

10. Castelli G., Ottaviano E. Design and Simulation of a New Hybrid Mobile Robot for Overpassing Obstacles // 2nd European Conference on Mechanism Science. 2009. P. 101.
11. Ottaviano E., Vorotnikov S., Kurenev P. Design improvements and control of a hybrid walking robot // Robotics and autonomous systems. 2011. No 59 (2). Pp.128-141.
12. Tavolieri C., Ottaviano E., Ceccarelli M. Design and problems of a new leg-wheel walking robot // Advances in climbing and walking robots: 10th International Conference. 2007. Pp. 319-328.
13. Vorotnikov S., Roshupkin S. In Autonomous mobile robot Extreme robotics // 19th All-Russian Scientific-and-Tech. conf. S-Petersburg, 2008. Pp. 221–226.

Информация об авторах

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр-кт Университетский, д. 26), тел. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И.А. Матлашова» (РФ, 400011, г. Волгоград, пр-кт Университетский, д. 71.), тел. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

Authors Information

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Myasnikov Alexey Sergeevich, Teacher, Private Professional Educational Institution «Gazprom College «Volgograd» named after I.A. Matlashov» (Russia, 400011, Volgograd, 71 Universitetskiy Ave.), tel. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-48

LENGTH OF SPRINKLERS FOR MOLE IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

E. A. Khodiakov, N. Yu. Petrov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 05.06.2023

Submitted 01.08.2023

Summary

The studies were carried out in 2022 on the experimental field of the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana». The article presents an analysis of the research results of the uniformity of changes in soil moisture at different lengths of sprinklers in the mole irrigation system.

Abstract

Introduction. Modern irrigation technique must respond the requirements of resource saving and mole irrigation, as a kind of subsoil irrigation, fully possesses these qualities. This method of irrigation does not require large capital expenditures for the construction of an irrigation system in the irrigated area, but at the same time, it can significantly save irrigation water and increase crop yields. In this regard, the study of the features of equipment and technology for irrigation of various agricultural crops by mole irrigation is a perspective direction of our research. **Object.** The length of sprinklers in the mole irrigation system. **Materials and methods.** The researches were carried out in 2022 on light chestnut soils of the Lower Volga region. One of the main tasks of our studies about the scientific and experimental substantiation of the structural elements of the mole irrigation system was to explore the uniformity of soil moisture at different lengths of mole irrigators. Moisture uniformity was assessed by the dynamics of soil moisture contours on the next day after irrigation in 3 variants of the experiment with molehill lengths of 50, 75 and 100 m in three soil zones: waterlogged soil (> 110% of the Lowest

moisture capacity), normal (90 ... 110% of the Lowest moisture capacity) and low humidity (75...90% of the Lowest moisture capacity). The observations of the type of the irrigation water distribution in the soil, depending on the length of the mole irrigators, were carried out several times during the irrigation season. This article presents the most typical arrangements of moisture isopleths (lines of the same moisture content) in the soil profile. **Results and conclusions.** The results of field experiments showed that when applying the same irrigation rate of 200 m³/ha on the next day after irrigation with an increase in the molehill length from 50 to 100 m, the boundaries of the humidification soil zones did not change their position significantly. The upper boundary of the waterlogged zone remained at a depth of 29...31, normal moisture – 19...20 and low – 6...8 cm, and the lower boundaries - at a depth of 69...72, 85...90 and 105...108 cm, respectively. To the left of the molehill these zones spread by 16...27, 46...51 and 66...73 cm and to the right – by 12...21, 41...42 and 65...69 cm respectively. The mathematical processing of the values of the soil moisture contour area of these zones showed that they did not have significant differences, therefore, the length of the molehill can be increased up to 100 m without a significant deterioration in the uniformity of moisture. This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Administration of the Volgograd Region under project No. 22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Key words: mole irrigation, length of the molehill, soil moisture contour, moisture uniformity, irrigation water distribution in the soil.

