают на август-сентябрь, отмечено снижение накопления влаги внутри слоев почвы по обоим вариантам культиваторов. При использовании экспериментального культиватора сохраняется тенденция снижения выноса влажных слоев почвы на дневную поверхность (15,38 % объемной влажности в слое 5 см), продолжается аккумуляция влаги внутри слоев почвы (29,19 % в слое 10 см, 31,98% в 15 см и 27,86% в 20 см). При обработке почвы стандартным культиватором продолжается вынос влажных слоев почвы на дневную поверхность (24,84 % в слое 5 см). Также отмечается снижение накопления влаги в слое 10 и 15 см (со-

ответственно 20,56 и 15,11%), особенно резкое в слое 20 см (10,29%).

Эти данные свидетельствуют о положительном результате использования экспериментального образца культиватора для сплошной обработки почвы, что положительно скажется на предстоящих посевах озимых культур, а также росте и развитии растений.

Средние значения объемной влажности почвы на разной глубине по месяцам наблюдений представлены в виде графиков (рис. 6).

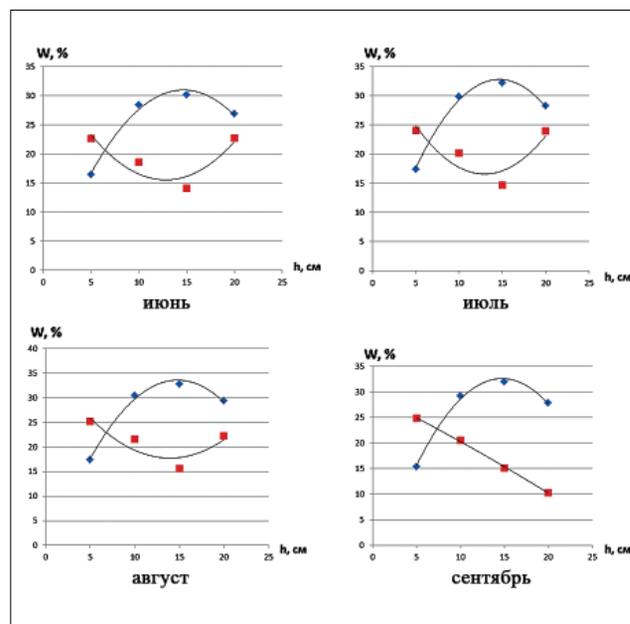


Рис. 6. Средние значения объемной влажности почвы за июнь–сентябрь

Fig. 6. Average values of soil volumetric moisture for June–September

При аппроксимации средних значений объемной влажности почвы для каждого месяца исследований получены выражения в виде полинома второй степени, раскрывающие взаимосвязь объемной влажности почвы (y) с глубиной залегания слоя (x) при различных типах сельскохозяйственных агрегатов для сплошной обработки почвы.

Выражения полинома второй степени, средних значений объемной влажности почвы:

- июнь:
 - ✓ экспериментальный культиватор

$$y = -0,152x^2 + 4,479x - 1,905 \quad R^2 = 0,988, \quad (1)$$
 - ✓ стандартный культиватор КСОП-4

$$y = 0,127x^2 - 3,259x + 36,41 \quad R^2 = 0,817; \quad (2)$$

- июль:
 - ✓ экспериментальный культиватор

$$y = -0,163x^2 + 4,781x - 2,222 \quad R^2 = 0,994 \quad (3)$$

✓ стандартный культиватор КСОП-4

$$y = 0,131x^2 - 3,407x + 38,63 \quad R^2 = 0,766; \quad (4)$$

• август:

✓ экспериментальный культиватор

$$y = -0,165x^2 + 4,904x - 2,767 \quad R^2 = 0,991, \quad (5)$$

✓ стандартный культиватор КСОП-4

$$y = 0,102x^2 - 2,845x + 37,57 \quad R^2 = 0,765; \quad (6)$$

• сентябрь:

