

УДК 631.674:635.25

С. М. Григоров, Д. С. Винников

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РЕПЧАТОГО ЛУКА И ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Общая цель исследований заключается в повышении эффективности капельного орошения репчатого лука за счет обоснования агрометеорологических режимов и агротехнических приемов возделывания при наиболее полном учете их влияния на водопотребление и эффективность использования водных ресурсов при формировании урожая. В соответствии с поставленной целью программа исследований включает решение трех комплексных задач: обоснование мощности слоя почвы с регулируемым за счет проведения вегетационных капельных поливов водным режимом, обоснование водосберегающего способа посева репчатого лука при капельном орошении и оценка возможности использования грядовой технологии при возделывании репчатого лука с учетом требований ресурсосберегающих агротехнологий. В качестве методологической основы исследований был принят метод полевого эксперимента. По результатам эксперимента установлено, что условия водного питания растений и элементы агротехники репчатого лука оказывают существенное влияние на водопотребление, продуктивность и эффективность использования водных ресурсов при капельном орошении. Наиболее эффективно (47,6 кубических метров на тонну) для формирования урожая вода расходуется при возделывании лука на грядах с проведением посева 6-ти или 8-ми строчным способом и реализацией режима капельного орошения, ориентированного на поддержание заданного порога (80–70 % НВ) предполивной влажности почвы в слое 0,4 м. Опыты также показали, что посевы лука на участках этих вариантов характеризуются наибольшим суммарным водопотреблением (5370–5580 кубических метров на гектар), а рациональное использование водных ресурсов обеспечивается за счет формирования наибольшей урожайности, которая достигала 114,7–115,3 т/га. Использование установленных закономерностей позволяет создавать высокоэффективные проекты возделывания репчатого лука при капельном орошении с получением свыше 110 т/га товарной продукции при рациональном расходовании водных ресурсов на формирование урожая.

Ключевые слова: лук репчатый, капельное орошение, водопотребление, водосбережение, эффективность, приемы возделывания.

S. M. Grigorov, D. S. Vinnikov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

BULB ONION WATER CONSUMPTION AND WAYS OF EFFICIENCY IMPROVEMENT OF WATER RESOURCES UTILIZATION IN DRIP IRRIGATION

The general purpose of research is to improve the efficiency of onions drip irrigation due to justification of agrometeorological conditions and agricultural methods of cultivation fully taking into account their impact on water consumption and water resources efficiency in yield development. In accordance with the purpose of research the program includes the solution of three complex tasks: justification of soil layer thickness with controlled water regime on ac-

count of vegetation drip irrigation, justification of water-saving method of planting onions at drip irrigation and assessment the possibility of using the bed technology in onions cultivation to meet the requirements of resource-saving agricultural technologies. As a methodological basis of research the method of field experiment has been accepted. According to the results of the experiment it's been revealed that the conditions of plants water nutrition and elements of onions cultivation have a significant effect on water consumption, productivity and water use efficiency under drip irrigation. Water for onion cultivation is consumed most effectively (47.6 cubic meter per ton) in furrows with 6 or 8 line sowing and the implementation of drip irrigation schedule based on the maintenance of a specified threshold (80–70 % IR) of preirrigation soil moisture in the layer to 0.4 m. Experiments have also shown that onion sowing in the areas of these variants are characterized by the highest consumptive water use (5370–5580 cubic meter per hectare), and the rational use of water resources is ensured by the formation of the highest yields, which reached 114.7–115.3 t/ha. Usage of determined regularities allows to create high-efficiency projects of onions cultivation with drip irrigation to yield over 110 t/ha of commercial products by reasonable utilization of water resources in yield formation.

Keywords: onion, drip irrigation, water consumption, water-saving, efficiency, cultivation techniques.

Введение. За последние полвека производство репчатого лука в мире возросло более чем в 5 раз, составляя сегодня свыше 70 млн т в год. В Российской Федерации ежегодно производится свыше 1,5 млн т репчатого лука при средней урожайности не более 18 т/га. Для производства такого объема продукции под посевами занято свыше 85 тыс. га земель [1]. При этом еще совсем недавно, до введения продовольственного эмбарго [2], в Россию дополнительно ввозилось около 455 тыс. т репчатого лука на сумму свыше 150 млн долларов [3]. Сегодня ситуация на российском продовольственном рынке изменилась, и у отечественных сельхозтоваропроизводителей появился реальный шанс занять достойную нишу, в том числе в сегменте лукового рынка. Следует понимать, что эта ситуация создана искусственно и будет характеризоваться относительно непродолжительным временным интервалом. В связи с этим указанный «шанс» на освоение отечественного рынка продовольствия, в том числе в сегменте лукового рынка, представляется в качестве определенной «форы» на разработку и внедрение конкурентоспособных технологий производства.

