

А. Н. Юрин, С. П. Кострома

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследований по обоснованию рациональных параметров систем управляемого капельного полива.

Ключевые слова: капельный полив, орошение, исследования, параметры.

A. N. Yuryin, S. P. Kostroma

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

RESULTS OF STUDIES OF THE HUMIDIFICATION CIRCUIT AT DRIP IRRIGATION

Abstract. This article presents the results of research to substantiate the rational parameters of controlled drip irrigation systems.

Keywords: drip irrigation, irrigation, research, parameters.

Введение

Одним из наиболее прогрессивных способов полива, который находит все большее распространение в нашей стране и за рубежом, является капельное орошение. Применение его обеспечивает благоприятное для растений увлажнение почвы, т. е. позволяет создать оптимальный водно-воздушный режим, сохранить структуру почвы и улучшить ее аэрацию. В результате этого по сравнению с другими способами полива урожайность сельскохозяйственных культур возрастает на 50–80 % при меньших затратах поливной воды и труда на 35–50 % [1].

При капельном орошении распределение влаги в почве происходит как в вертикальном направлении под действием гравитационных сил по крупным порам и капиллярам, так и в горизонтальном – под воздействием капиллярных сил. При этом увлажняется не весь объем, а контур увлажнения, под которым понимается почвенное пространство в пределах условной контурной поверхности, охваченное увлажнением из точечного или линейного источника оросительной воды.

При подаче поливной воды из капельницы вокруг капельницы образуется контур увлажнения почвы. Геометрические параметры контура увлажнения при подаче воды из капельницы зависят от расхода капельницы, продолжительности полива, уровня исходной увлажненности почвенного слоя, поливной нормы, гранулометрического состава и пористости почвы. Размеры контура увлажнения также зависят от капиллярных свойств почвы. Основными геометрическими параметрами контура увлажнения при капельном орошении являются глубина увлажняемого слоя и максимальный радиус. При этом остается неясным, каким образом и насколько изменяется контур увлажнения при различных поливных нормах. Кроме этого, особый интерес представляет распределение влаги в почве после полива. Эти вопросы связаны, прежде всего, с оптимизацией элементов систем капельного орошения.

Для проведения исследований была разработана и изготовлена лабораторная установка системы капельного полива, которая позволила провести моделирование в лабораторных условиях и получить характеристику режимов орошения и оценить их изменчивость.

Основная часть

Физическое моделирование проводилось в лабораторных условиях. Для этого изготовлена лабораторная установка системы капельного полива. Лабораторная установка (рис. 1) системы капельного полива состоит из основания 1, емкости для почвы 2, стойки 3 с кронштейном 4, емкости для воды 5 с краном 6.

Каркасом всей установки служит основание, на котором крепятся стойка с кронштейном и емкость для почвы. Основание обеспечивает прочность всей установки. Основание установлено на колеса.

Емкость для почвы для удобства выполнена разборной и состоит из двух частей.

Для проведения исследований емкость наполнялась почвой и уплотнялась близко к естественной плотности почвы. Контроль твердости почвы осуществлялся прибором пенетрометром грунтовым ПГ-3М.

