

Оригинальная статья
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-21-26>
УДК 631.674.4:626.844



ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТУРОВ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ И ВНУТРИПОЧВЕННОЙ УКЛАДКЕ КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Н.Б. Мартынова[✉], Л.А. Журавлева

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

Аннотация. Цель исследований – сравнить способы поверхностной и внутрипочвенной укладки капельной ленты, проанализировать достоинства и недостатки обеих технологий, сравнить тяговые сопротивления, возникающие при поверхностной и внутрипочвенной укладке капельной ленты; по результатам исследований предложить рациональный способ укладки капельной ленты, позволяющий наиболее рационально использовать поливную воду и не требующий повышенных энергозатрат. Для сравнения поверхностного и внутрипочвенного способов укладки капельной ленты были исследованы по приведенным методикам тяговые сопротивления, возникающие при укладке капельной ленты. Данные тяговых сопротивлений, возникающих при обоих способах укладки капельной ленты, были получены также в лабораторных условиях и сравнивались с результатами теоретических исследований. Были исследованы геометрические параметры контура увлажнения при обоих способах укладки капельной ленты, для чего была разработана оригинальная методика, полученные данные также проверялись в лабораторных условиях. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при внутрипочвенной укладке капельной ленты, если глубина укладки не превышает 0,1 м, не наблюдается существенного роста тяговых сопротивлений по сравнению с поверхностной укладкой. При этом полученная форма поливного контура лучше охватывает корневое пространство, сокращая зону поверхностного смачивания и, следовательно, потери на испарение поливной воды. Внутрипочвенный способ укладки капельной ленты может быть рекомендован как наиболее перспективный, так как позволяет существенно экономить поливную воду, не приводя к росту тяговых сопротивлений при прочих достоинствах внутрипочвенной укладки: прямолинейное расположение капельной ленты с минимальными отклонениями от горизонтали существенно снижает потери напора в ленте; внутрипочвенное расположение не допускает перегрева воды, а следовательно, ее губительного действия на корневую систему в жаркое время года.

Ключевые слова: капельная лента, внутрипочвенная укладка, поверхностная укладка, контур увлажнения, сопротивление укладке, корнеобитаемое пространство

Формат цитирования: Мартынова Н.Б., Журавлева Л.А. Особенности формирования контуров увлажнения при поверхностной и внутрипочвенной укладке капельной ленты при выращивании картофеля // Природообустройство. 2025. № 1. С. 21-26. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-21-26>

Scientific article

FEATURES OF FORMATION OF MOISTURE CONTOURS DURING SURFACE AND INTRA-SOIL LAYING OF DRIP TAPE WHEN GROWING POTATOES

N.B. Martynova[✉], L.A. Zhuravleva

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakova; 127434, Moscow, Timiryazevskaya street, 49, Russia

Abstract. The purpose of the study: to compare the methods of surface and intra-soil drip tape laying, to analyze the advantages and disadvantages of both technologies, to compare the traction resistances that occur during surface and intra-soil drip tape laying. Based on the results of the research, to propose a rational method of laying drip tape, which allows the most rational use of irrigation water and does not require increased energy consumption. Research methods. To compare the surface and intra-soil methods of drip tape laying, the traction resistances that occur during drip tape laying were studied using the above methods. The data of traction resistances arising from both methods of drip tape laying were also obtained in laboratory conditions and compared with the results of theoretical studies. The geometric parameters of the moisture contour in both methods of laying drip tape were investigated, an original

technique was developed for this, and the data obtained were also checked in laboratory conditions. Research results. The data obtained allow us to conclude that during intra-soil laying of drip tape, if the laying depth does not exceed 0.1 m, there is no significant increase in traction resistances, compared to surface laying. At the same time, the resulting shape of the irrigation circuit better covers the root space, reducing the zone of surface wetting, and, consequently, losses due to evaporation of irrigation water. Findings. The intra-soil method of laying drip tape can be recommended as the most promising, as it allows you to significantly save irrigation water without leading to an increase in traction resistances with other advantages of subsoil laying: the straight-line arrangement of the drip tape, with minimal deviations from the horizontal, significantly reduces head loss in the tape; The intra-soil location does not allow water to overheat, and, consequently, its detrimental effect on the root system, in the hot season.