Citation. Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Length of sprinklers for mole irrigation in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 480-490 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-48.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.4

ДЛИНА ОРОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ КРОВОГО ПОЛИВА В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Е. А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Г. Милованов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

К. В. Бондаренко, аспирант, младший научный сотрудник

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Современная техника полива должна отвечать требованиям ресурсосбережения, и кротовое орошение как разновидность внутрипочвенного орошения в полной мере обладает этими качествами. Этот способ полива не требует больших капитальных затрат на строительство системы полива на орошаемом участке, но в то же время позволяет значительно экономить оросительную воду и повышать урожайность. В связи с этим изучение особенностей техники и технологии полива различных сельскохозяйственных культур кротовым орошением является перспективным направлением наших исследований. **Объект.** Длина оросителей в системе кротового орошения. **Материалы и методы.** Исследования были проведены в 2022 г. на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Одной из основных задач этих исследований по научно-экспериментальному обоснованию элементов конструкции системы кротового полива являлось изучение равномерности увлажнения почвы при разной длине оросителей. Равномерность увлажнения оценивалась по динамике контуров увлажнения на следующий день после полива на 3-х вариантах опыта с длиной кротовин 50, 75 и 100 м по трём зонам: переувлажнения (> 110 % наименьшей влагоёмкости почвы НВ), нормального (90...110 % НВ) и пониженного увлажнения (75...90 % НВ). Наблюдения за характером распределения оросительной воды в почве в зависимости от длины кротовых оросителей проводили несколько раз в течение поливного сезона. В этой

статье представлены наиболее типичные расположения изоплет влажности в почвенном профиле. **Результаты и выводы.** Результаты полевых опытов показали, что при подаче одинаковой поливной нормы 200 м³/га на следующий день после полива с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м границы зон увлажнения значительно не изменяли своё положение. Верхняя граница зоны переувлажнения оставалась на глубине 29...31, нормального увлажнения – 19...20 и пониженного – 6...8 см, а нижние границы – соответственно на глубине 69...72, 85...90 и 105...108 см. Влево от кротовины эти зоны распространились соответственно на 16...27, 46...51 и 66...73 см, а вправо – на 12...21, 41...42 и 65...69 см. Статистическая обработка значений площади контуров увлажнения указанных зон показала, что они не имели существенных различий, следовательно, длину кротовины можно увеличивать до 100 м без значительного ухудшения равномерности увлажнения. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области по проекту №22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Ключевые слова: *кротовое орошение, длина оросителей, контуры увлажнения, равномерность увлажнения, распределение оросительной воды, технологии орошения.*

Цитирование. Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Длина оросителей для кротового полива в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 480-490. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-48.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Внутрипочвенное кротовое орошение – это способ полива различных сельскохозяйственных культур, при котором вода поступает непосредственно в корнеобитаемый слой почвы по кротовым оросителям. Они представляют из себя почвенные каналы цилиндрической формы. Стенки кротовых оросителей формируются за счёт уплотнения почвы специальным рабочим органом.

Кротовое орошение как разновидность внутрипочвенного полива лишено его главного недостатка, заключающегося в отсутствии больших капитальных затрат на строительство орошаемого участка, но в то же время обладает всеми достоинствами, присущими данному способу полива: экономия оросительной воды и повышение урожайности.

В связи с этим изучение особенностей техники и технологии полива различных сельскохозяйственных культур кротовым орошением является перспективным направлением исследований, которому посвящено множество научных работ по всему миру: в Австралии [5], Бразилии [12], Ирландии [13], Аргентине [10], Португалии [4], Египте [9], Китае [8], США [3, 11], Канаде [14], Иране [6] и Нидерландах [7].

В Российской Федерации, так же как и в Советском Союзе, кротовым орошением в основном занимался доктор сельскохозяйственных наук, профессор Гостищев Д. П. [1]. Будучи директором ГУ ВолжНИИГиМ (1998-2002 гг.) со своими учениками Рогозиной Ю. С. [2] и сотрудниками института он активно разрабатывал кротовое орошение главным образом с использованием животноводческих сточных вод.

На светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, находящихся на юге России, исследования особенностей данного способа полива природными водами проводятся впервые, поэтому в задачи наших исследований входило определение длины кротовых оросителей на основании изучения динамики контуров увлажнения.

Материалы и методы. Исследования были проведены в 2022 г. в Волгоградской области на опытных полях учебно-научно-производственного центра «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета.

Почвенно-климатические условия Волгоградской области являются типичными для Нижнего Поволжья: климат – резко континентальный, лето – жаркое и сухое с практически полным отсутствием дождей в июле и августе, а зима – холодная и малоснежная, почвы опытного участка – светло-каштановые, средне- и тяжёлосуглинистые.

Грунтовые воды находились на глубине более трёх метров и не влияли на характер расположения контуров увлажнения в исследуемом слое почвы 0,0-1,0 м.

В наших опытах было изучено 3 варианта длины кротовых оросителей – 50, 75 и 100 м. Измерения проводили в середине кротовых оросителей отступив от конца 5 м. Глубина нарезки на всех вариантах была одинаковой и составляла 0,39...0,42 м. Поливная норма составляла 200 м³/га.

