

Оригинальная статья

УДК 631.6: 631.674.4.:633.511

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-46-51



ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА

Пчёлкин Виктор Владимирович^{1✉}, д-р техн. наук, профессор;

SPIN-код: 6299-5005, AuthorID:417238; 9766793@mail.ru

Кузиев Улугбек Таджиевич², канд. техн. наук, доцент;

quziev.ulugbek@bk.ru

Разиков Нуриддин Бахтиёрович³, докторант;

razikov1102@bk.ru

Солошенко Александр Дмитриевич¹, аспирант;

SPIN-код:4539-4401; AuthorID:964756; orcid:0000-0002-4601-9140; aleksandr_soloshenkov@mail.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

² Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»; г. Ташкент, М. Улугбек, Қары Ниёзий, 39, Узбекистан

³ Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства; Ташкентская область, Янгиюльский, Гульбахор, ул. Самаркандская, 41, Узбекистан

Аннотация. Цель исследований – определение границ влажности сероземных почв при капельном поливе хлопчатника. Исследования проводились на опытном участке в 2022 г. Методика для них была разработана профессорско-преподавательским составом кафедры СХМ НИУ «ТИИМСХ». Научные исследования проводились на опытных делянках и в лаборатории. Их результаты были использованы при решении поставленной задачи. С использованием полученных данных и формулы В.В. Шабанова построен график закономерности изменения относительной урожайности (Y/Y_{max}) хлопчатника от относительной влажности сероземной почвы (в слое 0,5 м) при капельном поливе. В выражение В.В. Шабанова для орошаемых сероземных почв в Ташкентской области Узбекистана определена величина показателя коэффициента, учитывающего реакцию растений на отклонение влажности сероземной почвы от оптимальной (g_p), составившая 3,495. Установлено, что влажность сероземных почв в Ташкентской области Узбекистана следует выдерживать в наиболее благоприятных пределах, исходя из потребности хлопчатника за период его роста и развития. Самый оптимальный интервал влажности сероземных почв, по данным проведенных исследований, составил для хлопчатника 0,63-0,79 от полной влагоемкости (ПВ). Коэффициент соотношения данной зависимости составил $0,979 \pm 0,089$, что указывает на плотную связь между исследуемыми величинами. При наиболее благоприятной влажности сероземной почвы (0,63-0,79 ПВ) и уровне залегания подземных вод 1,80 м от поверхности земли и глубже отмечается инфильтрационный режим.

Ключевые слова: капельное орошение, вода, режим влажности, сероземная почва, хлопчатник

Формат цитирования: Пчёлкин В.В., Кузиев У.Т., Разиков Н.Б., Солошенко А.Д. Обоснование режима влажности сероземных почв при капельном поливе хлопчатника // Природообустройство. 2023. № 4. С. 46-51. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-46-51.

© Пчёлкин В.В., Кузиев У.Т., Разиков Н.Б., Солошенко А.Д., 2023

Original article

JUSTIFICATION OF THE HUMIDITY REGIME OF GREY-EARTH SOILS DURING DRIP IRRIGATION OF COTTON

Pchelkin Viktor Vladimirovich^{1✉}, doctor of technical sciences, professor;

SPIN-код: 6299-5005, AuthorID:417238; 9766793@mail.ru

Kuziev Ulugbek Tadzhevich², candidate of technical sciences, associate professor,

quziev.ulugbek@bk.ru

Razikov Nuriddin Bakhtiyorovich 3 doctoral candidate, razikov1102@bk.ru

Soloshenkov Alexander Dmitrievich¹, post graduate student, SPIN-код:4539-4401; AuthorID:964756; orcid:0000-0002-4601-9140; aleksandr_soloshenkov@mail.ru

¹ Russian State Agrarian University GAU – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya, 49, Russia

² National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”; Tashkent, M. Ulugbek, KaryNiyoziy, 39, Uzbekistan

³ Research Institute of Agricultural Mechanization; Tashkent region, Yangiyul, Gulbahor, Samarkand, 41, Uzbekistan

