

Механизированный способ укладки капельной ленты при выращивании картофеля в Московской области

Борис Михайлович Кизяев¹, Виктор Иванович Балабанов², Наталья Борисовна Мартынова², Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов²

¹ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия
vbalabanov@rgau-msha.ru

Аннотация. Использование системы капельного орошения позволяет наиболее эффективно использовать поливную воду, так как ее доставка осуществляется непосредственно в корнеобитаемое пространство. В последние годы значительно увеличился выпуск капельной ленты на отечественных предприятиях путем ввода дополнительных мощностей на действующих заводах и ввод в строй новых производств, что позволит уменьшить в два раза импорт капельной ленты и сопутствующего оборудования и фитингов. Однако, доля земель, занятых капельным поливом, среди территорий, использующих оросительные мероприятия, практически не увеличилась и составляет 2–4 %. Изменить ситуацию и расширить применение капельного полива поможет проектирование систем капельного орошения с учетом особенностей вегетации конкретной сельскохозяйственной культуры, ее динамики водопотребления на протяжении жизненного цикла, схемы посадки. Одним из сдерживающих факторов является низкая степень механизации при укладке капельной ленты. Использование для этих целей кустарно изготовленных приспособлений приводит к неравномерному натяжению ленты и, как следствие, ее обрыву и перекручиванию в процессе укладки. Для устранения этого недостатка было разработано рабочее оборудование для укладки капельной ленты в картофельный гребень и установлено на формирователь гребней Grimme GF-75/4. Тяговые сопротивления выросли на 6–8 %, не повлияв на эксплуатационные свойства машины. В процессе испытаний была установлена тормозная система, поддерживающая натяжение ленты в допустимых пределах и предотвращающая раскручивание катушки при внезапных остановках машины. Применение укладчика капельной ленты на базе формирователя гребней Grimme GF-75/4 повысило производительность работ на 32–36 %.

Ключевые слова: капельное орошение, контур увлажнения, механизированная укладка, тяговое усилие.

Для цитирования: Кизяев Б. М., Балабанов В. И., Мартынова Н. Б., Абдулмажидов Х. А. Механизированный способ укладки капельной ленты при выращивании картофеля в Московской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 108–112. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp108-112>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Mechanized method of laying drop tape when growing potatoes in the Moscow region

Boris M. Kizyaev¹, Viktor I. Balabanov², Natalya B. Martynova², Khamzat A. Abdulmazhidov²

¹All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University - MSHA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, vbalabanov@rgau-msha.ru

Abstract. The use of a drip irrigation system allows the most efficient use of irrigation water, since it is delivered directly to the root space. In recent years, the production of drip tape at domestic enterprises has significantly increased by introducing additional capacities at existing plants and commissioning new production facilities, which will halve the import of drip tape and related equipment and fittings. However, the share of lands occupied by drip irrigation among the territories using irrigation measures has practically not increased and amounts to 2–4 %. The design of drip irrigation systems, taking into account the peculiarities of the growing season of a particular agricultural crop, its dynamics of water consumption throughout the life cycle, and the planting scheme, will help to change the situation and expand the use of drip irrigation. One of the limiting factors is the low degree of mechanization when laying the drip tape. The use of handicraft devices for these purposes leads to an uneven tension of the tape and, as a consequence, its breakage and twisting during the laying process. To eliminate this drawback, the working equipment for laying the drip tape into the potato comb was developed and installed on the Grimme GF-75/4 comb shaper. Traction resistance increased by 6–8 %, without affecting the performance of the machine. During the tests, a brake system was installed that maintains the belt tension within acceptable limits and prevents the coil from spinning when the machine stops suddenly. The use of a drip tape stacker based on the Grimme GF-75/4 ridge former has increased the productivity of work by 32–36 %.

Keywords: drip irrigation, humidification circuit, mechanized stacking, tractive effort.

For citation: Kizyaev B. M., Balabanov V. I., Martynova N. B., Abdulmazhidov Kh. A. Mechanized method of laying drop tape when growing potatoes in the Moscow region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(10): 108–112 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp108-112>.

