

CROP PRODUCTION

DOI: <https://www.doi.org/10.23649/jae.2023.2.30.004>

Khodiakov E.A.¹, Bondarenko K.V.²*, Milovanov S.G.³

^{1, 2, 3} Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

* Corresponding author (kirill-bondarenko-1995[at]mail.ru)

Received: 26.01.2023; Accepted: 03.02.2023; Published: 20.02.2023

OBTAINING DIFFERENT LEVELS OF COTTON PLANT YIELD WITH IRRIGATION BY SPRINKLER ON LIGHT-BROWN SOILS OF THE LOWER VOLGA REGION

Research article

Abstract

The article presents the results of studies conducted in 2019-2021, in which 4 irrigation regimes were examined with pre-irrigation thresholds of soil moisture 65-65-60, 70-70-65, 75-75-70, 80-80-75% HB against the background of 4 doses of mineral fertilizers N₇₀ P₃₀ K₂₃, N₁₀₅ P₄₅ K₃₄, N₁₄₀ P₆₀ K₄₅ and N₁₇₅ P₇₅ K₅₆ kg d.v./ha in the conditions of the South of Russia. The results of field experiments showed that in order to achieve a cotton plant yield of 2 t/ha, 3 variants of combinations of the studied factors were established, of which the most effective was maintaining pre-irrigation soil moisture of 65-65-60 % HB and applying increased doses of fertilizers N₁₀₅ P₄₅ K₃₄ kg d. v./ha calculated for a yield of 3 t/ha, since with this combination of the studied factors, the yield of raw cotton plant was 1.94 t/ha at the lowest cost of irrigation water (CALL) 914 m³/t and the coefficient of water consumption (Kv) 1387 m³/t. To obtain a yield of 3 t/ha out of 3 variants, the greatest efficiency was observed at an available water supply level of 65-65-60% HB in combination with increased doses of fertilizers N₁₄₀ P₆₀ K₄₅ kg d. v./ha (for a yield of 4 t/ha). Here, the yield of raw cotton was 2.92 t/ha with the most efficient use of water (CALL was 596, and Kv was 905 m³/t). The best combination of the studied factors for obtaining a yield of 4 t/ha out of 2 established was the variant with maintaining the pre-irrigation threshold of soil moisture of 75-75-70% HB and the level of fertilization of N₁₄₀ P₆₀ K₄₅ kg d. v./ha (for a yield of 4 t/ha). The irrigation water costs here were 522 m³/t, the water consumption coefficient was 704 m³/t, and the yield of raw cotton was 4.21 t/ha. Among the 3 variants of combinations of the studied factors to obtain a yield of 5 t/ha, the most effective was the variant combining pre-irrigation soil moisture of 75-75-70% HB and the application of mineral fertilizers with doses of N₁₇₅ P₇₅ K₅₆ kg d. v./ha (for a yield of 5 t/ha), since the maximum cotton yield was observed here was 5.14 t/ha, simultaneously with the minimum CALL – 432 and Kv – 581 m³/t.

Keywords: irrigation by sprinkler, raw cotton yield, combinations of irrigation regime and fertilizer doses.

Ходяков Е.А.¹, Бондаренко К.В.²*, Милованов С.Г.³

^{1, 2, 3} Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

* Корреспондирующий автор (kirill-bondarenko-1995[at]mail.ru)