Annotation. The purpose of the research is to determine the moisture limits of grey-earth soils during drip irrigation of cotton. The research was carried out at the experimental site in 2022. The research methodology was developed by the professorial and teaching staff of the Department of Agricultural Mechanics of the National Research University “TIIMSKh”. Scientific research was carried out on experimental plots and in the laboratory. The results of scientific research were used to solve the problem. Using the data obtained and the formula of V.V. Shabanov, a graph was constructed of the pattern of changes in the relative yield (Y/Y_{max}) of cotton depending on the relative humidity of grey-earth soil (in a 0.5 m layer) under drip irrigation. (g) is determined to be 3.495. In V.V. Shabanov's expression for irrigated grey-earth soils in the Tashkent region of Uzbekistan, the value of the coefficient that takes into account the response of plants to the deviation of the grey-earth soil moisture from the optimal is 3.495 m. It has been established that the moisture content of grey-earth soils in the Tashkent region of Uzbekistan should be maintained within the most favorable limits based on the needs of cotton during the period of its growth and development. According to the research conducted, the best moisture range for grey-earth soil soils was (0.63-0.79) from the total moisture capacity (MC) for cotton. The ratio coefficient of this dependence is 0.979 ± 0.089 , which indicates a close relationship between the studied values. With the most favorable moisture content of the grey-earth soil (0.63-0.79 MC) and the level of groundwater 1.80 m from the surface of the earth and deeper, an infiltration regime is observed.

Keywords: drip irrigation, water, humidity regime, grey-earth soil, cotton капельное

Format of citation: Pchelkin V.V., Kuziev U.T., Razikov N.B., Soloshenkov A.D. Justification of the humidity regime of grey-earth soils during drip irrigation of cotton // Prirodoobustrojstvo. 2023. № 4. P. 46-51. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-46-51.

Введение. Регулирование влажности орошаемых сероземных почв в Ташкентской области Узбекистана приводит к улучшению условий выращивания хлопчатника и обеспечению устойчивости на высоком уровне его урожайности. При разработке проектов оросительных систем важным разделом является режим орошения. Его расчет сопряжен с потребностью регулирования влажности почвы в оптимальных пределах, то есть ее верхнего и нижнего уровней. Данные по наиболее благоприятным пределам регулирования влажности почвы были предложены такими российскими учеными, как А.П. Дорохов [1], А.Р. Константинов, Э.А. Струнников [2], А.Н. Костяков [4], Б.С. Маслов [5], В.В. Пчелкин [6, 7], Ш. Рахимов, С. Маматов [8], Р.Р. Сагдуллаев [9], М.С. Филимонов [10], Е.А. Ходяков [11], Б.Д. Циприс [12], В.В. Шабанов [13], а также зарубежными исследователями: N.M. Cid-Garcia, A.G. Bravo-Lozano, Y.A. Rios-Solis [14], L. Piedelobo, D. Ortega-Terol, S. DelPozo [15], R.E. Jaimez [16], A.S. Lodhi [17], S. Takeuchi [18], В.М. Khudayarov, U.T. Kuziev, В.Р. Sarimsakov [19, 20].

Анализ данных, предложенных учеными, показывает, что для хлопчатника на сероземных

почвах они не совпадают по величине и существенно различаются. Это вызвало необходимость проведения исследований с целью уточнения границ регулирования влажности сероземных почв при капельном поливе хлопчатника. Такие исследования были проведены в 2022 г. в учебном и научно-исследовательском центре Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», расположенного в Уртачирчикском районе Ташкентской области.

Материалы и методы исследований.

Исследования влияния различных пределов значений влагосодержания в увлажняемом слое почвы на продуктивность хлопчатника выполняли на 5 поливаемых опытных делянках размером 60 м^2 в трехкратной повторности. На каждой делянке размещали по 3 ряда хлопчатника, причем каждый ряд являлся повторностью. Вокруг делянок устраивались защитные полосы размером 0,75 м. Длина делянок составила 20 м, расстояния между рядами растений – 0,65 м, между растениями – 0,50 м, а между делянками – 1,5 м. Вся площадь экспериментальных делянок под хлопчатником составляла 300 м^2 .

