



Агротехнологии и мелиорация земель Agricultural technologies and land reclamation

DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-554-565


EDN: MOIZVK

УДК 631.67:633.11

Научная статья / Research article

Влияние прецизионного орошения на водный режим и продуктивность озимой пшеницы

А.Н. Бабичев , Д.П. Сидаренко  

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск,
Российская Федерация
 sidarenko1@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — установление влияния прецизионного орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями на продуктивность озимой пшеницы. Исследования проводили на орошаемой пашне в Ростовской области. Схема опыта включает 3 повторности. Климат района проведения исследований — засушливый, но недостаточно жаркий. Сумма температур за период вегетации сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 3000...3200 °С, среднеголетняя сумма осадков за год — 470 мм, за вегетационный период выпадает 285 мм. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным. По гранулометрическому составу почвы по всему профилю представлены в основном суглинками тяжелыми, на глубине 130–160 см переходящими в суглинок средний. Структурное состояние при сухом просеивании и водопрочность агрегатов характеризуются как отличные. Наименьшая влагоемкость почвы для 0–60-сантиметрового слоя составляет 28,3 %, согласно существующей классификации, она хорошая. Плотность почвы в слое 0,6 м составляет 1,27 т/м³, а в метровом слое — 1,33 т/м³. Дифференцированные дозы удобрений на фоне технологий орошения, изучаемых по вариантам опыта, оказали существенное влияние на продуктивность озимой пшеницы. Так

© Бабичев А.Н., Сидаренко Д.П., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

на вариантах опыта без орошения коэффициент водопотребления озимой пшеницы составил по годам исследования от 890,8 до 1343,6 м³/т, применение рекомендуемой системы орошения позволило сократить его величину до 725,9...1327,3 м³/т, а технология прецизионного орошения — до 883,1 м³/га до 681,6...1147,6 м³/т. Выявлено преимущество прецизионной технологии орошения и внесения минеральных удобрений, применение которой в различные по метеорологическим показателям годы обеспечило получение урожая озимой в сравнении с рекомендуемой технологией выше в среднем на 0,55 т/га, а в сравнении с вариантами без орошения — на 3,49 т/га. Внедрение современных высокоточных технологий орошения повысит конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции, получаемой на орошаемых землях.

Ключевые слова: водопотребление, сельскохозяйственная культура, минеральные удобрения, урожайность, Ростовская область

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Финансирование. Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания Минсельхоза России на 2019–2020 гг. ФГБНУ «РосНИИПП».

История статьи: поступила в редакцию 26 марта 2021 г., принята к публикации 23 августа 2023 г.

Для цитирования: *Бабичев А.Н., Сидаренко Д.П.* Влияние прецизионного орошения на водный режим и продуктивность озимой пшеницы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 554—565. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-554-565

Effects of precision irrigation on water regime and productivity of winter wheat

Alexander N. Babichev , Dmitry P. Sidarenko  

Russian Research Institute of Land Improvement Problems, *Novocherkassk, Russian Federation*
 sidarenko1@mail.ru

Abstract. The aim of the research was to establish the effect of precision irrigation with varying mineral fertilizer availability on winter wheat productivity. Studies were carried out on irrigated arable land in the Rostov region. The test scheme included 3 replications. The climate of the research area is arid but not hot enough. The sum of temperatures for growing period is in the range of 3000...3200 °C, the average annual precipitation is 470 mm, for the growing period — 285 mm. The soil cover of the experimental site is chernozem. According to the granulometric composition of the soil, the entire profile is represented mainly by heavy loam, turning into medium loam at a depth of 130–160 cm. The structural state in dry sieving and the water resistance of the aggregates are characterized as excellent. The lowest water-holding capacity for 0–60-centimeter layer is 28.3 %, which is good according to the existing classification. Soil density in 0.6 m layer is 1.27 t/m³, and in 1.0 m layer — 1.33 t/m³. Differentiated doses of fertilizers against the background of irrigation technologies studied in variants had a significant impact on productivity of winter wheat. Thus, in the variants with no irrigation, water consumption coefficient of winter wheat was 890.8 to 1343.6 м³/т; using the recommended irrigation system reduced its value to 725.9...1327.3 м³/т, and the precision irrigation technology provided a reduction in the value of water consumption coefficient to 681.6...1147.6 м³/т. The conducted studies revealed advantage of precision irrigation technology and mineral fertilizers, the use of which in different years provided higher winter crop yield by an average of 0.55 t/ha in comparison with the recommended technology, and, in comparison with variants