Измерение влажности почвы для построения контуров увлажнения проводили на следующий день после полива.

Отбор проб проводили вправо и влево от оси кротовины на расстояние 1 м с шагом 20 см и на глубину до 1 м с таким же шагом.

Средняя влажность почвы перед поливом в слое 0,0-1,0 м составляла 69,3 % НВ.

Математическую обработку полученных результатов и построение изоплет влажности почвы проводили с помощью «Microsoft Excel 2010» и «Surfer 12».

Наблюдения за характером распределения оросительной воды в зависимости от длины кротовых оросителей проводили неоднократно, в статье представлены наиболее типичные расположения изоплет влажности в почвенном разрезе.

Результаты и обсуждение. Контуров увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 50 м показаны на рисунке 1, длиной 75 м – на рисунке 2, а длиной 100 м – на рисунке 3.

После построения изоплет влажности почвы по вариантам опыта мы оценивали эффективность распределения оросительной воды по почвенному срезу. Для удобства было выделено 3 зоны с различной степенью увлажнения:

- зона переувлажнения (> 110 % НВ);
- зона нормального увлажнения (90...110 % НВ);
- зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ).

Границы этих зон отчётливо демонстрируют характер увлажнения почвы в зависимости от длины кротовых оросителей.

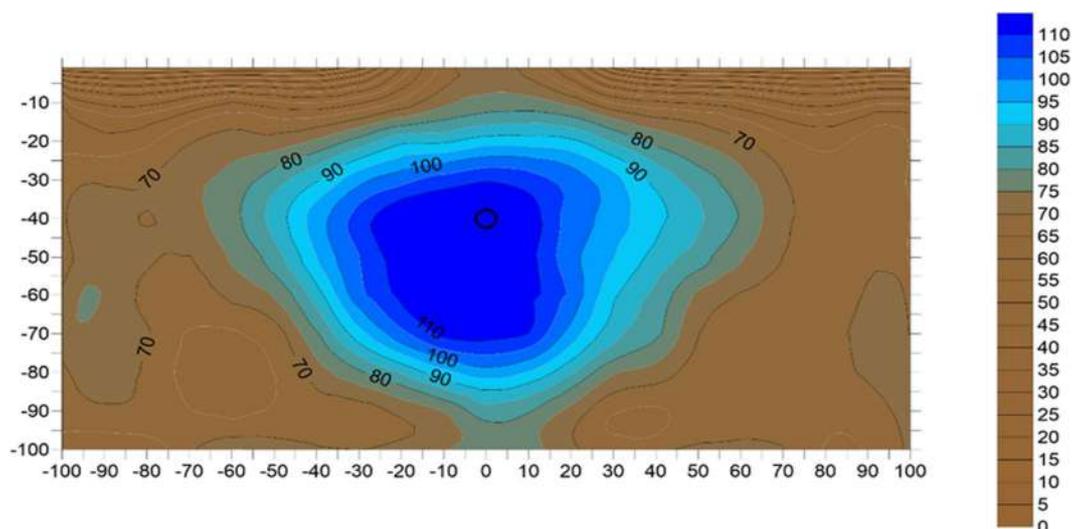


Рисунок 1 – Контуров увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 50 м.

Figure 1 – Soil moisture contour on the variant with a molehill length of 50 m.

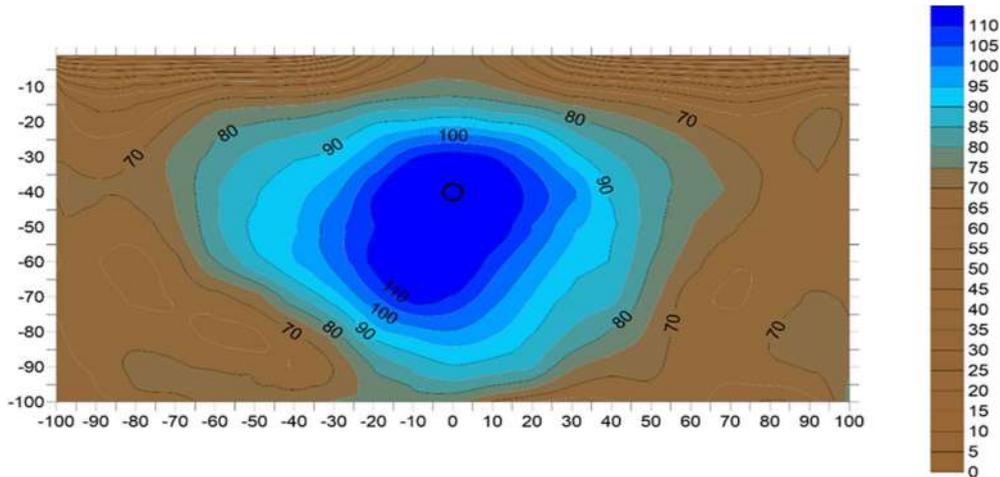


Рисунок 2 – Контуры увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 75 м.
Figure 2 – Soil moisture contour on the variant with a molehill length of 75 m.