Используя капельное орошение, влажность почвы в корнеобитаемом горизонте поддерживали в необходимых границах в соответствии с вариантами опыта. Были приняты следующие диапазоны влажности почвы по вариантам: 1-0,5-0,6 ПВ; 2-0,6-0,65 ПВ; 3 – в интервале 0,65-0,7 ПВ; 4-0,7-0,8 ПВ; 5-0,8-0,9 ПВ. Схема системы капельного орошения представлена на рисунке 1.

Под хлопчатник на все делянки с поливной водой подавали дозы удобрений $N_{150}P_{120}K_{80}$. Поливы осуществляли при помощи системы капельного орошения, применяя трубы ПНД с устроенными в них капельницами с расходом 4 л/ч. Диаметр лунки полива составил 0,5 м, а площадь увлажнения – 0,196 м². Для измерения влажности почвы использовали прибор TRIME-FM фирмы IMKO GmbH (Германия). Влажность почвы измеряли

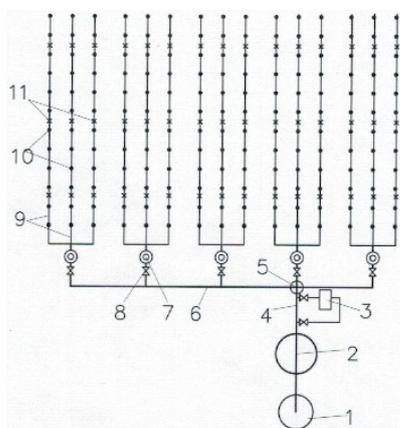


Рис. 1. План системы капельного орошения:

- 1 – бак для воды; 2 – насосная станция;
- 3 – устройство для приготовления и подачи в трубы удобрений; 4-6 – магистральный и распределительный трубопроводы;
- 5 – распределительный колодец;
- 7 – водомерное устройство; 8 – задвижка;
- 9 – поливные трубопроводы; 10 – капельницы;
- 11 – скважины для измерения влажности почвы

Fig. 1. Plan of the drip irrigation system:

- 1 – water tank; 2 – pumping station;
- 3 – device for preparation and supply of fertilizers into pipes; 4-6 – main and distribution pipelines;
- 5 – distribution well; 7 – water metering device;
- 8 – gate valve; 9 – irrigation pipelines; 10 – droppers;
- 11 – holes for measuring soil moisture

до глубины 0,5 м послойно с шагом 0,1 м. Калибровка прибора TRIME-FM3 проводилась до посева хлопчатника с использованием термостатно-весового метода. Для этого делали послойные измерения влажности почвы прибором TRIME-FM3 в скважине, армированной трубой TECANAT, и параллельно определяли объемную влажность с использованием почвенного бура АМ-7.

Промачиваемый горизонт почвы устанавливали согласно росту корневой системы: первые три декады после посева – 0,2 м; далее, до уборки урожая, – 0,4-0,5 м.

Все физические и агрохимические анализы сероземной почвы определялись в лаборатории СХМ НИУ «ТИИИМСХ» по стандартным методикам.

Результаты и их обсуждение. В таблице и на рисунке 1 представлены результаты экспериментальных исследований связи продуктивности хлопчатника с влажностью почвы. График связи относительных значений урожайности (Y_i/Y_{max}) хлопчатника от увлажненности сероземной почвы в условиях капельного орошения в 2022 г. показывает хорошую сходимость между этими значениями. Методика получения кривой на рисунке 1, а также используемая при этом формула приведены в работе В.В. Шабанова [13].

