

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-24-32>

УДК 631.67:631.347



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ШЛАНГОВОГО ДОЖДЕВАТЕЛЯ ПРИ ПОЛИВЕ РАССАДЫ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР, ВЫРАЩИВАЕМЫХ КАССЕТНЫМ СПОСОБОМ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ

А.И. Рязанцев^{1✉}, В.С. Травкин^{1,2}, Е.Ю. Евсеев³, О.В. Ануфриева³

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения „Радуга“ (ФГБНУ ВНИИ „Радуга“); 140483, Московская область, Коломенский городской округ, поселок Радужный, д. 38, Россия

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»; 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, корпус 2, Россия

³ Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Государственный социально-гуманитарный университет»; 140411, г.о. Коломна, ул. Зеленая, 30, Россия

Аннотация. В статье отмечается, что в настоящее время для полива кассетной рассады в теплицах находит широкое применение шланговый дождеватель позиционного действия ДШ-0,6, усовершенствованный для условий закрытого грунта. Усовершенствование дождевателя заключается в замене концевых насадок секторного действия на круговые насадки, определяемой уменьшением его радиуса действия вследствие ограниченной ширины типового модуля теплицы (9 м). Цель исследований – повышение качества полива рассады овощных культур, выращиваемых кассетным способом в защищенном грунте, посредством совершенствования шлангового дождевателя. В ходе теоретических исследований, исходя из конструктивных параметров дождевательных крыльев шлангового дождевателя и ширины модуля теплицы, было выявлено, что расстановка насадок осуществляется таким образом, чтобы обеспечить как можно большее перекрытие факелов дождя от круговых и секторных насадок и последних, в середине теплицы, – между собой. При этом расстояние a от места крепления насадок секторного действия до места крепления насадок кругового действия, определяемое по выражению 1, должно составлять около 0,80 м. Для оценки эффективности полива при использовании методики, описанной в СТО АИСТ 11.1-2010, было выявлено, что коэффициент эффективного полива для круговой орошаемой площади составляет около 0,75, а для квадратной (с учетом не поливаемых участков) – не более 0,60. Увеличение его возможно посредством перекрытия при поливе смежных позиций. При анализе графоаналитической зависимости установлено, что при перекрытии, равном $0,5d$, не поливаемая площадь составляет около 20 м^2 против $9,5$ и $4,8 \text{ м}^2$ соответственно при перекрытии, равном $0,6$ и $0,7d$. При этом коэффициент эффективности полива возрастает от значения без перекрытия, равного 0,60, до 0,75 с перекрытием $0,7d$. В результате проведения исследований были получены эксплуатационные показатели работы дождевательной установки, которые позволили сделать следующие выводы: для обеспечения эффективного полива шланговым дождевателем рассады овощных культур, выращиваемых кассетным способом в закрытом грунте, необходимо: обеспечить расстояние между насадками кругового и секторного действия, равное 0,80 м; производить смену позиции при перекрытии не менее 0,7 диаметра орошаемой круговой площади.

Ключевые слова: полив, дождевальная установка, ДШ-0,6, дождевательные насадки, перекрытие позиций, неполиваемая площадь, равномерность полива, защищенный грунт, кассетный способ

Формат цитирования: Рязанцев А.И., Травкин В.С., Евсеев Е.Ю., Ануфриева О.В. Совершенствование шлангового дождевателя при поливе рассады овощных культур, выращиваемых кассетным способом в закрытом грунте // Природообустройство. 2025. № 2. С. 24-32. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-24-32>

Original article

IMPROVEMENT OF THE HOSE SPRINKLER WHEN WATERING SEEDLINGS OF VEGETABLE CROPS GROWN BY THE CASSETTE METHOD IN CLOSED GROUND

A.I. Ryazantsev^{1✉}, V.S. Travkin^{1,2}, E.Yu. Evseev³, O.V. Anufrieva³

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply Systems "Raduga" (Federal State Budgetary Research Institution of the Research Institute "Raduga"), 140483 Moscow region, Kolomna city district, Raduzhny settlement, 38, Russia

²Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44 building 2, Russia

³The State Educational Institution of Higher Education of the Moscow region "State Social and Humanitarian University", 140411, Kolomna, Zelenaya str., 30, Russia

Abstract. The article notes that at present, for watering cassette seedlings in greenhouses, the DSh-0.6 positional hose sprinkler, improved for indoor conditions, is widely used. The improvement of the sprinkler consists in the replacement of sector-acting end nozzles with circular nozzles, determined by a decrease in its radius of action, due to the limited width of a typical greenhouse module (9 m). **The purpose of the study:** to improve the quality of irrigation of seedlings of vegetable crops grown by the cassette method in protected soil by improving the hose sprinkler. In the course of theoretical studies, based on the design parameters of the sprinkler wings of the hose sprinkler and the width of the greenhouse module, it was found that the nozzles are arranged in such a way as to ensure that the rain torches overlap as much as possible from the circular and sector nozzles and, the latter, in the middle of the greenhouse, with each other. In this case, the distance a from the attachment point of the sector action nozzles to the attachment point of the circular action nozzles, determined by expression 1, should be about 0.80 m. To assess the effectiveness of irrigation, using the well-known technique described in SRT AIST 11.1-2010, it was found that the effective irrigation coefficient for a circular irrigated area is about 0.75, and for a square one, taking into account non-irrigated areas, no more than 0.60, which can be increased by overlapping adjacent positions when watering. When analyzing the graph analytical dependence, it was found that, with overlap equal to $0.5d$, the non-spilled area is about 20 m^2 , versus 9.5 m^2 and 4.8 m^2 , respectively, with overlap equal to $0.6d$ and $0.7d$. At the same time, the irrigation efficiency coefficient increases from a value equal to 0.60 without overlap to 0.75 with an overlap of $0.7d$. As a result of the research, the operational performance of the sprinkler system was obtained, which allowed us to draw the following conclusions: to ensure effective irrigation of seedlings of vegetable crops grown by the cassette method in an enclosed ground with a hose sprinkler, it is necessary: to ensure the distance between circular and sectoral nozzles equal to 0.80 m; to change the position when overlapping at least 0.7 of the diameter of the irrigated circular squares.