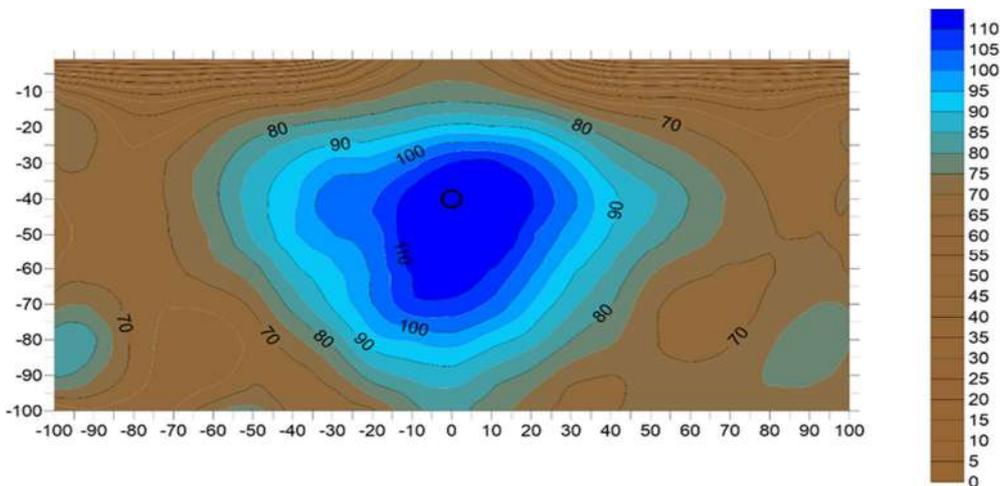


Рисунок 3 – Контуры увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 100 м.
Figure 3 – Soil moisture contour on the variant with a molehill length of 100 m.

Внешние границы зон увлажнения почвы при разной длине кротовых оросителей показаны в таблице 1.

Изучение контуров увлажнения на следующий день после полива показало, что на варианте опыта с длиной кротовин 50 м верхняя граница зоны переувлажнения находилась на глубине 31 см от поверхности земли, а нижняя граница – на глубине 72 см. Влево и вправо зона переувлажнения распространилась на 27 и 12 см от кротовины соответственно. На вариантах длины кротовин 75 и 100 м соответственно эта зона оставалась примерно в тех же границах: сверху на глубине 30 и 29 см, внизу – на 72 и 69 см, слева – на расстоянии 22 и 16 см от оси кротовины, а справа – 20 и 21 см.

Граница зоны нормального увлажнения с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м также значимо не изменяла своё положение, оставаясь сверху на глубине 19...20 см, внизу – 85...90 см, слева от кротовины на расстоянии 46...51 см, а справа – 41...42 см.

Зона пониженного увлажнения с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м также имела примерно одинаковые границы на всех вариантах опыта: сверху от кротовины она находилась на глубине 6...8 см, снизу – на глубине 105...108 см, слева от кротовины – на расстоянии 66...73 см, а справа – на расстоянии 65...69 см.

Таблица 1 – Внешние границы зон увлажнения почвы при разной длине кротовых оросителей
Table 1 – External boundaries of soil moisture zones at different lengths of mole irrigators

Длина кротовых оросителей, м	Выше кротовины, см от поверхности земли	Ниже кротовины, см от поверхности земли	Слева от кротовины, см от её оси	Справа от кротовины, см от её оси
Внешняя граница зоны переувлажнения (расположение изоплеты 110 % НВ)				
50	31	72	27	12
75	30	72	22	20
100	29	69	16	21
Внешняя граница зоны нормального увлажнения (расположение изоплеты 90 % НВ)				
50	19	85	47	42
75	19	90	51	41
100	20	87	46	42
Внешняя граница зоны пониженного увлажнения (расположение изоплеты 75 % НВ)				
50	7	105	67	65
75	8	107	73	69
100	6	108	66	69

Такая динамика контуров увлажнения вызвала соответствующее изменение площадей изучаемых зон (таблица 2).

