Научная статья
УДК 635.21:631.67:631.559(470.630)
doi:10.35694/YARCX.2022.60.4.001

# ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЛИВНЫХ РЕЖИМОВ В РАЗРАБОТКЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В ЗОНЕ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ

**Л. В. Трубачева[1], О. И. Власова[2], И. А. Вольтерс[3], О. Г. Шабалдас[4], В. М. Передериева[5]**
[1, 2, 3, 4, 5]Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Автор, ответственный за переписку: Людмила Викторовна Трубачева, t-ludmila6@mail.ru, ORCID 0000-0001-8616-0571

**Реферат.** Одной из важнейших продовольственных и технических культур, занимающих ведущее место в мировом производстве продукции растениеводства, является картофель. Изыскание новых технологий и приёмов в орошаемом земледелии имеет важное экологическое, экономическое значение и стратегическое значение. В статье приводятся данные по изучению роста и развития сортов картофеля, которые в различные фазы своего развития испытывает неодинаковую потребность во влаге. Исследования проводили в 2020–2021 годы в двухфакторном опыте. Изучалось влияние двух режимов увлажнения (фактор А) – дифференцированного, позволяющего регулировать величину предполивного порога влажности почвы (60–70–80% НВ), и усиленного режима увлажнения, обеспечивающего поддержание увлажнения 70–80% НВ. Объектом исследования являлись два сорта картофеля (фактор В). Учётная площадь делянок – 60 м$^2$, все учёты и наблюдения проводили в двух несмежных повторениях на каждом варианте. Исследования проводили в почвенно-климатических условиях Новоалександровского района Ставропольского края. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 5%, подвижного фосфора и калия – 30 мг/кг и 389 мг/кг почвы соответственно, pH – 6–8. Цель опыта – изучить влияние режимов увлажнения на особенности роста, прохождения фенологических фаз, количество и нормы поливов, формирование урожайности, экономической эффективности возделывания сортов картофеля при поливе дождеванием. Выявлено преимущество усиленного режима орошения, обеспечивающего поддержание увлажнения до 70–80% НВ. Расход воды на вариантах с увлажнением 60–70% НВ составил 2280 м$^3$/га, на вариантах с режимом увлажнения 70–80% НВ – 3900 м$^3$/га. Уровень рентабельности на данном варианте составил 133,7%, что выше, чем на вариантах с экономичным режимом орошения, на 24,4 процентных пунктов. Наибольший экономический эффект был получен при возделывании раннеспелого сорта Удача отечественной селекции с урожайностью 45,3 т/га на вариантах с усиленным увлажнением.

***Ключевые слова:*** *орошение, картофель (Solánum tuberósum), дифференцированные поливы, урожайность*

# DIFFERENTIATION OF IRRIGATION REGIMES IN THE DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR GROWING POTATOES IN THE UNSTABLE HUMIDIFICATION ZONE

**L. V. Trubacheva[1], O. I. Vlasova[2], I. A. Volters[3], O. G. Shabaldas[4], V. M. Perederieva[5]**
[1, 2, 3, 4, 5]Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Author responsible for correspondence: Lyudmila V. Trubacheva, t-ludmila6@mail.ru, ORCID 0000-0001-8616-0571

**Abstract.** One of the most important food and industrial crops that occupy a leading position in the world crop production is potatoes. The research of new technologies and techniques in irrigated agriculture is of important ecological, economic and strategic importance. The article provides data on the study of the growth and development of potato varieties, which in different phases of their development experience a different

need for moisture. The researches were carried out in 2020–2021 in a two-factor experiment. The influence of two humidification modes (factor A) was studied – differentiated, which makes it possible to regulate the value of the pre-irrigation threshold of soil moisture (60–70–80% HB) and an enhanced humidification mode, which ensures the maintenance of humidification of 70–80% HB. The subject of the study was two varieties of potatoes (factor B). The estimated area of the plots is 60 m$^2$, all records and observations were carried out in two non-adjacent repetitions on each variant. The researches were carried out in soil and climatic conditions of the Novoaleksandrovskiy district of the Stavropol Territory. The soil of the experimental field is ordinary carbonated clay loam chernozem with a humus content of 5%, mobile phosphorus and potassium – 30 mg/kg and 389 mg/kg of soil, respectively, pH – 6–8. The purpose of the experience is to study the influence of humidification regimes on the growing habbits, the passage of phenological phases, the amount and norms of watering, the formation of yield, and the economic efficiency of cultivating potato varieties during watering by sprinkling. The advantage of the enhanced irrigation regime was revealed, which ensures the maintenance of humidification up to 70–80% of HB. The water consumption in the variants with moistening of 60–70% of HW was 2280 m$^3$/ha, in the variants with moistening of 70–80% of HW – 3900 m$^3$/ha. The profitability level in this variant was 133.7%, which is 24.4 percentage points higher than in options with an economical irrigation regime. The greatest economic effect was obtained during the cultivation of the early ripening variety Udacha of domestic breeding with a yield of 45.3 tons/ha on variants with enhanced moistening.