Keywords: irrigation, sprinkler system, DSh-0.6, sprinkler nozzles, overlapping positions, non-irrigated area, uniformity of irrigation, protected soil, cassette method

Format of citation: Ryazantsev A.I., Travkin V.S., E. Evseev Yu., Anufrieva O.V. Improvement of the hose sprinkler when watering seedlings of vegetable crops grown by the cassette method in closed ground // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 2. P. 24-32. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-24-32>

Введение. Важнейшей составляющей продовольственной безопасности Российской Федерации и стран СНГ является решение экологической и энергетической проблем в сельском хозяйстве [1, 2]. Одним из актуальных и быстро развивающихся направлений овощеводства является выращивание рассады сельскохозяйственных культур в защищенном (закрытом) грунте для дальнейшего производства в открытом грунте. Такой метод позволяет значительно снизить период вегетации растений, а также добиться увеличения объемов урожая в ранние сроки с экономией при этом посевного ресурса [2, 3].

При выращивании рассады широкое распространение получила грунтовая и горшечная технология, но в последнее время большое внимание уделяется кассетному способу. Кассетная технология защищенного грунта положительно влияет на последующие операции высадки рассады в открытый грунт непосредственно из кассет [4, 5].

Важным элементом качественного выращивания при применении кассетной технологии в теплицах является орошение [5-7].

Овощеводческие хозяйства выращивают кассетную рассаду, как правило, в весенне-пленочных теплицах с шириной модуля

9,0 м, в типовых вариантах которых имело место единичное опытное внедрение дождевальной установки отечественного производства типа АП-2 и финского производства «Liannen» [5].

К дождевальным установкам, подходящим для полива рассады овощных культур в кассетах, следует отнести ДШ-1, «Россинка» и ДШ-0,6. Дождеватели ДШ-1 (рис. 1а) и комплект «Россинка» (рис. 1б) апробировались в ООО (бывш. СЗАО) «Сергиевское» Коломенского района Московской области, а ДШ-0,6 (рис. 2) – в ООО «Племзавод Пойма» (бывш. ПНО «Пойма») Луховицкого района и АО (бывш. АЗОТ) «Озеры» Озерского района Московской области.

Дождевальные установки («ДШ-1, «Россинка») не соответствуют необходимым показателям, так как коэффициент эффективного полива не превышает 0,6 при диаметре капли 1 мм,

следовательно, их невозможно рекомендовать для полива рассады.

Считаем, что в настоящее время для полива кассетной рассады в теплицах может найти широкое применение шланговый дождеватель позиционного действия ДШ-0,6 (авторское свидетельство СССР № 1804289) [1], усовершенствованный для условий закрытого грунта (рис. 2) [8-10].

Цель исследований: повышение качества полива рассады овощных культур, выращиваемых кассетным способом в защищенном грунте, посредством совершенствования шлангового дождевателя.

Материалы и методы исследований. Усовершенствование шлангового дождевателя заключается в замене концевых насадок секторного действия на круговые насадки (патент РФ № 189319 [11]), определяемой уменьшением его



Рис. 1. Общий вид дождевальных установок для полива кассетной рассады:
а – дождевальная установка ДШ-1; б – ДУ «Россинка»

Fig. 1. General view of sprinkler systems for irrigation of cassette seedlings

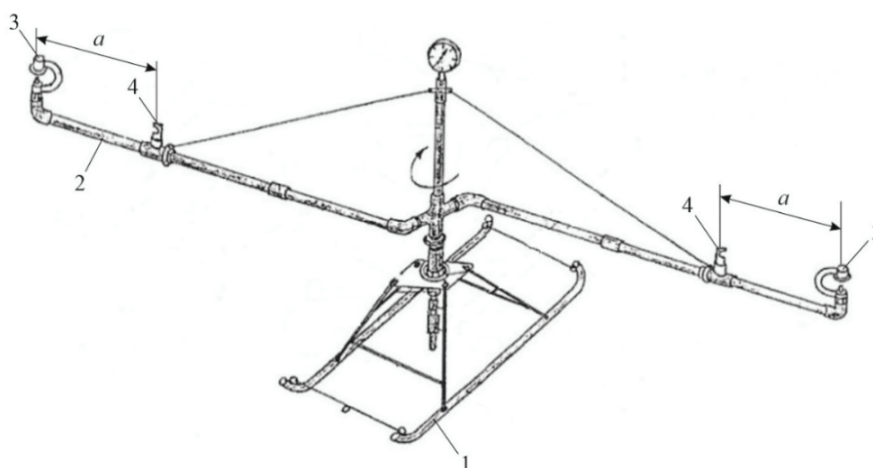


Рис. 2. Общий вид шлангового дождевателя для теплиц:

- 1 – опорное основание; 2 – дождевальные крылья;
3 – концевые насадки кругового действия; 4 – реактивные насадки секторного действия;
 a – расстояние между насадками кругового и секторного действия

Fig. 2. General view of a hose sprinkler for greenhouses

- 1 – supporting base; 2 – sprinkler wings; 3 – end nozzles of circular action;
4 – reactive nozzles of sector action; a – distance between nozzles of circular and section action

радиуса действия вследствие ограниченной ширины типового модуля теплицы (9 м) [12].

Технологическая схема работы дождевателя с допустимым превышением радиуса полива насадкой кругового действия (0,30 м) и, как следствие, минимальным стоком воды по стенкам теплицы (не более 5%) приведена на рисунке 3.

Вращение крыльев штангового дождевателя осуществляется, как и у ДШ-0,6, двумя реактивными насадками секторного действия, а его перемещение с позиции на позицию – электроприводной катушкой (патент РФ № 187870) [10].

Картина распределения дождя насадками кругового (а) и секторного (б) действия, по данным имеющихся исследований, приведена на рисунке 4 [11].

Исходя из конструктивных параметров дождевательных крыльев штангового дождевателя и ширины модуля теплицы расстановка насадок осуществляется таким образом, чтобы обеспечить как можно большее перекрытие факелов дождя от круговых и секторных насадок и последних, в середине теплицы, – между собой. При этом расстояние a от места крепления насадок секторного

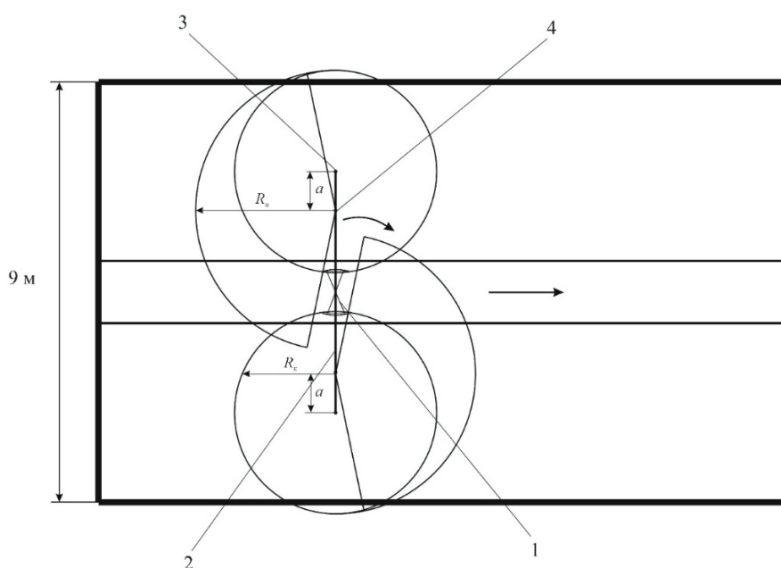


Рис. 3. Технологическая схема полива штанговым дождевателем в теплице:

- 1 – опорное основание; 2 – дождевательные крылья; 3 – концевые насадки кругового действия; 4 – реактивные насадки секторного действия; R_c – радиус полива реактивной насадкой секторного действия; R_k – радиус полива насадкой кругового действия

Fig. 3. Technological scheme of irrigation with a hose sprinkler in a greenhouse

- 1 – supporting base; 2 – sprinkler wings; 3 – end nozzles of circular action; 4 – reactive nozzles of sector action; R_c – radius of irrigation by a reactive nozzle of sector action; R_k – radius of irrigation by a nozzle of circular action

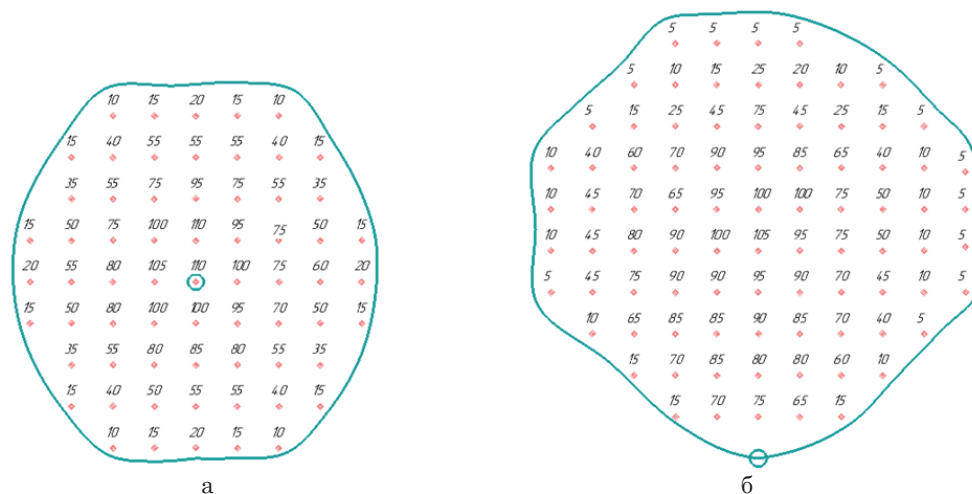


Рис. 4. Распределение дождя насадками по дождемерам:

- а – насадки кругового действия; б – насадки секторного действия

Fig. 4. Distribution of rain by nozzles on rain gauges

- а – nozzle of a circular action; б – nozzle of a sector action

действия от места крепления насадок кругового действия определяется по выражению 1 [13]:

$$a = R_{\text{сб}} - R_{\text{кв}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{сб}}$ – боковой радиус действия секторной насадки, м; $R_{\text{кв}}$ – радиус действия насадки кругового действия, м.