При подаче одинаковой поливной нормы (200 м³/га) с возрастанием длины кротовины от 50 до 100 м площадь зоны переувлажнения снижалась от 1236 до 1116 см², зоны нормального увлажнения – от 3699 до 3581 см², зоны пониженного увлажнения – от 4602 до 4437 см². В результате общая площадь зоны увлажнения также снижалась от 9537 до 9134 см².

Зона пониженного увлажнения будучи самой большой на 48,3...48,6 % формировала общую площадь увлажнения. Промежуточное положение занимала зона нормального увлажнения, которая занимала 38,8...39,2 % общей площади увлажнения. Наименьшую долю 12,2...13,0 % занимала зона переувлажнения.

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что длина кротовых оросителей влияла на площади выделенных зон увлажнения, так как F фактическое (Fф) было больше F критического (F₀₅):

Для зоны переувлажнения (> 110 % НВ) – Fф=827 > F₀₅=7,71;

Для зоны нормального увлажнения (90...110 % НВ) – Fф=8479 > F₀₅=7,71;

Для зоны пониженного увлажнения (75...90 % НВ) – Fф=7736 > F₀₅=7,71.

Также в результате этого анализа была получена величина наименьшей существенной разности (НСР₀₅), с помощью которой было установлено, что, несмотря на уменьшение площадей зон увлажнения по мере увеличения длины кротовых оросителей, величина этого снижения не превышала НСР₀₅.

Таблица 2 – Изменение площади зон увлажнения почвы в зависимости от длины кротовых оросителей

Table 2 – Changes in the area of soil moisture zones depending on the length of mole irrigators

Длина кротовых оросителей, м	Зона переувлажнения (> 110 % НВ)		Зона нормального увлажнения (90...110 % НВ)		Зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ)	
	см ²	%	см ²	%	см ²	%
50	1236	13,0	3699	38,8	4602	48,3
75	1157	12,5	3607	39,0	4495	48,5
100	1116	12,2	3581	39,2	4437	48,6

Так, для значений площади зоны переувлажнения НСР₀₅ составляла 142 см², а фактическая разница находилась в пределах 41...120 см². Аналогичная ситуация наблюдалась при сравнении площадей зоны нормального увлажнения и пониженного увлажнения, которые различались соответственно на 26...118 и 58...165 см², а НСР₀₅ составляла соответственно 130 и 177 см², что свидетельствует о том, что длину кротовины можно увеличивать до 100 м без значительного ухудшения равномерности увлажнения почвенного среза.

По значениям диаметра кротовых оросителей и площадей зон увлажнения был проведён регрессионный анализ, который показал, что между этими переменными существует очень сильная корреляционная связь, так как коэффициенты корреляции (R), равные -0,984, -0,952 и -0,986 (соответственно для зоны переувлажнения, нормального увлажнения и пониженного увлажнения), по модулю превышают 0,9 (|R|>0,9).

Отрицательный коэффициент корреляции свидетельствует о том, что эта связь имела обратное направление, то есть при подаче одинаковой поливной нормы 200 м³/га с увеличением длины кротовых оросителей площадь зон увлажнения снижается.

В ходе дальнейшего анализа были получены уравнения функциональной зависимости, показанные на рисунках 4, 5 и 6.

Коэффициенты детерминации (R²) и скорректированные коэффициенты детерминации (R²_{adj}) данных моделей превышают 0,8, что говорит о том, что полученные регрессионные модели достоверно описывают исходные данные.

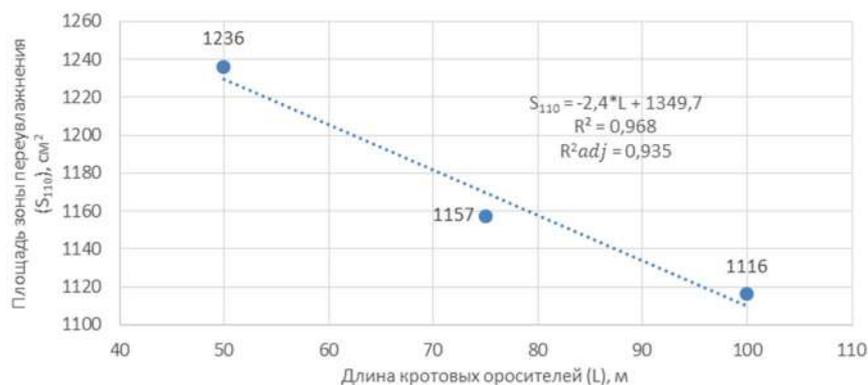


Рисунок 4 – Изменение площади зоны переувлажнения в зависимости от длины кротовых оросителей