Введение. Неоспоримым преимуществом капельного полива является доставка поливной воды непосредственно в корнеобитаемое пространство. Это сводит к минимуму потери воды на испарение и фильтрацию в глубокие почвенные слои. Очевидным преимуществом также являются неувлажненные междурядья, что существенно замедляет рост сорняков [13, 14]. Капельная лента не требовательна к уклону местности, возвышенные и низинные участки увлажняются одинаково [7]. Однако капельный полив в нашей стране не получил широкого распространения несмотря на очевидные преимущества, а также развитие производства капельной ленты в Российской Федерации [8]. Так, за последние годы мощности российско-израильского предприятия «Полипластик Ривулис ирригационные системы трубопроводов» (г. Волжский Волгоградской обл.) выросли до 200 млн пог. м в год, компания «Новый век агротехнологий» (г. Чаплыгин Липецкой области) 270 пог. м в год. Предполагается, что наращивание производства позволит сократить долю импорта капельной ленты с 60% до 30–40%. Однако, проведенные мероприятия существенно не изменили общую картину использования способов полива на орошаемых



землях Российской Федерации. Так, из общей площади 4633 тыс. га орошаемых земель, доля территорий, занятых капельным поливом, составляет всего 2 – 4 %. На остальных землях используется поверхностный полив и дождевание. Используемые отечественные машины (в подавляющем большинстве дождевальные машины «Фрегат» – почти половина общего парка отечественных машин, а также широкозахватные дождевальные машины «Кубань», дождевальные машины фронтального действия ДКШ-64 «Волжанка», двухконсольные дождевальные машины ДДА-100М на базе трактора) практически выработали свой ресурс, износ составляет 80% и выше, технические характеристики во многом уступают современным импортным дождевальным машинам [3]. В этих условиях представляется непростым добиться прироста продукции растениеводства на 117 % в 2025 г. по отношению к урожаю 2017 года – задача, поставленная Программой министерства сельского хозяйства РФ. В рамках этой программы предполагается создание и внедрение перспективной мелиоративной техники. Однако, новая отечественная техника в хозяйства практически не поступает, свыше 90% новых поступлений – импортные машины. Поэтому ввод в строй новых орошаемых земель предполагает закупку импортной техники [2]. Это обстоятельство идет вразрез с Государственной программой импортозамещения, а также концепцией развития аграрной науки на период до 2025 г., разработанной Отделением сельскохозяйственных наук РАН. Учитывая сегодняшнее состояние проработки данного вопроса, перспективные разработки дождевальных машин находятся в стадии исследования и создания опытно-конструкторской документации, насытить рынок к 2025 г. конкурентоспособными отечественными машинами вряд ли возможно.

Выходом из данной ситуации могло быть увеличение доли земель, занятых капельным поливом. В 2000–2010 гг. темпы внедрения капельного полива были довольно высокими, затем рост замедлился, и в последние годы практически нет увеличения площадей, занятых системами капельного орошения. По этому показателю мы сильно отстаем от большинства развитых стран, несмотря на прирост мощностей по выпуску капельной ленты и сопутствующего оборудования [9].

Одним из сдерживающих факторов распространения капельного полива является низкая степень механизации при укладке капельной ленты. Способ размещения капельной ленты зависит от вида орошающей культуры, ее схемы посадки, оросительной нормы, особенностей вегетационного периода [4, 5].

Методика исследований. В Московской области выращивание картофеля осуществляется по гребневой технологии [12]. Однако, специализированные машины для укладки капельной ленты в картофельный гребень отсутствуют. Использование кустарных приспособлений приводит к неравномерному натяжению ленты, и, как следствие, ее перекручиванию и обрыву. Для создания специализированного рабочего органа для укладки капельной лентой с регулированной глубиной укладки была создана модель рабочего органа, представляющая собой криволинейную направляющую трубу с сошником (рис. 1).



