

Научная статья

Original article

УДК 631.347.3

DOI 10.55186/25880209_2025_9_2_2

**ОЦЕНКА ПОЧВОСОХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ШЛАНГОВЫМ
ДОЖДЕВАТЕЛЕМ ПРИ ПОЛИВЕ КАССЕТНОЙ РАССАДЫ В
ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ**

EVALUATION OF SOIL CONSERVATION TECHNOLOGY WITH A HOSE
SPRINKLER FOR WATERING CASSETTE SEEDLINGS IN PROTECTED SOIL



Рязанцев Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник отдела систем орошения дождеванием, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-8196>, ryazantsev.41@mail.ru

Травкин Владислав Сергеевич, младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственного водоснабжения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483, Россия, г. Коломна, городской округ Коломна, посёлок Радужный, 38), аспирант отдела мелиорации, ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (127434, Россия, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, к.2), ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1052-0125>, vlad.travkin.1992@mail.ru

Евсеев Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, преподаватель кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (140411, Россия, г. Коломна, ул. Зеленая, д. 30) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Травкина Алина Рафиковна, магистрант технологического факультета, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д 1) ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0770-4292>, gimazova.a@bk.ru

Anatoly I. Ryazantsev, doctor of technical sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation, chief researcher at the department of sprinkler irrigation systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply "Raduga" (38, Raduzhny settlement, Kolomna urban district, Kolomna, 140483 Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9829-8196>, ryazantsev.41@mail.ru

Vladislav S. Travkin, junior researcher at the department of agricultural water supply, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply "Raduga" (38, Raduzhny settlement, Kolomna urban district, Kolomna, 140483 Russia); postgraduate student at the department of land reclamation, Federal State Budgetary Scientific Institution "A.N. Kostyakov Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation" (44/2, Bolshaya Akademicheskaya Street, Moscow, 127434 Russia), ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1052-0125>, vlad.travkin.1992@mail.ru

Evgeny Yu. Evseev, candidate of technical sciences, lecturer at the department of technical systems, theory and methods of educational processes, State Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region "State Social and Humanitarian University" (30, Zelenaya Street, Kolomna, 140411 Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Alina R. Travkina, master's student at the faculty of technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev" (1, Kostycheva Street, Ryazan, 390044 Russia), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0770-4292>, gimazova.a@bk.ru

Аннотация. В статье обосновано, что овощеводство является неотъемлемой частью продовольственной безопасности страны. При этом определено, что наиболее эффективным методом возделывания овощных культур считается рассадный с применением кассетной технологии. Отмечено, что выращивание кассетной рассады в весенних пленочных теплицах способствует повышенной приживаемости при пересадке в открытый грунт, а важной частью производства рассады является орошение. Анализ существующего оборудования для орошения кассетной рассады показал, что необходимое качество дождя для полива рассады овощей может обеспечить оборудование, применяемое только в зимних теплицах, а мобильные дождевальные установки, применяемые в весенних теплицах, не обеспечивают качественный полив. Для устранения недостатков имеющейся техники авторами были разработаны технические решения по усовершенствованию существующего шлангового дождевателя для защищенного грунта ДШ-0,6, подтвержденные патентами РФ. Одно из таких решений было направлено на снижение вымывания субстрата из ячеек кассет, которое подразумевало наклон секторных насадок в сторону вращения крыльев на 10 градусов, что, согласно теоретическим исследованиям, должно снизить разбрызгивание почвы примерно на 15 %. Целью текущего исследования является подтверждение работоспособности разработанного технического решения, для этого была предложена методика по оценке почвосохранных показателей шлангового дождевателя в защищенном грунте, заключающаяся в определении процента вымывания из ячеек кассет с помощью взвешивания почвенного субстрата до и после долговременных поливов с разным углом наклона насадки. По предложенной методике были

проведены лабораторно-полевые исследования, произведена обработка полученных результатов и выведена регрессионная зависимость. По результатам экспериментальных исследований выявлено, что наклон секторной дождевальной насадки на 10 градусов в сторону вращения дождевальных крыльев снижает вымывание почвенного субстрата на 12 %.