***Keywords:*** *irrigation, potato (Solánum tuberósum), differentiated watering, yield*

**Введение.** В современном сельскохозяйственном производстве необходимы технологии, которые позволяют получать повышенные урожаи сельскохозяйственных культур с сохранением плодородия почвы. Картофель – растение отзывчивое на изменение влажности почвы, особенно в аридных условиях. Водопотребление растений картофеля изменяется в зависимости от фазы роста, критического периода и приходится на фазы бутонизации – цветения. Недостаток влаги в критический период приводит к снижению урожайности клубней. В настоящее время активно внедряются новые современные способы полива с дифференцированными режимами орошения, позволяющие получать высокие урожаи, сохранять плодородие почвы и экономно расходовать оросительную воду.

Наиболее оптимальные условия влагообеспеченности растений картофеля достигаются при режиме орошения 70–80–70% НВ [1].

Для того чтобы обеспечить высокую эффективность возделывания картофеля, необходимо учитывать водопотребление, влажность почвы картофельного поля. Рациональный режим орошения обеспечивает возможность экономно использовать оросительную воду. К тому же, если учитывать особенности водопотребления картофеля по фазам вегетации, особенно в критический период, то можно добиться значительной экономии поливной воды [2].

Целью исследований являлось изучение влияния режимов увлажнения на формирование урожайности сортов картофеля, экономической эффективности их возделывания при поливе дождеванием.

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в базовом предприятии ОАО «Урожайное» в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

**Методика.** Изучалось влияние двух режимов увлажнения (фактор А) – дифференцированного, позволяющего регулировать величину предполивного порога влажности почвы (60–70–80% НВ), и усиленного режима увлажнения (70–80% НВ).

Объектом исследования являлись два сорта картофеля (фактор В). Учётная площадь делянок – 60 м$^2$, все учёты и наблюдения проводили в двух несмежных повторениях на каждом варианте. Исследования проводили в почвенно-климатических условиях Новоалександровского района Ставропольского края

Для орошения использовали дождевальную машину марки «Valley» с расчётной поливной нормой 350–450 м$^3$/га. Закладка опытов и проведение сопутствующих учётов и наблюдений проводили в соответствии с: «Методикой полевого опыта» (Б. А. Доспехов, 1985), «Методикой полевых опытов в условиях орошения» (1983), «Методическим руководством по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве» (2009).

Гидротермический коэффициент – 1,1–1,3 за период вегетации.

Величину водопотребления рассчитывали по методу Д. А. Штойко по формуле:

$$E = \sum t \times (0{,}1 - \frac{a}{100}), \qquad (1)$$

где Σ – расход почвенной влаги, м$^3$/га;

Σt – сумма среднесуточных температур, °С;

а – относительная влажность воздуха, %.

Источником орошения служило Новотроицкое водохранилище. По химическому составу воды водохранилища пресные, гидрокарбонатные. Содержание солей в воде составляет 1,2 г/л, что говорит о её пригодности для орошения [3]. С целью уточнения качества воды из водохранилища для оро-

шения, на основании химического анализа, была проведена её оценка на возможность осолонцевания почв, рассчитан ирригационный коэффициент Стеблера, который составил Ка > 18. Согласно полученному ирригационному коэффициенту качество оросительной воды можно оценить как хорошее.

Метеоусловия в годы проведения исследований складывались, в среднем, благоприятно, 2020 г. отличался несколько повышенной температурой воздуха, чем 2021 г.

Что касается осадков, то в марте и мае их количество в два раза превосходило среднемесячные показатели, что положительно повлияло на формирование урожая, и те экстремальные температуры, которые были в июне и июле, растения картофеля перенесли весьма удовлетворительно.

