

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.67

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-41-47

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ КАРТОФЕЛЯ

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ , д-р техн. наук, профессор

vbalabanov@rgau-msha.ru

МАРТЫНОВА НАТАЛЬЯ БОРИСОВНА , канд. техн. наук, доцент

nmartinova@rgau-msha.ru

АБДУЛМАЖИДОВ ХАМЗАТ АРСЛАНБЕКОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

abdulmajidov@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

Цель исследований – нахождение зависимости геометрических параметров контура увлажнения от почвенных условий и общей минерализации поливной воды, а также корректировка поливной нормы с учетом предложенных зависимостей. По результатам исследований составлена методика расчета поливной нормы с учетом параметров контура увлажнения, характеристик почвенных условий и общей минерализации поливной воды. В Центральном регионе преобладают гидрокарбонатные кальциевые воды, общая минерализация колеблется в широких пределах в зависимости от времени года и типа водосточника. Доказано, что данный параметр оказывает влияние на характер и скорость формирования поливного контура. Методика прошла апробацию на опытном участке Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева при выращивании раннеспелого картофеля сорта «Удача». Экономия поливной воды составила 16%. Применение предлагаемой методики расчета поливной нормы с учетом формы контура увлажнения и его геометрических параметров в зависимости от почвенных условий и минерализации поливной воды позволит в полной мере раскрыть преимущества капельного полива по экономии поливной воды и не допустить ее фильтрацию в глубокие почвенные слои.

Ключевые слова: контур увлажнения, минерализация воды, капельная лента, поливная норма, суточное водопотребление, механизированная укладка

Формат цитирования: Балабанов В.И., Мартынова Н.Б., Абдулмажидов Х.А. Расчет параметров контура увлажнения при капельном поливе картофеля // Природообустройство. – 2022. – № 2. – С. 41-47. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-41-47.


© Балабанов В.И., Мартынова Н.Б., Абдулмажидов Х.А., 2022

Scientific article

CALCULATION OF PARAMETERS OF THE HUMIDIFICATION CIRCUIT DURING DRIP IRRIGATION OF POTATOES

BALABANOV VIKTOR IVANOVICH , doctor of technical sciences, professor

vbalabanov@rgau-msha.ru

MARTYNOVA NATALIA BORISOVNA , candidate of technical sciences, associate professor

nmartinova@rgau-msha.ru

ABDULMAZHIDOV KHAMZAT ARSLANBEKOVICH, candidate of technical sciences, associate professor

abdulmajidov@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya, 49, Russia

Based on the results of the research, a methodology for calculating the irrigation rate was compiled, taking into account the parameters of the moistening circuit, the characteristics of soil conditions and the general mineralization of irrigation water. Hydrocarbonate calcium waters predominate in the Central region, the total mineralization varies widely depending on the time of year and the type of water source. It is proved that this parameter affects the nature and rate of formation

of the irrigation contour. The technique was tested at the experimental site of the Field Experimental Station of the RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev when growing early ripe potatoes of the «Udachа» variety. Irrigation water savings amounted to 16%. The application of the proposed method for calculating the irrigation rate, taking into account the shape of the moisture contour and its geometric parameters, depending on soil conditions and mineralization of irrigation water, will fully reveal the advantages of drip irrigation in saving irrigation water and preventing its filtration into deep soil layers.

Keywords: humidification circuit, water mineralization, drip tape, irrigation rate, daily water consumption, mechanized laying

Format of citation: Balabanov V.I., Martynova N.B., Abdulmashidov Kh.A. Calculation of parameters of the humidification circuit during drip irrigation of potatoes // *Prirodoobustroystvo*. – 2022. – № 2. – S. 41-47. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-2-41-47.

Введение. Для выполнения задач, поставленных Правительством Российской Федерации по наращиванию объемов продукции растениеводства, требуется шире использовать агромелиоративные мероприятия в сельском хозяйстве. В настоящее время орошение проводится на площади 4,68 млн га, наиболее распространены поверхностный полив и дождевание. Однако перспективная отечественная оросительная техника в хозяйствах практически не поступает, переоснащение в хозяйствах происходит путем закупки импортного оборудования.