Исходя из существующих значений радиусов действия насадок и ширины модуля теплицы расстояние a должно составлять 0,80 м.

На рисунке 5, с учетом имеющихся данных (рис. 4), представлена построенная схема распределения, суммированного от двух насадок, слоя дождя (интенсивности) по длине дождевальных крыльев дождевателя при работе его на позиции.

Обработка полученных результатов по известной методике [14] позволила выявить, что коэффициент эффективного полива для круговой орошаемой площади составляет около 0,75, а для квадратной, с учетом неполиваемых участков, – не более 0,60. Увеличение его возможно посредством перекрытия при поливе смежных позиций [15].

Следует отметить, что при уменьшении расстояния a между насадками (менее 0,80 м) несколько повышается равномерность распределения дождя, но с образованием повышенного стока воды по стенкам теплицы, а его увеличение несколько снижает эффективность полива (рис. 6).

Результаты и их обсуждение. Для равномерного распределения дождя при смене позиции дождеобразующих устройств, работающих по кругу, обычно рекомендуют обеспечение перекрытия дождя между позициями на 0,5 диаметра орошаемого круга [16, 17]. При этом в месте стыка орошаемых круговых площадей остаются неполиваемые площадки, что не совсем приемлемо для теплиц с выращиванием рассады кассетным способом, на ограниченной площади.

На рисунке 7 показана схема перемещения шлангового дождевателя на 0,5; 0,6; 0,7 диаметра орошаемого круга.

Для оценки площади неорошаемых участков при различных по радиусу перекрытиях определяют величину хорды L связывающих точки пересечения соответствующих окружностей между собой по выражению:

$$L = (0.5 - 0.7) \times d \times \text{tg} \alpha, \quad (2)$$

где d – диаметр орошаемой круговой площади, м; α – угол между осью абсцисс и прямой, соединяющей точки пересечения с ней и между собой соответствующих окружностей.

Затем по выражению (3) рассчитывается разница H между шириной теплицы B и величиной хорды L :

$$H = B - L, \quad (3)$$

где $H = 2h$; h – высота не поливаемой равнобедренной треугольной площадки, м.

Тогда общая не поливаемая площадь S в модуле теплицы составит:

$$S = \frac{1}{2} \times H \times l \times N, \quad (4)$$

где l – длина основания неполиваемой равнобедренной треугольной площадки, м; N – число обслуживаемых позиций.

Для оценки работы шлангового дождевателя с перекрытием были построены поверхностные графики распределения дождя при степени перекрытия 0,5; 0,6; 0,7 диаметра (рис. 8а-в) и сформирована таблица показателей дождя по рядам дождемеров (табл. 1-3).

Как показывает графоаналитическое обоснование (рис. 9), при перекрытии, равном $0,5d$, неполиваемая площадь составляет около 20 м^2 против $9,5$ и $4,8 \text{ м}^2$ соответственно при перекрытии, равном $0,6$ и $0,7d$.