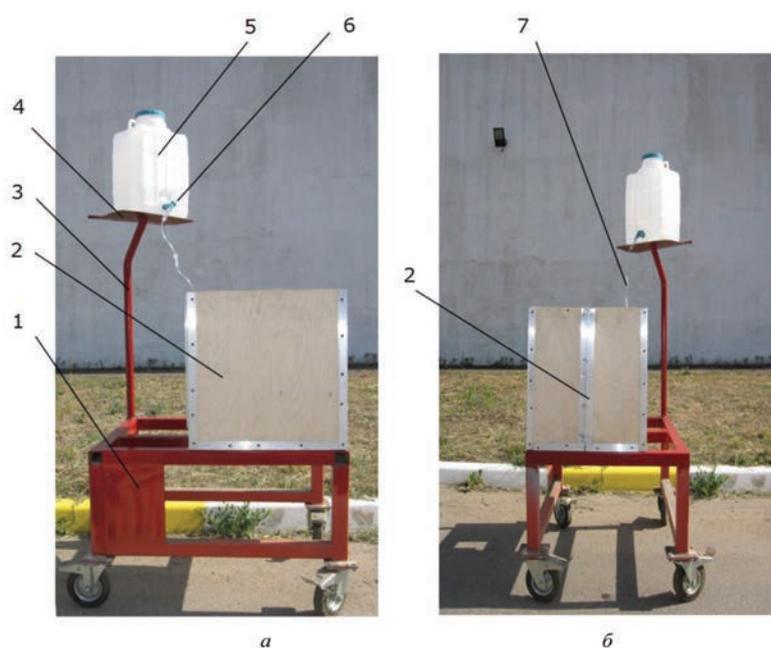


Рис. 1. Лабораторная установка системы капельного полива: *а* – вид сбоку; *б* – вид спереди; 1 – основание; 2 – емкость для почвы; 3 – стойка; 4 – кронштейн; 5 – емкость для воды; 6 – кран; 7 – капельница

Первоначально исследования на лабораторной установке проводились при различных уровнях предполивной влажности почвы (65, 75, 85 % НВ) (рис. 2).



Рис. 2. Исследование параметров физического моделирования капельного орошения

При исследовании определялись диаметр и глубина увлажняемого слоя, сформированного капельницей (рис. 3).

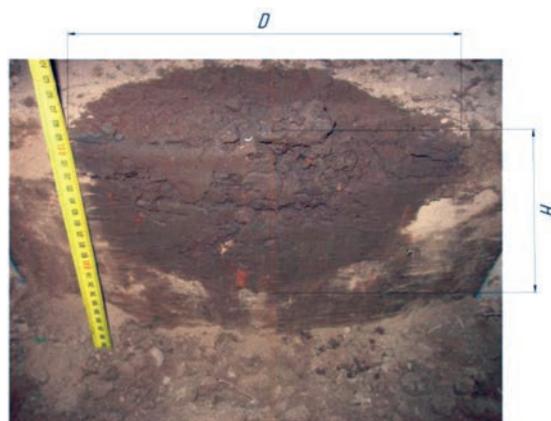


Рис. 3. Исследование параметров физического моделирования капельного орошения

Результаты измерений параметров изложены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений параметров физического моделирования капельного орошения

Уровень предполивной влажности почвы	Показатель промачивания, см	Продолжительность полива, ч							
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
65 % НВ	диаметр	13	21	28	32	35	40	45	48
	глубина	7	14	19	22	25	27	29	31
75 % НВ	диаметр	14	22	29	33	36	41	45	49
	глубина	8	18	23	26	29	31	33	35
85 % НВ	диаметр	16	23	30	34	37	42	48	50
	глубина	10	21	26	29	31	33	36	39

Так, при поддержании порога предполивной влажности почвы 65 % НВ глубина увлажняемого слоя через два часа подачи воды составляла 22 см, а через четыре часа достигла 31 см. При этом диаметр увлажнения был больше глубины промачивания примерно в 1,6 раза и составил соответственно 32 и 48 см. С увеличением предполивной влажности почвы до 75 % НВ изучаемые параметры увеличились незначительно: диаметр увлажняемой зоны и глубина промачивания составили соответственно 33 и 26 см при продолжительности подачи воды через капельницу в течение двух часов и 49 и 35 см при продолжительности 4 часа.

Наибольшие размеры контура увлажнения были зафиксированы при режиме предполивной влажности почвы 85 % НВ. Здесь диаметр увлажняемой зоны постепенно возрастал от 34 см (при продолжительности работы капельницы в течение двух часов) до 50 см (при работе капельницы в течение четырех часов). Глубина промачивания за этот период увеличилась соответственно до 29 и 39 см.

Анализ полученных результатов показал, что в среднем диаметр увлажняемой зоны по сравнению с глубиной промачивания увеличивался в 1,4–1,6 раза. Меньшие размеры характерны для режима увлажнения 85 % НВ: в 1,2–1,3 раза. Следует отметить, что в первый период проведения опыта увлажняемая зона заметно увеличивалась, однако процесс постепенно затухал и за последние 0,5 ч наблюдений контур увлажнения увеличился всего лишь на 3 см как по диаметру увлажняемой зоны, так и по глубине промачивания.