Keywords: drip tape, intra-soil laying, surface laying, moisture contour, laying resistance, root-inhabited space

Format of citation: Martynova N.B., Zhuravleva L.A. Features of the formation of moisture contours during surface and intra-surface laying of drip tape when growing potatoes // Prirodoobustrojstvo. 2025. No. 1. P. 21-26. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-21-26>

Введение. Основным преимуществом капельного полива считается существенная экономия поливной воды благодаря ее доставке непосредственно в корнеобитаемое пространство [1]. Немаловажным преимуществом является возможность производства отечественными предприятиями – такими, как ООО «Угличский завод полимеров», НПО «Агрополимер», ЗАО «Новый век агротехнологий», ООО «Виола», полного перечня технологического оборудования: лент, фитингов, контрольного оборудования [2]. В последнее время указанные предприятия наращивают мощности, но произошла замена импортного оборудования на отечественное. Общая доля территорий, занятых капельным поливом, невелика среди орошаемых земель и составляет менее 10% [3]. Одной из причин низких темпов распространения капельного полива является отсутствие специальных машин, предназначенных для укладки капельной ленты. Используемые для этих целей кустарно изготовленные приспособления не обеспечивают требуемого качества работ, что в итоге приводит к обрыву или перекручиванию ленты, делающей невозможным работу системы капельного полива и требующей проведения ремонтных работ. Специальные машины, предназначенные для поверхностной и внутрипочвенной укладки капельной ленты, с регулированием глубины заложения ленты и ее постоянного натяжения в процессе укладки, для исключения обрывов и перекручивания, выпускаются американскими фирмами Andros и Rain Flo. Их закупка является нерентабельной, а с учетом непростой внешнеполитической ситуации – вряд ли возможной [4].

Капельная лента может быть уложена как поверхностно, так и внутрипочвенно. Поверхностная укладка часто совмещается с укладкой пленки. При таком способе укладки лента не отклоняется от заданного положения. Однако

в жаркую погоду поливная вода от нагретой под солнцем темной пленки может также нагреться до опасных для растения температур. Существуют технические разработки, направленные на устройство небольшого углубления, для уменьшения пятна контакта капельной ленты с пленкой, однако в конструкции выпускаемых машин подобные технические усовершенствования введены не были [5]. При поверхностной укладке ленты без пленки возможно отклонение капельной ленты от заданного положения в процессе эксплуатации системы в связи с ростом растения или под действием ветра. Это создаст дополнительные сопротивления движению потока воды, что нежелательно для некомпенсированных капельниц, значительные отклонения могут привести к выходу из строя системы полива. При внутрипочвенной укладке лента занимает заданное положение, так как в почве лента размещается из направляющей трубы. Отклонения от заданного положения незначительны благодаря постоянному натяжению ленты, не зависящему от скоростных колебаний базовой машины. При обратной засыпке положение ленты в почве фиксируется. При внутрипочвенном расположении ленты вода непосредственно проникает в корнеобитаемое пространство, при этом потери на испарение практически отсутствуют, а фильтрация воды в нижележащие слои сведена к минимуму. Однако при таком способе укладки капельной ленты возникают дополнительные сопротивления, которые следует учитывать при выборе способа укладки ленты.

Цель исследований: сравнить способы поверхностной и внутрипочвенной укладки капельной ленты, проанализировать достоинства и недостатки обеих технологий, сравнить тяговые сопротивления, возникающие при поверхностной и внутрипочвенной укладке капельной ленты;

по результатам исследований предложить рациональный способ укладки капельной ленты, позволяющий наиболее рационально использовать поливную воду и не требующий повышенных энергозатрат.

Материалы и методы исследований.

В процессе укладки капельной ленты в случае внутрипочвенной укладки возникают силы сопротивления разработки грунта и укладки ленты в почву, а также сила инерции катушки капельной ленты. Суммарное сопротивление укладки капельной ленты определим по формуле [6]:

$$F_o = F_{cp} + F_{ик} + F_{дк} + F_{то} + F_{ты} = \mu \cdot G_y + k_p \cdot h_p \cdot b_3 + \varepsilon \cdot h_p \cdot b_3 \cdot v_y^2 + \omega_d \cdot r_k \cdot \delta_{вр} \cdot i_t^{-1} + (f_o \cdot G_k \cdot d_o \cdot d_k^{-1} + 2 \cdot G_k \cdot l_o \cdot d_k) \cdot (1 + e^{f_o \beta}), \quad (1)$$