Выходом из создавшейся ситуации могло бы стать широкомасштабное внедрение систем капельного полива, позволяющего наиболее эффективно расходовать поливную воду. Выпуск оборудования для капельного полива осуществляется на отечественных предприятиях, которые планомерно наращивают производственные мощности. Сдерживающим фактором для широкомасштабного внедрения систем капельного полива в отечественное сельское хозяйство является низкая степень механизации работ по укладке капельной ленты, а также расчет поливных норм, не учитывающий форму контура увлажнения и характеристик поливной воды, влияющей на динамику образования поливного контура.

После низкого урожая прошлого года, неблагоприятных погодных условий в текущем (жаркая, практически безосадочная середина лета, дождливая осень, затянувшая период уборочных работ до последней декады ноября) можно говорить о благополучном завершении полевых работ: урожай картофеля по сравнению с прошлогодними показателями вырос на 73, 3 тыс. т, что с учетом общей ситуации по урожаю в стране является достаточно хорошим результатом [1, 2].

Наиболее весомый вклад в успех уборочной компании внесли передовые хозяйства области: «Дока-Генные Технологии», «Агрофирма «Бунятино», «Озерь», «ОСП агро», «Куликово».

Отмеченные Министерством сельского хозяйства и продовольствия Подмосковья, аграрные производители давно и успешно применяют мелиоративные мероприятия. Например, в агрофирме «Озерь» насчитывается 22 ед. дождевальной техники, парк машин периодически пополняется [3]. И если среди вновь поступивших шлангобаранных машин, наряду с немецкими Beinlich, парк хозяйства пополнился отечественными Харвестами производства ООО «Завод дождевальных машин», то среди широкозахватных дождевальных машин все новые поступления – это импортная техника [4]. Приблизительно такая же картина наблюдается в целом в Российской Федерации. Так, за 2016-2019 гг. произведено (ООО «БСГ» и Казанским заводом оросительной техники) 176 ед. широкозахватных дождевальных машин; закуплено 1300 ед. импортной техники. Что касается шлангобаранных машин, то за тот же период произведено 120 ед. техники ООО «Завод дождевальных машин» и 54 машины ООО «Волгоградская машиностроительная компания ВгТЗ»; закуплено 400 ед. импортной техники [5-7].

Программой Правительства РФ была поставлена задача достичь повышения урожайности продукции растениеводства в 2025 г. на 117% от показателей 2017 г. путем переоснащения парка дождевальных машин, имеющих в хозяйствах и работающих в состоянии полного износа, на новые перспективные отечественные модели [8]. На деле же имеет место замена старых машин на импортную технику, отечественные машины выпускаются в крайне ограниченных объемах, часто с перебоями, в основном из импортных комплектующих [9, 10].

Становится очевидным то, что к 2025 г. мы не только не сможем переоснастить имеющийся парк дождевальных машин на перспективные отечественные разработки, но начнем переходить на импортную технику. Это, безусловно, идет вразрез с концепцией развития аграрной науки, разработанной на период

до 2025 года Отделением сельскохозяйственных наук РАН [11].

Выходом из создавшейся ситуации может быть более широкое внедрение в качестве оросительных мероприятий систем капельного орошения. Здесь ситуация складывается более оптимистично. Предприятия, занимающиеся выпуском капельных лент и трубок, планомерно наращивают мощности: российско-израильское совместное предприятие «Полипластик Ривулис ирригационные системы трубопроводов» (г. Волжский) – 270 млн пог. м в год; компания «Новый век агротехнологий» (г. Чаплыгин) – 200 млн пог. м в год. Однако в последние годы это привело не к увеличению площадей, занятых капельным поливом, а к сокращению импорта капельной ленты: если в позапрошлом году импорт капельной ленты составлял порядка 60%, то в прошлом году его доля сократилась до 35% [12].