Любая технология (как аграрная, так и промышленная) характеризуется набором критериев эффективности (узкоспециализированные или

комплексные показатели), от которых зависит, в конечном итоге, конкурентоспособность производства. Важнейшими критериями эффективного аграрного производства в самых развитых странах мира сегодня считаются удельные затраты ресурсов и показатели экологической безопасности. При орошении сельскохозяйственных культур в первую очередь необходимо ориентировать производство на экономию водных ресурсов. Капельное орошение является одним из самых маловодозатратных способов орошения [4, 5]. В тоже время остаются неиспользованными значительные возможности экономии водных ресурсов за счет оптимизации комплекса агротехнических факторов и водного режима почвы при капельном орошении репчатого лука [6].

Современные алгоритмы оптимального управления водным режимом почвы решают эту задачу за счет реализации технологии «контролируемого полива», ориентированной, в первую очередь, на удовлетворение биологических потребностей культуры [7, 8]. В тоже время анализ результатов ранее проведенных исследований показал отсутствие систематизированного материала, позволяющего оптимизировать горизонт промачивания почвы при орошении репчатого лука капельным способом [9–12]. Следует учитывать, что оптимальная глубина расчетного слоя почвы, установленная для полива дождеванием, определена не столько исходя из биологических особенностей культуры, сколько из технологических возможностей этого способа орошения. «Оптимальная глубина» в данном случае устанавливалась как компромиссное решение между необходимостью увеличения числа поливов со снижением мощности расчетного слоя для повышения продуктивности культуры и резким ростом непродуктивных (вспомогательных) затрат на орошение при сокращении поливной нормы с возрастанием числа поливов.

Использование капельного орошения позволяет строго ориентироваться на биологические потребности репчатого лука. При решении задачи установления оптимального слоя промачивания почвы авторы исходили

из биологии роста и распространения корневой системы лука при орошении. С другой стороны, учитывались и особенности распределения почвенной влаги при производстве поливов капельным способом.

Корневая система репчатого лука при достаточно интенсивном водопотреблении развита слабо, основная масса корней располагается в пахотном слое почвы [9]. В начальные фазы роста и развития культуры освоенный корнями слой почвы вообще не превышает 0,1 м, что трактуется как необходимость дифференцированного подхода к установлению оптимальной глубины промачивания почвы. При капельном орошении следует учитывать взаимосвязь параметров формируемого контура увлажнения почвы, в частности глубины промачивания и диаметра бокового растекания влаги [10]. Изменение одного из параметров сопровождается изменением и другого. Поэтому при капельном орошении подходить к освоению дифференцированных режимов орошения культур необходимо крайне осторожно.

Из вопросов агротехники возделывания лука наиболее неоднозначными являются рекомендации по способам посева. С распространением современной техники и технологий посева репчатого лука в регионе практикуются сразу несколько методов размещения растений на орошаемом участке [13, 14]. Все они относятся к ленточному способу посева, однако количество рядков в ленте существенно отличается. В регионе сегодня нет однозначных рекомендаций по способу посева репчатого лука при капельном орошении.

К другим перспективным приемам возделывания овощных культур в условиях орошения капельным способом можно отнести применение грядковых технологий. Апробация эффективности грядкового способа возделывания репчатого лука, который успешно используется, например, при возделывании моркови [15], также является актуальной задачей, решение которой направлено на повышение эффективности капельного орошения репчатого лука.

Цель исследований заключается в повышении эффективности капельного орошения репчатого лука за счет обоснования агромелиоративных режимов и агротехнических приемов возделывания при наиболее полном учете их влияния на водопотребление и рациональность использования водных ресурсов при формировании урожая.

Материалы и методы. Материалами исследований стали результаты многофакторного полевого эксперимента, заложенного и проведенного авторами в 2014–2015 гг., в том числе: фактор А – режим орошения с изменяющимся расчетным слоем промачивания почвы от 0,3 до 0,5 м; фактор Б – способ посева лука; фактор С – с образованием гряд и без них. Всего 18 вариантов опыта.