Экспериментальные данные, полученные на делянках, приведены в таблице. С использованием в формуле В.В. Шабанова [13] опытных данных была установлена зависимость относительной урожайности (Y_i/Y_{max}) хлопчатника от относительной влажности ($W_{cp}/ПВ$) сероземной почвы (в слое 0,5 м) при капельном орошении (рис. 2).

Необходимо отметить, что подобные кривые связи относительной урожайности сельскохозяйственных культур от относительной влажности почвы в других природно-климатических зонах были получены В.В. Шабановым [13].

При установлении зависимости относительной продуктивности хлопчатника (S) от влажности сероземной почвы (W) были приняты следующие допущения: влажность почвы – в долях диапазона 0...1. При этом

Таблица 1. Результаты опытов на делянках по урожайности хлопчатника и влажности почвы за 2022 г.

Table 1. Results of experiments on plots on cotton yield and soil moisture for 2022

Вариант Variant	1 (0,5-0,6 ПВ)	2 (0,6-0,65 ПВ)	3 (0,65-0,7 ПВ)	4 (0,7-0,8 ПВ)	5 (0,8-0,9 ПВ)
$Y_{i\text{ общ}}$, т/га	2,9	3,5	3,7	3,9	3,0
$W_{cp}/ПВ$	0,54	0,63	0,69	0,71	0,85
$Y_{i\text{ общ}}/Y_{max}$	0,74	0,90	0,95	1	0,77

Y_i – урожайность хлопчатника в 2022, т/га / Y_i – cotton yield in 2022, t/ha;

Y_{max} – максимальная урожайность хлопчатника в том же году, т/га / Y_{max} – the maximum yield of cotton in the same year, t/ha.

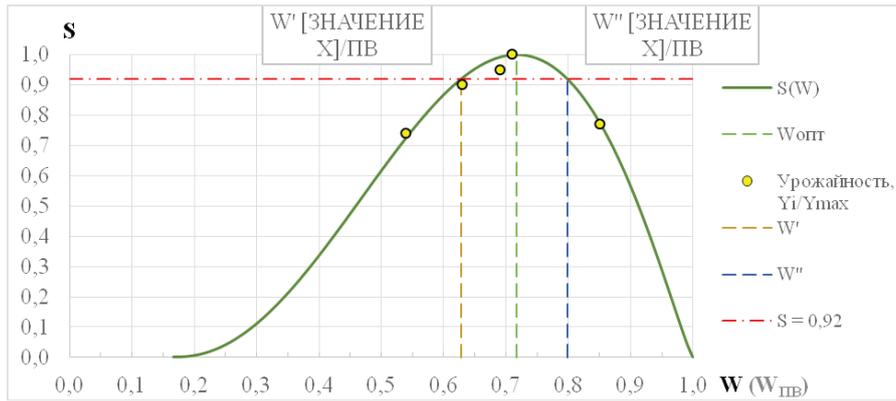


Рис. 2. Связь изменения относительной урожайности (продуктивности) $S = Y_i/Y_{\max}$ хлопчатника (в слое 50 см) при капельном поливе с относительной влажностью почвы W/PV :

Y_i/Y_{\max} – относительная урожайность хлопчатника при различной влажности почвы; Y_{\max} (2022 г.) – 3,9 т/га; $S(W)$ – функция относительной продуктивности хлопчатника; $S = 0,92$ – уровень относительной продуктивности в 0,92 доли; W' и W'' – точки пересечения функции с уровнем относительной продуктивности

Fig. 2. Correlation of changes in relative yield (productivity) $S = Y_i/Y_{\max}$ of cotton (in a layer of 50 cm) during drip irrigation with relative soil moisture W/PV :

Y_i/Y_{\max} is the relative yield of cotton at different soil moisture, Y_{\max} – 2022-3.9 t/ha; $S(W)$ is a function of the relative productivity of cotton; $S = 0,92$ – the level of relative productivity of 0.92 share; W' and W'' are the points of intersection of the function with a relative productivity level of 0.92 shares; W_{opt} – optimal soil moisture