Наши исследования показали, что продолжительность межфазных периодов зависела от условий увлажнения. На варианте с увлажнением 70–80% НВ межфазные периоды были продолжительнее по сравнению с развитием картофеля в вариантах с уровнем увлажнения 60–70% НВ (рис. 1).

Так, период от посадки до всходов в варианте с увлажнением 70–80% НВ был на 3–5 дней

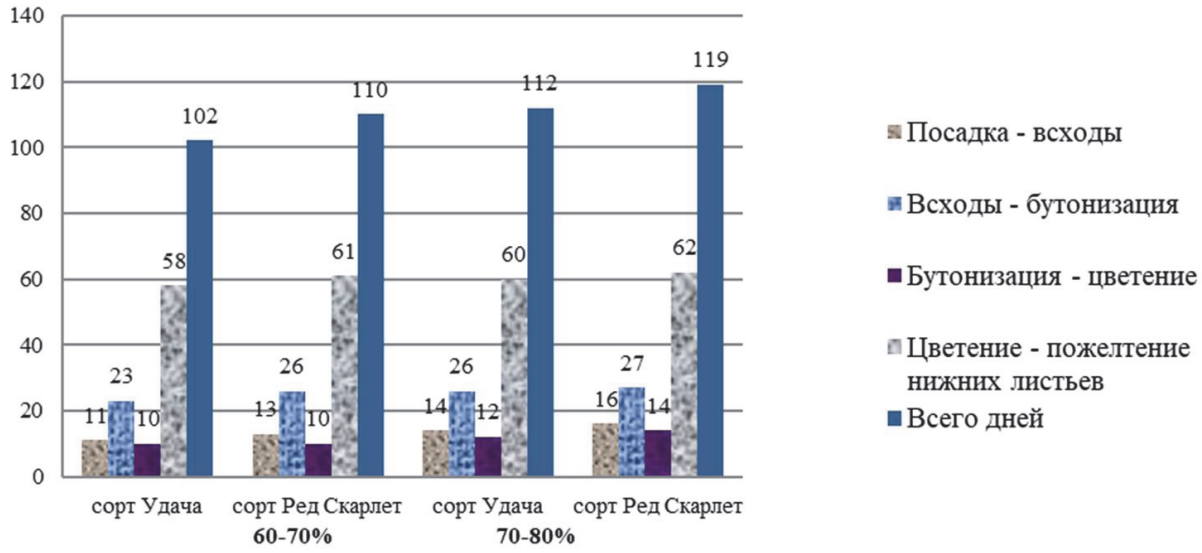


Рисунок 1 – Продолжительность межфазных периодов сортов картофеля в зависимости от уровня увлажнения

продолжительнее, чем в варианте с более низким уровнем увлажнения. Более продолжительные периоды отмечали у сорта Ред Скарлет на всех вариантах.

Дифференцированный режим орошения создавал условия для более быстрого прохождения фенологических фаз.

Потребность картофеля во влаге менялась с наступлением очередных фаз развития. В этой ситуации, учитывая ограничения в потреблении воды, в хозяйстве ОАО «Урожайное» проводились испытания по снижению поливных норм в начальные и заключительные фазы вегетации до 60–70% НВ и увеличению водообеспечения в критический период (фаза бутонизация – начало цветения) (80–85% НВ), что позволило сокращать оросительную норму и экономить водные ресурсы.

При расчётах режимов орошения картофеля, как уже было отмечено ранее, учитывали особенности водопотребления культуры по фазам вегетации, биологическим особенностям.

При дифференцированном режиме орошения в фазе всходов проводили один – два полива. В 2020 г. в варианте с уровнем увлажнения 60–70% в начале критического периода (в фазу бутонизации) провели 3 полива с нормой 175 м$^3$/га, а в более засушливом 2021 г. их число увеличили до пяти при аналогичной оросительной норме (рис. 2). После завершения фазы цветения поливы снова сокращали до уровня 60–70% НВ.

Поливы распределяли следующим образом: в начальный период роста число поливов было минимальным. В фазе всходов был проведён один – два полива.

В вариантах с увлажнением 70–80% НВ количество поливов увеличивали на 1–2, чтобы поддерживать уровень увлажнения. Оросительная норма в этих вариантах достигала 3900 м$^3$/га. В фазе цветения – пожелтения листьев поливы сокращали. Снижение величины оросительных норм в вариантах с экономичным использованием поливной воды сохранялось во все годы исследований.