В рамках фактора А полевого опыта для изучения были поставлены следующие варианты: вариант А1 – поддержание дифференцированного порога предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ в период от посева до начала активного роста луковицы и на уровне 70 % НВ – в период активного роста (до начала созревания луковицы) в слое 0,3 м; вариант А2 – поддержание дифференцированного (80–70 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м; вариант А3 – поддержание дифференцированного (80–70 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,5 м.

Для расчета поливной нормы m (м³/га) использовали следующую общеизвестную зависимость [16]:

$$m = h \cdot \rho \cdot (W_{\text{НВ}} - j \cdot W_{\text{НВ}}) \cdot k,$$

где h – мощность расчетного слоя почвы, м;

ρ – плотность сложения расчетного слоя почвы, т/м³;

$W_{\text{НВ}}$ – влажность расчетного слоя почвы при наименьшей влагоемкости, % от массы сухой почвы;

j – коэффициент, определяющий предполивную влажность почвы (соответствует принятому порогу нижней границы увлажнения), в долях единицы;

$$k = \frac{S_{\text{увл.}}}{S_{\text{общ.}}} \cdot 100 - \text{доля увлажняемой площади, \%}. \text{ В опытах значение ко-}$$

эффициента принято равным 65 %;

$S_{\text{увл.}}$ – площадь, увлажняемая поливами, га;

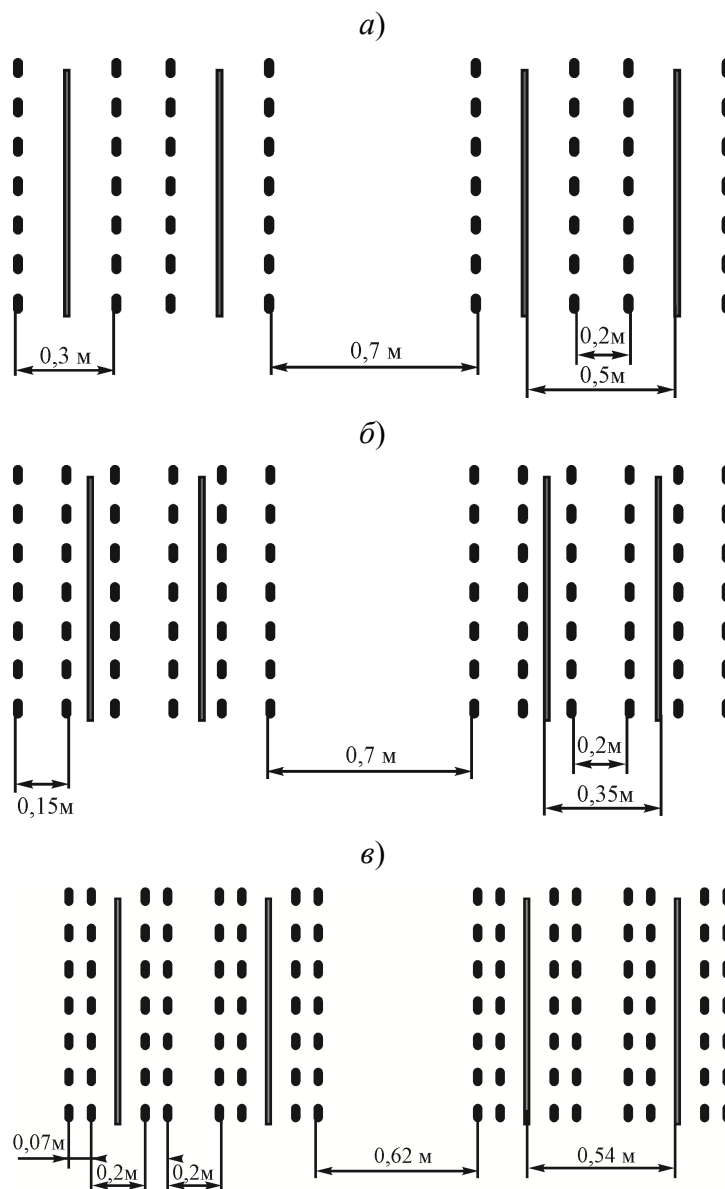
$S_{\text{общ.}}$ – общая площадь участка, га.

Забор воды для орошения проводился из Городищенской оросительной системы. Вода – волжская, общая минерализация воды – 0,27 г/л, с преобладающим составом анионов: сульфатов, гидрокарбонатов и катионов кальция.