где F_{cp} – сопротивление грунта разработке, Н; $F_{ик}$ – сила инерции катушки с лентой, Н; $F_{дк}$ – сопротивление от дисбаланса катушки, Н; $F_{ты}$ – сила трения ленты в направляющей трубе, Н; $F_{то}$ – сила трения катушки об ось, Н; μ – коэффициент трения грунта о поверхность рабочего органа; G_y – вес укладчика, Н; k_p – удельное сопротивление грунта резанию, Па; h_p – глубина укладки, м; b_3 – ширина захвата, м; ε – удельное сопротивление грунта подъему, Па; v_y – скорость базовой машины, м/с; ω_d – угловая скорость колесного вала, с⁻¹; r_k – радиус ходового колеса, м; $\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс; i_t – передаточное число трансмиссии; f_o – коэффициент трения оси в подшипниках; G_k – вес катушки ленты, Н; d_o – диаметр оси катушки, м; d_k – диаметр катушки, м; l_o – смещение центра тяжести катушки от оси вращения, м; β – угол обхвата ленты, м.

Если имеют дело с поверхностной укладкой капельной ленты, то пленку и ленту часто размещают единой бухтой. В этом случае возникают сопротивления дисбаланса бухты, трение ее об ось, а также сила инерции. Следовательно, итоговое сопротивление укладке пленки и ленты будет выглядеть как

$$F_{по} = F_{и6} + F_{д6} + F_{т6} = \omega_d \cdot r_k \cdot \delta_{вр} \cdot i_t^{-1} + 2 \cdot G_k \cdot l_o \cdot d_k^{-1} + 2 \cdot G_k \cdot l_o \cdot d_k^{-1} \cdot e^{f_o \beta}, \quad (2)$$

где $F_{и6}$ – сила инерции катушки с лентой, Н; $F_{дк}$ – сопротивление от дисбаланса бухты, Н; $F_{т6}$ – сила трения бухты об ось, Н; G_k – вес катушки ленты, Н; $d_{о6}$ – диаметр оси бухты, м; d_6 – диаметр бухты, м; l_6 – смещение центра тяжести бухты от оси вращения, м.

Небольшая разница обусловлена значительной массой бухты с пленкой и, следовательно, повышенным трением об ось и инерционными силами [7]. Дальнейшими исследованиями следует оценить параметры контура увлажнения при поверхностной и внутрипочвенной укладке.

Поскольку движение воды в почве происходит под действием гравитационной и капиллярной силы в вертикальной плоскости, а горизонтальной – только под действием капиллярной

силы, то движение капли следует рассматривать отдельно в каждой плоскости.

Движение воды в вертикальной плоскости может быть описано уравнением [8]:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial W}{\partial z} + M \frac{\partial^2 W}{\partial t \partial z} \right), \quad (3)$$

где W – относительная влажность почвенного слоя; D – коэффициент диффузивности воды, находящейся в почве; t – время работы капельницы, с; M – общая минерализация, мг/л.

Коэффициент диффузивности почвы можно определить из выражения:

$$D = \frac{K_f^2 \sqrt{\frac{1}{v} \ln \frac{W_m - W_0}{W_1 - W_m}} W_m}{1 - \left(\frac{W_m}{W_1} \right)^3} \left(\frac{W_m - W_0}{W_1 - W_m} \right)^5 \times \left(\frac{1}{W_0^2} + 2 \frac{W_0}{W_1^3} \right) \cdot e^{\beta(W_m - W_0)}, \quad (4)$$

где K_f – коэффициент пористости; W_0 – начальная влагоемкость; W_1 – предельная полевая влагоемкость; W_m – текущая влагоемкость; v – коэффициент, зависящий от категории грунта; β – параметр, зависящий от пористости почвы и ее влажности.