Таким образом, по результатам стендовых измерений в процессе физического моделирования с расходом капельницы 1,2 л/ч контур увлажнения возрастал с повышением режима предполивной влажности почвы от 65 до 85 %. Увеличение увлажняемой зоны происходит вследствие более высокой исходной влажности почвы. При этом для промачивания слоя почвы 0,2 м требовалось увлажнение почвы не менее 2 ч, а для промачивания почвенного слоя 0,35 м – более 4 ч.

В зависимости от режима предполивной влажности почвы и поливной нормы в увлажняемой зоне влажность почвы при капельном орошении существенно изменялась. Возникла необходимость измерить влажность на разном расстоянии от капельницы и разной глубине.

После полива влажность почвы лабораторно определялась в шести точках на расстоянии от оси капельницы 5, 10, 20, 30, 40 см с отбором образцов через 10 см на глубину 50 см. Влажность определяли по ГОСТ 28268 [2].

Полученные результаты по определению влажности почвы в контуре увлажнения и ее распределение в увлажняемой зоне при глубине увлажнения 50 см приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты измерений параметров физического моделирования капельного орошения

Уровень увлажнения в НВ и норма полива	Расстояние от оси капельницы, см	Глубина промачивания, см				
		10	20	30	40	50
65 % НВ 145 м ³ /га	5	104,2	101,3	93,5	82,4	73,4
	10	101,1	98,2	87,5	80,1	70,3
	20	94,5	92,1	84,7	77,4	68,1
	30	90,2	84,2	79,3	73,2	66,4
	40	80,2	76,2	67,2	65,2	62,1
75 % НВ 105 м ³ /га	5	102,5	99,3	87,6	76,8	75,5
	10	100,3	95,5	87,5	76,6	75,4
	20	93,3	85,5	84,5	76,4	75,3
	30	85,2	82,1	81,2	75,4	66,9
	40	82,1	78,4	74,3	71,1	67,1
85 % НВ 50 м ³ /га	5	100,5	96,2	89,3	86,9	85,6
	10	97,6	92,3	88,8	86,5	83,2
	20	94,8	89,3	88,4	86,1	82,2
	30	91,2	86,4	78,4	73,2	69,2
	40	88,2	85,1	76,5	71,1	68,4

Из представленных данных следует, что наиболее высокая влажность почвы после проведения полива создавалась вблизи оси капельницы и достигала наименьшей влагоемкости и даже превышала ее (104,2 % НВ), а по мере удаления от нее влажность почвы заметно снижается. Так, при режиме предполивной влажности 65 % НВ и поливной норме 145 м³/га, обеспечивающей промачивание почвенного слоя на глубину 0,5 м, влажность почвы в слое 0–40 см на расстоянии 5 см от оси капельницы варьировала в пределах от 104,2 до 73,4 % НВ. На расстоянии 20 см от оси капельницы в слое почвы 0–40 см влажность почвы была выше 68,1 % НВ.

Наглядная картина по формированию контуров увлажнения в зависимости от режима предполивной влажности почвы и поливной нормы представлена на рисунках 4–6.