При разработке программы исследований учитывалось, что эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии определяется не только реализуемой технологией оросительных мелиораций, но и адаптированностью приемов возделывания культуры при разных способах орошения. С учетом необходимости решения этой задачи была определена постановка экспериментальных исследований по факторам В и С полевого опыта. В рамках фактора В изучалась эффективность разных способов посева репчатого лука при капельном орошении.

В полевом опыте были заложены и исследовались следующие варианты (рисунок 1): вариант В1 – ленточный 4-строчный, с расстоянием между смежными строками в ленте $0,30 \times 0,30 \times 0,30$ и между лентами 0,70 м; вариант В2 – ленточный 6-строчный с расстоянием между смежными строками в ленте $0,15 \times 0,15 \times 0,20 \times 0,15 \times 0,15$ м и между лентами 0,70 м; вариант В3 – ленточный 8-строчный с расстоянием между смежными строками в ленте $0,07 \times 0,20 \times 0,07 \times 0,20 \times 0,07 \times 0,20 \times 0,07$ и между лентами 0,62 м.

В рамках фактора С многофакторного полевого опыта для изучения было поставлено два варианта: вариант С1 – без профилирования поверхности почвы; вариант С2 – формирование грядового профиля поверхности почвы с поперечным размером 1,0 м и высотой 0,1 м.



а) 4-строчный посев; б) 6-строчный посев; в) 8-строчный посев

Рисунок 1 – Схемы взаимного размещения растений репчатого лука и поливных капельных трубопроводов при разных способах посева

Все варианты опыта были заложены в рамках общего орошаемого массива на участке общей площадью 1,08 га. Минеральные удобрения вносили дозой $N_{150}P_{105}K_{120}$, рассчитанной на формирование планируемой урожайности 100 т/га. Опыт закладывался методом расщепленных делянок. Для исключения влияния почвенных разностей на результаты полевого эксперимента все варианты опыта по площади опытного участка размещались в четырех повторениях. Каждая повторность была организована с полным набором всех изучаемых в опыте вариантов. Площадь учетной

делянки опыта, образованной сочетанием всех изучаемых в опыте факторов в одной повторности, составляет 300 м².

Полевой опыт с таким набором вариантов был реализован авторами на опытном участке, территориально расположенным в границах КФХ «Пионер» Городищенского района Волгоградской области.

Почвы опытного участка – светло-каштановые, со средним содержанием гумуса в пахотном слое 1,71 %. Гранулометрический состав почвы на опытном участке – среднесуглинистый. Исследования проводились с районированным гибридом репчатого лука Блустер F1. Погодные условия за время проведения эксперимента были типичны для региона исследований, совокупный объем атмосферных осадков, поступивших за период с 1 мая по 10 сентября, изменялся от 73 до 126 мм, сумма среднесуточных температур воздуха составила 2916–2966 °С.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что за вегетационный период суммарное водопотребление репчатого лука достигает 4740–5580 м³/га, что ставит эту культуру в один ряд с наиболее водотребовательными растениями (таблица 1).

Таблица 1 – Водопотребление и затраты водных ресурсов при капельном орошении репчатого лука

№ варианта опыта	Профиль поверхности почвы (фактор С)	Способ посева (фактор В)	Мощность увлажняемого слоя почвы, м (фактор А)	Суммарное водопотребление, Е	Оросительная норма			Е	Оросительная норма	
					в 2014 г.				в 2015 г.	
				Среднее за 2014–2015 гг., м ³ /га	м ³ /га	м ³ /га	% от Е	м ³ /га	м ³ /га	% от Е
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Без изменения профиля поверхности почвы	4-строчный	0,3	4910	4800	3960	82,5	5010	3600	71,9
2			0,4	5050	4930	4080	82,8	5170	3520	68,1
3			0,5	4880	4740	3700	78,1	5020	3500	69,7
4		6-строчный	0,3	5090	4970	4140	83,3	5210	3720	71,4
5			0,4	5220	5080	4080	80,3	5360	3920	73,1
6			0,5	5030	4900	4000	81,6	5160	3500	67,8
7		8-строчный	0,3	5130	5010	4140	82,6	5240	3720	71,0
8			0,4	5290	5180	4240	81,9	5390	3920	72,7
9			0,5	5100	4990	4200	84,2	5210	3500	67,2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	Размещение посевов на грядах	4- строч- ный	0,3	4970	4900	4140	84,5	5030	3480	69,2
11			0,4	5120	5040	4240	84,1	5200	3520	67,7
12			0,5	4900	4800	3700	77,1	4990	3500	70,1
13		6- строч- ный	0,3	5230	5150	4260	82,7	5300	3600	67,9
14			0,4	5460	5370	4480	83,4	5540	3920	70,8
15			0,5	5150	5050	4200	83,2	5250	3700	70,5
16		8- строч- ный	0,3	5260	5190	4260	82,1	5320	3600	67,7
17			0,4	5490	5390	4480	83,1	5580	3920	70,3
18			0,5	5150	5020	4200	83,7	5280	3700	70,1