Указанный параметр следует определить по формуле:

$$\beta = \frac{1}{W_1 - W_0} \ln \left(\frac{3(W_1 - W_m)^5}{W_1^2 (W_m - W_0)^5 \left(\frac{1}{W_0^2} + 2 \frac{W_0}{W_1^3} \right)} \right). \quad (5)$$

Исходя из вышеперечисленного передвижение влаги в вертикальной плоскости может быть определено как

$$z = \sqrt{4t \cdot M \cdot \frac{K_f^2 \sqrt{\frac{1}{v} \ln \frac{W_m - W_0}{W_1 - W_m}} W_m}{1 - \frac{W_m}{W_1}} \cdot \left(\frac{W_0 - W_m}{W_1 - W_m} \right)^5 \cdot \left(\frac{1}{W_0^2} + 2 \frac{W_0}{W_1^3} \right)}. \quad (6)$$

Движение воды в вертикальной плоскости описывается уравнением:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right). \quad (7)$$

Следовательно, движение воды в горизонтальной плоскости определяется как

$$x = \sqrt{4t \cdot M \cdot \frac{K_f^2 \sqrt{\frac{1}{v} \ln \frac{W_m - W_0}{W_1 - W_m}} W_m}{(W_1 - W_0^2 \cdot W_m)} \cdot \left(\frac{W_0 - W_m}{W_1 - W_m} \right)^5}. \quad (8)$$

Учитывая эллиптическую форму контура увлажнения, определим требуемый расход на капельницу [9]:

$$Q_k = 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot z \cdot x^2 \cdot t^{-1} \cdot (W_1 - W_0). \quad (9)$$

Подставив параметры ленты, определим поливную норму:

$$m = \frac{2,4 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot z \cdot x^2 \cdot (W_1 - W_0) \cdot l \cdot a}{c \cdot b}, \quad (10)$$

где l – длина гона, м; a – ширина участка, м; c – расстояние между капельницами, м; b – расстояние между соседними гребнями, м.

Результаты и их обсуждение. Сопоставляя усилия при погружной и поверхностной укладке под пленку, можно сделать вывод о том, что при глубине до 0,1 м разработка грунта не приводит к значительному росту тяговых сопротивлений (рис. 1). При поверхностной укладке под пленку на величину тяговых сопротивлений влияет вес бухты пленки.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод о том, что при скорости базового трактора до 2 м/с и глубине укладки капельной ленты до 0,1 м тяговые сопротивления не превысили 500 Н. Это позволит разместить оборудование по укладке ленты [10] на сельскохозяйственных машинах (рис. 2) и не окажет влияния на тягово-эксплуатационные свойства машины, позволив совместить сельскохозяйственные операции.

При поверхностной и погружной укладке капельной ленты начальные вертикальные координаты будут различными [11]. Это повлияет на геометрическую форму полученного контура увлажнения, что наглядно представлено на рисунке 3.

На форму контура влияют также почвенные условия, начальная влагоемкость, требуемая глубина промачивания, коэффициент пористости [12]. На рисунке 4 показан вид контура увлажнения при поверхностном и внутрипочвенном увлажнении.

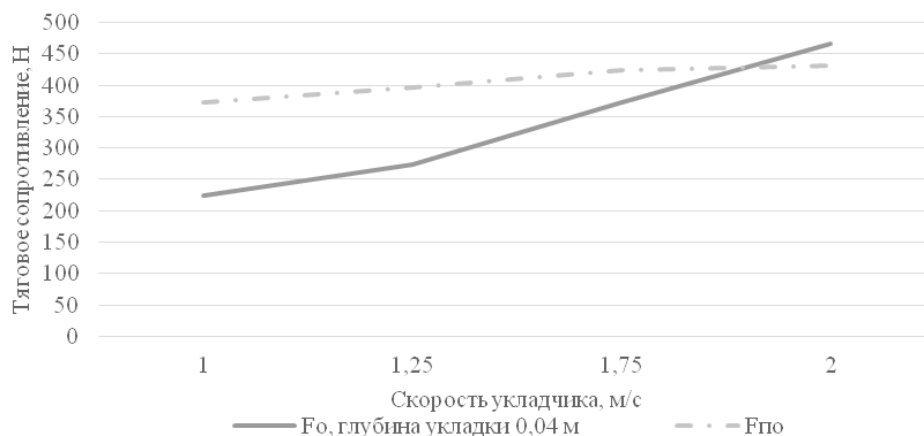


Рис. 1. Тяговое сопротивление при поверхностной и внутрипочвенной укладке капельной ленты на глубину 0,04 м

Fig. 1. Traction resistance for surface and intra-soil laying of drip tape to a depth of 0.04 m



Рис. 2. Испытания рабочего органа укладчика в лаборатории (а) и на базе формирователя картофельных гребней Grimme GF-75/4 (б) на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Fig. 2. Testing of the working element of the stacker in the laboratory (a) and on the basis of the Grimme GF-75/4 potato ridge former (b) at the Field experimental station of the Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Как следует из фотографии (рис. 4), при внутрипочвенной укладке формы контура при одинаковом расходе на капельницу лучше охват корневой зоны картофеля, что приведет

к более рациональному расходу поливной воды за счет минимизации потерь на проникновение капельной воды в глубокие почвенные слои.