without irrigation — by 3.49 t/ha. The introduction of modern high-precision irrigation technologies will make agricultural products produced on irrigated land more competitive.

Keywords: water consumption, crop, mineral fertilizers, yield, Rostov region

Conflicts of interest: The authors declared no conflicts of interest.

Funding. The work was performed on a government assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for 2019–2020 by Russian Research Institute of Land Improvement Problems.

Article history: Received: 26 March 2021. Accepted: 23 August 2023.

For citation: Babichev AN, Sidarenko DP. Effects of precision irrigation on water regime and productivity of winter wheat. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(4):554–565. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-554-565

Введение

За несколько последних десятилетий в Ростовской области сформировалась тенденция, которая имеет направленность к изменению природно-климатических условий в направлении аридизации, что делает крайне затруднительным возделывание основных сельскохозяйственных культур. Озимая пшеница одна из основных зерновых культур, которые возделываются на юге России, в частности в Ростовской области. Как известно, озимая пшеница эффективно использует осадки, выпадающие осенью и весной, и практически не реагирует на летние засухи, в отличие от яровых культур.

Ранее планировалось, что период до 2020 г. площадь занятая озимыми культурами в Ростовской области, возрастет до 2,5 млн га, при этом на долю озимой пшеницы будет приходиться около 96 % площади, занятой озимыми культурами. Значительная часть пахотных земель на юге Российской Федерации располагается в зоне недостаточного увлажнения, т.е. возделывание на вышеуказанных землях основных сельскохозяйственных культур и получение стабильных урожаев возможно при условии применения орошения. Существующие способы орошения зачастую не отвечают экономическим и экологическим требованиям, которые сложились в последнее время в сельхозтоваропроизводстве, что делает продукцию, получаемую на орошаемых землях, мало конкурентоспособной и мешает восстановлению ранее применяемых оросительных систем [1–3].

В этих условиях совершенствование приемов возделывания сельскохозяйственных культур, в частности озимой пшеницы, должно основываться на рациональном использовании водных, минеральных, энергетических и материальных ресурсов, в связи с чем актуальной становится разработка водосберегающих технологий орошения¹ [4–8].

Цель исследования — установить влияние на продуктивность озимой пшеницы прецизионного орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями.

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на орошаемой пашне в Ростовской области. Климат района проведения исследований характеризуется, как засушливый и вместе с тем недостаточно жаркий. Сумма температур за период вегетации сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 3000...3200 °С, среднемноголетняя сумма осадков за год — 470 мм, за вегетационный период — 285 мм, Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным среднемощным низкогумусным на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое (0–30 см) составляет в среднем 3,7 %, мощность гумусового горизонта — до 65 см. По гранулометрическому составу почвы по всему профилю представлены в основном суглинками тяжелыми Ст, на глубине 130–160 см переходящие в суглинок средний Сср. Структурное состояние при сухом просеивании и водопрочность агрегатов характеризуются как отличные.

Схема опыта включает 3 повторности. Опыт многофакторный. В опыте изучались различные технологии орошения и минерального питания озимой пшеницы.

Технологии орошения:

- 1) без орошения;
- 2) рекомендованная зональными системами земледелия;
- 3) прецизионная технология.