Abstract. The article substantiates that vegetable farming is an integral part of the country's food security. It has been determined that the most effective method of cultivating vegetable crops is the seedling method using cassette technology. It is noted that growing seedlings in cassettes in spring film greenhouses promotes higher survival rates when transplanted into open ground, and irrigation is an important part of seedling production. An analysis of existing equipment for irrigating seedlings in cassettes has shown that the required quality of irrigation for vegetable seedlings can only be achieved using equipment designed for winter greenhouses, while mobile sprinkler systems used in spring greenhouses do not provide high-quality irrigation. To address the shortcomings of existing technology, the authors have developed technical solutions for improving the existing hose-type sprinkler for protected cultivation, model DSh-0.6, which are supported by Russian patents. One of these solutions aimed to reduce the washing out of substrate from cassette cells by tilting the sector nozzles at a 10-degree angle in the direction of the wing rotation, which, according to theoretical studies, should reduce soil splashing by approximately 15%. The aim of the current study is to confirm the effectiveness of the developed technical solution. For this purpose, a methodology was proposed to evaluate the soil preservation indicators of the hose-type sprinkler in protected cultivation. This methodology involves determining the percentage of substrate washed out from the cassette cells by weighing the soil substrate before and after long-term irrigation with different nozzle tilt angles. Laboratory and field studies were conducted according to the proposed methodology, the obtained results were processed, and a regression dependence was derived. The results of experimental studies revealed that tilting the sector sprinkler nozzle at a 10-degree angle in the direction of the wing rotation reduces the washing out of the soil substrate by 12%.

Ключевые слова: орошение, шланговый дождеватель, защищенный грунт, весенние теплицы, кассетная рассада, качественные показатели дождя, наклон насадки, почвосбережение, почвосохранность, эрозия почв.

Keywords: irrigation, hose-type sprinkler, protected cultivation, spring greenhouses, cassette-grown seedlings, irrigation quality parameters, nozzle tilt angle, soil conservation, soil preservation, soil erosion.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности представляет собой одну из ключевых задач для современной России. Сельское хозяйство, в частности овощеводство, играет важную роль в решении этой задачи, поскольку его основной функцией является снабжение населения круглогодично высококачественными овощами.

Овощные культуры выращиваются как в открытом, так и в защищённом грунте. При этом значимым этапом в производстве товарной овощной продукции является выращивание рассады, которая затем пересаживается из закрытого грунта в открытый. Рассадный метод позволяет получать урожай в более короткие сроки, а также культивировать растения с длительным периодом вегетации. Кроме того, он обеспечивает экономию семян, так как их требуется в среднем в 4 раза меньше по сравнению с другими методами. В настоящее время возделывание овощей рассадным способом является наиболее распространённым в России.

Выращивание овощной рассады осуществляется с использованием различных технологий, таких как грунтовая, горшочная и кассетная. Однако наиболее прогрессивным и эффективным считается кассетный метод, который обладает рядом технологических и экономических преимуществ. Кроме того, для обеспечения лучшей приживаемости при пересадке в открытый грунт, рассаду рекомендуется выращивать в весенних теплицах [9, 15].

Важным элементом успешного выращивания рассады является орошение, особенно в условиях весенних теплиц, где чаще всего применяется метод дождевания. Однако современное дождевальное оборудование, способное

обеспечивать качество дождя приемлемое для полива кассетной рассады, применимо исключительно в зимних теплицах.

Для весенних теплиц в 80-х годах прошлого столетия были разработаны и внедрены трубчатые стационарные системы, которые состояли из металлического трубопровода, монтируемого на высоте около 2 метров от пола теплицы, дефлекторных насадок, устанавливаемых на трубопроводе и регулирующей арматуры. Однако при работе данных систем на поливе кассет с рассадой, не смотря на соответствие качества дождя необходимым требованиям, присутствовало вымывание почвосмеси из ячеек. Кроме того, стационарные системы обладают повышенной материалоемкостью и высокой стоимостью, при этом известно, что в условиях рыночной экономики мобильность и многофункциональность являются важнейшими преимуществами [11].

Имеющиеся недостатки дождевального оборудования для полива кассетной рассады в весенних теплицах создали предпосылки для их модернизации. Для этого, коллективом авторов ФГБНУ ВНИИ «Радуга» были проанализированы существующие мобильные дождевальные установки применимые на поливе кассетной рассады в весенних теплицах. На основании анализа было выявлено, что наиболее применимым при поливе овощной рассады в кассетах считается шланговый дождеватель ДШ – 0,6, а для обеспечения качественных и почвосохранных показателей были предложены технические решения, подтвержденные патентами РФ [10, 12].

Оценка получаемых качественных показателей от внедрения предлагаемых технических решений производилась в соответствии с СТО АИСТ 2010. Однако, существующие методики по оценке почвосохранных показателей дождя не совсем приемлемы для кассетной рассады в теплицах, отсюда была сформирована цель и задачи текущего исследования [2, 3].

Цель и задачи исследования. Целью исследования является оценка влияния предлагаемых технических решений на почвосохранные показатели дождя, усовершенствованного шлангового дождевателя.