✓ экспериментальный культиватор

$$y = -0,179x^2 + 5,287x - 6,367 \quad R^2 = 0,994 \quad (7)$$

✓ стандартный культиватор КСОП-4

$$y = -0,005x^2 - 0,847x + 29,3 \quad R^2 = 0,998. \quad (8)$$

По полученным коэффициентам детерминации в опыте экспериментального образца культиватора с катком за весь период исследований 98% вариации полученных данных связано с накоплением объемной влажности внутри слоев почвы - сильная корреляционная связь. При стандартном культиваторе для сплошной обработки почвы коэффициент детерминации снижается, 76% вариации полученных данных связано с накоплением объемной влажности внутри слоев почвы и 24% вариации не может быть объяснено влиянием применяемой технологии обработки почвы. Исключение составляет засушливый период сентября: коэффициент детерминации достигает больших значений, 99% вариации полученных данных объясняется полученным выражением.

Данные средних значений объемной влажности почвы за весь период наблюдений июнь-сентябрь для обоих вариантов опыта представлены в виде графика (рис. 7).

Таким образом, применение рабочих органов для сплошной обработки почвы в летний период позволит создавать условия для накопления влажности внутри слоев почвы и осуществлять обработку почвы на небольшую глубину 4-6 см, без выноса влажных слоев на поверхность.

Выводы. Проведены экспериментальные исследования по определению влияния типов применяемых рабочих органов культиватора для сплошной обработки почвы на накопление объемной влажности обрабатываемого слоя почвы.

Данные за период наблюдений июнь-август подтверждают отсутствие выноса влажных слоев почвы на поверхность (16,42 – 17,37% объемной влажности в 5 см слое) при использовании для обработки почвы экспериментального образца парового культиватора с катком. Также подтверждено накопление объемной влажности почвы по слоям: 28,40-30,48% объемной влажности в 10 см слое,

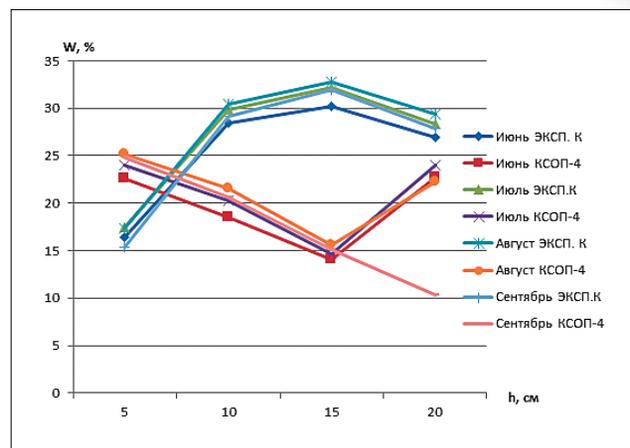


Рис. 7. Средние значения объемной влажности почвы за июнь-сентябрь

Fig. 7. Average values of soil volumetric moisture for June-September

30,18-32,82% на глубине 15 см слое и 26,90-29,38% в слое 20 см.

Применение стандартного культиватора для сплошной обработки почвы приводит к выносу влажных слоев на поверхность почвы (22,62 – 25,14% объемной влажности в 5 см слое) и меньшее накопление объемной влажности внутри слоев (18,57 – 21,57% в 10 см, 14,09 – 15,58% в 15 см, 22,75 – 22,21% в 20 см).

В засушливый период августа-сентября в отношении экспериментального культиватора сохраняется тенденция снижения выноса влажных слоев почвы на поверхность (15,38% в слое 5 см). Продолжается аккумуляция влаги внутри слоев почвы 10, 25 и 20 см соответственно 29,19, 31,98 и 27,86%. У стандартного культиватора для сплошной обработки почвы продолжается вынос влажных слоев почвы на поверхность 24,84% в 5 см слое. Также отмечается снижение накопления влаги в слое 10 см – 20,56%, в слое 15 см – 15,11 % и резкое снижение объемной влажности почвы в слое 20 см – 10,29%.