Поливы по рассматриваемым вариантам опыта проводились в одни и те же сроки, поливными нормами 400 м³/га (по рекомендациям зональных систем земледелия (ЗСЗ)) и 388 м³/га (прецизионная технология). Оросительная норма по ЗСЗ изменялась от 2000 м³/га (5 поливов) в более влажном 2019 г. до 2800 м³/га (7 поливов) в более засушливом 2020 г. По прецизионной технологии соответственно 1552...2366 м³/га. Критерием для назначения полива служил порог 80 % наименьшей влагоемкости в слое почвы 0,6 м.

Под озимую пшеницу удобрения вносились по следующей схеме:

- 1) без удобрений;
- 2) N₁₈₀ P₆₅ K₄₀ (рекомендованная ЗСЗ);
- 3) N₁₆₀ P₆₅ K₄₀ (прецизионное внесение).

Азотные удобрения вносились в подкормку в виде аммиачной селитры (34,5 %) в фазу кущения и выхода в трубку. Фосфорные и калийные удобрения вносились под основную обработку. Дифференцированные дозы удобрений при прецизионной технологии рассчитывали на основе данных листовой диагностики и вносили с использованием портативных N-сенсоров, установленных на подкормочных агрегатах.

Общая площадь делянки — 92 м², учетная площадь — 50 м². Учет урожайности озимой пшеницы осуществлялся по методике полевого опыта, обработка полученных результатов проводилась по установленной в математической статистике методике¹.

Применение прецизионных (точных) технологий орошения — это стратегическое будущее конкурентоспособного орошаемого сектора сельского хозяйства России. Дождевальные машины для этих технологий должны обеспечивать точное

управление продукционными процессами орошения сельскохозяйственных культур. Как правило, они должны реализовать самоконтроль качества выполняемых технологических операций в увязке с изменяющимися природно-климатическими условиями [9–11].

Алгоритм функционирования системы управления такой дождевальнoй машины выглядит следующим образом. Гиперспектральная камера осуществляет съемку растительности в заданном секторе по мере перемещения дождевальнoй машины. Затем получаемые данные в процессе съемки обрабатываются в режиме онлайн, для чего осуществляется сборка гиперспектральных изображений, по которым определяются вегетационные индексы, полученные изображения разбиваются на участки, за полив которых ответственны отдельно взятые дождеватели, оснащенные управляемыми электромагнитными клапанами.

Учитывая индивидуальные особенности растений на разных почвах и в разных климатических условиях, совершенно ясно, что никаких абсолютно точных показателей для определения влажности почвы получить нельзя. Предлагается метод, который позволит устанавливать, испытывают ли растения стресс от недостатка влажности или нет на каждом сегменте поля [12–15].

Данные о влажности растений по сегментам поля и позиционировании дождевальнoй машины на поле, полученные дистанционным зондированием с помощью гиперспектральной камеры, установленной на дождевальнoй машине, обрабатывает установленный на ней же процессор, что позволяет реализовать технологию прецизионного орошения, когда на каждый сегмент поля подается дозированный объем воды с расчетом выравнивания влажности почвы на всем поле при каждом поливе. Представленный метод дает возможность в режиме онлайн производить расчет вегетационных индексов, таких как NDVI и индекса влажности WBI [14, 15].

Результаты исследования и обсуждение

Погодные условия 2018–2019 сельскохозяйственного года можно охарактеризовать как благоприятные для возделывания озимой пшеницы, ее роста и развития. Средняя годовая температура воздуха была выше среднемноголетнего показателя на 0,3 °С, в период колошения — цветения озимой пшеницы средняя температура превышала многолетний показатель также на 0,3 °С (табл. 1). Средняя температура воздуха за период вегетации озимой пшеницы на 0,6 °С превышала среднемноголетнее значение. Среднегодовое количество осадков было значительно больше среднемноголетнего показателя, однако распределение их по году крайне неравномерное. Озимая пшеница положительно реагирует на посев в хорошо увлажненную почву и высокие запасы влаги в почве весной. Крайне требовательны зерновые культуры во влаге в почве в межфазном периоде выхода в трубку — колошения. В этот период выпало 93 мм осадков, что практически равно среднемноголетнему значению. Влажность воздуха в среднем за год была на 4 % ниже среднемноголетнего показателя. В этом году сложились достаточно хорошие условия для перезимовки озимой пшеницы — по мощности снежного покрова и температуре воздуха.