за 0 взята влажность завядания (ВЗ), за 1 – полная влагоемкость (ПВ):

$$S = \left(\frac{W_i}{W_{\text{opt}}} \right)^{\gamma \cdot W_{\text{opt}}} \cdot \left(\frac{1 - W_i}{1 - W_{\text{opt}}} \right)^{\gamma(1 - W_{\text{opt}})} = \left(\frac{W_i}{0,661} \right)^{3,495 \cdot 0,661} \cdot \left(\frac{1 - W_i}{1 - 0,661} \right)^{3,495 \cdot (1 - 0,661)}$$

где W_i – средняя за i -ю декаду влажность в промачиваемом горизонте сероземной почвы; W_{opt} – то же, оптимальная влажность сероземной почвы; γ_i – коэффициент, учитывающий реакцию растений на отклонение влажности сероземной почвы от оптимальной.

Для учета влажности завядания и возможности перевода значений кривой в данные влажности почвы, выраженные в других величинах – таких, как доли от полной влагоемкости (где 0 – полностью сухая почва, то есть $0 \text{ м}^3/\text{м}^3$) и объемная влажность почвы, выведены следующие уравнения перевода значений влажности почвы.

Для перевода значений из диапазона от влажности завядания (0) до полной влагоемкости (1) к диапазону от полностью сухой почвы до полной влагоемкости (шкала W на рис. 2):

$$W_{\text{ПВ}} = 0,833 \cdot W_{\text{ВЗ...ПВ}} + 0,167.$$

Для обратного перевода значений:

$$W_{\text{ВЗ...ПВ}} = 1,2 \cdot W_{\text{ПВ}} - 0,2,$$

где $W_{\text{ПВ}}$ – влажность почвы в долях от полной влагоемкости (где 0 – почва с 0%-ной влажностью, а 1 – полная влагоемкость); $W_{\text{ВЗ...ПВ}}$ – влажность почвы в диапазоне от влажности завядания до полной влагоемкости (где 0 – влажность завядания, а 1 – полная влагоемкость).

Почвенные условия участка были следующими: полная влагоемкость составляла $\text{ПВ} = 0,42 \text{ м}^3/\text{м}^3$, а влажность завядания – $\text{ВЗ} = 0,07 \text{ м}^3/\text{м}^3$ (0,167 ПВ).

По результатам аппроксимации экспериментальных точек функцией продуктивности В.В. Шабанова (Коэффициент детерминации $R^2 = 0,977$) получены следующие параметры: оптимальная влажность почвы $W_{\text{опт}} = 0,718$ $W_{\text{ПВ}} = 0,66$ $W_{\text{ВЗ...ПВ}} = 0,302 \text{ м}^3/\text{м}^3$; коэффициент $\gamma = 3,495$.

Точки пересечения функции с уровнем относительной продуктивности $S = 0,92$:

$$W^1 = 0,628 \quad W_{\text{ПВ}} = 0,554 \quad W_{\text{ВЗ...ПВ}} = 0,264 \text{ м}^3/\text{м}^3; \\ W^{11} = 0,799 \quad W_{\text{ПВ}} = 0,758 \quad W_{\text{ВЗ...ПВ}} = 0,335 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Кривая на рисунке 2 показывает наилучшее значение влажности сероземной почвы при производстве хлопчатника, которое составило 0,72 ПВ. Выдерживать данное значение в реальных условиях технически трудно и экономически дорого, поэтому в практике рациональным является применение интервала влажности почвы.

С использованием опытных и исходных данных для условий сероземных почв Узбекистана была установлена величина коэффициента γ_i , соответствующая 3,495. Поскольку коэффициент γ_i предусматривает воздействие сельскохозяйственных культур на снижение влажности почвы ниже наилучшей величины, он будет зависеть от вида культуры и типа почвы.

А.Р. Константинов [2] рекомендует снижать урожайность сельскохозяйственных культур на 10...15% от максимальной величины. С таким подходом согласен В.В. Шабанов [13]. Используя это допущение и снижая урожайность

хлопчатника на 8%, получим диапазон влажности сероземной почвы 0,63-0,79 ПВ.