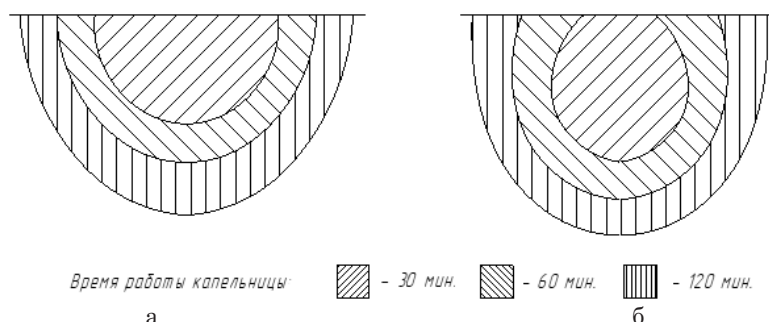


Рис. 3. Геометрическая форма контура увлажнения при поверхностной (а) и внутрипочвенной (б) укладке капельной ленты

Fig. 3. Geometric shape of the moisture contour for surface (a) and intra-soil (b) laying of drip tape



Рис. 4. Контур увлажнения через 30 мин полива при поверхностном (а) и внутрипочвенном расположении капельной ленты на глубине 0,04 м (б)

Fig. 4. Moisture contour after 30 minutes of irrigation with a surface arrangement of the drip tape (a) and intra-soil arrangement at a depth of 0.04 m (b)

Выводы

Капельная лента может быть уложена на поверхность (под пленку или без нее) или внутрипочвенно. Преимуществом внутрипочвенной укладки является точное положение ленты, когда отклонения от заданного положения минимальны. Укладка ленты на глубину до 0,1 м не приведет к существенному росту тяговых сопротивлений. При внутрипочвенной укладке ленты отклонения от прямолинейного

положения минимальны, лента в процессе эксплуатации не меняет положение, что приводит к снижению потерь напора. При внутрипочвенной укладке ленты жидкость распределяется равномерно в корневом пространстве, сокращаются потери на просачивание во внутрипочвенные слои. Следовательно, внутрипочвенная укладка капельной ленты на глубину до 0,1 м может быть рекомендована при выращивании картофеля.

Список использованных источников

1. Васильева Н.А. Роль мелиорации в повышении продуктивности сельскохозяйственных земель на примере Московской области / Н.А. Васильева, Л.В. Кирейчева // Природообустройство. 2023. № 3. С. 6-14. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-6-14.
2. Дубенок Н.Н. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской области / Н.Н. Дубенок, Г.В. Ольгаренко, Р.В. Калинин // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 5. С. 6-11.
3. Ольгаренко Г.В. Перспективы импортозамещения и разработки технических средств орошения для

References

1. Vasilyeva N.A. The role of reclamation in increasing the productivity of agricultural lands using the example of the Moscow region / N.A. Vasilyeva, L.V. Kireycheva // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 3. P. 6-14. – DOI 10.26897/1997-6011-2023-3-6-14
2. Dubenok N.N. Prospects and social significance of the development of land reclamation in the Moscow region / N.N. Dubenok, G.V. Olgarenko, R.V. Kalinichenko // Melioration and water management. 2022. No. 5. P. 6-11.
3. Olgarenko G.V. Prospects for import substitution and development of technical irrigation means for the land

программы развития мелиорации в Российской Федерации / Г.В. Ольгаренко, С.С. Турапин // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 2. С. 35-39.

4. Пчелкин В.В. Водный баланс зоны аэрации и расчетного слоя при орошении картофеля на дерново-подзолистых почвах / В.В. Пчелкин, В.О. Герасимов, О.М. Кузина, М.И. Новикова // Научная жизнь. 2018. № 10. С. 49-56.