Таким образом, применение рабочих органов для сплошной обработки почвы в летний период позволит создавать условия для накопления влажности внутри слоев почвы и осуществлять обработку почвы на небольшую глубину 4-6 см, без выноса влажных слоев на поверхность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев Ю.А., Кухарев О.Н., Ларюшин Н.П. и др. Снижение потерь почвенной влаги на испарение // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 42-47. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47.
2. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Кудрявцев А.В. и др. Результаты исследования предпосевной обработки почвы прутковым катком // *Агроинженерия*. 2020. №2. С. 9-16. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-9-16.
3. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N., Kovalev E.E. Scenario projections of the changes in water availability to wheat crops in the steppe Crimea in the 21st century and some measures increasing the efficiency of its cultivation. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. 763-771. DOI: 10.1134/S1064229321050100.
4. Niu G., Shao L.T., Sun D.A., Guo X. A simplified directly determination of soil-water retention curve from pore size distribution. *Geomechanics and Engineering*. 2020. Vol. 20. N5. 411-420. DOI: 10.12989/gae.2020.20.5.411.
5. Sattolo T.M.S., Pereira L.M., Otto R. et al. Effects of land use, tillage management, and crop diversification on soil physical quality in Cerrado agricultural systems. *Science Society of America Journal*. 2021. Vol. 85. Iss. 5. 1799-1813. DOI: 10.1002/saj2.20306.
6. Masoudi M., Elhaesahar M., Cerdà A. Risk assessment of land degradation (RALDE) in Khuzestan Province, Iran. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. 1228-1240. DOI: 10.1134/S1064229321080135.
7. Hedayatipoor A., Alamooti M.Y. Effect of conservative tillage on physical properties of soil and yield of rainfed wheat. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2020. Vol. 22. N1. 48-53. <http://www.cigrjournal.org>.
8. Al-Kaisi M.M., Lal R. Aligning science and policy of regenerative agriculture. *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. N6. 1808-1820. DOI: 10.1002/saj2.20162.
9. Sándor Zs., Tállai M., Kincses I. et al. Effect of various soil cultivation methods on some microbial soil properties. *DRC Sustainable Future*. 2020. N1(1). 14-20.
10. Абдулхаев Х.Г., Халилов М.М. Обоснование параметров ножей выравнивателя-рыхлителя. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №3. С. 44-47. DOI: 10.22314/2073-7599-201913-3-44-47.
11. Amundson R., Berhe A.A., Hopmans J.W. et al. Soil and human security in the 21st century. *Soil science*. 2015. 348. DOI: 10.1126/science.1261071.
12. Щеголихина Т.А., Болотина Н.М. Анализ функциональных характеристик и эффективности техники для внесения удобрений, предпосевной обработки почвы и заготовки кормов. *Техника и оборудование для села*. 2022. N11(305). С. 27-33. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-11-27-33.
13. Черкашин А.Г., Фалалеева Л.В., Нечунаев М.А., Зубарев Ю.Н. Влияние приёма предпосевной обработки почвы на урожайность яровых зерновых в меняющихся агроклиматических условиях Среднего Предуралья. *Пермский аграрный вестник*. 2020. N3(31). С. 76-85. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10042.
14. Пархоменко Г.Г. Реализация природоподобных технологий при разработке новых рабочих органов для обработки почвы в засушливых условиях. *Тракторы и сельхозмашины*. 2019. №6. С. 65-73. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-6-65-73.
15. Митрофанов Ю.И., Петрова Л.И., Гуляев М.В., Первушина Н.К. Предпосевная обработка почвы при разных способах посева зерновых культур. *Земледелие*. 2020. №6. С. 29-33. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10607.