На рисунке 3 представлена прямая связи относительной урожайности (продуктивности) хлопчатника, полученной по уточненному уравнению В.В. Шабанова, с относительной урожайностью (продуктивностью), установленной опытным путем. Теснота данной связи составляет $0,989 \pm 0,0826$, а коэффициент детерминации – 0,977. Из этого следует, что теснота связи между рассматриваемыми величинами является высокой.

Исследованиями установлено, что при рациональном интервале влажности сероземных

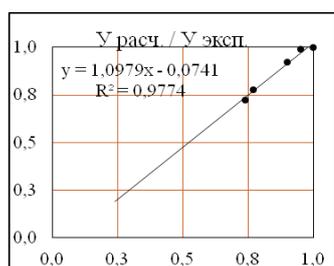


Рис. 3. Связь урожайности (продуктивности) хлопчатника, рассчитанной по уточненной формуле В.В. Шабанова, с урожайностью (продуктивностью), полученной в опытах

Fig. 3. Correlation of cotton yield (productivity) calculated according to V.V. Shabanov's refined formula with yield (productivity) obtained in experiments

Список использованных источников

1. Дорохов А.П. Режим орошения в ЦЧЗ // Гидротехника и мелиорация. 1975. № 4. С. 69-72.
2. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 1. С. 19-43.
3. Концепция развития водного хозяйства республики Узбекистан на 2020-2030 гг. / Министерство водного хозяйства республики Узбекистан. Ташкент, 2020. URL: <https://water.gov.uz/ru/posts/1545735855/396>.
4. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1960. С. 54-66.
5. Маслов Б.С. Исследования по увлажнению сельскохозяйственных культур на осушаемых землях в Центральной Нечерноземной зоне // Увлажнение осушаемых земель: Труды ВАСХНИЛ. М.: ВАСХНИЛ, 1974. С. 48-62.
6. Пчёлкин В.В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель (на примере Московской области): Дис. ... д-ра техн. наук / Московский государственный университет природообустройства. М., 2003. 466 с.
7. Пчёлкин В.В., Завалин А.А., Зимин Ф.М. и др. Разработка природоохранных мероприятий при регулировании водного режима на осушаемых пойменных землях: Научный отчет НИС МГМИ. № гос. регистр. 0186,011740. М., 1990.
8. Рахимов Ш., Маматов С. Вопросы эффективного использования водных ресурсов в фермерских хозяйствах и внедрения современных методов и технологий

почв 0,63-0,79 ПВ и уровне подземных вод ниже 1,80 м не наблюдается подпитывание зоны аэрации со стороны подземных вод, а происходит сток влаги в грунтовые воды, который в 2022 г. составил 47 мм.

Таким образом, при рациональном интервале влажности сероземных почв 0,63-0,79 ПВ и уровне подземных вод ниже 1,80 м формируется инфильтрационный режим.

Выводы

1. Уточнен диапазон регулирования влажности сероземной почвы при производстве хлопчатника в Узбекистане. Рекомендуемый интервал управления влажностью сероземной почвы в Узбекистане при капельном поливе хлопчатника составляет 0,63-0,79 ПВ.

2. Получен график связи изменения относительной урожайности (продуктивности) (Y_i/Y_{max}) хлопчатника с относительной влажностью сероземных почв (в слое 50 см) при капельном поливе W/(ВЗ-ПВ) с использованием формулы В.В. Шабанова. Теснота данной связи составляет $0,989 \pm 0,0826$, а коэффициент детерминации – 0,977. Из этого следует, что теснота связи между рассматриваемыми величинами является высокой.

3. При рациональном интервале влажности сероземных почв 0,63-0,79 ПВ и уровне подземных вод ниже 1,80 м формируется инфильтрационный режим.