Получена: 26.01.2023; Доработана: 03.02.2023; Опубликована: 20.02.2023

ПОЛУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Научная статья

Аннотация

В статье представлены результаты исследований, проведённых в 2019-2021 гг., в которых изучалось 4 режима орошения дождеванием с предполивными порогами влажности почвы 65-65-60, 70-70-65, 75-75-70, 80-80-75 % HB на фоне 4-х доз минеральных удобрений N₇₀P₃₀K₂₃, N₁₀₅P₄₅K₃₄, N₁₄₀P₆₀K₄₅ and N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг.д.в./га в условиях Юга России. Результаты полевых опытов показали, что для достижения урожайности хлопчатника 2 т/га установлено 3 варианта сочетаний изучаемых факторов, из которых наиболее эффективным являлось поддержание предполивной влажности почвы 65-65-60 % HB и внесение повышенных доз удобрений N₁₀₅P₄₅K₃₄ кг д. в./га рассчитанных под урожайность 3 т/га, так как при таком сочетании изучаемых факторов урожайность хлопка-сырца составила 1,94 т/га при наименьших затратах оросительной воды (ЗОВ) 914 м³/т и коэффициенте водопотребления (Кв) 1387 м³/т. Для получения урожайности 3 т/га из 3-х вариантов наибольшая эффективность наблюдалась при уровне водообеспеченности 65-65-60 % HB в сочетании с повышенными дозами удобрений N₁₄₀P₆₀K₄₅ кг д. в./га (под урожайность 4 т/га). Здесь

урожайность хлопка-сырца составила 2,92 т/га при наиболее эффективном использовании воды (ЗОВ составляли 596, а Кв – 905 м³/т). Лучшим сочетанием изучаемых факторов для получения урожайности 4 т/га из 2-х установленных являлся вариант с поддержанием предполивного порога влажности почвы 75-75-70 % НВ и уровнем удобрённости N₁₄₀P₆₀K₄₅ кг д. в./га (под урожайность 4 т/га). Затраты оросительной воды здесь составляли 522 м³/т, коэффициент водопотребления – 704 м³/т, а урожайность хлопка-сырца – 4,21 т/га. Среди 3-х вариантов сочетаний изучаемых факторов для получения урожайности 5 т/га наибольшей эффективностью обладал вариант, сочетающий предполивную влажность почвы 75-75-70 % НВ и внесение минеральных удобрений дозами N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг д. в./га (под урожайность 5 т/га), так как здесь наблюдалась максимальная урожайность хлопка-сырца 5,14 т/га, одновременно с минимальными ЗОВ – 432 и Кв – 581 м³/т.

Ключевые слова: дождевание, урожайность хлопка-сырца, сочетания режима орошения и доз удобрений.

1. Введение

Несмотря на свою относительно высокую засухоустойчивость хлопчатник хорошо реагирует на улучшение обеспеченности растений водой. При орошении в сочетании с внесением удобрений эта культура позволяет получить значительно больший урожай. Поэтому в мире проводится множество исследований, направленных на изучение особенностей выращивания хлопчатника на орошаемых землях. Наиболее активно такие научные изыскания с использованием различных способов орошения проводятся в странах-лидерах по производству хлопка: в Китае [1], [2], [3], США [4], [5], [6] и Индии [6], [7], [8], [9].

Возрождение отечественного хлопководства в современных условиях обладает особым значением. Сегодня всё хлопковое волокно наша страна закупает из-за рубежа, однако в последние годы страны-экспортёры этого ресурса, включая наиболее крупнейшего в Среднеазиатском регионе - Республику Узбекистан, наращивают объёмы переработки хлопка внутри страны и экспорт уже готовой продукции, которая обладает значительно большей рентабельностью. По этой причине для того, чтобы обеспечить сырьём собственные хлопкоперерабатывающие комбинаты необходимо выращивать хлопчатник на территории нашей страны [10], [11].

Учитывая актуальность направления в период 2019-2021 гг. на опытном поле Волгоградского ГАУ нами был заложен опыт, цель которого заключалась в разработке оптимального режима орошения хлопчатника при поливе дождеванием в сочетании с внесением расчётных доз минеральных удобрений для получения урожайности 2-5 т/га хлопка-сырца.

Задача, заключающаяся в экспериментальном определении наиболее эффективных сочетаний водного режима почвы и уровня минерального питания для получения урожайности 2, 3, 4 и 5 т/га хлопка-сырца была одной из основных в наших полевых опытах.

2. Методы исследования

Опытный участок находился недалеко от г. Волгограда в Волго-Донском междуречье. Волгоградская область является типичным регионом Нижнего Поволжья. Данная территория обладает резко континентальным климатом с жарким, сухим летом и холодной, малоснежной зимой [12]. Обеспеченность осадками в наших опытах устанавливалась по гидротермическому коэффициенту (ГТК) Г.Т. Селянинова. По этому показателю все три года исследований характеризовались как острозасушливые (ГТК < 0,4).