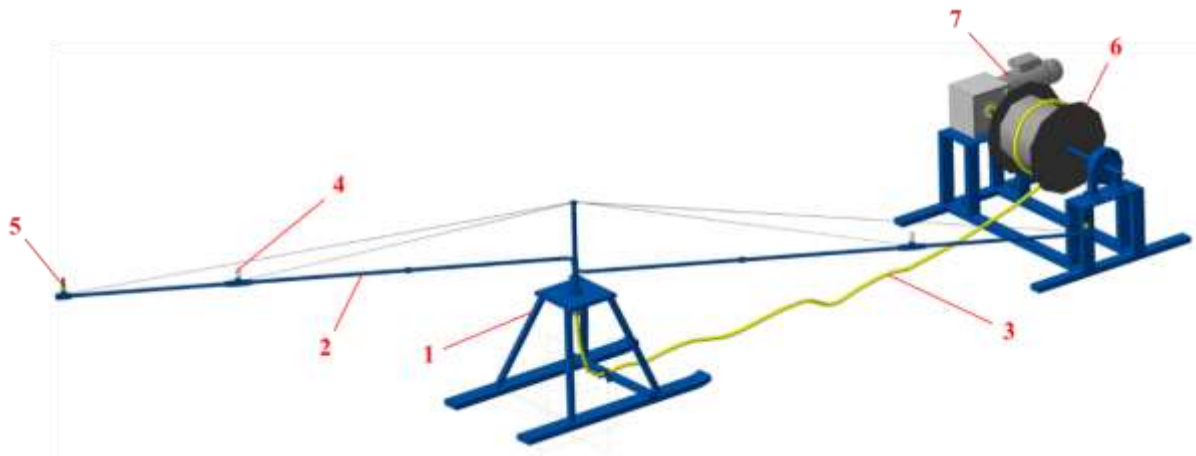
Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Предложить методику определения почвосохранных показателей дождя шлангового дождевателя для кассетной рассады в теплицах;
2. Оценить почвосохранные показатели дождя усовершенствованным шланговым дождевателем при поливе кассетной рассады в теплицах.

Материалы и методы. Перед проведением исследований были проанализированы труды:

1. По воздействию дождевых капель на эрозию почв и методику их оценки: Зверькова М.Ю, Гаврилицы А.О., Костенко М.Ю., Мирцхулавы, Ц. Е. и др.;
2. По оценке качественных показателей полива овощной кассетной рассады: Егоровой Н.Н., Азизова И.Р., Рязанцева А.И. и др.

Для разработки предложений по методике оценки почвосохранных показателей усовершенствованного шлангового дождевателя необходимо спроектировать трехмерную конструктивную модель, описывающую предложенные технические решения и технологию его работы (рисунок 1).



опорное основание – 1, дождевальные крылья – 2, питающий шланг - 3, реактивные насадки секторного действия - 4, концевые насадки кругового действия - 5, барабан для шланга – 6, мотор редуктор - 7

Рисунок 1 – Трехмерная конструктивная модель усовершенствованного шлангового дождевателя

Для улучшения почвосохранных показателей дождя разрабатывалась полезная модель (RU 229619 U1), заключающаяся в наклоне секторных дождевальных

насадок на 10° в противоположную сторону от вращения крыльев дождевателя, что, согласно теоретическим исследованиям, обеспечит снижение вымывания почвенной смеси из ячеек кассет примерно на 15% [1, 4, 5].

Технология работы шлангового дождевателя подразумевает установку его в начале теплицы с подключением к водоснабжению и электроснабжению, далее вручную опорное основание 1 перемещают в конец теплицы по технологической дороге, тем самым разматывая питающий шланг 3 накрученный на барабан для шланга 6, в последующем осуществляется подача воды в дождевательные крылья 2, на которых установлены концевые насадки кругового действия 4 и реактивные насадки секторного действия 3, где за счет сил струи последних осуществляется вращение дождевателя по принципу «сегнерова колеса», при этом перемещение дождевателя с позиции на позицию происходит с помощью мотор редуктора 7 вращающего барабан для постепенного подтягивания шланга [6, 7, 8].

Известно, что минимальный период вегетации кассетной рассады в теплицах составляет около 30 дней. Отсюда становится очевидно, что оценка почвосохранных показателей должна проводиться исключительно долговременно.

Как было отмечено теоретическими исследованиями и запатентованным решением по разбрызгиванию почвенного субстрата ячеек кассет, наибольшее влияния оказывает угол падения капель, изменение которого, путем наклона насадки, подразумевает изменение угла падения капель на почвенную смесь в сторону увеличения примерно на тот же угол [1, 13, 14].