References

1. Dorokhov A.P. Irrigation regime in the Central Chernobyl Plant // Hydrotechnics and Land Reclamation. 1975. No. 4. P. 69-72.
2. Konstantinov A.R., Strunnikov E.A. Irrigation rationing: methods, their assessment, ways to clarify // Hydrotechnics and land reclamation. 1986. No. 1. P. 19-43
3. Concept for the development of water management of the Republic of Uzbekistan for 2020-2030/Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: 2020. <https://water.gov.uz/ru/posts/1545735855/396>.
4. Kostyakov A.N. Fundamentals of land reclamation. M.: Selkhozgiz, 1960. P. 54-66.
5. Maslov B.S. Research on the moistening of agricultural crops on drained lands in the Central Non-Chernozem Zone // Humidification of drained lands: Proceedings of the All-Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: VASKHNIL, 1974. P. 48-62.
6. Pchelkin V.V. Justification of the reclamation regime of drained floodplain lands (using the example of the Moscow region): Dis... Dr. Tech. Sciences/ Moscow State University of Environmental Engineering. M.: 2003. 466 p.
7. Pchelkin V.V. Development of environmental measures for regulating the water regime on drained floodplain lands / V.V. Pchelkin, A.A. Zavalin, F.M. Zimin et al. / Scientific report of NIS MGMI. – No. State Register. 0186.011740. M., 1990.
8. Rakhimov Sh., Mamatov S. Issues of efficient use of water resources in farms and the introduction of modern

орошения (презентация). Ташкент: Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, 2019.

9. **Сагдуллаев Р.Р.** Внедрение водосберегающих технологий орошения в странах Центральной Азии // Сборник научных трудов. Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии, 2023. С. 28-36.

10. **Филимонов М.С.** Орошение полевых культур. М.: Россельхозиздат, 1978. С. 10-14.

11. **Ходяков Е.А.** Особенности режима капельного орошения и водопотребления кабачков, выращиваемых в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2. С. 1-18.

12. **Циприс Д.Б.** Орошение в Нечерноземной зоне. М.: Колос, 1973. 192 с.

13. **Шабанов В.В.** Влагодобеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. Л.: Гидрометеоздат, 1981. С. 82-85.

14. **Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A.** Crop planning and real-time irrigation method based on site-specific management zones and linear programming // Computers and electronics in agriculture. 2014. Vol. 107. Pp. 20-28. DOI:10.1016/j.compag.2014.06.002.

15. **HidroMap A., Piedadelobo L., Ortega-Terol D., Del Pozo S., Hernandez-Lopez D., Ballesteros R., Moreno M.A., Molina J.L., Gonzalez-Aguilera D.** New Tool for irrigation Monitoring and Management Using Free Satellite Imagery // ISPRS international journal of geo-information. 2018. Vol. 7, № 220. DOI: 10.3390/ijgi7060220.

16. **Jaimez R.E., Vielma O., Rada F., GarciaNúñez C.** Effects of water deficit on the dynamics of flowering and fruit production in Capsicum chinense Jacq in a tropical semiarid region of Venezuela // Journal of Agronomy and Crop Science. 2000. Vol. 185, Iss. 2. Pp. 113-119.

17. **Lodhi A.S., Kaushal A., Singh K.G.** Impact of irrigation regimes on growth, yield and water use efficiency of sweet pepper // Indian Journal of Science and Technology. 2014. Vol. 7, Iss. 6. Pp. 790-794.

18. **Takeuchi S.** Application of sap flow measurement in real-time soil moisture management and examination of supplemental irrigation using automatic drip system under high atmospheric demand conditions // Acta Horticulturae. 2012. Vol. 951. Pp. 39-46.

19. **Khudayarov B.M., Kuziev U.T., Sarimskov B.R.** The dependency of the distance of throwing soil to the size of the working body // International Journal of Research Culture Society. India, 2019. Vol. 3, Iss. 10. Pp. 45-49.