**Метеоданные по сельскохозяйственным годам проведения исследований
(по данным метеостанции г. Ростова-на-Дону*)**

Показатели	Годы исследований		Среднегодовое значения за период 2008–2019 гг.
	2018–2019	2019–2020	
Средняя температура воздуха, °С	11,3	11,8	11,0
Средняя температура воздуха за период вегетации озимой пшеницы, °С	19,1	16,7	18,5
Сумма осадков, мм	710	464	614
Количество осадков за вегетацию, мм	301	164	243
Средняя относительная влажность над поверхностью земли, %	68	65	72
Средняя температура воздуха зимы, °С	–0,7	2,1	–0,4
Мощность снежного покрова, см	7,7	4,5	4,5

* Метеоданные взяты с <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34730.htm>

Table 1

**Weather data for agricultural years of research
(according to the weather station of Rostov-on-Don*)**

Indicators	Years		Average long-term data (for 2008–2019)
	2018–2019	2019–2020	
Average air temperature, °C	11.3	11.8	11.0
Average air temperature during winter wheat vegetation period, °C	19.1	16.7	18.5
Precipitation, mm	710	464	614
Precipitation per vegetation, mm	301	164	243
Average relative humidity at the surface, %	68	65	72
Average air temperature in winter, °C	–0.7	2.1	–0.4
Snow height, cm	7.7	4.5	4.5

*Meteorological data are from <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34730.htm>

Погодные условия 2019–2020 сельскохозяйственного года (см. табл. 1) существенно отличались от предыдущего периода, их можно считать менее благоприятными. Так средняя годовая температура воздуха была выше среднегодового показателя на 0,8 °С, в период колошения цветения озимой пшеницы средняя температура превышала многолетний показатель на 0,3 °С. За период вегетации озимой пшеницы средняя температура воздуха была на 1,8 °С ниже среднегодового значения. Среднегодовое количество осадков в 1,3 раза меньше сред-

немноголетнего показателя, и распределение их по году крайне неравномерное. В период выход в трубку — колошение сумма выпавших осадков была на 7 мм ниже среднеемноголетнего значения. Влажность воздуха в среднем за год была на 7 % ниже среднего показателя, зимой мощность снежного покрова была ниже, чем в предшествующий сельскохозяйственный год, а температура воздуха выше.

Наиболее критическим, влияющим на качество зерна периодом для озимой пшеницы считается период цветения — молочно-восковой спелости. Критические периоды по срокам их наступления могут зависеть от целого ряда факторов: почвенно-климатических условий, запасов влаги, содержания питательных элементов, сорта, сроков сева, предшественника. Важно своевременно определить начало наступления критического периода с целью своевременной корректировки нормы орошения.

Зачастую складывается противоречивая обстановка, когда на одной опытной деланке растения развиваются крайне неравномерно: те, что находятся в массиве, более медленно созревают, чем те, которые располагаются по краям опытной деланки. Наступление каждой фазы устанавливают глазомерно по внешним морфологическим признакам растения, характеризующим количественные и качественные изменения, происходящие в живом организме.

По годам проведения исследований существенно различалась сумма осадков за вегетацию озимой пшеницы. В 2019 г. этот показатель был выше среднеемноголетнего в 1,2 раза, а в 2020 г. наоборот, за вегетацию осадков выпало в 1,5 раза меньше среднеемноголетнего значения. Мы исследовали режимы орошения озимой пшеницы на вариантах опыта, в которых озимая пшеница возделывалась без орошения и удобрения, т.е. заведомо закладывался дефицит влаги и питательных веществ, а также вариантах, в которых эти лимитирующие факторы имели оптимальные показатели. Получили данные по урожайности озимой пшеницы, предшественником которой по годам проведения исследований являлся лук, возделываемый на репку (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность озимой пшеницы по различным вариантам опыта по непаровому предшественнику