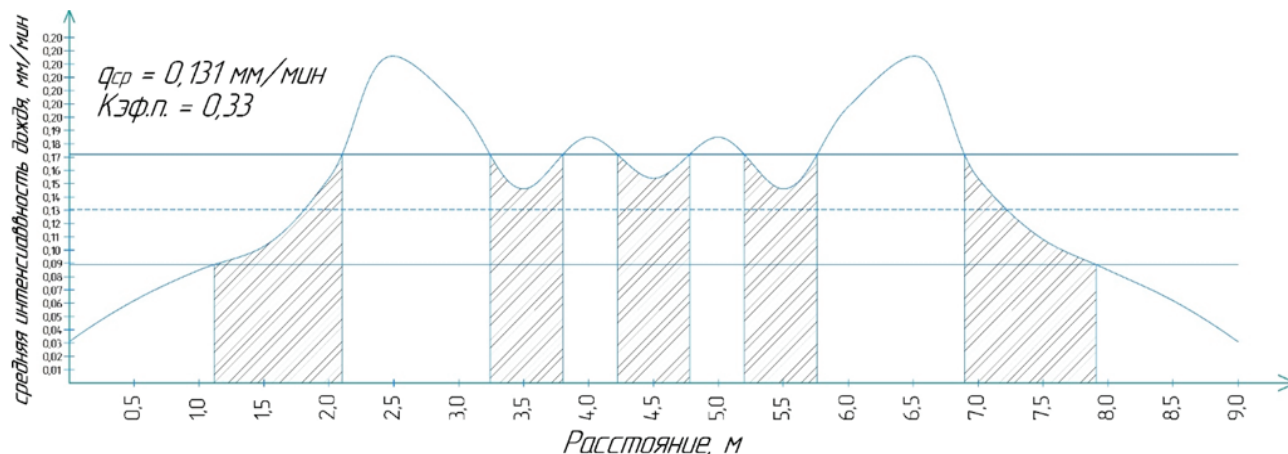


Рис. 5. Распределение дождя шланговым дождевателем

Fig. 5. Rain distribution by a hose sprinkler

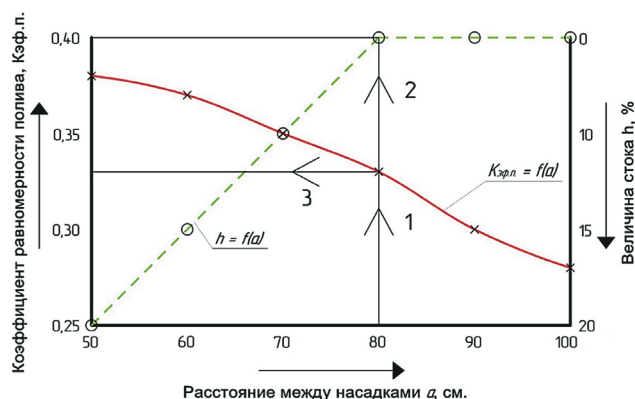


Рис. 6. Графическое обоснование расстояния между насадками:

1, 2, 3 – линии, определяющие бесстоковый и равномерный полив ($k_{эф.п.} = 0,73$) при оптимальном расстоянии a между насадками кругового и секторного действия

Fig. 6. Graphical justification of the distance between the nozzles

1, 2, 3 – lines determining runoff-free and uniform irrigation ($k_{эф.п.} = 0,73$) at the optimal distance a between nozzles of circular and sector actions

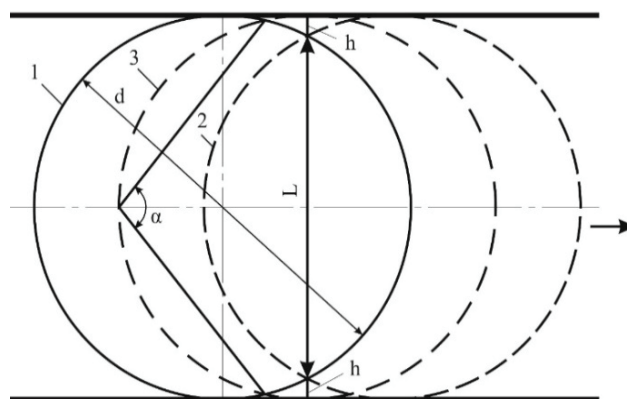


Рис. 7. Схема перекрытия дождя при смене позиции дождевателем:

1 – начальная позиция;
2 – позиция с перекрытием 0,5d;
3 – с перекрытием 0,7d

Fig. 7. Diagram of rain overlapping at the change of the sprinkler position

1 – initial position;
2 – position with 0.5d overlap;
3 – with 0.7d overlap

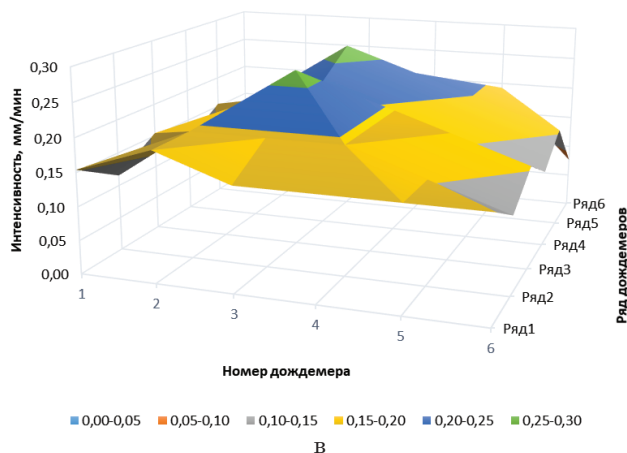
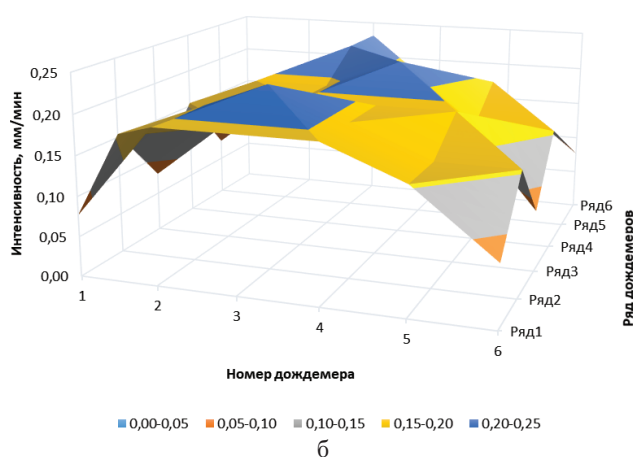
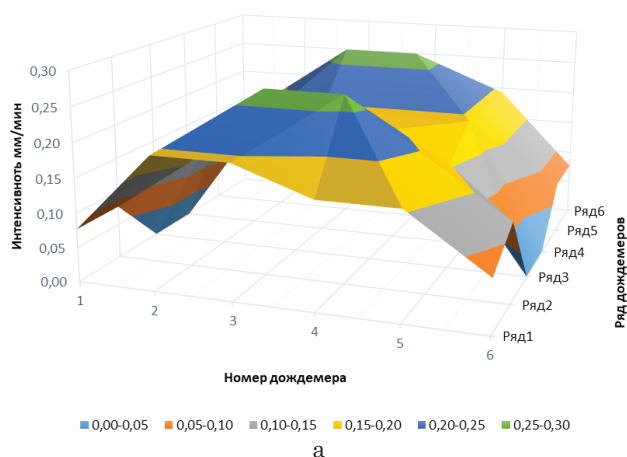