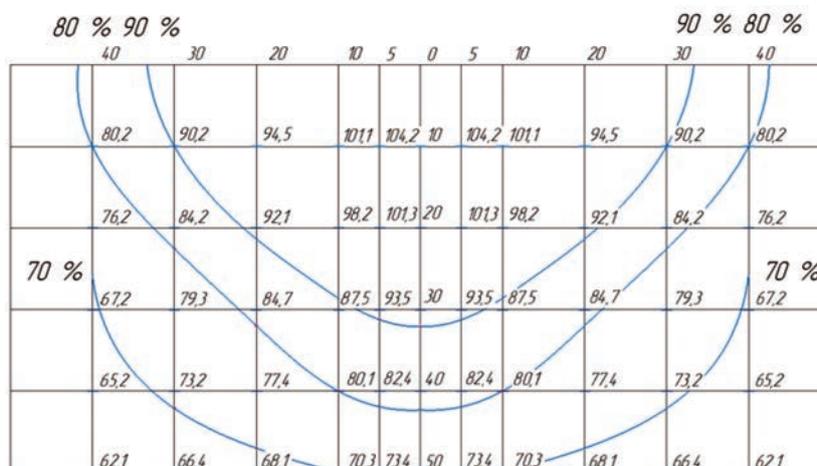


Рис. 4. Контурсы увлажнения при предполивной влажности 65 % НВ и норме полива 145 м³/га

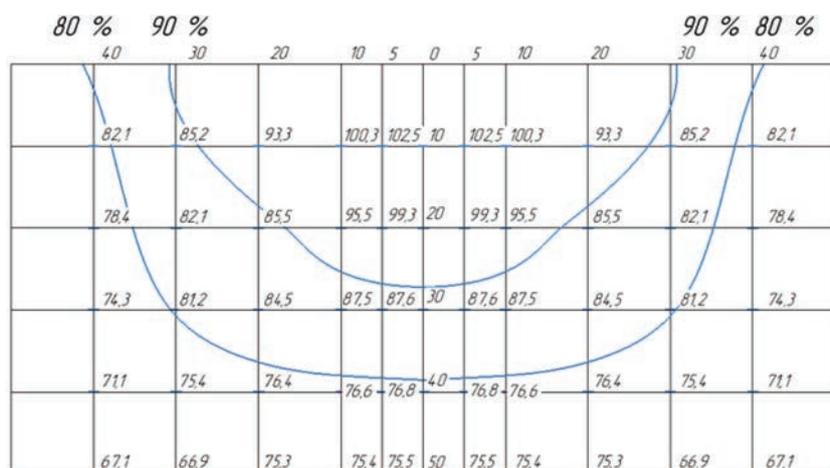


Рис. 5. Контуры увлажнения при предполивной влажности 75 % НВ и норме полива 105 м³/га

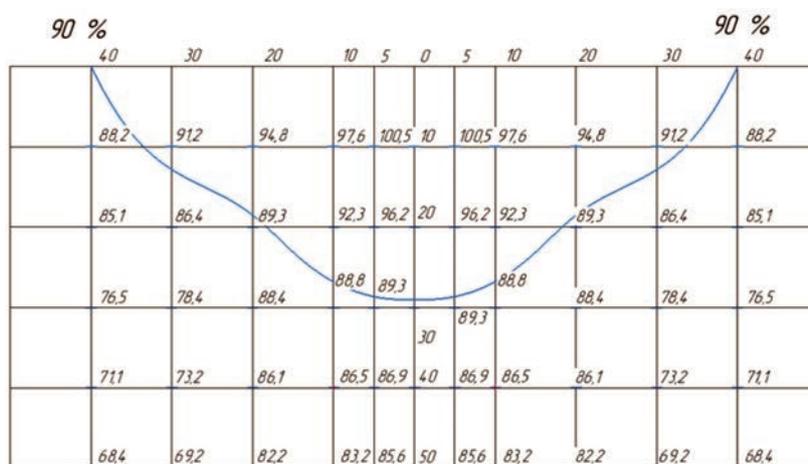


Рис. 6. Контуры увлажнения при предполивной влажности 85 % НВ и норме полива 50 м³/га

При уровне предполивной влажности почвы 75 % НВ и поливной норме 105 м³/га создавалась увлажнение почвы на глубину 40 см при удалении от оси капельницы на 5 и 20 см и на глубину 20 см при удалении от капельницы на 40 см.

При уровне предполивной влажности почвы на уровне 85 % НВ и поливе нормой 50 м³/га послеполивная влажность почвы в контуре увлажнения не ниже 85 % НВ поддерживалась на глубине 40 см при расстоянии от оси капельницы до 20 см. При увеличении расстояния от оси капельницы до 40 см такая влажность наблюдалась только в верхних слоях почвы.