Figure 4 – Change in the area of the waterlogged zone depending on the length of the mole irrigators

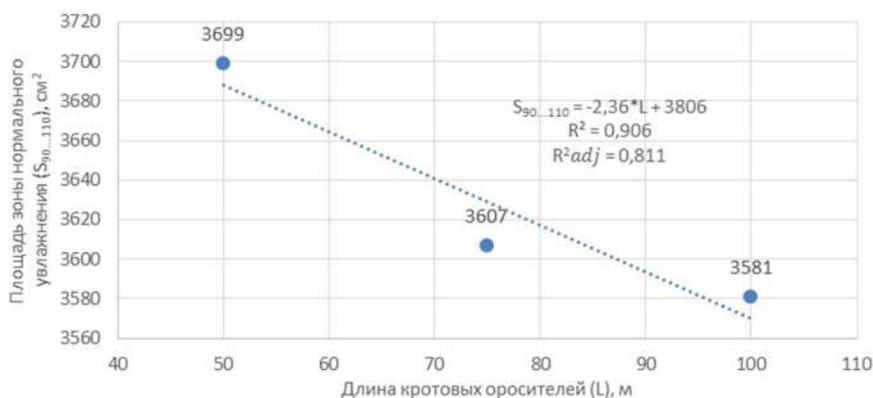


Рисунок 5 – Изменение площади зоны нормального увлажнения в зависимости от длины кротовых оросителей

Figure 5 – Change in the area of the zone of normal moistening depending on the length of mole irrigators

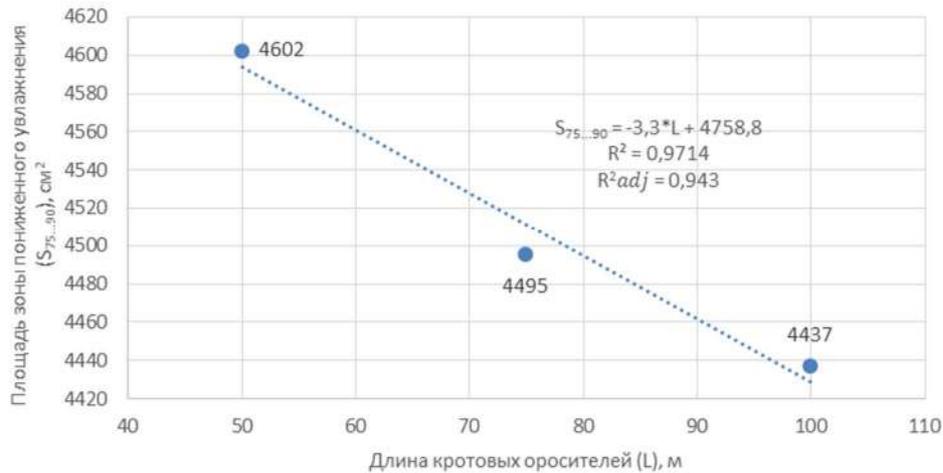


Рисунок 6 – Изменение площади зоны пониженного увлажнения в зависимости от длины кротовых оросителей

Figure 6 – Change in the area of the zone of low moisture depending on the length of mole irrigators

С помощью полученных уравнений функциональной зависимости можно установить значение площадей увлажнения если длина кротовых оросителей находится в пределах 50...100 м

Выводы. Таким образом, результаты полевых опытов, проведённых в 2022 г. на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, показали, что при подаче одинаковой поливной нормы 200 м³/га с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м границы зон увлажнения на следующий день после полива значительно не изменяли своё положение. Так, верхняя граница зоны переувлажнения (> 110 % НВ) находилась на глубине 29...31 см от поверхности земли, а нижняя граница – на глубине 69...72 см. Влево и вправо зона переувлажнения распространилась на 16...27 и 12...21 см от кротовины соответственно. Граница зоны нормального увлажнения (90...110 % НВ) оставалась сверху на глубине 19...20 см, внизу – на глубине 85...90 см, слева от кротовины на расстоянии 46...51 см от её оси, а справа – на расстоянии 41...42 см.

Зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ) также имела примерно одинаковые границы на всех вариантах опыта (50, 75 и 100 м): сверху от кротовины она находилась на глубине 6...8 см, внизу – на глубине 105...108 см, слева от кротовины – на расстоянии 66...73 см, а справа – на расстоянии 65...69 см.