Почвы участка светло-каштановые, средне- и тяжёлосуглинистые.

В наших опытах мы изучали 2 фактора. Первый фактор – водный режим почвы, представленный 4 вариантами режима орошения с различной предполивной влажностью почвы в следующие периоды роста и развития: «посев – цветение», «цветение – плодообразование», а также «окончание плодообразования – созревание»: 65-65-60 (РО-1), 70-70-65 (РО-2), 75-75-70 (РО-3) и 80-80-75 (РО-4) % НВ.

Второй фактор – различные дозы минеральных удобрений, представленные так же 4 вариантами: N₇₀P₃₀K₂₃ (ДУ-1), N₁₀₅P₄₅K₃₄ (ДУ-2), N₁₄₀P₆₀K₄₅ (ДУ-3) и N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг д. в./га (ДУ-4).

В исследованиях использовали хлопчатник сорта «ПГССХ-1», который был выведен специально для почвенно-климатических условий нашей области учёными из Волгоградского ГАУ совместно с коллегами из Узбекистана [13].

Определение наиболее эффективных сочетаний изучаемых факторов для получения различных уровней урожайности устанавливали по величине отклонения полученной биологической урожайности от рассматриваемого значения, показателям продуктивности использования растениями влаги для формирования 1 т хлопка-сырца (затраты оросительной воды (ЗОВ) и коэффициентам водопотребления (Кв)), а также по количеству использованной в течении вегетации поливной воды (оросительная норма (М)) и величине суммарного водопотребления (Е).

3. Результаты и их обсуждение

Величина предполивной влажности почвы и уровень её удобрённости являются основными урожаяобразующими факторами для получения стабильно высоких урожаев.

По результатам изучения 16 сочетаний исследуемых факторов было установлено, что урожайность хлопка-сырца в среднем за 2019-2021 гг. находилась в пределах 1,33-5,11 т/га. Это позволяет нам составить широкий перечень сочетаний режима орошения и уровня удобрённости почвы для получения урожайности хлопчатника 2-5 т/га при орошении дождеванием.

Варианты сочетаний данных факторов для получения 2, 3, 4 и 5 т/га хлопка-сырца при дождевании в среднем за 2019-2021 гг. приведены в таблице 1.

В таблице представлены сочетания урожайобразующих факторов, позволяющие получать различные уровни урожайности хлопчатника $\pm 10\%$.

Результаты исследований показали, что при орошении дождеванием для получения урожайности хлопка-сырца на уровне 2 т/га было установлено 3 варианта, сочетающих уровень водообеспеченности и внесение удобрений различными дозами.

На двух вариантах сочетания изучаемых факторов для получения урожайности 2 т/га удобрения были внесены дозами $N_{70}P_{30}K_{23}$ кг д. в./га (под урожайность 2 т/га) в сочетании с нижним порогом влажности почвы в активном слое 80-80-75 и 75-75-70 % НВ. При поддержании влажности почвы перед поливом не ниже 80-80-75 % НВ была получена наименьшая урожайность хлопка-сырца 1,85 т/га (отклонение полученной урожайности составило 7,5 %) при наиболее высоких значениях затрат оросительной воды 1374 м³/т и коэффициента водопотребления 1736 м³/т, а также наибольшей оросительной норме и суммарном водопотреблении соответственно равных 2470 и 3140 м³/га.

Таблица 1 – Сочетания водного режима почвы и доз внесения удобрений для получения различной урожайности хлопчатника при поливе дождеванием в среднем за 2019-2021 гг.