Рис. 1. Испытание модели рабочего органа укладчика капельной ленты в грунтовом канале

Тяговое сопротивление, возникающее в процессе укладки капельной ленты, складывается из суммы сопротивлений грунта разработке и протягивания ленты и может быть определено по формуле [6]:

$$\begin{aligned} F_{po} &= R_{Hr} + F_{Lb} = R_{Hr} + F_{Lvr} + F_{Ldp} + F_{Ltp} = \\ &= \mu \cdot G_p + k_p \cdot h \cdot b + \varepsilon \cdot h \cdot b \cdot v^2 + \\ &+ \left(f_o \cdot G_L \cdot d_o \cdot d_p^{-1} + 2 \cdot G_L \cdot l_3 \cdot d_p^{-1} \right) \cdot (1 + e^{f_o \cdot \beta}), \end{aligned} \quad (1)$$

где F_{Lb} – сопротивление протягивания ленты, кН; F_{Lvr} – сопротивление трению ленты в укладчике, кН; F_{Ldp} – усилие на преодоление дисбаланса катушки, кН; F_{Ltp} – сопротивление трению катушки об ось, кН; R_{Hr} – сопротивление грунта разработке, кН; μ – коэффициент трения оси в опорах; G_L – вес бухты ленты, кН; d_o – диаметр оси, м; d_p – диаметр бухты, м; l_3 – смещение центра тяжести бухты от оси вращения, м; ε – угол обхвата лентой; f_o – коэффициент трения рабочего органа о грунт; G_p – вес укладчика, кН; k_p – удельное сопротивление



резанию, kH/m^2 ; ε – коэффициент, учитывающий влияние скорости резания на сопротивление копанию; h – глубина разработки, м; b – ширина разработки, м, v – скорость укладчика, м/с.

Как показали лабораторные исследования, при укладке ленты на глубину до 80 мм, тяговые сопротивления не превышают 180 Н (рис. 2).

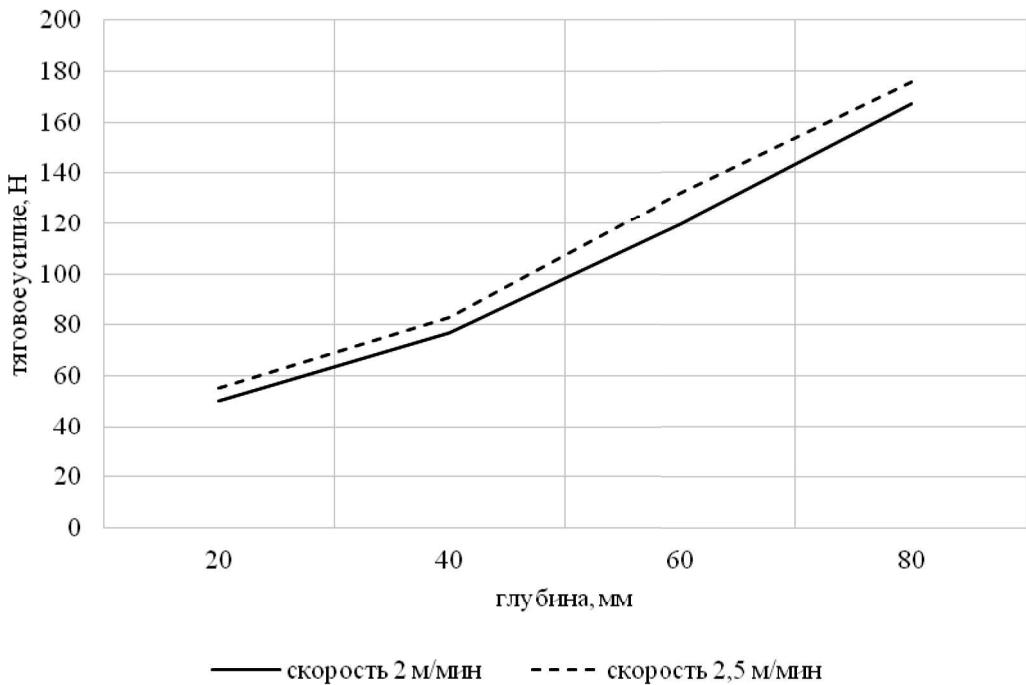


Рис. 2. Тяговые сопротивления укладки капельной ленты

Изучив полученные данные, было принято решение о возможности размещения рабочего оборудования укладчика капельной ленты на формирователе гребней Grimme GF-75/4 (рис. 3). Это позволило совместить технологические операции по укладке капельной ленты и формированию гребней, так как в начальный период развития картофеля достаточно влаги материнского клубня, и необходимость дополнительных поливов отсутствует [10, 11].