Тогда, методика оценки почвосохранных должна включать в себя количество вымываемой почвы после долговременных поливов (около 30 дней) с разным углом наклона секторной насадки и состоять из трех этапов: предварительный, поливочный и завершающий.

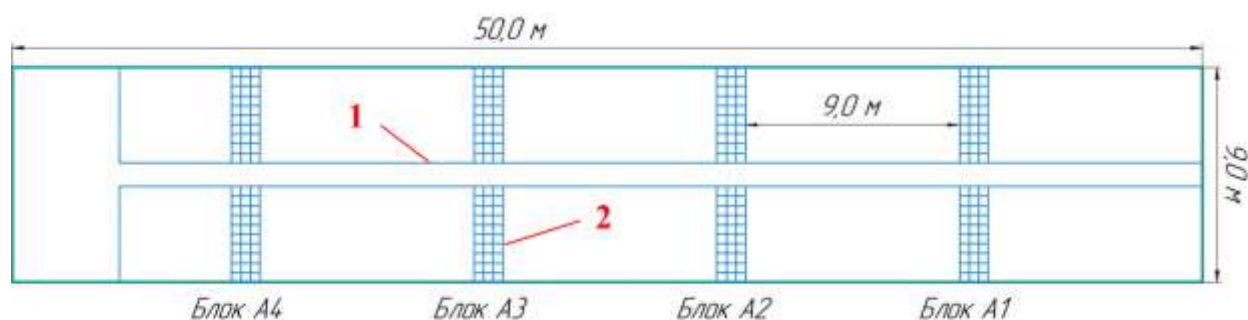
Эксперимент проводился в типовой пленочной теплице с габаритными размерами 50 на 9 м. На предварительном этапе кассеты заполнялись почвенной смесью, при этом каждой из них был присвоен уникальный номер от 1 до 240.

Для исследований использовались кассеты размером 40х40 см, содержащие 64 ячейки глубиной 5 см. В качестве субстрата применялся верховой торф с уровнем разложения менее 15%. Чтобы предотвратить высыпание сухого субстрата, лунки в ячейках закрывались плёнкой. После заполнения кассеты оставлялись для высушивания в теплице. Уровень влажности субстрата измерялся каждые два дня. Когда влажность достигала показателя 1–2 %, проводилось взвешивание кассет для дальнейшего анализа.

На поливочном этапе кассеты с высушенным субстратом размещались в тепличном модуле согласно технологической схеме. Они устанавливались на равном расстоянии друг от друга, соответствующем параметру d_y (диаметр установки) формируя блоки. Всего было сформировано 4 блока (A1, A2, A3, A4), каждый из которых включал 60 кассет. Каждый блок состоял из трёх рядов, по 10 кассет с каждой стороны от технологического прохода.

Для каждого блока полив дождевальной установкой проводился при определённом угле наклона секторной насадки: для блока A1 — 0 градусов, A2 — 5 градусов, A3 — 10 градусов, A4 — 15 градусов. Полив кассет осуществлялся в течение 28 дней, каждый день, с продолжительностью работы на одной позиции 10 минут (рисунок 2).