Урожайность, т / га		Отклонения полученной урожайности		Варианты опыта			Показатели продуктивности использования растениями влаги, м ³ /т		Оросительная норма (М), м ³ /га	Суммарное водопотребление (Е), м ³ /га
Различные уровни	Полученная	т / га	%	Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Дозы внесения минеральных удобрений		Затраты оросительной воды (ЗОВ)	Коэффициент водопотребления (Кв)		
					под урожайность, т/га	кг. д. в. / га				
2	1,85	- 0,15	- 7,5	80 - 80 - 75	2	$N_{70}P_{30}K_{23}$	1374	1736	2470	3140
	1,94	- 0,06	- 3,0	65 - 65 - 60	3	$N_{105}P_{45}K_{34}$	914	1387	1730	2625
	2,18	+ 0,18	+ 9,2	75 - 75 - 70	2	$N_{70}P_{30}K_{23}$	1023	1374	2190	2955
3	2,81	- 0,19	- 6,3	80 - 80 - 75	3	$N_{105}P_{45}K_{34}$	888	1126	2470	3140
	2,92	- 0,08	- 2,8	65 - 65 - 60	4	$N_{140}P_{60}K_{45}$	596	905	1730	2625
	3,11	+ 0,11	+ 3,7	75 - 75 - 70	3	$N_{105}P_{45}K_{34}$	710	956	2190	2955
4	3,93	- 0,07	- 1,7	80 - 80 - 75	4	$N_{140}P_{60}K_{45}$	631	801	2470	3140
	4,21	+ 0,21	+ 5,3	75 - 75 - 70	4	$N_{140}P_{60}K_{45}$	522	704	2190	2955
5	4,51	- 0,49	- 9,8	70 - 70 - 65	5	$N_{175}P_{75}K_{56}$	444	627	1977	2802
	4,74	- 0,26	- 5,3	80 - 80 - 75	5	$N_{175}P_{75}K_{56}$	524	665	2470	3140
	5,14	+ 0,14	+ 2,9	75 - 75 - 70	5	$N_{175}P_{75}K_{56}$	428	577	2190	2955

На варианте с предполивной влажностью 75-75-70 % НВ полученная урожайность (2,18 т/га) имела наибольшее отклонение – +9,2 %, ЗОВ и Кв по сравнению с предыдущим вариантом снизились до 1023 и 1374 м³/т, а количество только поливной воды и влаги из всех источников на 1 га – до 2190 и 2955 м³.

Наибольшая эффективность была получена на варианте, сочетающем режим орошения с влажностью активного слоя почвы перед поливом 65-65-60 % НВ и внесение удобрений повышенными дозами $N_{105}P_{45}K_{34}$ кг д.в./га, рассчитанных на получение 3 т/га хлопка-сырца. При таком сочетании расход только оросительной воды и общий расход влаги для получения 1 т продукции были наименьшими и составляли соответственно 914 и 1387 м³, а оросительная норма и суммарное водопотребление – 1730 и 2625 м³/га.

Для получения урожайности хлопчатника 3 т/га при дождевании было установлено 3 варианта.

Два сочетания изучаемых факторов включали удобренность почвы на уровне $N_{105}P_{45}K_{34}$ кг д.в./га (под урожайность 3 т/га) при различном уровне водообеспеченности посевов: 80-80-75 и 75-75-70 % НВ. При поддержании уровня водообеспеченности 80-80-75 % НВ продуктивность хлопчатника (2,81 т/га) имела максимальное отклонение -6,3 %. Затраты только поливной воды и коэффициент общего расхода влаги на единицу продукции достигали максимума (соответственно 888 и 1126 м³/т), а количество использованной в течении вегетации поливной воды и суммарное водопотребление растений хлопчатника – 2470 и 3140 м³/га.

Более высокая урожайность хлопка-сырца 3,11 т/га с отклонением +3,7 % была получена на варианте с влажностью активного слоя почвы не ниже 75-75-70 % НВ. В то же время для формирования 1 т хлопка-сырца на этом варианте потребовалось меньшее количество воды: ЗОВ здесь снизились до 710 м³/т, а Кв – до 956 м³/т. Это происходило за счёт снижения М до 2190 м³/га и Е до 2955 м³/га.

На третьем варианте сочетания изучаемых факторов поддерживался уровень водообеспеченности 65-65-60 % НВ, а удобрения были внесены повышенными дозами $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д. в./га под урожайность хлопчатника 4 т/га. Полученная при таком сочетании урожайность хлопка-сырца 2,92 т/га имела наименьшее отклонение – -2,8 %. Также здесь были получены наименьшие значения ЗОВ – 596 м³/т, Кв – 905 м³/т, оросительной нормы – 1730 м³/га и суммарного водопотребления – 2625 м³/га.