В ходе исследований отмечена существенная разница суммарного водопотребления по вариантам опыта. Например, при увеличении слоя промачивания почвы с 0,3 до 0,4 м выявлен значительный рост суммарного водопотребления лукового агрофитоценоза (на 140–260 м³/га), количественно выражающийся диапазоном 4910–5320 м³/га, в вариантах 1, 4, 7, 10, 13 и 16, до 5050–5580 м³/га – в вариантах 2, 5, 8, 11, 14 и 17. При этом с увеличением расчетной глубины промачивания почвы с 0,3 до 0,5 м суммарное водопотребление лука не только не возрастает, но в ряде случаев и снижается на 30–170 м³/га.

Изменение архитектоники посева при разных способах посева лука сопровождается существенной вариацией суммарного водопотребления при любых сочетаниях исследуемых в опыте факторов. Переход с 4-строчного на 6-строчный посев сопровождался увеличением суммарного водопотребления репчатого лука (в среднем на 140–340 м³/га), причем в наибольшей степени (на 250–340 м³/га) суммарное водопотребление лука возросло на участках с грядовой технологией возделывания. Дальнейшее увеличение числа посевных строк в ленте до восьми также способствовало повышению суммарного водопотребления лука, однако в количественном выражении этот эффект не превышал 30–100 м³/га.

Опыты показали, что суммарное водопотребление репчатого лука возрастает при переходе на грядовую технологию возделывания. Следует признать, что в количественном выражении эта прибавка по вариантам

опыта была различной и изменялась: в 2014 г. – на 30–290 м³/га и в 2015 г. – на 20–190 м³/га. Наибольшим суммарным водопотреблением (5460–5580 м³/га) в опытах характеризовались варианты 14 и 17, в которых поливы производили в расчете на увлажнение 0,4-метрового слоя почвы, а посев проводили на грядах 6-ти или 8-ми строчным способом.

В опытах доля участия оросительной воды в формировании баланса суммарного водопотребления достигала 77,1–83,7 % в 2014 г. и 67,2–73,1 % в 2015 г. Из приведенных данных видно, что по вариантам опыта доля оросительной воды изменяется незначительно. Последнее свидетельствует о наличии определенных пропорций между водопотреблением культуры и динамикой расходования оросительной воды при капельном орошении. Для поддержания дифференцированного (80–70 % НВ) уровня предполивной влажности почвы на участках, на которых лук возделывали на грядах, а посев осуществляли 6-ти или 8-ми строчным способом, требовалось проведение 14–16 поливов по 160 м³/га и до 7–8 поливов по 240 м³/га (таблица 2). Для поддержания дифференцированного (80–70 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м на участках вариантов, на которых лук сеяли 4-строчным способом без обустройства гряд, проводилось 13–15 поливов по 160 м³/га и 6–7 поливов по 240 м³/га. Таким образом, агротехнические приемы, такие как способ посева и профиль поверхности почвы оказывают существенное влияние на водопотребление и формирование водного режима почвы при капельном орошении репчатого лука.

Из опытных данных, приведенных в таблице 2, видно, что особенности формирования водного режима почвы и режим орошения репчатого лука тесно связаны с продуктивностью посевов. В тоже время при любых сочетаниях параметров увлажняемого горизонта почвы и способа посева репчатого лука безусловное преимущество остается за грядовой технологией возделывания. Прибавка урожая при сравнении вариантов, в которых посев лука проводили без формирования профиля поверхности почвы, составила 2,4–14,9 %.