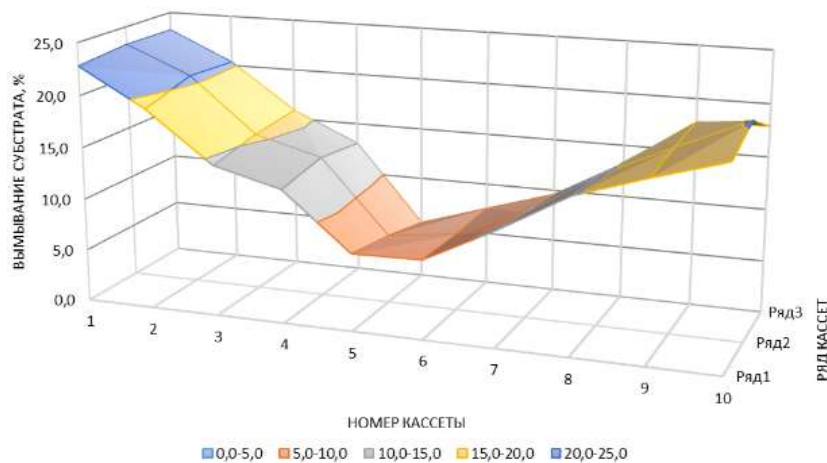




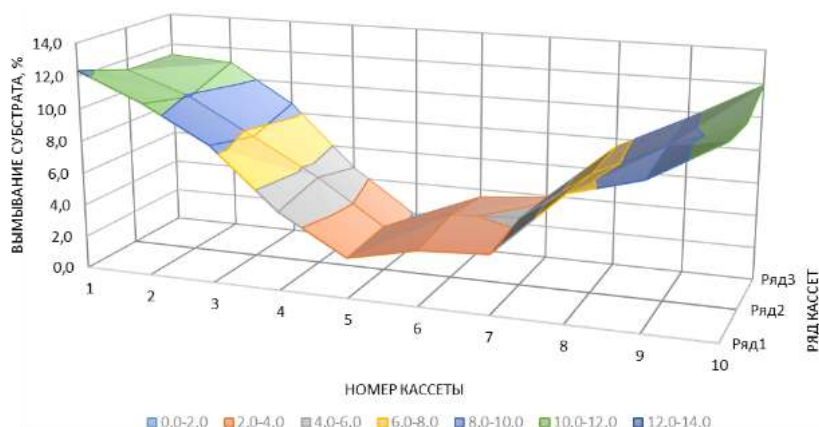
технологическая дорога – 1, блок кассет – 2, наклон насадки - 3

Рисунок 2 – Технологическая схема оценки почвосохранных показателей дождя в модуле теплицы

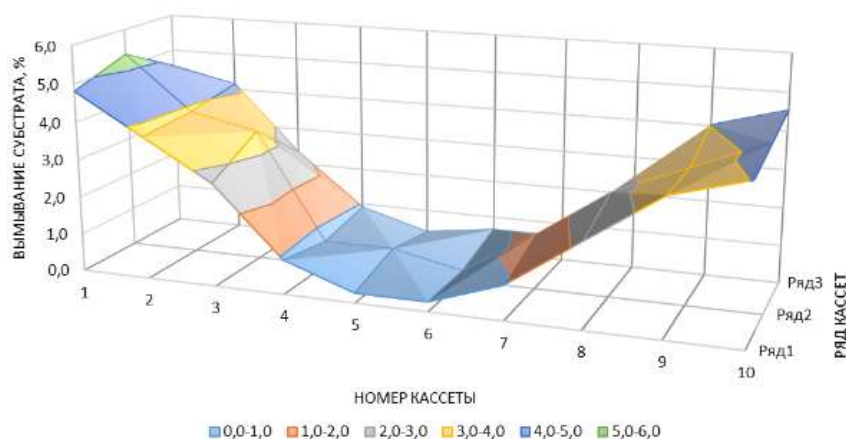
Результаты и обсуждение. Как описывалось ранее, для оценки воздействия угла наклона насадки на показатели сохранности почвы проводилось взвешивание кассет с субстратом до и после продолжительных поливов, осуществляемых при различном наклоне секторных насадок. На основании полученных результатов были построены поверхностные графики, отражающие процент вымывания почвенного субстрата по каждому блоку кассет (рисунок 3).



а



б



в

а – 0°; б – 5°; в – 10°

Рисунок 3 - Поверхностные графики процента вымывания субстрата кассет при углах наклона насадки

Поверхностные графики, изображенные на рисунке 3, показывают, что наименьший смыв почвенного субстрата, как и подтвердили теоретические расчёты, достигается при угле наклона насадки 10°. Увеличение угла до 15° не приводит к положительному эффекту, так как радиус полива уменьшается по сравнению с углом 10°, что не улучшает почвосохранные показатели. Поэтому проведение исследований с углом наклона более 10° считаем неоправданным. По результатам экспериментов был построен график, демонстрирующий зависимость процента вымывания субстрата из ячеек кассет от угла наклона насадки (рисунок 4), а также выведена регрессионная зависимость.