Рис. 8. Поверхностные графики распределения слоя осадков при работе дождевателя с перекрытием:

а – 0,5d перекрытия; б – 0,6d перекрытия; в – 0,7d перекрытия

Fig. 8. Surface graphs of the precipitation layer distribution for a sprinkler overlap operation
а – 0.5d overlap; б – 0.6d overlap; в – 0.7d overlap

Таблица 1. Интенсивность дождя по рядам дождемеров при перекрытии 0,5 диаметра орошаемого круга

Table 1. Intensity of rain on the rows of rain gauges at overlapping 0.5 of the diameter of the irrigated circle

	Интенсивность дождя, мм/мин					
1 ряд	0,08	0,19	0,19	0,15	0,15	0,08
2 ряд	0,08	0,15	0,27	0,27	0,19	0,12
3 ряд	0,00	0,19	0,19	0,19	0,15	0,00
4 ряд	0,00	0,15	0,19	0,19	0,19	0,00
5 ряд	0,08	0,19	0,27	0,27	0,19	0,08
6 ряд	0,08	0,15	0,19	0,19	0,19	0,08

Таблица 2. Интенсивность дождя по рядам дождемеров при перекрытии 0,6 диаметра орошаемого круга

Table 2. Intensity of rain on the rows of rain gauges at overlapping 0.6 of the diameter of the irrigated circle

	Интенсивность дождя, мм/мин					
1 ряд	0,08	0,19	0,19	0,19	0,15	0,08
2 ряд	0,15	0,19	0,23	0,19	0,15	0,15
3 ряд	0,08	0,15	0,19	0,19	0,19	0,08
4 ряд	0,15	0,19	0,19	0,23	0,15	0,15
5 ряд	0,08	0,15	0,23	0,15	0,19	0,12
6 ряд	0,12	0,15	0,23	0,15	0,15	0,08

Таблица 3. Интенсивность дождя по рядам дождемеров при перекрытии 0,7 диаметра орошаемого круга

Table 3. Intensity of rain on the rows of rain gauges at overlapping 0.7 of the diameter of the irrigated circle

	Интенсивность дождя, мм/мин					
1 ряд	0,15	0,19	0,15	0,15	0,15	0,15
2 ряд	0,12	0,19	0,19	0,19	0,15	0,12
3 ряд	0,15	0,15	0,27	0,19	0,19	0,15
4 ряд	0,12	0,19	0,23	0,19	0,15	0,12
5 ряд	0,15	0,15	0,27	0,23	0,19	0,15
6 ряд	0,08	0,15	0,15	0,15	0,19	0,08

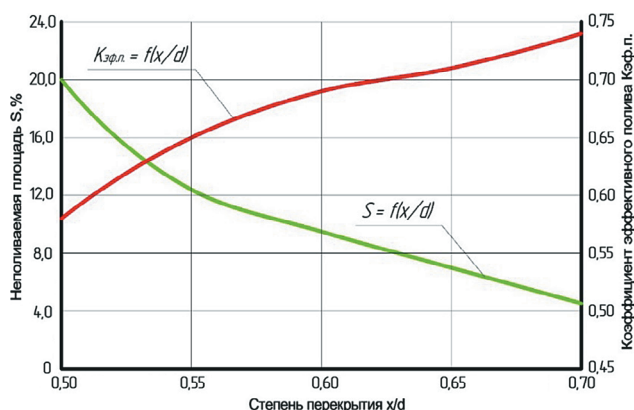


Рис. 9. Распределение дождя и неполиваемая площадь в зависимости от степени перекрытия при поливе шланговым дождевателем

Fig. 9. The distribution of rain and the non-irrigated area depends on the degree of overlap when watering with a hose sprinkler

При этом коэффициент эффективности полива возрастает от значения без перекрытия, равного 0,60, до 0,75, до значения с перекрытием 0,7d.

Выводы

Для обеспечения эффективного полива шланговым дождевателем рассады овощных культур, выращиваемых кассетным способом в закрытом грунте, необходимо:

- оснащение шлангового дождевателя концевыми дождевальными насадками кругового действия (RU189319 U1) при расстоянии между ними и насадками секторного действия, равном 80 см (RU227062 U1);
- для равномерного распределения слоя осадков дождевателем при смене позиций перекрытие дождя между ними должно быть не менее 0,7 диаметра орошаемой круговой площади.