Оросительная норма на вариантах с уровнем увлажнения 60–70% НВ составляла 2280 м$^3$/га и складывалась из 11 поливов по 175 м$^3$/га.

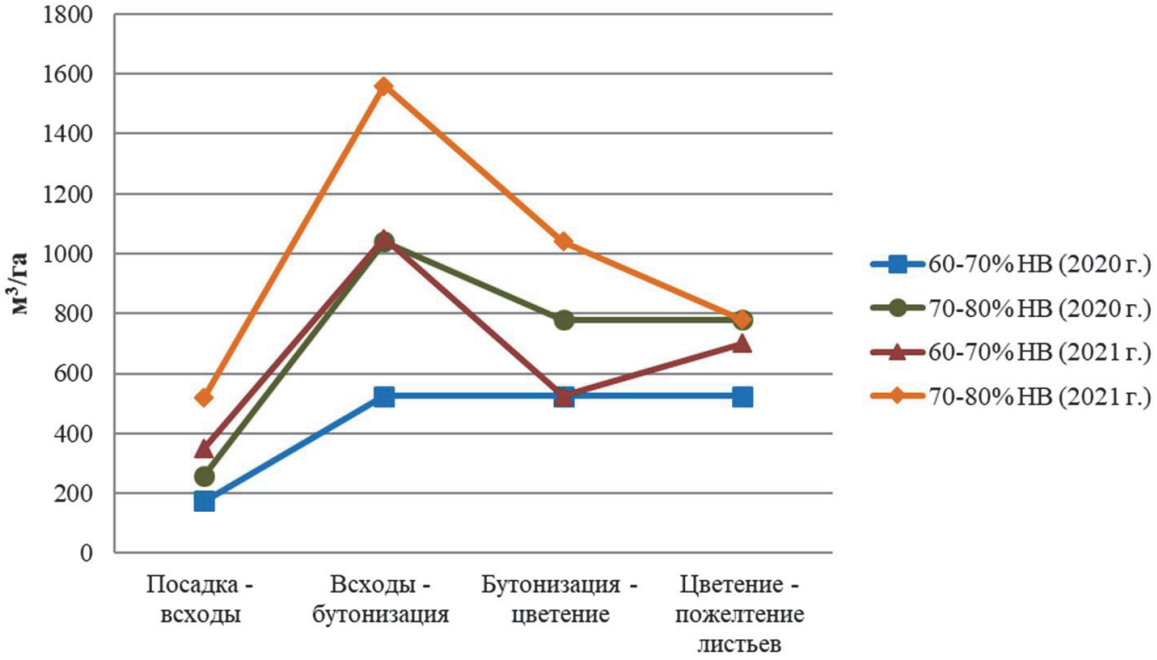


Рисунок 2 – Распределение поливов по вариантам водного режима почвы и межфазным периодам

На делянках с повышенной предполивной влажностью потребовалось 15 поливов по 260 м³/га (табл. 1).

Картофель – культура, отзывчивая на орошение в течение всей вегетации [4; 5].

Суммарное водопотребление картофеля разнится в зависимости от уровня урожайности [6]. Коэффициент водопотребления в вариантах с повышенным уровнем увлажнения составлял 112,7 м³/т при урожайности 45,3 т/га, а на делянках с меньшим увлажнением величина коэффициента снижалась на 18,3 м³/т.

Таким образом, наш опыт подтвердил, что коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур, таких как кукуруза, сахарная свёкла и картофель зависит от суммарного накопления влаги и величины урожайности [7; 8; 9].

Таблица 1 – Режим орошения картофеля сорта Удача (в среднем за 2020–2021 гг.)

| Уровень увлажнения, % НВ | Поливная норма / количество поливов, м³/га | Оросительная норма, м³/га | Суммарное водопотребление, м³/га | Коэффициент водопотребления, м³/т | Средняя урожайность, т/га |
|---|---|---|---|---|---|
| 60–70 | 175/11 | 2280 | 3832 | 94,4 | 40,6 |
| 70–80 | 260/15 | 3900 | 5107 | 112,7 | 45,3 |
| $НСР_{0,5}$ | x | x | 637,5 | 9,15 | 2,35 |

Оросительные нормы в годы исследований составляли от 2280 до 3900 м³/га в зависимости от величины предполивной влажности. Урожайность картофеля зависела от уровня увлажнения, почвенно-климатических условий и особенностей сорта.