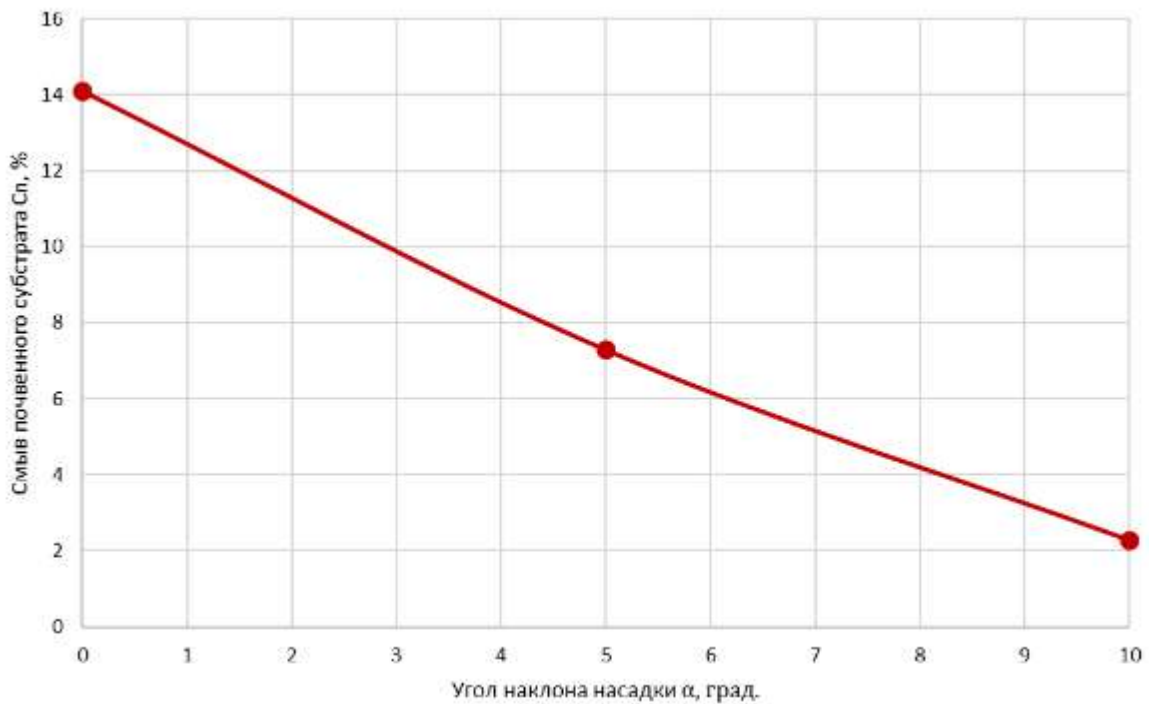


Рисунок 4 – Зависимость вымывания почвенного субстрата ($C_{\text{п}}$) от угла наклона (α) дождевальной насадки

$$C_{\text{п}} = -1,18\alpha + 13,8, R^2 = 0,9923$$

Установлено, что при изменении угла наклона насадки с 0 до 10 градусов вымывание почвенного субстрата из блоков кассет уменьшается с 14,1 % до 2,4%. Таким образом, общее снижение составило примерно 12%.

Следовательно, как и предполагали теоретические исследования, при угле наклона насадки 0 градусов угол падения капель варьируется в пределах от 50 до 70 градусов. Это объясняет, почему, как видно из рисунка 4, наибольшее количество вымытого субстрата наблюдается в начальных и крайних кассетах блока, поскольку они подвергаются ударному воздействию капель под углом 50 градусов. Однако при увеличении угла наклона насадки до 10 градусов, угол падения капель также изменяется и на те же кассеты вода попадает под углом 60 градусов, что значительно снижает вымывание почвенной смеси из них.

Кроме того, при угле наклона насадки 10 градусов на крайних кассетах фиксируется вымывание субстрата на уровне 5 %. Можно предположить, что при глубине ячейки 5 см средний смыв почвенной смеси составит около 3 мм по высоте. Это указывает на то, что такое вымывание не окажет существенного

влияния на выход товарной рассады. Также стоит отметить, что в ходе лабораторно-полевых исследований визуальные признаки вымытой почвенной смеси в данном блоке (А3) отсутствовали.

Выводы. 1. Экспериментальные исследования показали, что наклон секторной насадки дождевателя на 10° в сторону вращения его крыльев приводит к уменьшению вымывания почвенного субстрата из ячеек кассет примерно на 12%.

2. Доказано, что наибольший процент вымывания (около 30% при наклоне насадки на 0°) присутствует в крайних кассетах, что подтверждает теоретические исследования.

3. В ходе экспериментальных исследований подтверждено, что наклон насадки на угол более 10° положительному эффекту не способствует.

Литература

1. 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.

2. 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). Шифр *Росинформагротех / Т. П. Нино // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – № 1. – С. 14.

3. Нино, Т. П. 277. СТО АИСТ 11. 1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей: СТО АИСТ 11. 1-2010.-Москва, 2012.-54 с.-(Стандарт организации). Шифр *Росинформагротех / Т. П. Нино //

Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2013. – № 1. – С. 277.

4. Патент № 2672313 С2 Российская Федерация, МПК А01G 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").

5. Патент на полезную модель № 187870 U1 Российская Федерация, МПК А01G 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 РГАТУ).

6. Патент на полезную модель № 189319 U1 Российская Федерация, МПК А01G 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 РГАТУ).