В настоящее время капельным поливом занято не более 10% всех увлажняемых территорий – в основном в Поволжье и южных регионах. В Центральном федеральном округе традиционно наиболее распространены поверхностный полив и дождевание, так как количество осадков здесь колеблется в широких пределах, разница в маловодные и многоводные годы достигает 2...2,5 раза. По этой причине в переувлажненные годы оросительная техника просто не используется на полях – с капельной системой это невозможно.

Неоспоримым преимуществом капельного орошения является доставка поливной воды непосредственно в корнеобитаемое пространство [13]. Это приводит к существенной экономии поливной воды, так как практически отсутствуют потери на испарение и фильтрацию в нижележащие почвенные слои [14]. По данной теме накоплен значительный исследовательский материал. Однако существующие методы расчета поливной нормы при капельном поливе не учитывают особенностей формирования формы контура увлажнения в конкретных почвенных условиях и по сути являются копированием расчетов, полученных в процессе определения поливной нормы при поверхностном поливе, уменьшенном на площадь непролитых зон либо зависимостей, полученных при исследовании полива определенных культур в конкретных почвенных условиях [15].

Ряд авторов указывает на то, что состав поливной воды влияет на ее распространение в поровом почвенном пространстве. Однако не приводятся численные зависимости распространения поливной воды от общей минерализации поливной воды [16]. Задачами

исследований явились определение динамики распространения поливной воды в поровом пространстве в исследуемых почвенных условиях и оценка их влияния на форму контура увлажнения. Это позволит скорректировать поливную норму и не допустить фильтрацию поливной воды в глубокие почвенные слои.

Материалы и методы исследований. Движение воды в почве, а, следовательно, формирование контура увлажнения, определяется взаимодействием капиллярных и гравитационных сил [17, 18]. Поэтому рассматривать движение воды в почве следует отдельно в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На геометрические параметры контура увлажнения влияет фракционный состав грунта, формирующий поровое пространство, а также качество поливной воды.

Действующие нормы не учитывают качество поливной воды: количество и состав растворимых соединений (ограничения в основном касаются размера и количественного содержания взвешенных частиц). В Московской области преобладают гидрокарбонатно-кальциевые воды, однако минерализация существенно различается: 40-70 мг/л у талых и дождевых вод, 120-250 мг/л у речных и озерных вод в летний период и 300-400 мг/л в зимнее время; у подземных вод может превышать 1 г/л, и иногда у таких вод наблюдается повышенное содержание железа [19, 20]. Такие существенные колебания приводят к изменениям величины поверхностного натяжения, а следовательно, к изменению скорости движения воды по капиллярам. Исходя из этого минерализацию воды следует учитывать при вычислении размеров контура увлажнения.

Исследования проводились в грунтовом лотке на песчаном грунте с одиночной капельницей с расходом 2л/ч через 20 мин от начала полива. Общая минерализация составила 216 г/л (рис. 1а) и 384 г/л (рис. 1б).



а)

б)

Рис. 1. Контур увлажнения, образовавшийся при поливе:

а) дождевой водой; б) водопроводной водой

Fig. 1. Humidification circuit formed during irrigation:

а) rain water; б) tap water

Как следует из опыта, при определении геометрических параметров контура увлажнения необходимо учитывать как физико-механические свойства грунта, так и общую

минерализацию поливной воды. С повышением минерализации скорость распространения влаги повышается, граница между начальной влагоемкостью и ППВ менее четко обозначена (рис. 2).