В среднем условия года незначительно влияли на урожайность картофеля (рис. 3). Изучаемые сорта по-разному реагировали на изменения увлажнения. Более пластичным был сорт Удача [9].

Если при дифференцированном режиме орошения (60–70% НВ) величина урожайности составляла 43,6 т/га, то при увеличении водообеспечения до 80% НВ его урожайность увеличивалась на 1,8 т/га. Величина урожайности сорта Ред Скарлет при изменении режима орошения с 60–70 до 70–80% НВ увеличивалась на 4,6 т/га. Наибольшая урожайность была получена в вариантах с максимальным увлажнением – 70–80%.

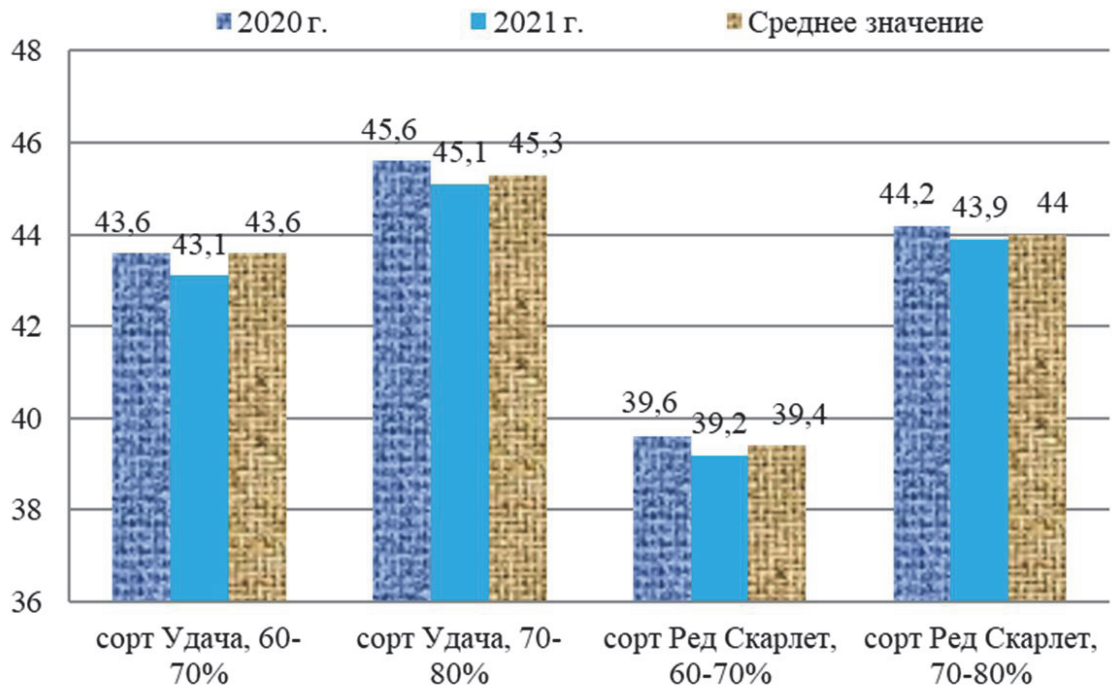


Рисунок 3 – Урожайность сортов картофеля в зависимости от уровня увлажнения

Расчёты экономической эффективности показали, что денежная выручка, полученная от продажи картофеля, в вариантах, где использовался усиленный режим полива, составила 826500 руб./га. Наиболее высокая прибыль была получена в варианте с режимом 70–80 % НВ – 314390,4 руб./га.

Уровень рентабельности в этом варианте составил 133,7%, что на 24,4 процентных пунктов выше, чем при выращивании картофеля дифференцированным способом полива.

Себестоимость продукции в вариантах с усиленным орошением была на 57 руб. ниже, чем в вариантах с меньшим увлажнением (рис. 4). Это связано в основном с уровнем урожайности.