Таблица 2 – Режим орошения и эффективность использования водных ресурсов при формировании урожая лука

№ варианта опыта	Профиль поверхности почвы	Способ посева	Расчетный слой увлажнения почвы, м	Число поливов / поливная норма, м ³ /га		Урожайность, т/га			Коэффициент водопотребления, м ³ /т
				2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	средняя	
1	Без изменения профиля поверхности почвы	4-строчный	0,3	21 / 120 + 8 / 160	18 / 120 + 8 / 160	63,4	66,50	65,0	75,5
2			0,4	15 / 160 + 7 / 240	13 / 160 + 6 / 240	74,5	78,00	76,3	66,3
3			0,5	11 / 200 + 5 / 300	10 / 200 + 5 / 300	65,5	69,00	67,3	72,6
4		6-строчный	0,3	21 / 120 + 9 / 160	19 / 120 + 8 / 160	87,8	90,80	89,3	57,0
5			0,4	15 / 160 + 7 / 240	14 / 160 + 7 / 240	99,3	103,10	101,2	51,6
6			0,5	11 / 200 + 6 / 300	10 / 200 + 5 / 300	92,3	95,50	93,9	53,6
7		8-строчный	0,3	21 / 120 + 9 / 160	19 / 120 + 8 / 160	86,2	89,20	87,7	58,4
8			0,4	16 / 160 + 7 / 240	14 / 160 + 7 / 240	98,7	102,50	100,6	52,6
9			0,5	12 / 200 + 6 / 300	10 / 200 + 5 / 300	92,0	95,30	93,7	54,5
10	Размещение посевов на грядах	4-строчный	0,3	21 / 120 + 8 / 160	17 / 120 + 8 / 160	65,7	68,70	67,2	73,9
11			0,4	16 / 160 + 7 / 240	13 / 160 + 6 / 240	77,0	81,00	79,0	64,9
12			0,5	11 / 200 + 5 / 300	10 / 200 + 5 / 300	67,1	70,30	68,7	71,3
13		6-строчный	0,3	22 / 120 + 9 / 160	18 / 120 + 8 / 160	92,5	95,00	93,8	55,8
14			0,4	16 / 160 + 8 / 240	14 / 160 + 7 / 240	112,6	116,80	114,7	47,6
15			0,5	12 / 200 + 6 / 300	11 / 200 + 5 / 300	95,4	98,60	97,0	53,1
16		8-строчный	0,3	22 / 120 + 9 / 160	18/120 + 8/160	89,9	93,00	91,5	57,5
17			0,4	16 / 160 + 8 / 240	14 / 160 + 7 / 240	113,4	117,10	115,3	47,6
18			0,5	12 / 200 + 6 / 300	11 / 200 + 5 / 300	94,2	97,40	95,8	53,8
НСР ₀₅		Фактор А				3,01	3,21		
		Фактор В				3,01	3,21		
		Фактор С				2,46	2,62		
		Для частных средних				7,38	7,87		

В свою очередь, эффективность применения грядовой технологии была неодинаковой по вариантам опыта и зависела от сочетания вариантов, нормирующих глубину увлажняемого слоя почвы и способ посева.

Наибольший эффект от перехода на грядовую технологию возделывания репчатого лука был получен на участках, на которых поливы капельным способом производили в расчете на увлажнение 0,4-метрового слоя почвы, а посев лука проводили по 6-строчной схеме.

Для обоснования оптимальных параметров увлажняемого горизонта почвы и способа посева репчатого лука полученные авторами опытные данные были подвергнуты стохастическому исследованию на основе известных методов регрессионного и корреляционного анализа. В результате регрессионной обработки опытных данных получена статистическая модель зависимости урожайности репчатого лука от глубины промачиваемого слоя почвы и числа строк в ленте при формировании структуры посева (рисунок 2):

$$Y = a + bn + ch + dn^2 + eh^2 + fnh ,$$

где Y – урожайность репчатого лука, т/га;

n – число строк в посевной ленте, шт.;

h – слой промачивания почвы, м.

Следующие параметры уравнения: $a = -273,00$; $b = 48,10$; $c = 1052,70$; $d = -3,58$; $e = -1325,00$; $f = 4,12$ получены методом регрессионного анализа опытных данных. Коэффициент детерминации полученной зависимости составляет 0,92. Исследование зависимости показало наличие вполне определенного оптимума, который соответствует поддержанию заданного порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м при посеве по 6-строчной схеме. Урожайность лука при этом достигала 112,6–116,8 т/га. Исследование способов посева лука показало, что при использовании 6-ти или 8-ми строчек в ленте различия в продуктивности посевов являются минимальными. Использование 4-строчного посева при возделывании лука в условиях ка-

пельного орошения обеспечивало возможность получения 65,7–81,0 т/га урожая, но оказалось менее эффективным в сравнении с 6-ти и 8-ми строчными способами посева.