Проведённые полевые опыты показали, что при дождевании для получения урожайности хлопка 4 т/га имеется 2 варианта сочетаний режима орошения и уровня удобрения почвы.

На обоих вариантах удобрения были внесены дозами $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д. в./га под урожайность хлопка-сырца 4 т/га в сочетании с разными предполивными порогами влажности: 80-80-75 и 75-75-70 % НВ. При сравнении этих вариантов видно, что большее отклонение (+5,3 %) наблюдалось при поддержании влажности почвы в течении вегетации не ниже 75-75-70 % НВ, однако остальные рассматриваемые показатели здесь были меньше: ЗОВ – 522 м³/т, Кв – 704 м³/т, М – 2190 м³/га и Е – 2955 м³/га.

При поддержании перед поливом влажности почвы не ниже 80-80-75 %НВ отклонение полученной урожайности снизилось до -1,7 %, но в то же время ЗОВ и Кв выросли соответственно до 631 и 801 м³/т, а оросительная норма и суммарное водопотребление хлопчатника – до 2470 и 3140 м³/га.

Для получения урожайности хлопчатника 5 т/га было выявлено 3 сочетания изучаемых факторов, при которых дозы минеральных удобрений составляли $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг д. в./га (под урожайность хлопчатника 5 т/га), но отличающихся предполивным порогом влажности почвы.

Менее эффективно показал себя режим орошения с уровнем водообеспеченности 80-80-75 % НВ потому, что урожайность хлопка-сырца здесь составила 4,74 т/га (отклонение -5,3 %), рассматриваемые показатели продуктивности использования влаги для получения единицы продукции были наибольшими и составляли соответственно 524 и 665 м³/т, а количество поливной воды за сезон и водопотребление растений – 2470 и 3140 м³/га.

Более высокая эффективность, но с наименьшей полученной урожайностью 4,51 т/га и наибольшим отклонением - 9,8 % наблюдалась при уровне водообеспеченности растений 70-70-65 % НВ. На этом варианте ЗОВ и Кв снизились соответственно до 444 и 627 м³/т, а оросительная норма и суммарное водопотребление – до 1977 и 2802 м³/га.

При поддержании предполивной влажности почвы в течении вегетации не ниже 75-75-70 %НВ продуктивность хлопчатника увеличилась до 5,14 т/га с наименьшим отклонением +2,9 %, ЗОВ и Кв снизились до наименьших значений 432 и 581 м³/т, а количество понадобившейся поливной воды и общий расход воды за сезон составляли 2190 и 2955 м³/га.

В результате, наши научные изыскания показали, что при повышении уровня урожайности хлопчатника от 2 до 5 т/га количество оросительной воды для производства одной тонны хлопка-сырца снижалось от 914-1374 до 428-524 м³, а общий расход (Кв) – от 1374-1736 до 577-665 м³/т.

4. Заключение

Таким образом, проведённые в 2019-2021 гг. полевые исследования при поливе дождеванием показали, что наиболее эффективным сочетанием водного режима и удобрения почвы для достижение урожайности хлопчатника на уровне 2 т/га является обеспечение влажности почвы в течении вегетации не ниже 65-65-60 % НВ и использование удобрений повышенными дозами $N_{105}P_{45}K_{34}$ кг д.в./га рассчитанных под урожайность 3 т/га, так как при таком сочетании изучаемых факторов были получены наименьшие значения затрат оросительной воды 914 м³/т, коэффициента водопотребления 1387 м³/т, оросительной нормы 1730 м³/га и суммарного водопотребления 2625 м³/га при полученной урожайности хлопка-сырца 1,94 т/га с наименьшим отклонением -3,0 %.