Список использованных источников

1. Авторское свидетельство № 1804289 СССР, МПК A01G 25/09. Дождевальная установка: № 4944609: заявл. 13.06.1991: опубл. 23.03.1993 / А.Г. Никитин, А.И. Рязанцев; заявитель Всесоюзное научно-производственное объединение по механизации орошения «РАДУГА».
2. Болхоров Я.К. Механизация трудоемких процессов в защищенном грунте // В книге: Овощеводство защищенного грунта. М.: Агропромиздат, 2000. С. 57-64.
3. Ващенко С.Ф. Овощеводство защищенного грунта. 2-е изд., перераб. и доп. / С.Ф. Ващенко, З.М. Чекунова и др. М.: Колос, 1984. 341 с.
4. Гайлитис М. Выращивание рассады капусты в пленочных сооружениях // Картофель и овощи. 1973. № 4. С. 31-34.
5. Егорова Н.Н. Технология и механизация орошения выращиваемой кассетным способом в защищенном грунте рассады овощных культур: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01. Рязань, 2003. 160 с.: ил.
6. Евсеев Е.Ю. Повышение производительности многофункциональной машины кругового действия на склонах / Е.Ю. Евсеев, А.И. Рязанцев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15, № 4. С. 121-127.
7. Евсеев Е.Ю. Повышение эффективности применения многофункциональной машины на склоновых площадях // Нива Поволжья. 2023. № 2(66).
8. Рембалович Г.К. Исследование траекторий движения капель дождевальной машины / Г.К. Рембалович, А.И. Рязанцев, М.Ю. Костенко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 4(40). С. 138-142.
9. Патент № 2672313 С2 Российская Федерация, МПК A01G 25/02. Дождевальная установка: № 2017109826: заявл. 24.03.2017: опубл. 13.11.2018 / А.И. Рязанцев, Г.В. Ольгаренко, Н.А. Мищенко [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (ФГБНУ ВНИИ «Радуга»).
10. Патент на полезную модель № 187870 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/09. Дождевальная установка для полива кассетной рассады в теплице: № 2018133057: заявл. 17.09.2018: опубл. 21.03.2019 / А.И. Рязанцев, В.С. Травкин, Г.К. Рембалович [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГТУ). EDN DNIXFN.
11. Патент на полезную модель № 189319 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/00. Дождевальная установка для теплиц: № 2018119609: заявл. 28.05.2018: опубл. 21.05.2019 / А.И. Рязанцев, В.С. Травкин, Г.К. Рембалович [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГТУ).
12. Нино Т.П. 14. РД-АПК 1. 10. 09. 01-14. Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады: РД-АПК 1. 10. 09. 01-14 / Виноградов П.Н. Москва: Росинформагротех, 2014. III, 103 с. (Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации)

References

1. Copyright certificate No. 1804289 of the USSR, IPC a01g 25/09. Sprinkler system: No. 4944609: application. 13.06.1991: published. 23.03.1993 / A.G. Nikitin, A.I. Ryazantsev; applicant All-Union Scientific and Production Association for the mechanization of production "Rainbow".
2. Bolkhorev Ya.K. Mechanization of labor-intensive processes in protected soil. In the book: Protected soil vegetable growing. Moscow: Agropromizdat, 2000. P. 57-64.
3. Vashchenko S.F., Chekunova Z.M. and others. protected soil vegetable growing. Moscow, Kolos, 1984. 341 p.
4. Gailitis M. Growing cabbage seedlings in film structures // Potatoes and vegetables. 1973. No. 4. P. 31-34.
5. Egorova N.N. technology and mechanization of growing cassettes in protected soil seedlings of vegetable crops: dissertation... Candidate of Technical Sciences: 05.20.01. Ryzan, 2003. 160 p.: ill.
6. Evseev E.Y. improving the productivity of a multifunctional circular machine on slopes / E.Y. Evseev, A.I. Ryazantsev // Bulletin of the Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 4. P. 121-127.
7. Evseev E.Yu. improving the efficiency of using a multifunctional machine on sloping areas / E.Yu. Evseev // Field of the Volga region. 2023. № 2(66).
8. Investigation of the trajectories of sprinkler drops / G.K. Rembalovich, A.I. Ryazantsev, M.Yu. Kostenko [et al.] // Bulletin of the Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2018. No. 4(40). P. 138-142.
9. Patent No. 2672313 C2 of the Russian Federation, IPC A01g 25/02. Sprinkler system: No. 2017109826: application 24.03.2017: published 13.11.2018 / A.I. Ryazantsev, G.V. Olgarenko, N.A. Mishchenko [and others]; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Supply Systems "Raduga" (FSBI VNI "Raduga").
10. Utility Model Patent No. 187870 U1 Russian Federation, IPC a01g 25/09. Sprinkler system for watering cassette seedlings in a greenhouse: No. 2018133057: application 17.09.2018: published 21.03.2019 / A.I. Ryazantsev, V.S. Travkin, G.K. Rembalovich [and others]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev" (FSBEI Voalatu). EDN DNIXFN.
11. Utility Model Patent No. 189319 U1 Russian Federation, IPC a01g 25/00. Sprinkler system for greenhouses: No. 2018119609: application. 05/28/2018: published. 05/21/2019 / A.I. Ryazantsev, V.S. Travkin, G.K. Rembalovich [and others]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev" (FSBEI Voalatu).
12. Nino T.P. 14. RD-AP 1. 10. 09. 01-14. Methodological recommendations on the technological design of greenhouses and greenhouse plants for growing vegetables and seedlings: RD-APK 1. 10. 09. 01-14 / Vinogradov P.N. Moscow: Rosinformagrotech, 2014. III, 103 p. (System of recommendation documents of the agro-industrial complex of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation). // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract Journal, 2015, No. 1, p. 14.
13. Utility Model Patent No. 211759 U1 Russian Federation, IPC a01g 25/00. Sprinkler system: No. 2022102621: application no. 02/03/2022: published 06/21/2022 / A.I. Ryazantsev,

// Инженерно-техническое обеспечение АПК // Реферативный журнал. 2015. № 1. С. 14.