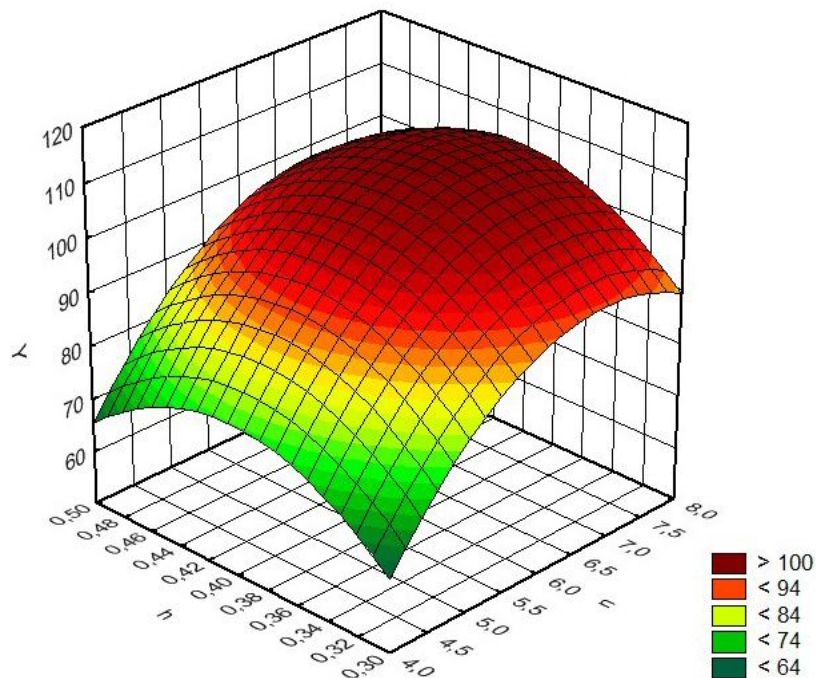


Рисунок 2 – Зависимость урожайности репчатого лука от глубины промачивания почвы и числа строк в ленте при формировании структуры посева

Общий уровень продуктивности посевов в значительной мере определяют и показатели удельных затрат воды на формирование урожая, являющиеся ключевым критерием эффективности использования водных ресурсов. Исследования показали, что на формирование урожая более рационально вода расходуется при регулировании водного режима почвы в слое 0,4–0,5 м. При увеличении расчетного горизонта увлажнения почвы с 0,3 до 0,4 м значения коэффициента водопотребления лука снижаются на 9,5–17,2 %, а при увеличении с 0,3 до 0,5 м – на 2,6–6,7 %.

Значительное повышение эффективности использования воды на формирование урожая репчатого лука обеспечивается при использовании 6-ти и 8-ми строчных посевов. Коэффициент водопотребления лука с переходом на эти способы посева снижался на 22,2–26,7 %. Существенных различий между вариантами с реализацией 6-ти и 8-ми строчного по-

сева выявлено не было.

При прочих равных условиях более эффективно вода использовалась на участках, на которых применяли грядовую технологию возделывания лука. Значения коэффициента водопотребления снижались в среднем на 1,3–9,5 %. Наиболее эффективно (47,6 м³/т) на формирование урожая вода расходовалась на участках, на которых посев осуществляли на грядах 6-ти или 8-ми строчным способом, а капельные поливы проводили из расчета поддержания заданного (80–70 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м.

Выводы. Условия водного питания растений и элементы агротехники репчатого лука оказывают существенное влияние на водопотребление, продуктивность и эффективность использования водных ресурсов при капельном орошении. Наибольшим суммарным водопотреблением (5370–5580 м³/га) в опытах характеризовался вариант, в котором поливы проводили в расчете на увлажнение 0,4-метрового слоя почвы, посев производили на грядах 6-ти или 8-ми строчным способом. При этом обеспечивается наибольшая продуктивность репчатого лука (114,7–115,3 т/га) при наименьших затратах воды на формирование урожая (в среднем, 47,6 м³/т). Таким образом, наиболее благоприятные условия, обеспечивающие эффективность возделывания репчатого лука и водосбережение при орошении капельным способом, создаются при посеве лука на грядовой поверхности ленточным способом с поделкой 6-ти или 8-ми рядов растений в ленте и поддержании дифференцированного порога предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ в период от посева до начала активного роста луковицы и на уровне 70 % НВ – в период активного роста, до начала созревания в слое почвы 0,4 м.