Вариант	2019 г.		2020 г.	
	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га
Без орошения				
Без удобрений	3265	2,43	2742	2,39
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	3422	3,56	3241	3,50
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	3509	3,84	3305	3,71
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ)				
Без удобрений	5681	4,28	4682	4,10
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	6098	6,80	5205	6,53
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	6130	7,90	5430	7,48

Вариант	2019 г.		2020 г.	
	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га
Прецизионное орошение				
Без удобрений	5543	4,83	4987	4,34
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	5964	7,20	5743	7,06
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	5896	8,69	5623	8,25
HCP ₀₅	0,79		0,84	

Table 2

Yield of winter wheat after non-fallow forecrop

Variant	2019		2020	
	Total water consumption, м ³ /ha	Yield, t/ha	Total water consumption, м ³ /ha	Yield t/ha
No irrigation				
No fertilizer	3265	2.43	2742	2.39
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (recommended by CCP)	3422	3.56	3241	3.50
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (precision application)	3509	3.84	3305	3.71
80 % FC in 0.6 m layer (recommended by CCP)				
No fertilizer	5681	4.28	4682	4.10
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (recommended by CCP)	6098	6.80	5205	6.53
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (precision application)	6130	7.90	5430	7.48
Precision irrigation				
No fertilizer	5543	4.83	4987	4.34
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (recommended by CCP)	5964	7.20	5743	7.06
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (precision application)	5896	8.69	5623	8.25
LSD ₀₅	0.79		0.84	

Согласно табл. 2, среднее суммарное водопотребление по различным технологиям орошения и внесения минеральных удобрений на озимой пшенице по годам исследования составило 4804 м³/га.

На вариантах опыта без орошения данный показатель был на 1556 м³/га меньше, при чем разница по годам исследования имеет более существенные различия.

На вариантах опыта, где применялась рекомендованная ЗСЗ, показатель суммарного водопотребления был на 734 м³/га выше среднего значения, а на варианте с прецизионной технологией орошения данный показатель превышал среднее значение по годам исследования и был на 822 м³/га выше среднего значения.

Как известно, озимая пшеница, ввиду особенностей своей вегетации, не способна в значительной степени поглощать почвенные запасы влаги зимой. Она дает дружные всходы при посеве в хорошо увлажненную почву и прекрасно развивается при наличии избыточной влаги весной. В течение весенне-летней вегетации в результате суммарного испарения происходит резкое снижение запасов влаги в почве, а их наличие в избыточном количестве в период налива и созревания зерна крайне негативно могут сказаться на количественных и качественных характеристиках полученного зерна.

Наиболее наглядно использование оросительной воды, атмосферных осадков на формирование 1 т товарной продукции отображает коэффициент водопотребления сельскохозяйственной культуры (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициент водопотребления озимой пшеницы в зависимости от технологии орошения и внесения минеральных удобрений

Вариант	2019		2020	
	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Урожайность, т/га
Без орошения				
Без удобрений	1343,6	2,43	1147,3	2,39
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	961,2	3,56	926,0	3,50
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	913,8	3,84	890,8	3,71
80% НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ)				
Без удобрений	1327,3	4,28	1142,0	4,10
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	896,8	6,80	797,1	6,53
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	775,9	7,90	725,9	7,48
Прецизионное орошение				
Без удобрений	1147,6	4,83	1149,1	4,34
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (рекомендованная ЗСЗ)	828,3	7,20	813,5	7,06
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (прецизионное внесение)	678,5	8,69	681,6	8,25

Water consumption rate of winter wheat depending on irrigation technology and fertilizer application

Variant	2019		2020	
	Water consumption factor, m ³ /t	Yield, t/ha	Water consumption factor, m ³ /t	Yield, t/ha
No irrigation				
No fertilizer	1343.6	2.43	1147.3	2.39
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (recommended by CCP)	961.2	3.56	926.0	3.50
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (precision application)	913.8	3.84	890.8	3.71
80% FC in 0.6 m layer (recommended by CCP)				
No fertilizer	1327.3	4.28	1142.0	4.10
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (recommended by CCP)	896.8	6.80	797.1	6.53
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (precision application)	775.9	7.90	725.9	7.48
Precision irrigation				
No fertilizer	1147.6	4.83	1149.1	4.34
N ₁₈₀ P ₆₅ K ₄₀ (recommended by CCP)	828.3	7.20	813.5	7.06
N ₁₆₀ P ₆₅ K ₄₀ (precision application)	678.5	8.69	681.6	8.25