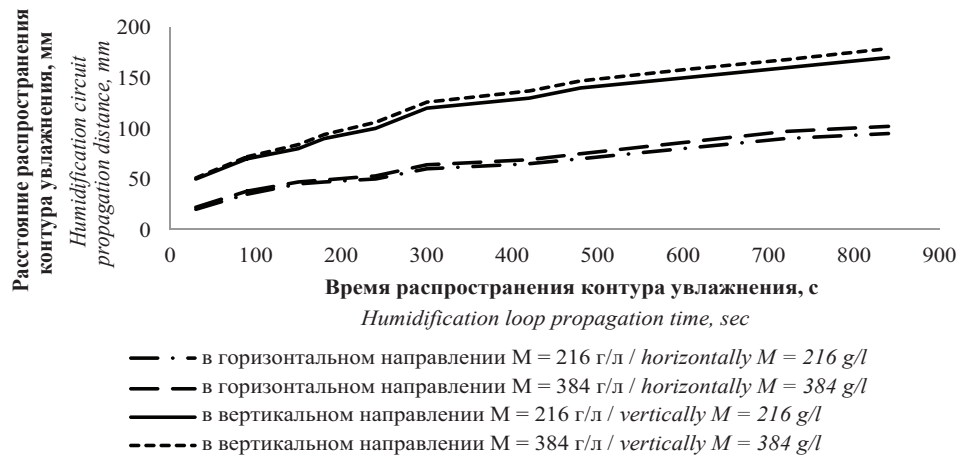


Рис. 2. Динамика распространения поливной воды с учетом общей минерализации
Fig. 2. Dynamics of distribution of irrigation water, taking into account the total mineralization

Поскольку в горизонтальном направлении движение воды определяется воздействием капиллярных сил на каплю, а в вертикальном – капиллярных и гравитационных, рассматривать эти движения следует отдельно [19]. Для определения вертикальной координаты контура увлажнения проинтегрируем уравнение влагопереноса с учетом коэффициентов диффузивности и влагопроводности в частных производных. Введем в формулу общую минерализацию воды [12, 15]:

$$z = \sqrt{4t \cdot M \cdot \frac{K_{\Phi} \Psi_m W_m}{1 - \frac{W_m}{W_1}} \cdot \left(\frac{W_0 - W_m}{W_1 - W_m} \right)^5 \cdot \left(\frac{1}{W_0^2} + 2 \frac{W_0}{W_1^3} \right)}, \quad (1)$$

где W_0 – начальная влажность почвы; W_1 – предельная полевая влагоемкость; W_m – максимальная молекулярная влагоемкость; Ψ_m – значение давления почвенной влаги при максимальной молекулярной влагоемкости; K_{Φ} – коэффициент фильтрации; M – общая минерализация, г/л; t – время полива, с.

Горизонтальное перемещение влаги с учетом коэффициентов диффузивности и влагопроводности, а также общей минерализации определим по формуле [16, 20]:

$$x = \sqrt{4t \cdot M \cdot \frac{K_{\Phi} \Psi_m W_m}{(W_1 - W_0)^2 \cdot W_m} \cdot \left(\frac{W_0 - W_m}{W_1 - W_m} \right)^5 \cdot W_0^2 \cdot W_1}, \quad (2)$$

Большинство исследований, а также результаты опытных данных указывают на эллиптическую форму контура увлажнения [17, 18]. По динамике распространения поливной воды следует выбрать ленту с оптимальными для данных почвен-

ных условий параметрами. С учетом почвенных условий и минерализации поливной воды, составившей 242 г/л, была выбрана капельная лента диаметром 16 мм с расстоянием между капельницами 30 см, расход на капельницу составил 1,4 л/ч.

Результаты и их обсуждение. Полученные расчеты геометрических параметров контура увлажнения позволили скорректировать поливную норму:

$$m = \frac{7,2 \cdot 10^{-3} t \cdot \pi \cdot z \cdot x^2 \cdot (W_1 - W_0)}{l \cdot b}, \quad (3)$$

где l – длина гребня, м; b – расстояние между соседними гребнями, м.

Приведенная формула учитывает эллиптическую форму контура увлажнения, а также динамику распространения поливной воды в конкретном временном отрезке от начала полива в отличие от традиционных методов расчета, учитывающих глубину просачивания воды и соотношение пролитых и непролитых зон.

После расчета поливной нормы была смонтирована система капельного полива с механизированной укладкой капельной ленты на опытном участке Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Длина гона составила 110 м, расстояние между соседними гребнями – 0,75 м. Укладка капельной ленты проводилась специальным укладчиком капельной ленты на базе гребнеобразователя Grimme GF-75/4 совместно с операцией по нарезанию картофельных гребней (рис. 3).

Полив осуществлялся при достижении предполивного порога 70% от ППВ с координатной

времени между поливами, с учетом длительного безосадочного периода в текущем году. Испытания проводились с картофелем раннеспелого сорта «Удача» (рис. 4).