7. Патент на полезную модель № 211759 U1 Российская Федерация, МПК А01G 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 сельхозводоснабжения "Радуга".

8. Патент на полезную модель № 227062 U1 Российская Федерация, МПК А01G 9/24, А01G 25/00. Дождевальная установка для теплиц : № 2024113866 : заявл. 22.05.2024 : опубл. 04.07.2024 / А. И. Рязанцев, С. С.

Турапин, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга".

9. Рекомендации по применению низконапорного дождевателя для орошения рассады овощных культур / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, А. И. Рязанцев [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2018. – 36 с.

10. 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.

11. Рязанцев, А. И. Механизация полива овощных культур в защищенном грунте : учебное пособие для студентов сельскохозяйственных вузов и слушателей образовательных учреждений дополнительного профессионального образования, обучающихся по учебной программе "Мелиорация, рекультивация и охрана земель" / А. И. Рязанцев, Н. Н. Егорова ; А. И. Рязанцев, Н. Н. Егорова. – Коломна, 2007. – 143 с. – ISBN 978-5-91205-010-7.

12. Рязанцев, А. И. Повышение эксплуатационных показателей транспортных систем многоопорных машин : учебное пособие для студентов вузов по направлению 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", профиль "Автомобильный сервис" / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. А. Смирнова. – Коломна : Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области "Государственный социально-гуманитарный университет", 2018. – 246 с. – ISBN 978-5-98492-365-1.

13. Рязанцев, А. И. Совершенствование дождевальной системы для полива кассетной рассады овощных культур в теплицах / А. И. Рязанцев, Н. Н.

Егорова // Сборник научных трудов преподавателей и аспирантов рязанского государственного агротехнологического университета : Материалы научно-практической конференции, Рязань, 20–21 марта 2011 года. – Рязань, 2011. – С. 78-87.

14. Рязанцев, А. И. Дождевальная система для полива кассетной рассады овощных культур в закрытом грунте / А. И. Рязанцев, Н. Н. Егорова // Вестник Коломенского государственного педагогического института. – 2009. – № 1(7). – С. 135-139.

15. Травкин, В. С. Технологические и технические особенности полива рассадно-овощных культур, выращиваемых кассетным способом в защищенном грунте / В. С. Травкин, Н. А. Мищенко // Вестник мелиоративной науки. – 2020. – № 3. – С. 97-102.

References

1. Rembalovich, G.K., Ryazantsev, A.I., Kostenko, M.Yu., et al. (2018). Issledovanie traektoriy dvizheniya kapel' dozhdeval'noy mashiny [Study of droplet trajectories of a sprinkler machine]. Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva [Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev], no 4(40), pp. 138-142.

2. Nino, T.P. (2015). RD-APK 1.10.09.01-14. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu teplits i teplichnykh kombinatov dlya vyrashchivaniya ovoshchey i rassady: RD-APK 1.10.09.01-14 [Guidelines for technological design of greenhouses and greenhouse complexes for growing vegetables and seedlings: RD-APK 1.10.09.01-14]. Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK. Referativnyy zhurnal [Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex. Abstract Journal], no 1, p. 14.

3. Nino, T.P. (2013). STO AIST 11.1-2010. Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Metody otsenki funktsional'nykh pokazateley: STO AIST 11.1-2010 [Testing of agricultural machinery. Sprinkler machines and installations. Methods for evaluating functional

indicators: STO AIST 11.1-2010]. Inzhenerno-tehnicheskoe obespechenie APK. Referativnyy zhurnal [Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex. Abstract Journal], no 1, p. 277.

4. Ryazantsev, A.I., Olgarenko, G.V., Mishchenko, N.A., et al. (2018). Dozhdeval'naya ustanovka [Sprinkler system]. Patent No. 2672313 C2, Russian Federation, IPC A01G 25/02. Application No. 2017109826, filed March 24, 2017, published November 13, 2018. Applicant: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply 'Raduga'" (FGBNU VNII "Raduga").

5. Ryazantsev, A.I., Travkin, V.S., Rembalovich, G.K., et al. (2019). Dozhdeval'naya ustanovka dlya poliva kasetnoy rassady v teplitse [Sprinkler system for irrigating cassette-grown seedlings in greenhouses]. Patent for Utility Model No. 187870 U1, Russian Federation, IPC A01G 25/09. Application No. 2018133057, filed September 17, 2018, published March 21, 2019. Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev" (FGBOU VO RGATU).

6. Ryazantsev, A.I., Travkin, V.S., Rembalovich, G.K., et al. (2019). Dozhdeval'naya ustanovka dlya teplits [Sprinkler system for greenhouses]. Patent for Utility Model No. 189319 U1, Russian Federation, IPC A01G 25/00. Application No. 2018119609, filed May 28, 2018, published May 21, 2019. Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev" (FGBOU VO RGATU).