Так на вариантах опыта без орошения коэффициент водопотребления озимой пшеницы составил по годам исследования от 890,8 до 1343,6 м³/т, применение рекомендуемой системы орошения позволило сократить его величину до 725,9...1327,3 м³/т. А технология прецизионного орошения обеспечила сокращение значения коэффициента водопотребления до 681,6...1147,6 м³/т. Т.е. вариант опыта с прецизионной технологией орошения и внесения минеральных удобрений обеспечил самое низкое суммарное водопотребление озимой пшеницы и минимальный коэффициент водопотребления из полученных за годы проведения исследований, а также на этих вариантах опыта отмечена максимальная урожайность озимой пшеницы.

Заключение

Проведенные исследования выявили преимущество прецизионной технологии орошения и внесения минеральных удобрений, применение которой в различные по метеорологическим показателям годы обеспечило получение урожая озимой пшеницы в сравнении с рекомендуемой технологией в среднем выше на 0,55 т/га, а в сравнении с вариантами без орошения — на 3,49 т/га.

Внедрение современных высокоточных технологий орошения может сделать сельскохозяйственную продукцию, получаемую на орошаемых землях, более кон-

курентоспособной. Это в свою очередь послужит хорошим импульсом для развития мелиорации в районах, где наблюдается дефицит осадков и доступных водных ресурсов.

Список литературы

1. Щедрин В.Н., Васильев С.М. Концептуально-методологические принципы (основы) развития мелиорации как национального достояния России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1 (33). С. 1–11. doi: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11
2. Михеев П.А. Мелиорация — с уверенностью в будущее (к 110-летию мелиоративного образования на Юге России) // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 36–38.
3. Васильев С.М., Домашенко Ю.Е. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 12–13. doi: 10.30850/vrnsn/2022/1/42-46
4. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 307–319. doi: 10.32786/2071-9485-2020-02-30
5. Бабичев А.Н., Ольгаренко В. Иг., Монастырский В.А., Сидаренко Д.П. Опыт применения технологии прецизионного орошения в Ростовской области // Технология и технические средства механизации производства продукции растениеводства. 2019. № 4 (101). С. 75–86. doi: 10.24411/0131-5226-2019-10214
6. Шевченко П.Д., Дробилко А.Д. Эффективные севообороты и структуры посева в них при орошении // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 35. С. 120–130.
7. Булахтина Г.К., Кудряшов А.В., Кудряшова Н.И. Влияние различных способов посева и орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 123–132. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-123-132
8. Васильченко А.П. Ресурсосберегающие приемы возделывания озимой пшеницы на орошаемых землях // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3(53). С. 29–32.
9. Васильев С.М., Митяева Л.А. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 131. С. 216–231. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>
10. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Чураев А.А., Снитич Ю.Ф., Куприянов А.А., Завалюев В.Э. Пат. 2631896 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2016104019; заявл. 08.02.16; опубл. 28.09.17. Бюл. № 28. 9 с.
11. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Чураев А.А. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 3(23). С. 1–18.
12. Балакай Г.Т., Васильев С.М., Бабичев А.Н. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2(26). С. 1–18.
13. Корсак В.В., Пронько Н.А., Насыров Н.Н. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного // Научная жизнь. 2014. № 2. С. 18–24.
14. Снитич Ю.Ф., Бабичев А.Н. Оценка эффективности низкоэнергоемких оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2014. № 55. С. 109–118.
15. Чураев А.А., Снитич Ю.Ф., Вайнберг М.В., Юченко Л.В. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 64–66.