Рис. 3. Испытания укладчика капельной ленты на базе формирователя гребней Grimme GF-75/4 на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Результаты исследований. Расчеты показали, а в процессе лабораторных исследований подтвердилась зависимость тяговых усилий от скорости машины. В процессе полевых исследований при отработке режимов работы машины выяснилось, что изменение скорости в процессе движения машины ведет к колебаниям значений тяговых усилий, а это, в свою очередь, приводит к неравномерному натяжению капельной ленты, возникает опасность обрыва и перекручивания в процессе укладки. Решением данного вопроса



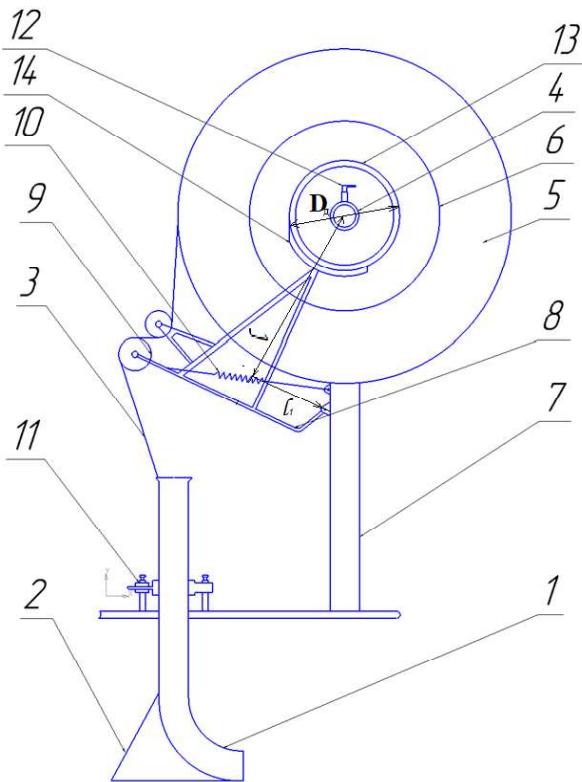


Рис. 4. Конструкция укладчика капельной ленты с тормозным устройством: 1 – направляющая труба; 2 – сошник; 3 – капельная лента; 4 – вал; 5 – катушка капельной ленты; 6 – прижимной диск; 7 – вертикальная опорная стойка; 8 – тормозное устройство; 9 – натяжной ролик; 10 – пружина; 11 – регулятор глубины укладки; 12 – фиксатор диска

стало введение в конструкцию пружины с роликами для поддержания постоянного натяжения ленты в процессе укладки с целью повышения качества укладочных работ и недопущения обрывов и перекручивания ленты. В конструкцию укладчика было введено также тормозное устройство, замыкание и размыкание которого осуществляется вышеописанной пружиной (рис. 4).

Введение указанных изменений в конструкцию рабочего органа потребовало проведения дополнительных расчетов.

Момент размыкания тормоза следует определять [1]:

где D_d – диаметр прижимного диска, м; f – коэффициент трения; l, l_1 – плечи рычагов, м; η – КПД рычажного механизма.

Диаметр размыкающей пружины вычислим по формуле

$$D = 2,1 \sqrt{\frac{kc^3 F_{po}}{[\tau]}}, \quad (3)$$

где k – коэффициент влияния кривизны витков; c – индекс пружины; $[\tau]$ – допускаемое напряжение для проволоки, МПа.

Определим требуемую длину пружины в свободном состоянии:

$$L_s = \frac{10^4 d^2 h + 1,3 h c^3 F_{po}}{c^3 (F_{po} - F_n)} + d, \quad (4)$$

где d – диаметр проволоки, мм; h – рабочий ход пружины, мм; F_n – предварительное сжатие пружины, Н.

Как показали дальнейшие испытания, использование рабочего оборудования для укладки капельной лентой с тормозной системой позволило повысить производительность работ на 32–36 %.