7. Ryazantsev, A.I., Turapin, S.S., Leonova, Zh.K., et al. (2022). Dozhdeval'naya ustanovka [Sprinkler system]. Patent for Utility Model No. 211759 U1, Russian Federation, IPC A01G 25/00. Application No. 2022102621, filed February 3, 2022, published June 21, 2022. Applicant: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply 'Raduga'".

8. Ryazantsev, A.I., Turapin, S.S., Travkin, V.S., Evseev, E.Yu. (2024). Dozhdeval'naya ustanovka dlya teplits [Sprinkler system for greenhouses]. Patent for

Utility Model No. 227062 U1, Russian Federation, IPC A01G 9/24, A01G 25/00. Application No. 2024113866, filed May 22, 2024, published July 4, 2024. Applicant: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply 'Raduga'".

9. Byshov, N.V., Borychev, S.N., Ryazantsev, A.I., et al. (2018). Rekomendatsii po primeneniyu nizkonapornogo dozhdevalya dlya orosheniya rassady ovoshchnykh kul'tur [Recommendations for the use of low-pressure sprinklers for irrigating vegetable seedlings]. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 36 p.

10. Ryazantsev, A.I., Egorova, N.N., Kirilenko, N.Ya. (2013). Dozhdeval'naya sistema dlya poliva kasetnoy rassady ovoshchnykh kul'tur v zakrytom grunte [Sprinkler system for irrigating cassette-grown vegetable seedlings in protected ground]. Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova [Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov], no 3, pp. 48-51.

11. Ryazantsev, A.I., Egorova, N.N. (2007). Mekhanizatsiya poliva ovoshchnykh kul'tur v zashchishchennom grunte [Mechanization of irrigation for vegetable crops in protected ground]: Textbook for students of agricultural universities and students of additional professional education institutions studying under the program "Land Reclamation, Recultivation, and Protection". Kolomna. 143 p. ISBN 978-5-91205-010-7.

12. Ryazantsev, A.I., Antipov, A.O., Smirnova, E.A. (2018). Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazateley transportnykh sistem mnogoopornykh mashin [Improving the operational performance of transport systems for multi-support machines]: Textbook for university students in the field of study 23.03.03 "Operation of transport and technological machines and complexes", profile "Automotive service". Kolomna: State Educational Institution of Higher Education of the Moscow

Region "State Social and Humanitarian University". 246 p. ISBN 978-5-98492-365-1.

13. Ryazantsev, A.I., Egorova, N.N. (2011). Sovershenstvovanie dozhdeval'noy sistemy dlya poliva kasetnoy rassady ovoshchnykh kul'tur v teplitsakh [Improvement of the sprinkler system for irrigating cassette-grown vegetable seedlings in greenhouses]. In Sbornik nauchnykh trudov prepodavateley i aspirantov Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta [Collection of scientific works of teachers and graduate students of the Ryazan State Agrotechnological University]: Proceedings of the scientific-practical conference, Ryazan, March 20–21, 2011. Ryazan. pp. 78-87.

14. Ryazantsev, A.I., Egorova, N.N. (2009). Dozhdeval'naya sistema dlya poliva kasetnoy rassady ovoshchnykh kul'tur v zakrytom grunte [Sprinkler system for irrigating cassette-grown vegetable seedlings in protected ground]. Vestnik Kolomenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta [Bulletin of the Kolomna State Pedagogical Institute], no 1(7), pp. 135-139.

15. Travkin, V.S., Mishchenko, N.A. (2020). Tekhnologicheskie i tekhnicheskie osobennosti poliva rassado-ovoshchnykh kul'tur, vyrashchivaemykh kasetnym sposobom v zashchishchennom grunte [Technological and technical features of irrigation for seedling-vegetable crops grown in cassettes in protected ground]. Vestnik meliorativnoy nauki [Bulletin of Reclamation Science], no 3, pp. 97-102.

© Рязанцев А.И., Травкин В.С., Евсеев Е.Ю., Травкина А.Р. 2025. *International agricultural journal*, 2025, № 2, 393-412

Для цитирования: Рязанцев А.И., Травкин В.С., Евсеев Е.Ю., Травкина А.Р. ОЦЕНКА ПОЧВОСОХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ШЛАНГОВЫМ ДОЖДЕВАТЕЛЕМ ПРИ ПОЛИВЕ КАССЕТНОЙ РАССАДЫ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ // *International agricultural journal*. 2025. № 2, 393-412.