13. Патент на полезную модель № 211759 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/00. Дождевальная установка: № 2022102621; заявл. 03.02.2022; опубл. 21.06.2022 / А.И. Рязанцев, С.С. Турапин, Ж.К. Леонова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельскохозяйственного снабжения «Радуга».

14. 277. СТО АИСТ 11. 1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. машины и установки дождевальные. методы оценки функциональных показателей: 2012. 54 С. (Стандарт организации). Шифр *РОСИНФОРМАГРОТЕХ

15. Рекомендации по применению низконапорного дождевателя для орошения рассады овощных культур: методические рекомендации / Н.В. Бышов, С.Н. Борячев, А.И. Рязанцев, Г.К. Рембалович, Л.Н. Лазуткина, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк [и др.]. Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2018. 30 с.

16. Рязанцев А.И. Дождевальная система для полива кассетной рассады овощных культур в закрытом грунте / А.И. Рязанцев, Н.Н. Егорова, Н.Я. Кириленко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2013. № 3. С. 48-51.

17. Рязанцев А.И. Механизация полива овощных культур в защищенном грунте: учебное пособие / А.И. Рязанцев, Н.Н. Егорова. Коломна: 2007. 143 с. ISBN 978-5-91205-010-7.

Об авторах

Анатолий Иванович Рязанцев, д-р техн. наук, профессор; главный научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием; ORCID: 0000-0002-9829-8196; РИНЦ ID: 425594; ryazantsev.41@mail.ru

Владислав Сергеевич Травкин, аспирант отдела мелиорации; младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института ирригации и систем сельскохозяйственного снабжения «Радуга»; vlad.travkin.1992@mail.ru

Евгений Юрьевич Евсеев, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов, ORCID: 0000-0002-6133-2661; РИНЦ ID: 976796; WOS Research ID: KQU-9843-2024; evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Ольга Вячеславовна Ануфриева, доцент, доцент кафедры музыки и изобразительного искусства, ORCID: 0009-0008-9689-8949; РИНЦ ID: 787106; anufrieva.7@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Рязанцев А.И., Травкин В.С., Евсеев Е.Ю., Ануфриева О.В. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Criteria of authorship

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 17.06.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 21.01.2025

Принята к публикации / Accepted for 21.01.2025

S.S. Turapin, Zh.K. Leonova [et al.]; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply "Raduga".

14. Sprinkler machines and installations. Methods for assessing the functional indicators of SRT aist 11.12010. 56 p.

15. Recommendations on the use of a low-pressure sprinkler for irrigation of vegetable seedlings: methodological recommendations / N.V. Byshov, S.N. Borychev, A.I. Ryazantsev, G.K. Rembalovich, L.N. Lazutkina M.Yu. Kostenko, R.V. Beznosyuk [et al.]. Ryazan: FSBEI voyazatu, 2018. 30 p.

16. Ryazantsev A.I.. sprinkler system for irrigation of cassette seedlings of vegetable crops in closed ground / A.I. Ryazantsev, N.N. Egorova, N.Ya. Kirilenko // Bulletin of Saratov State Agrarian University named after I. Vavilov. 2013. No. 3. P. 48-51.

17. Ryazantsev A.I. Mechanization of irrigation of vegetable crops in protected ground: a textbook for students of agricultural universities and students of educational institutions of additional professional education studying under the curriculum "land reclamation, reclamation and protection of land" / A.I. Ryazantsev, N.N. Egorova. Kolomna, 2007. 143 p. ISBN 978-5-91205-010-7.

About the authors

Anatoly I. Ryazantsev, DSc (Eng), Professor; Chief Researcher of the Sprinkler Irrigation Systems; ORCID: 0000-0002-9829-8196; RSCI ID: 425594; ryazantsev.41@mail.ru

Vladislav S. Travkin, p Vladislav S. Travkin, postgraduate student of the Department of Land Reclamation; Junior Research Fellow; All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Supply Systems "Raduga"; vlad.travkin.1992@mail.ru

Evgeny Yu. Evseev, CSc (Eng), Senior Lecturer at the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes, State University of Higher Education, State University of Social Sciences and Humanities, ORCID: 0000-0002-6133-2661; RSCI ID: 976796; WOS Research ID: KQU-9843-2024; evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Olga V. Anufrieva, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Music and Fine Arts, State University of Higher Education, State University of Social Sciences and Humanities, ORCID: 0009-0008-9689-8949; RSCI ID: 787106; anufrieva.7@mail.ru

Ryazantsev A.I., Travkin V.S., Evseev E.Yu., Anufrieva O.V. 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.