В результате было установлено, что с увеличением длины оросителей от 50 до 100 м площади контуров увлажнения указанных зон уменьшались, однако величина этого снижения не превышала наименьшую существенную разность (НСР₀₅). Так, для значений площади зоны переувлажнения НСР₀₅ составляла 142 см², а фактическая разница находилась в пределах 41...120 см². Площади зоны нормального и пониженного увлажнения различались соответственно на 26...118 и 58...165 см², а НСР₀₅ составляла соответственно 130 и 177 см².

Следовательно, длину кротовины можно увеличивать до 100 м без значительного ухудшения равномерности увлажнения.

Статистическая обработка полученных данных позволила установить очень сильную связь между длиной кротовин и площадями зон увлажнения, а также выразить их в виде уравнений функциональной зависимости.

Conclusions. Thus, the results of field experiments conducted in 2022 on light chestnut soils of the Lower Volga region showed that when applying the same irrigation rate of 200 м³/ha with an increase in the length of molehills from 50 to 100 m, the boundaries of moisture zones on the next day after irrigation significantly did not change their position. Thus, the upper boundary of the waterlogging zone (> 110% of the Lowest moisture capacity) was at a depth of 29...31 cm from the ground surface, and the lower boundary was at a depth of 69...72 cm. To the left and right, the waterlogging zone

extended to 16...27 and 12...21 cm from molehills, respectively. The boundary of the normal moisture zone (90...110% of the Lowest moisture capacity) remained at the top at a depth of 19...20 cm, at the bottom – at a depth of 85...90 cm, to the left of the molehill at a distance of 46...51 cm from its axis, and to the right – at a distance of 41...42 cm.

The zone of reduced moisture (75...90% of the Lowest moisture capacity) also had approximately the same boundaries in all variants of the experiment (50, 75 and 100 m): above the molehill it was at a depth of 6...8 cm, below - at a depth of 105...108 cm, to the left of the molehill - at a distance of 66...73 cm, and to the right - at a distance of 65...69 cm.

As a result, it was found that with an increase in the length of the sprinklers from 50 to 100 m, the areas of the moisture contours of the indicated zones decreased, but the magnitude of this decrease did not exceed the smallest significant difference (NSR₀₅). Thus, for the values of the area of the waterlogged zone, NSR₀₅ was 142 cm², and the actual difference was in the range of 41...120 cm². The areas of the zone of normal and reduced moisture differed by 26...118 and 58...165 cm², respectively, and NSR₀₅ was 130 and 177 cm², respectively.

Consequently, the length of the molehill can be increased to 100 m without significant deterioration in the uniformity of moisture.

Statistical processing of the obtained data made it possible to establish a very strong connection between the length of molehills and the areas of moisture zones, and also to express them in the form of functional dependence equations.

Библиографический список

1. Гостищев Д. П. Проектирование, строительство и эксплуатация систем внутрипочвенного орошения: Научно-технический обзор. М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. 228 с.
2. Гостищев Д. П., Рогозина Ю. С. Использование животноводческих стоков при кротово-внутрипочвенном орошении // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии и техника орошения: сборник научных докладов международной научно-практической конференции. Новочеркасск: "Радуга", 2004. С. 142-145.
3. Acharya S., Mylavaram R. S. Modeling shallow water table dynamics under subsurface irrigation and drainage // *Agricultural water management*. 2015. V. 149. Pp. 166-174.
4. Castanheira P. N., Serralheiro R. P. Impact of mole drains on salinity of a vertisols under irrigation // *Biosystems Engineering*. 2010. V. 1 (105). Pp. 25-33.
5. Christena E. W., Spoorb G. Improving mole drainage channel stability in irrigated areas // *Agricultural water management*. 2001. V. 3 (48). Pp. 239-253.
6. Darzi-Naftchali A., Motevali A., Keikha M. The life cycle assessment of subsurface drainage performance under rice-canola cropping system // *Agricultural water management*. 2022. V. 266. N. 107579.
7. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // *Agricultural water management*. 2022. V. 269. N. 107677.
8. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization / H. Yupu, Z. Jianyun, Y. Shihong, H. Dalin, X. Junzeng // *Agricultural water management*. 2019. V. 221. Pp. 231-237.
9. El-Ghannam K., El-sherief A., Nageeb I. The role of Controlled and Mole Drainage in Relation to Water Saving, Salt Accumulation on Sugar Beet Yield and Quality in North Nile Delta // *International Journal of Plant & Soil Science*. 2021. V. 1 (33). Pp. 47-58.
10. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // *Soil and Tillage Research*. 2022. V. 223. No 105448.
11. Lemly A. D. Agriculture and wildlife: ecological implications of subsurface irrigation drainage // *Journal of Arid Environments*. 1994. V. 2 (28). Pp. 58-94.
12. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // *Agricultural water management*. 2014. V. 146. Pp. 105-114.