**Выводы**. По реакции на изменение условий увлажнения более пластичным был сорт Удача, сформировавший при дифференцированном

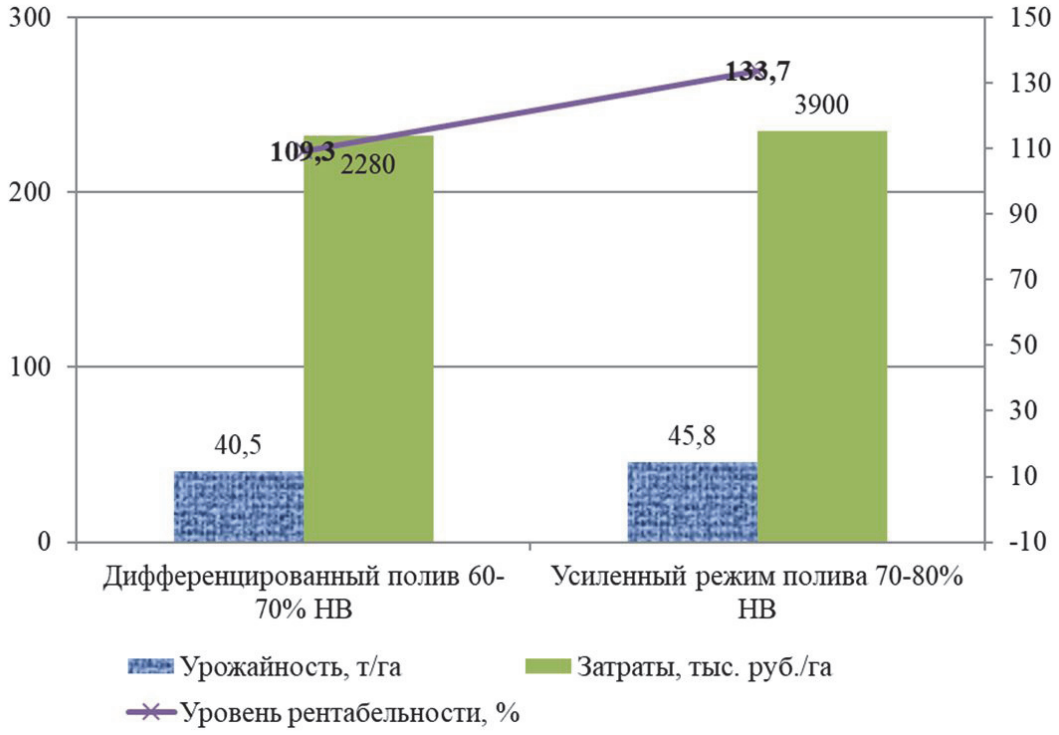


Рисунок 4 – Влияние режимов орошения на экономическую эффективность выращивания картофеля

режиме орошения 43,6 т/га клубней, а при улучшении водообеспечения до 80% НВ – 45,3 т/га, против 39,4 и 44,0 т/га у сорта Ред Скарлет соответственно. В опыте наибольшая урожайность обоих сортов отмечена при увлажнении 70–80% НВ. В аридной зоне Ставропольского края при возделывании картофеля целесообразно интенсивное орошение с поддержанием предполивного порога влажности почвы в течение всего периода вегетации растений 70–80% от НВ. На фоне усиленного режима орошения уровень рентабельности возделывания картофеля составлял 133,7%, что на 24,4 п.п. выше, чем при дифференцированном режиме орошения с более высокими значениями на раннеспелом сорте Удача отечественной селекции в сравнении с иностранным среднеспелым сортом Ред Скарлет.

***Список источников***

1. Щербакова Н. А., Тютюма Н. В., Туманян А. Ф. [и др.] Урожайность картофеля при различных способах орошения в почвенно-климатических условиях аридной зоны Прикаспия // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 109–116. ISSN 2542-0720.

2. Мелихов В. В., Комаров Е. В., Комарова О. П. Орошение – основа повышения стабильности энтомоценозов в аридных условиях Юго-Востока России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 1 (52). С. 34–39. ISSN 2073-0462.

3. Новиков А. А. Рациональное использование водных ресурсов картофеля при его выращивании в орошаемых звеньях севооборотов на чернозёмах // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, .№ 5. С. 37–41. ISSN 0235-2451.

4. Бородычёв В. В., Дубенок Н. Н., Новиков А. Е. [и др.] Особенности агротехники зерновой кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Плодородие. 2016. № 1 (88). С. 35–37. ISSN 1994-8603.

5. Мелихов В. В., Новиков А. А. Коэффициент водопотребления как критерий эффективности промышленного производства раннего картофеля // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 4. С. 38–40. ISSN 0235-2524.

6. Сатункин И. В. Эффективность перспективных способов и техники полива картофеля при различных режимах орошения на Южном Урале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 92–97. ISSN 2073-0853.

7. Лепетухин К. Ю. О возможности использования дождевальной машины кругового действия для обработки полей сложной формы // Орошаемое земледелие. 2020. № 3. С. 58–61. ISSN 2618-8279.