Для получения урожайности хлопчатника 3 т/га наибольшая эффективность наблюдалась при сочетании уровня водообеспеченности 65-65-60 % НВ и увеличенного уровня минерального питания $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д.в./га под урожайность хлопчатника 4 т/га, так как на этом варианте наблюдались наименьшие ЗОВ – 596 м³/т, Кв – 905 м³/т, оросительная норма – 1730 м³/га и суммарное водопотребление – 2625 м³/га, одновременно с наименьшим отклонением полученной урожайности (2,92 т/га) -2,8 %

Урожайность хлопчатника 4 т/га с наибольшей эффективностью была достигнута при сочетании поливного режима с влажностью почвы перед поливом не ниже 75-75-70 % НВ и удобрения почвы на уровне $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д.в./га (под урожайность 4 т/га). Затраты оросительной воды здесь были наименьшими и составляли 522 м³/т, коэффициент водопотребления – 704 м³/т, оросительная норма – 2190 м³/га и суммарное водопотребление – 2955 м³/га, при наибольшей полученной урожайности хлопка-сырца 4,21 т/га с отклонением +5,3 %.

Среди вариантов сочетаний изучаемых факторов для получения урожайности хлопчатника 5 т/га наибольшей эффективностью обладал вариант, сочетающий нижний порог влажности в активном слое почвы 75-75-70 % НВ и уровень минерального питания $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг д.в./га (под урожайность хлопчатника 5 т/га), так как здесь наблюдалась максимальная полученная урожайность хлопка-сырца 5,14 т/га с наименьшим отклонением +2,9 %, одновременно с минимальными ЗОВ – 432 м³/т и Кв – 581 м³/т при оросительной норме 2190 м³/га и суммарном водопотреблении 2955 м³/га.

Также наши исследования показали, что с увеличением уровня урожайности хлопчатника от 2 до 5 т/га количество оросительной воды для производства одной тонны хлопка-сырца снижалось от 914-1374 до 428-524 м³, а общий объём влаги из всех источников – от 1374-1736 до 577-665 м³/т.

Funding

The research work was carried out in accordance with the Academic Support Program for 2019-2021 provided by the Volgograd State Agrarian University.

Финансирование

Научно-исследовательская работа выполнена в соответствии с Программой академической поддержки в 2019-2021 гг., предоставленной Волгоградским государственным аграрным университетом.

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

References

1. Minghui C. Water productivity and seed cotton yield in response to deficit irrigation: A global meta-analysis / C. Minghui, W. Haidong, F. Junliang [et al.] // *Agricultural Water Management*. — 2021. — Vol. 255. — No. 107027.
2. Li J. Increasing Crop Productivity in an Eco-Friendly Manner by Improving Sprinkler and Micro-Irrigation Design and Management: A Review of 20 Years' Research at the IWHR / J. Li // *China Irrigation and Drainage*. — 2018. — Vol. 67(1). — P. 97-112.
3. Yaohu K. Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in an arid region with saline ground water of Northwest China / K. Yaohu, W. Ruoshui, W. Shuqin [et al.] // *Agricultural Water Management*. — 2012. — Vol. 109. — P. 117-126.
4. Timothy S.G. Rainwater use by cotton under subsurface drip and center pivot irrigation / S.G. Timothy, J.L. Robert // *Agricultural Water Management*. — 2019. — Vol. 215. — P. 1-7.
5. Bronson K. Improving Nitrogen Fertilizer Use Efficiency in Surface- and Overhead Sprinkler-Irrigated Cotton in the Desert Southwest / K. Bronson, D. Hunsaker, J. Mon // *Soil Science Society of America Journal*. — 2017. — Vol. 81(6). — P. 1401-1412.
6. Hong L. Deficit irrigation for enhancing sustainable water use: Comparison of cotton nitrogen uptake and prediction of lint yield in a multivariate autoregressive state-space model / L. Hong, J. Robert // *Environmental and Experimental Botany*. — 2011. — Vol. 71. — P. 224-231.
7. Sajjan S. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment / S. Sajjan, P. Suresh, L. Panna // *Agricultural Water Management*. — 2016. — Vol. 169. — P. 14-25.
8. Kaur A. Response of Bt cotton to nitrogen under drip and check basin method of irrigation under Punjab conditions / A. Kaur, S. Singh, K. Sekhon [et al.] // *Research on Crops*. — 2012. — Vol. 13(2). — P. 708-710.
9. Sampathkumar T. Influence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton–maize cropping sequence / T. Sampathkumar, B. J. Pandian, M. V. Rangaswamy [et al.] // *Agricultural Water Management*. — 2013. — Vol. 130. — P. 90-102.
10. Иванов В.М. Хлопчатник в Нижнем Поволжье: монография / В.М. Иванов, Р.К. Туз. — Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. — 132 с.
11. Овчинников А. С. Функциональное моделирование процессов выращивания хлопчатника / А. С. Овчинников, О. В. Кочеткова, И. Ю. Подковыров [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. — Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. — № 3 (47). — С. 258-266.
12. Русеева З.М. Агроклиматический справочник по Волгоградской области / З.М. Русеева // М.: Let Me Print, 2012. — 146 с.
13. Ovchinnikov A.S. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils / A.S. Ovchinnikov, O.H. Kimsanbaev, V.A. Antonov [et al.] // *E3S Web of Conferences*, 2020. — Vol. 203.