5. Яшин В.М. Обоснование требований растений к регулированию водного режима почв и его контроль / В.М. Яшин, И.В. Глазунова // Природообустройство. 2022. № 5. С. 15-21. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-15-21.

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. Абдулмажидов Х.А. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов, А.С. Матвеев // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2016. № 2. С. 40-46.

8. Карпов М.В. Исследование эффективности и экономической оценка применения разработанной картофелепосадочной машины / М.В. Карпов, Г.Е. Шардина, А.А. Жиздюк, А.Г. Шаповалов // Научная жизнь. 2018. № 3. С. 19-27.

9. Мартынова Н.Б. Капельное орошение картофеля с применением механизированной укладки капельной ленты // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 3. С. 26-30.

10. Устройство для укладки капельной ленты: Патент на полезную модель. Российская Федерация, U1 № 2021128300МПК, A01G 25/06, № 208061 / А.Ю. Корнеев, В.И. Балабанов, Н.Б. Мартынова, Л.А. Журавлева; заявл. 28.09.2021; Опубл. 01.12.2021

11. 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. Pp. 428-433.

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

Об авторах

Наталья Борисовна Мартынова, канд., техн. наук, доцент, yourim2@rambler.ru

Лариса Анатольевна Журавлева, д-р техн. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-1168-4001; Scopus: 57204785451; RINCS ID: WOS Research ID: AAO-7123-2020; dfz@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Мартынова Н.Б., Журавлева Л.А., выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / The authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 28.04.2024

Одобрена после рецензирования / Approved after peer review 21.09.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 21.09.2024

reclamation development program in the Russian Federation / G.V. Olgarenko, S.S. Turapin // Melioration and water management. 2016. No. 2. P. 35-39.

4. Pchelkin V.V. Water balance of the aeration zone and calculation layer when irrigating potatoes on sod-podzolic soils / V.V. Pchelkin, V.O. Gerasimov, O.M. Kuzina, M.I. Novikova // Scientific life. 2018. No. 10. P. 49-56.

5. Yashin V.M. Justification of plant requirements for the regulation of soil water regime and its control / V.M. Yashin, I.V. Glazunova // Prirodoobustroystvo. 2022. No. 5. P. 15-21. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-5-15-21

6. Zhalnin E.V. On the fundamental nature of agricultural mechanics // Bulletin of the federal state educational institution of higher professional education "Moscow State Agricultural Engineering University named after V.P. Goryachkin", 2017. No. 6(82) P. 10-14.

7. Abdulmazhidov Kh.A. Integrated design and strength calculations of environmental engineering machine structures in the Inventor Pro system / Kh.A. Abdulmazhidov, A.S. Matveev // Bulletin of the Federal state educational institution of higher professional education "Moscow State Agricultural Engineering University named after V.P. Goryachkin". 2016. No. 2. P. 40-46.

8. Karpov M.V. Study of the effectiveness and economic assessment of the use of the developed potato planting machine / M.V. Karpov, G.E. Shardina, A.A. Zhizdyuk, A.G. Shapovalov // Scientific life. 2018. No. 3. P. 19-27.

9. Martynova N.B. Drip irrigation of potatoes using mechanized laying of drip tape / N.B. Martynova // Melioration and water management. 2021. No. 3. P. 26-30.

10. Utility model patent No. 208061 U1 Russian Federation, IPC A01G 25/06. Device for laying drip tape: No. 2021128300: application. 09/28/2021: publ. 12/01/2021 / A.Yu. Korneev V.I. Balabanov, N.B. Martynova, L.A. Zhuravleva.

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

12. Balabanov V.I. Calculation of the parameters of the humidification circuit for drip irrigation of potatoes / V.I. Balabanov, N.B. Martynova, Kh.A. Abdulmazhidov // Prirodoobustroystvo. 2022. No. 2. P. 41-47. DOI 10.26897/1997-6011-2022-2-41-47.

Information about the authors

Natalia B. Martynova, CSc (Eng), associate professor, yourim2@rambler.ru

Larisa A. Zhuravleva, DSc (Eng), associate professor; ORCID: 0000-0002-1168-4001; Scopus: 57204785451; RINTS ID: WOS Research ID: AAO-7123-2020; dfz@yandex.ru

Martynova N.B., Zhuravleva L.A. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.