8. Бородычев В. В., Бубер А. А., Добрачев Ю. П. Мониторинг гидротермического режима картофельного поля в условиях субаридной зоны с применением имитационной модели // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 397–409. ISSN 2071-9485.

9. Давыдов А. С., Ермаков К. С. Режим орошения кукурузы на зерно // Вестник алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 55–59. ISSN 1996-4277.

***References***

1. Shcherbakova N. A., Tyutyuma N. V., Tumanyan A. F. [i dr.] Urozhajnost' kartofelja pri razlichnyh sposobah oroshenija v pochvenno-klimaticheskih uslovijah aridnoj zony Prikaspija // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2017. № 3 (11). S. 109–116. ISSN 2542-0720.

2. Melikhov V. V., Komarov E. V., Komarova O. P. Oroshenie – osnova povyshenija stabil'nosti jentomocenozov v aridnyh uslovijah Jugo-Vostoka Rossii // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. T. 14, № 1 (52). S. 34–39. ISSN 2073-0462.

3. Novikov A. A. Racional'noe ispol'zovanie vodnyh resursov kartofelja pri ego vyrashhivanii v oroshaemyh zven'jah sevooborotov na chernozjomah // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2020. T. 34, .№ 5. S. 37–41. ISSN 0235-2451.

4. Borodychjev V. V., Dubenok N. N., Novikov A. E. [i dr.] Osobennosti agrotehniki zernovoj kukuruzy na oroshaemyh zemljah Nizhnego Povolzh'ja // Plodorodie. 2016. № 1 (88). S. 35–37. ISSN 1994-8603.

5. Melikhov V. V., Novikov A. A. Kojefficient vodopotreblenija kak kriterij jeffektivnosti promyshlennogo proizvodstva rannego kartofelja // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2011. № 4. S. 38–40. ISSN 0235-2524.

6. Satunkin I. V. Jeffektivnost' perspektivnyh sposobov i tehniki poliva kartofelja pri razlichnyh rezhimah oroshenija na Juzhnom Urale // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 2 (82). S. 92–97. ISSN 2073-0853.

7. Lepetukhin K. Yu. O vozmozhnosti ispol'zovanija dozhdeval'noj mashiny krugovogo dejstvija dlja obrabotki polej slozhnoj formy // Oroshaemoe zemledelie. 2020. № 3. S. 58–61. ISSN 2618-8279.

8. Borodychev V. V., Buber A. A., Dobrachev Yu. P. Monitoring gidrotermicheskogo rezhima kartofel'nogo polja

v uslovijah subaridnoj zony s primeneniem imitacionnoj modeli // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2 (54). S. 397–409. ISSN 2071-9485.

9. Davydov A. S., Ermakov K. S. Rezhim oroshenija kukuruzy na zerno // Vestnik altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 5 (175). S. 55–59. ISSN 1996-4277.

***Сведения об авторах***

**Людмила Викторовна Трубачева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент базовой кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства имени Ф. И. Бобрышева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 6219-5720.

**Ольга Ивановна Власова** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий базовой кафедрой общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства имени Ф. И. Бобрышева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 8604-9390.

**Ирина Альвиановна Вольтерс** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент базовой кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства имени Ф. И. Бобрышева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 5481-7033.

**Ольга Георгиевна Шабалдас** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент базовой кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства имени Ф. И. Бобрышева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 7835-9355.

**Вера Михайловна Передериева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент базовой кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства имени Ф. И. Бобрышева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 9483-1591.

***Information about the authors***

**Lyudmila V. Trubacheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Basic Department of General Agriculture, Crop Production, Breeding and Seed Production named after Professor F. I. Bobryshev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 6219-5720.

**Olga I. Vlasova** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Basic Department of General Agriculture, Crop Production, Breeding and Seed Production named after Professor F. I. Bobryshev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 8604-9390.

**Irina A. Volters** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Basic Department of General Agriculture, Crop Production, Breeding and Seed Production named after Professor F. I. Bobryshev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 5481-7033.

**Olga G. Shabaldas** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Basic Department of General Agriculture, Crop Production, Breeding and Seed Production named after Professor F. I. Bobryshev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 7835-9355.

**Vera M. Perederieva** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Basic Department of General Agriculture, Crop Production, Breeding and Seed Production named after Professor F. I. Bobryshev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 9483-1591.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.