Заключение. Для получения гарантированного урожая требуется поддержание оптимального водно-воздушного баланса почвы, а следовательно, проведение агромелиоративных мероприятий. Капельное орошение является наиболее экономичным способом полива, так как вода доставляется непосредственно в корнеобитаемое пространство. Увеличение площадей, занятых капельным орошением, возможно благодаря наращиванию мощностей предприятий, выпускающих капельную ленту и сопутствующее оборудование. Укладку капельной ленты рационально проводить совместно с операцией по формированию гребней, с этой целью на формирователь гребней Grimme GF-75/4 было установлено рабочее оборудование для укладки капельной ленты в картофельный гребень с разработанной тормозной системой для поддержания требуемого натяжения капельной ленты и исключения разматывания ее с катушки в момент остановки машины. Применение механизированной укладки капельной ленты позволило сократить трудозатраты на 22–28 %, а совмещение технологических операций по формированию гребней и укладке капельной ленты привело к снижению энергозатрат на 16 % и росту производительности работ на 32–36 %. Использование капельного орошения при выращивании картофеля с механизированной укладкой капельной ленты может внести весомый вклад в реализацию федеральной программы «Развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период до 2025 г.».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 агронженерный университет имени В. П. Горячкина». 2016. № 2. С. 40–46.
2. Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального «Московский государственный агронженерный университет имени В. П. Горячкина». 2013. № 2(58). С. 23–25.
3. Балабанов В. И. Актуальная техника. Обзор инновационных разработок для посева и почвообработки // Агротехника и технологии. 2019. № 1. С. 18–19.
4. Бородычев В. В., Лытов М. Н., Овчинников А. С., Бочарников В. С. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов // Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4(40). С. 21–28.



5. Дубенок Н. Н., Болотин Д. А., Фомин С. Д., Болотин А. Г. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья // 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 агронженерный 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. Модернизация мелиоративных систем как главный фактор обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны // Природообустройство. 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 агронженерный университет имени В. П. Горячкина». 2018. № 2(84). С. 18–22.

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

11. Старовойтова О. А., Шабанов Н. Э. Влияние ширины междуурядий на температуру, влажность, плотность почвы и урожайность картофеля // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агронженерный 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 Российской НИИ проблем мелиорации. 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. No. 197. P. 428–433.

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. No. 91(5). P. 504–516.

REFERENCES

1. Abdulmazhidov Kh. A., Matveev A. S. Integrated design and strength calculations of structures of environmental engineering machines in the Inventor Pro system. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin”. 2016; 2: 40–46.

2. Apatenko A.S. Modern trends in the development of the technical potential of land reclamation. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin”. 2013; 2 (58): 23–25.

3. Balabanov V. I. Actual technology. An overview of innovative developments for sowing and tillage. Agrotechnics and technologies. 2019; 1: 18–19.

4. Borodychev V. V., Lytov M. N., Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S. Optimal irrigation control based on modern computational algorithms. Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2015; 4 (40): 21–28.

5. Dubenok N. N., Bolotin D. A., Fomin S. D., Bolotin A. G. Responsiveness of different varieties of potatoes to the water regime of light chestnut soils of the Lower Volga region. News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2017; 4: 22–29.

6. Zhalnин Е. В. On the fundamental nature of agricultural mechanics. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin”. 2017; 6 (82) – P.10–14.

7. Karapetyan M. A., Shipantsov A. M. The productivity of the potato harvester and the quality of harvesting tubers depend on the pre-planting soil preparation. *Potatoes and vegetables*. 2012; 4: 7.

8. Krasnoshchekov V. N., Olgarenko D. G. Modernization of reclamation systems as the main factor in ensuring food and environmental security of the country. *Environmental engineering*. 2016; 4: 51–57.

9. Martynova N. B., Korneev A. Yu. Development of the design of a drip tape stacker on the basis of a Grimme GF 75/4 combing machine for growing potatoes. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”. 2018; 2 (84): 18–22.

10. Ovchinnikov A. S., Buber A. A., Dobrachev Yu. P., Borodyshev V. V. A dynamic model of early ripening potatoes for regulating the hydrothermal regime of agrocenosis in the conditions of the Volgograd region. News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2018; 4: 65–76.

11. Starovoitova O. A., Shabanov N. E. Influence of row spacing on temperature, moisture, soil density and potato yield. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”. 2016; No. 4: 34–40.

12. Shtanko A. S., Shkura V. N. Calculation of the average diameter and volume of the contour of drip soil moisture. Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems. 2018; 3 (31): 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: 428–433.

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): 504–516.

Статья поступила в редакцию 15.08.2021; одобрена после рецензирования 30.08.2021; принята к публикации 09.09.2021.
The article was submitted 15.08.2021; approved after reviewing 30.08.2021; accepted for publication 09.09.2021.