Использование уточненной методики расчета поливной нормы с учетом общей минерализации воды и параметров контура увлажнения позволило снизить расход поливной воды на 16%, а применение капельного полива способствовало повышению урожайности картофеля на 27,5%.



Рис. 3. Укладка капельной ленты на опытном участке Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Fig. 3. Laying drip tape at the experimental site of the Field experimental station of the RGAU-MAA named after S.A. Timiryazev

Выводы

Капельное орошение обладает неоспоримыми преимуществами. Установка капельной сети не требует больших единовременных затрат по сравнению с покупкой дождевальная техники, выпуск капельной ленты налажен на отечественных предприятиях. Капельный полив позволяет экономно расходовать поливную воду, доставляя ее непосредственно в прикорневую область растения. Для реализации данного преимущества требовалось уточнить параметры контура увлажнения при определении поливной нормы.

Библиографический список

1. **Абдулмажидов Х.А., Матвеев А.С.** Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2016. – № 2. – С. 40-46.
2. **Апатенко А.С.** Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2013. – № 2(58) – С. 23-25.

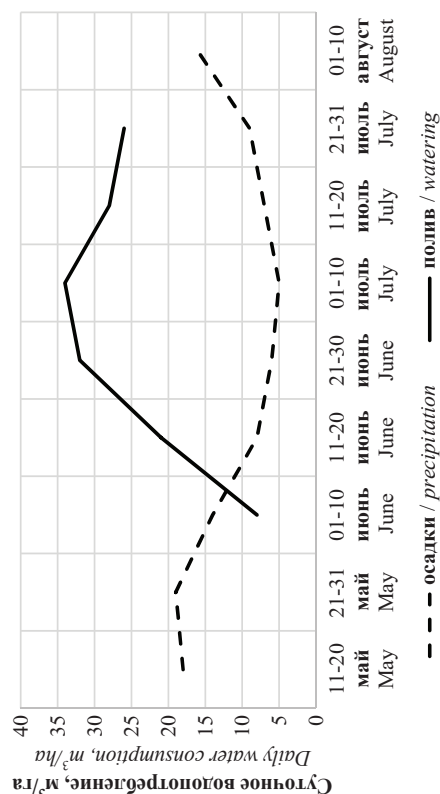


Рис. 4. Динамика суточного водопотребления картофеля
Fig. 4. Dynamics of daily water consumption of potatoes

Исследованиями установлено, что наряду с гранулометрическим составом почвы существенное влияние оказывает минеральный состав поливной воды. Использование уточненной методики по определению поливной нормы для выращивания картофеля с учетом параметров контура увлажнения привело к снижению расхода поливной воды на 16%, а применение специализированного укладчика капельной ленты на базе гребнеобразователя Grimme GF-75/4 позволило повысить производительность работ на 32...36%.

References

1. **Abdulmashhidov H.A., Matveev A.S.** Kompleksnoe proektirovanie i prochnostnye raschety konstruksij mashin prirodobustrojstva v sisteme Inventor Pro // Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina». – 2016. – № 2. – S. 40-46
2. **Apatenko A.S.** Sovremnyye tendentsii razvitiya tekhnicheskogo potentsiala melioratsii zemel // Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina». – 2013. – № 2(58) – S. 23-25.

3. **Балабанов В.И.** Актуальная техника. Обзор инновационных разработок для посева и почвообработки // *Агротехника и технологии*. – 2019. – № 1. – С. 18-19.

4. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников и др. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2015. – № 4(40). – С. 21-28.

5. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / Н.Н. Дубенок Д.А. Болотин, С.Д. Фомин и др. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2017. – № 4. – С. 22-29.

6. **Жалнин Э.В.** О фундаментальности земледельческой механики // *Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. – 2017. – № 6(82). – С. 10-14.

7. **Карапетян М.А., Шипанцов А.М.** От предпосадочной подготовки почвы зависит производительность картофелеуборочного комбайна и качество уборки клубней // *Картофель и овощи*. – 2012. – № 4. – С. 7.