References in English

1. Minghui C. Water productivity and seed cotton yield in response to deficit irrigation: A global meta-analysis / C. Minghui, W. Haidong, F. Junliang [et al.] // *Agricultural Water Management*. — 2021. — Vol. 255. — No. 107027.
2. Li J. Increasing Crop Productivity in an Eco-Friendly Manner by Improving Sprinkler and Micro-Irrigation Design and Management: A Review of 20 Years' Research at the IWHR / J. Li // *China Irrigation and Drainage*. — 2018. — Vol. 67(1). — P. 97-112.
3. Yaohu K. Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in an arid region with saline ground water of Northwest China / K. Yaohu, W. Ruoshui, W. Shuqin [et al.] // *Agricultural Water Management*. — 2012. — Vol. 109. — P. 117-126.
4. Timothy S.G. Rainwater use by cotton under subsurface drip and center pivot irrigation / S.G. Timothy, J.L. Robert // *Agricultural Water Management*. — 2019. — Vol. 215. — P. 1-7.
5. Bronson K. Improving Nitrogen Fertilizer Use Efficiency in Surface- and Overhead Sprinkler-Irrigated Cotton in the Desert Southwest / K. Bronson, D. Hunsaker, J. Mon // *Soil Science Society of America Journal*. — 2017. — Vol. 81(6). — P. 1401-1412.
6. Hong L. Deficit irrigation for enhancing sustainable water use: Comparison of cotton nitrogen uptake and prediction of lint yield in a multivariate autoregressive state-space model / L. Hong, J. Robert // *Environmental and Experimental Botany*. — 2011. — Vol. 71. — P. 224-231.
7. Sajjan S. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment / S. Sajjan, P. Suresh, L. Panna // *Agricultural Water Management*. — 2016. — Vol. 169. — P. 14-25.
8. Kaur A. Response of Bt cotton to nitrogen under drip and check basin method of irrigation under Punjab conditions / A. Kaur, S. Singh, K. Sekhon [et al.] // *Research on Crops*. — 2012. — Vol. 13(2). — P. 708-710.
9. Sampathkumar T. Influence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton–maize cropping sequence / T. Sampathkumar, B. J. Pandian, M. V. Rangaswamy [et al.] // *Agricultural Water Management*. — 2013. — Vol. 130. — P. 90-102.
10. Ivanov V.M. Hlopchatnik v Nizhnem Povolzh'e: monografiya [Cotton in the Lower Volga region: monograph] / V.M. Ivanov, R.K. Ace // *Volgograd: Volgograd State Agrarian University*, 2015. — 132 p. [in Russian]

11. Ovchinnikov A. S. Funkcional'noe modelirovanie processov vyrashchivaniya hlochatnika [Functional modeling of cotton growing processes] / A. S. Ovchinnikov, O. V. Kochetkova, I. Yu. Podkovyrov [et al.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education]. — Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2017. — № 3 (47). — P. 258-266. [in Russian]

12. Ruseeva Z.M. Agroklimaticheskij spravochnik po Volgogradskoj oblasti [Agro-climatic guide for the Volgograd region] / Z.M. Ruseeva // M.: Let Me Print, 2012. — 146 p. [in Russian]

13. Ovchinnikov A.S. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils / A.S. Ovchinnikov, O.H. Kimsanbaev, V.A. Antonov [et al.] // *E3S Web of Conferences*, 2020. — Vol. 203.