Следовательно, при поливных нормах, рассчитанных на увлажнение слоя почвы 0,5 м и расстояниях от оси капельницы 5, 20, 40 см формируется увлажняемая зона с глубиной промачивания соответственно 50, 50 и 30 см при режиме увлажнения 65 и 75 % НВ и 50, 40, 20 см при режиме увлажнения 85 %. При этом более высокие показатели контуров увлажнения характерны для режима увлажнения 65 % НВ. Это обусловлено большим иссушением почвы перед проведением полива.

Заключение

Анализ полученных результатов при определении контуров увлажнения показал, что в среднем диаметр увлажняемой зоны по сравнению с глубиной промачивания увеличивался в 1,4–1,6 раза. Меньшие размеры характерны для режима увлажнения 85 % НВ: в 1,2–1,3 раза. Следует отметить, что в первый период проведения опыта увлажняемая зона заметно увеличивалась, однако процесс постепенно затухал и за последние 0,5 ч наблюдений контур увлажнения увеличился всего лишь на 3 см как по диаметру увлажняемой зоны, так и глубине промачивания.

Таким образом, по результатам стендовых измерений в процессе физического моделирования с расходом капельницы 1,2 л/час контур увлажнения возрастал с повышением режима предполивной влажности почвы от 65 до 85 % НВ. Увеличение увлажняемой зоны происходит вследствие более высокой исходной влажности почвы. При этом для промачивания слоя почвы 0,2 м требовалось увлажнение почвы не менее 2 ч, а для промачивания почвенного слоя 0,35 м – более 4 ч.

При определении влажности почвы в увлажненной зоне после проведения капельного полива установлено, что наиболее высокая влажность почвы после проведения полива создавалась вблизи оси капельницы и достигала наименьшей влагоемкости и даже превышала ее (104,2 % НВ), а по мере удаления от нее влажность почвы заметно снижалась. Так, при режиме предполивной влажности 65 % НВ и поливной норме 145 м³/га, обеспечивающей промачивание почвенного слоя на глубину 0,5 м, влажность почвы в слое 0–40 см на расстоянии 5 см от оси капельницы варьировала в пределах от 104,2 до 73,4 % НВ. На расстоянии от оси капельницы 20 см в слое почвы 0–40 см влажность почвы была выше 68,1 % НВ.

При уровне предполивной влажности почвы 75 % НВ и поливной норме 105 м³/га создавалось увлажнение почвы на глубину 40 см при удалении от оси капельницы на 5 и 20 см и на глубину 20 см при удалении от капельницы на 40 см.

При уровне предполивной влажности почвы на уровне 85 % НВ и поливе нормой 50 м³/га послеполивная влажность почвы в контуре увлажнения не ниже 85 % НВ поддерживалась на глубине 40 см при расстоянии от оси капельницы до 20 см. При увеличении расстояния от оси капельницы до 40 см такая влажность наблюдалась только в верхних слоях почвы.

Следовательно, при поливных нормах, рассчитанных на увлажнение слоя почвы 0,5 м и расстояниях от оси капельницы 5, 20, 40 см формируется увлажняемая зона с глубиной промачивания соответственно 50, 50 и 30 см при режиме увлажнения 65 и 75 % НВ; и 50, 40, 20 см при режиме увлажнения 85 %. При этом более высокие показатели контуров увлажнения характерны для режима увлажнения 65 % НВ, что обусловлено большим иссушением почвы перед проведением полива.

Список использованных источников

1. Айдаров, И. П. Теоретические и экспериментальные исследования влагопереноса при внутрпочвенном и капельном орошении / И. П. Айдаров, А. А. Алексащенко // Оптимизация процессов комплексного мелиоративного регулирования: сб. науч. тр. / МГМН. – М., 1985. – С. 3–12.
2. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений : ГОСТ 28268-89. – Введ. 01.06.1990. – Москва: Государственный агропромышленный комитет СССР, 1976. – 21 с.
3. Сергеев, Е. М. Грунтоведение / Е. М. Сергеев. – Москва, 1959. – 335 с.