8. **Краснощеков В.Н., Ольгаренко Д.Г.** Модернизация мелиоративных систем как главный фактор обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны // *Природобустройство*. – 2016. – № 4. – С. 51-57.

9. **Мартынова Н.Б., Корнеев А.Ю.** Разработка конструкции укладчика капельной ленты на базе гребневателя Grimme GF 75/4 для выращивания картофеля // *Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. – 2018. – № 2(84) – С. 18-22.

10. Динамическая модель раннеспелого картофеля для регулирования гидротермического режима агроценоза в условиях Волгоградской области / А.С. Овчинников, А.А. Бубер, Ю.П. Добрачев и др. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2018. – № 4. – С. 65-76.

11. **Старовойтова О.А., Шабанов Н.Э.** Влияние ширины междурядий на температуру, влажность, плотность почвы и урожайность картофеля // *Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. – 2016. – № 4. – С. 34-40.

12. **Штанько А.С., Шкура В.Н.** Расчет среднего диаметра и объема контура капельного увлажнения почв // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2018. – № 3 (31). – С. 39-57.

13. **Makani M.N., Sargent S.A., Zotarelli L.** Irrigation method and harvest time affect storage quality of two early-season, tablestock potato (*Solanum*

3. **Balabanov V.I.** Aktualnaya tekhnika. Obzor innovatsionnyh razrabotok dlya poseva i pochvoobrabotki. // *Agrotekhnika i tekhnologii*. – 2019. – № 1. – С. 18-19

4. **Borodychev V.V., Lytov M.N., Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S.** Optimalnoe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitelnyh algoritmov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. – 2015. – № 4(40). – С. 21-28.

5. Otzyvchivost razlichnyh sortov kartofelya na vodnyj rezhim svetlo-kashtanovyh pochv Nizhnego Povolzhya / Dubenok N.N., Bolotin D.A., Fomin S.D., Bolotin A.G. // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. – 2017. – № 4. – С. 22-29.

6. **Zhalnin E.V.** O fundamentalnosti zemledelcheskoj mekhaniki // *Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professionalnogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitetimeni V.P. Goryachkina»*. – 2017. – № 6(82). – С. 10-14.

7. **Karapetyan M.A., Shipantsov A.M.** Ot predposadochnoj podgotovki pochvy zavisit proizvoditelnost kartofeleuborochnogo kombajna i kachestvo uborki klubnej // *Kartofel i ovoshchi*. – 2012. – № 4. – С. 7.

8. **Krasnoshchekov V.N., Olgarenko D.G.** Modernizatsiya meliorativnyh sistem kak glavnyj factor obespecheniya provodolstvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti strany // *Prirodoobustrojstvo*. – 2016. – № 4. – С. 51-57.

9. **Martynova N.B., Korneev A.Yu.** Razrabotka konstruksii ukladchika kapelnoj lenty na baze grebnevatelya Grimme GF 75/4 dlya vyrashchivaniya kartofelya // *Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professionalnogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitetimeni V.P. Goryachkina»*. – 2018 – № 2(84). – С. 18-22

10. Dinamicheskaya model rannespelogo kartofelya dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrotsenoza v usloviyah Volgogradskoj oblasti / Ovchinnikov A.S., Buber A.A., Dobrachev Yu.P., Borodychev V.V. // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. – 2018. – № 4. – С. 65-76

11. **Starovojtova O.A., Shabanov N.E.** Vliyanie shiriny mezhduryadij na temperaturu, vlazhnost, plotnost pochvy i urozhajnost kartofelya // *Vestnik federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitetimeni V.P. Goryachkina»*. – 2016. – № 4. – С. 34-40.

12. **Shtanko A.S., Shkura V.N.** Raschet srednego diametra i objema kontura kapelnogo uvlazhneniya pochv // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii*. – 2018. – № 3 (31). – С. 39-57.

13. **Makani M.N., Sargent S.A., Zotarelli L., Huber D.J., Sims C.A.** Irrigation method and harvest time affect storage quality of two early-season, tablestock potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars // *Scientia Horticulturae*. – 2015. – № 197. – P. 428-433.

tuberosum L.) cultivars // *Scientia Horticulturae*. – 2015. – № 197. – P. 428-433.