20. **Khudayarov B.M., Kuziev U.T., Sarimskov B.R.** The local aggregation of diluted fertilizers to gardens and the constructive scheme of the working part // International Journal of Research Culture Society. India, 2019. Vol. 3, Iss. 10. Pp. 111-116.

methods and technologies of irrigation (presentation). Tashkent: Research Institute of Irrigation and Water Problems, 2019.

9. **Sagdullaev R.R.** Introduction of water-saving irrigation technologies in the countries of Central Asia / Collection of scientific works. Scientific information center of the Interstate Coordination Water Commission of Central Asia. 2023. P. 28-36.

10. **Filimonov M.S.** Irrigation of field crops. M.: Ros-selkhozizdat, 1978. P. 10-14.

11. **Khodyakov E.A.** Features of the drip irrigation regime and water consumption of courgette grown in the Lower Volga region [text] // News of the Nizhnevolszhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2017. No. 2. P. 1-18.

12. **Tsipris D.B.** Irrigation in the Non-Chernozem zone. M.: Kolos, 1973. 192 p. 13.

13. **Shabanov V.V.** Moisture availability of spring wheat and its calculation. L.: Gidrometeoizdat, 1981. P. 82-85.

14. **Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A.** A Crop Planning And Real-time irrigation method based on site-specific management zones and linear programming // Computers and electronics in agriculture. 2014. Vol. 107. P. 20-28. DOI: 10.1016/j.compag.2014.06.002.

15. **Hidro Map A.** New Tool for irrigation Monitoring and Management Using Free Satellite Imagery / L. Piedadelobo, D. Ortega-Terol S. del Pozo D. Hernandez-Lopez R. Ballesteros, M.A. Moreno, J.L. Molina, D. Gonzalez-Aguilera // ISPRS international journal of geo-information. 2018. Vol. 7. № 220. DOI: 10.3390/ijgi7060220.

16. **Jaimez R.E.** Effects of water deficit on the dynamics of flowering and fruit production in Capsicum chinense Jacq in a tropical semiarid region of Venezuela. – Jaimez R.E., Vielma O., Rada F., GarciaNúñez C. Journal of Agronomy and Crop Science. – Volume 185, Issue 2, 2000, pages 113-119.

17. **Lodhi A.S.** Impact of irrigation regimes on growth, yield and water use efficiency of sweet pepper / Lodhi A.S., Kaushal A., Singh K.G. Indian Journal of Science and Technology. – Volume 7, Issue 6, 2014, pages 790-794.

18. **Takeuchi S.** Application of sap flow measurement in real-time soil moisture management and examination of supplemental irrigation using automatic drip system under high atmospheric demand conditions. – Takeuchi S. – Acta Horticulturae. – Volume 951, 1 June 2012, pages 39-46.

19. **Khudayarov B.M., Kuziev U.T., Sarimskov B.R.** The dependency of the distance of throwing soil to the size of the working body // International Journal of Research Culture Society. – India, 2019. – Volume-3, Issue-10, Pages: 45-49.

20. **Khudayarov B.M., Kuziev U.T., Sarimskov B.R.** The local aggregation of diluted fertilizers to gardens and the constructive scheme of the working part // International Journal of Research Culture Society. – India, 2019. – Volume-3, Issue-10, pages: 111-116.

Критерии авторства

Пчелкин В.В., Кузиев У.Т., Разинов Н.Б., Солошенко А.Д. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Пчелкин В.В., Кузиев У.Т., Разинов Н.Б., Солошенко А.Д. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 09.04.2023

Одобрена после рецензирования 28.08.2023

Принята к публикации 28.08.2023

Criteria of authorship

Pchelkin V.V., Kuziev U.T., Razikov N.B., Soloshenkov A.D. performed practical and theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Pchelkin V.V., Kuziev U.T., Razikov N.B., Soloshenkov A.D. have the copyright to the article and are responsible for plagiarism.

Conflicts of Interest

Authors declare no conflicts of interest

The article was submitted to the editorial office 09.04.2023

Approved after review 28.08.2023

Accepted for publication 28.08.2023