References

1. Shchedrin VN, Vasilyev SM. Conceptual and methodological principles (basics) of development strategies for land reclamation as a national treasure of Russia. *Scientific journal of Russian Scientific Research Institute of land improvement problems*. 2019;(1):1–11. (In Russ.). doi: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11

2. Mikheev PA. Melioration — with confidence in the future (to the 110 anniversary of meliorative education in the South of Russia). *Melioration and water management*. 2017;(5):36–38. (In Russ.).
3. Vasiliev SM, Domashenko YE. Regulating managerial processes in structured problematic situations of AIC and autochthonal varieties of apple tree in Dagestan. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2016;(4):12–13. (In Russ.).
4. Borodychev VV, Lytov MN. Technological functions of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and integrated crop protection from climatic risks. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2020;(2):307–319. (In Russ.). doi: 10.3278/6/2071-9485-2020-02-30
5. Babichev AN, Olgarenko VI, Monastyrsky VA, Sidarenko DP. Experience in the application of precision irrigation technology in the Rostov region. *AgroEcoEngineering*. 2019;(4):75–86. (In Russ.). doi: 10.24411/0131-5226-2019-10214
6. Shevchenko PD, Drobilko AD. Effective crop rotations and structures of crop in them under irrigation. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2008;(35):120–130. (In Russ.).
7. Bulakhtina GK, Kudryashov AV, Kudryashova NI. Effect of sowing type and irrigation method on productivity of legume-bluegrass mixtures under multiple cutting. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019;14(2):123–132. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-123-132
8. Vasilchenko AP. Resource saving methods of winter wheat cultivation on irrigated lands. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2015;(3):29–32. (In Russ.).
9. Vasiliev SM, Mityaeva LA. Irrigated agrolandscape monitoring taking into account remote sensing data calibration under geoinformation technologies. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;(131):216–231. (In Russ.).
10. Shchedrin VN, Vasiliev SM, Churaev AA, Snipich YF, Kupriyanov AA, Zavalyuev VE. *Mногоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения* [Multi-support sprinkler machine for precision irrigation]. Patent RUS, no. 2631896, 2016. (In Russ.).
11. Shchedrin VN, Vasilyev SM, Churaev AA. Optimization of instrumentation structure of agrimeteorological parameters control as a stage of precision irrigation process development. *Scientific journal of Russian scientific research institute of land improvement problems*. 2016;(3):1–18. (In Russ.).
12. Balakay GT, Vasilyev SM, Babichev AN. The concept of new generation irrigation machines for precision irrigation technology. *Scientific journal of Russian scientific research institute of land improvement problems*. 2017;(2):1–18. (In Russ.).
13. Korsak VV, Pronko NA, Nasyrov NN. Usage of GIS-analysis for assessing the natural conditions of irrigated cropping. *Scientific life*. 2014;(2):18–24. (In Russ.).
14. Snipich YF, Babichev AN. Assessment of the efficiency of low-energy irrigation systems. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2014;(55):109–118. (In Russ.).
15. Churaev AA, Snipich YF, Vainberg MV, Yuchenko LV. Multitower sprinkling machine for precision irrigation. *Ways of increasing the efficiency of irrigated agriculture*. 2018;(1):64–66. (In Russ.).

Об авторах:

Бабичев Александр Николаевич — доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной мелиорации, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский проспект, д. 190; e-mail: babichevan2006@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-1146-7530

Сидаренко Дмитрий Петрович — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник сектора агрофизики мелиорированных земель, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Баклановский проспект, д. 190; e-mail: sidarenko1@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3273-6499

About authors:

Babichev Alexander Nikolaevich — Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Agricultural Reclamation, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, 190 Baklanovsky ave., Rostov Region, Novocheerkassk, 346421, Russian Federation; e-mail: babichevan2006@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-1146-7530

Sidarenko Dmitry Petrovich — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Agrophysics Sector of Reclaimed lands, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, 190 Baklanovsky ave., Rostov Region, Novocheerkassk, 346421, Russian Federation; e-mail: sidarenko1@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3273-6499