13. Rodgersa M., Mulqueenb J., McHalea J. A model study of mole drain spacing and performance // *Agricultural water management*. 2003. V. 1 (60). Pp. 33-42.

14. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // *Agricultural water management*. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

References

1. Gostishchev D. P. Design, construction and operation of subsoil irrigation systems: Scientific and technical review. M.: Federal State Budget Scientific Institution «Center for Scientific and Technical Information» "Meliovodinform," 2003. 228 p.

2. Gostishchev D. P., Rogozin Yu. S. Use of livestock effluents for mole-soil irrigation // Digest of scientific reports of the international scientific-practical conference «Resource-saving environmentally safe technologies and irrigation equipment». Novochevchinsk: "Rainbow," 2004. Pp. 142-145.

3. Acharya S., Mylavarapu R. S. Modeling shallow water table dynamics under subsurface irrigation and drainage // *Agricultural water management*. 2015. V. 149. Pp. 166-174.

4. Castanheira P. N., Serralheiro R. P. Impact of mole drains on salinity of a vertisol under irrigation // *Biosystems Engineering*. 2010. V. 1 (105). Pp. 25-33.

5. Christena E. W., Spoorb G. Improving mole drainage channel stability in irrigated areas // *Agricultural water management*. 2001. V. 3 (48). Pp. 239-253.

6. Darzi-Naftchali A., Motevali A., Keikha M. The life cycle assessment of subsurface drainage performance under rice-canola cropping system // *Agricultural water management*. 2022. V. 266. N. 107579.

7. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // *Agricultural water management*. 2022. V. 269. N. 107677.

8. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization / H. Yupu, Z. Jianyun, Y. Shihong, H. Dalin, X. Junzeng // *Agricultural water management*. 2019. V. 221. Pp. 231-237.

9. El-Ghannam K., El-sherief A., Nageeb I. The role of Controlled and Mole Drainage in Relation to Water Saving, Salt Accumulation on Sugar Beet Yield and Quality in North Nile Delta // *International Journal of Plant & Soil Science*. 2021. V. 1 (33). Pp. 47-58.

10. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // *Soil and Tillage Research*. 2022. V. 223. No 105448.

11. Lemly A. D. Agriculture and wildlife: ecological implications of subsurface irrigation drainage // *Journal of Arid Environments*. 1994. V. 2 (28). Pp. 58-94.

12. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // *Agricultural water management*. 2014. V. 146. Pp. 105-114.

13. Rodgersa M., Mulqueenb J., McHalea J. A model study of mole drain spacing and performance // *Agricultural water management*. 2003. V. 1 (60). Pp. 33-42.

14. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // *Agricultural water management*. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

Информация об авторах

Ходяков Евгений Алексеевич, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Бондаренко Кирилл Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Authors Information

Khodyakov Evgeny Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Civil Water Reclamation, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor of the Department "Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering", Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Milovanov Sergey Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Bondarenko Kirill Vladimirovich, post-graduate student, junior researcher at the Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-49

INFLUENCE OF FLAX FLOUR ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS

V. N. Khramova^{1,2}, D. I. Surkov¹, K. A. Lubchinsky¹

¹*Volgograd State Technical University*

²*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of
Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: hramova_vn@mail.ru

Received 15.06.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

The article presents the results of the study of a fatty acid composition semi-finished products when linseed flour is added to the formula. An increase in the mass proportion of lipids, as well as the content of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids in the developed assortment of chopped semi-finished products, was revealed.

Abstract

Introduction. The deficiency of omega-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet, this is a world problem. Creating functional products based on chopped semi-finished products using linseed flour can solve the problem of deficit. The content of polyunsaturated fatty acids in such products reaches 73% of the total number of fatty acids. This is the reason for the relevance. **Object.** The subject of the study is a portion of zrazy with linseed flour. **Materials and methods.** The mass fraction of lipids was measured according to the method of GOST 23042-2015. Measurement of fatty acid composition was carried out according to GOST 31663-2012. Fat indicators of chopped semi-finished products are calculated according to general methods. **Results and conclusions.** The addition of linseed flour was determined to increase the mass proportion of lipids in the product from 1% to 4%. The amount of ome-