REFERENCES

1. Soil moisture loss reduction owing to evaporation. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018. Vol. 12. N1. 42-47 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47.
2. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V. et al. Study of seedbed preparation with rod-type soil compaction roller. *Agricultural Engineering*. 2020. N2. 9-16 (In Russian). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-9-16.
3. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N., Kovalev E.E. Scenario projections of the changes in water availability to wheat crops in the steppe Crimea in the 21st century and some measures increasing the efficiency of its cultivation. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. 763-771 (In English). DOI: 10.1134/S1064229321050100.
4. Niu G., Shao L.T., Sun D.A., Guo X. A simplified directly determination of soil-water retention curve from pore size distribution. *Geomechanics and Engineering*. 2020. Vol. 20. N5. 411-420 (In English). DOI: 10.12989/gae.2020.20.5.411.
5. Sattolo T.M.S., Pereira L.M., Otto R., Francisco E., Duarte A.P., Kappes C., Prochnow L.I., Cherubin M.R. Effects of land use, tillage management, and crop diversification on soil physical quality in Cerrado agricultural systems. *Science Society of America Journal*. 2021. Vol. 85. Iss. 5. 1799-1813 (In English). DOI: 10.1002/saj2.20306.
6. Masoudi M., Elhaesahar M., Cerdà A. Risk assessment of land degradation (RALDE) in Khuzestan Province, Iran. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. 1228-1240 (In English). DOI: 10.1134/S1064229321080135.
7. Hedayatipoor A., Alamooti M.Y. Effect of conservative tillage on physical properties of soil and yield of rainfed wheat. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2020. Vol. 22. N1. 48-53 (In English). <http://www.cigrjournal.org>.
8. Al-Kaisi M.M., Lal R. Aligning science and policy of regenerative agriculture. *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. Iss. 6. 1808-1820 (In English). DOI: 10.1002/saj2.20162.
9. Sándor Zs.; Tállai M.; Kincses I.; László Z.; Kátai J.; Vágó I. Effect of various soil cultivation methods on some

- microbial soil properties. *DRC Sustainable Future*. 2020. N1(1). 14-20 (In English). DOI: 10.37281/DRCSF/1.1.3.
10. Abdulkhaev K.G., Khalilov M.M. Determining the Parameters of Leveler-Ripper Shanks. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. N13(3). 44-47 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-201913-3-44-47.
11. Amundson R., Berhe A.A., Hopmans J.W., Olson C., Sztein A.E., Sparks D.L. Soil and human security in the 21st century. *Soil science*. 2015. 348 (In English). DOI: 10.1126/science.1261071.
12. Shchegolikhina T.A., Bolotina M.N. Analysis of the functional characteristics and efficiency of equipment for fertilizing pre-sowing tillage and fodder. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022. N11(305). 27-33 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2022-11-27-33.
13. Cherkashin A.G., Falaleeva L.V., Nechunaev M.A., Zubarev Yu.N. Influence of pre-sowing tillage method on spring cereal grains productivity in changing agroclimatic conditions of the Middle Preduralie. *Perm Agrarian Bulletin*. 2020. N3(31). 76-85 (In Russian). DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10042.
14. Parhomenko G.G. Implementation of nature-like technologies in the development of new working bodies for tillage in arid conditions. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2019. N6. 65-73 (In Russian). DOI: 10.31992/0321-4443-2019-6-65-73.
15. Mitrofanov Yu.I., Petrova L.I., Gulyaev M.V., Pervushina N.K. Presowing soil cultivation with different methods of sowing cereals. *Zemledelie*. 2020. N6. 29-33 (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10607.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Камбулов С.И. – научное руководство, постановка задачи, критический анализ и доработка решения;

Божко И.В. – проведение исследований, обработка и анализ результатов исследований, анализ и доработка решения;

Пархоменко Г.Г. – анализ научных источников по теме исследования, анализ и доработка решения;

Рыков В.Б. – определение методологии исследования, анализ аналитических и практических материалов по теме исследования, формирование общих выводов, критический анализ и доработка решения;

Подлесный Д.С. – проведение исследований, анализ и доработка решения.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Kambulov S.I. – scientific supervision, problem statement, critical analysis and solution refinement;

Bozhko I.V. – conducting research, processing and analyzing the research result, solution analysis and refinement;

Parhomenko G.G. – analysis of scientific publications related to the research topic, analysis and refinement of the solution;

Rykov V.B. – determination of the research methodology, analysis of analytical and practical materials on the research topic, formulating general conclusions, critical analysis and refinement of the solution;

Podlesny D.S. – conducting the research, analysis and refinement of the solution.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

03.10.2024

12.11.2024