14. **Reyes-Cabrera J., Zotarelli L., Rowland D.L.** Drip as alternative irrigation method for potato in Florida sandy soils // *American Journal of Potato Research*. – 2015. – № 91(5). – P. 504-516.

15. Взаимосвязь между плодородием почв и водным режимом при выращивании картофеля на дерново-подзолистых почвах / А.И. Голованов В.В. Пчелкин, В.О. Герасимов и др. // *Научная жизнь*. – 2018. – № 6. – С. 85-94.

16. **Голованов А.И., Кучер Д.Е., Шуравин А.В.** Моделирование и параметры увлажнения капельного орошения плодового сада интенсивного типа в условиях Подмосковья // *Проблемы управления водными и земельными ресурсами: Материалы Международного форума*. – 2018. – С. 71-82.

17. **Сухарев Ю.И., Храбров М.Ю., Бубер А.А.** Перспективная конструкция системы комбинированного орошения // *Научная жизнь*. – 2016. – № 7. – С. 28-36.

18. **Щедрин В.Н., Штанько А.С., Шкура В.Н.** Методологические основы проектирования самонапорных систем капельного орошения // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2018. – № 2. – С. 36-42.

19. **Шабанов В.В., Голованов А.И.** Некоторые аспекты точной мелиорации // *Природообустройство*. – 2019. – № 1. – С. 92-96.

20. **Ясониди О.Е., Ясониди Е.О., Григоренко М.В.** Способ орошения сельскохозяйственных культур // *Вестник аграрной науки Дона*. – 2011. – № 4. – С. 92-95.

Критерии авторства

Балабанов В.И., Мартынова Н.Б., Абдулмажидов Х.А. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 17.03.2022 г.

Одобрена после рецензирования 18.04.2022 г.

Принята к публикации 25.04.2022 г.

14. **Reyes-Cabrera J., Zotarelli L., Rowland D.L., Dukes M.D., Sargent S.A.** Drip as alternative irrigation method for potato in Florida sandy soils // *American Journal of Potato Research*. – 2015. – № 91(5). – P. 504-516.

15. Vzáimovsýaz mezhdu plodородием почв i vodnym rezhimom pri vyrashchivanií kartofelya na derno-vo-podzolistyh pochvah / Golovanov A.I., Pchelkin V.V., Gerasimov V.O. i dr. // *Nauchnaya zhizn*. – 2018. – № 6. – S. 85-94.

16. **Golovanov A.I., Kucher D.E., Shuravlin A.V.** Modelirovanie i parametry uvlazhneniya kapelnogo orosheniya plodovogo sada intensivnogo tipa v usloviyah Podmoskovja // *Problemy upravleniya vodnymi i zemelnymi resursami. Materialy mezhdunarodnogo foruma*. – 2018. – S. 71-82.

17. **Sukharev Yu.I., Khrabrov M.Yu., Buber A.A.** Perspektivnaya konstruktsiya sistemy kombinirovannogo orosheniya // *Nauchnaya zhizn*. – 2016. – No. 7. – S. 28-36.

18. **Shchedrin V.N., Shtanko A.S., Shkura V.N.** Metodologicheskie osnovy proektirovaniya samonapornyh system kapelnogo orosheniya // *Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo*. – 2018. – No. 2. – S. 36-42.

19. **Shabanov V.V., Golovanov A.I.** Nekotorye aspekty tochnoj melioratsii // *Prirodoobustrojstvo*. – 2019. – No. 1. – S. 92-96.

20. **Yasonidi O.E., Yasonidi E.O., Grigorenko M.V.** Sposob orosheniya selskohozyajstvennyh // *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. – 2011. – No. 4. – S. 92-95.

Criteria of authorship

Balabanov V.I., Martynova N.B., Abdulmazhidov Kh.A. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Balabanov V.I., Martynova N.B., Abdulmazhidov Kh.A. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 17.03.2022

Approved after reviewing 18.04.2022

Accepted for publication 25.04.2022