Список использованных источников

1 Центральная база статистических данных [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: <http://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1>, 2016.

2 О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 6 августа 2014 г. № 560 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/46404>, 2016.

3 Корпоративная база статистических данных FAO. Торговля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/ЕБ>, 2016.

4 Ясониди, О. Е. Теоретическое обоснование мелиоративных мероприятий по эффективному и рациональному использованию водных ресурсов при орошении / О. Е. Ясониди // Мелиорация и водное хозяйство: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию мелиоратив. образования на Юге России. – 2003. – С. 115–119.

5 Григоров, М. С. Ресурсосберегающие технологии орошения в овощеводстве / М. С. Григоров, С. М. Григоров, М. А. Лихоманова // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2007. – № 12. – С. 40.

6 Григоров, С. М. Приемы повышения эффективности интенсивной технологии возделывания репчатого лука при капельном орошении / С. М. Григоров, Д. С. Винников // Научное обозрение. – 2015. – № 5. – С. 15–19.

7 Бородычев, В. В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 8–11.

8 Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, А. С. Овчинников, В. С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4. – С. 21–27.

9 Выращивание лука репчатого на Нижней Волге: моногр. / М. Ю. Анишко, В. П. Зволинский, М. Ю. Пучков, В. Г. Головин. – Астрахань, 2011. – 227 с.

10 Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур / Н. Н. Дубенок, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, О. А. Белик // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 22–24.

11 Режимы капельного орошения, водопотребление и урожайность раннего лука в зоне степи Украины / А. П. Шатковский, В. В. Васюта, А. В. Журавлев, Ю. А. Черевичный // Овощи России. – 2015. – № 2(27). – С. 16–20.

12 Кузнецова, Н. В. Эффективность орошения лука репчатого на светлокаштановых почвах Волго-Донского междуречья / Н. В. Кузнецова, Л. Н. Маковкина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 3. – С. 76–83.

13 Буклагина, Г. В. Комплекс машин для производства лука-севка / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. – 2003. – № 2. – С. 425.

14 Ташлинцев, А. П. Влияние способа посева и норм высева семян лука на урожайность и его структуру / А. П. Ташлинцев // Агрономическая наука в начале XXI века: материалы 40-й науч. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов агрономич. фак., посвящ. 50-летию Пензенской государственной сельскохозяйственной академии и 200-летию Пензенской губернии. – ПГСХА, 2001. – С. 161–163.

15 Санжаровская, М. И. Индустриальная технология выращивания и уборки моркови / М. И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. – 2007. – № 3. – С. 787.

16 Ясониди, О. Е. Капельное орошение: монография / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск: НГМА, 2011. – 322 с.

References

1 *Tsentrálnaya baza statisticheskikh dannykh* [Central base statistic] Federal State

Statistics Service. Available: <http://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1>, 2016. (In Russian).

2 Ukaz Prezidenta RF “O primeneniі otdelnykh spetsialnykh ekonomicheskikh mer v tselyakh obespecheniya besopasnosti RF” [On the application of certain special economic measures to ensure the security of the Russian Federation: the Presidential Decree of August 6 2014 № 560]. Available: <http://kremlin.ru/events/president/news/46404>, 2016. (In Russian).

3 Korporativnaya baza statisticheskikh dannykh FAO. Torgovlya [Corporate statistical database FAO. Commerce]. Available: <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/EB>, 2016.

4 Yasonidi O.Ye. 2003. *Teoreticheskoe obosnovanie meliorativnykh meropriyatiy po effektivnomu i ratsionalnomu ispolzovaniyu vodnykh resursov pri oroshenii* [Theoretical justification of reclamation activities on the efficient and rational use of water resources for irrigation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo: materialy regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu meliorativnogo obrazovaniya na Yuge Rossii* [Irrigation and Water Management: Proceedings of the regional scientific-practical conference, dedicated to the 95th anniversary of meliorative education in the South of Russia]. pp. 115-119. (In Russian).

5 Grigorov M.S., Grigorov S.M., Likhomanova M.S. 2007. *Resursoberegayushchie tekhnologii orosheniya v ovoshchevodstve* [Resource saving irrigation technologies in horticulture]. *Ovoshchevodstvo i teplichnoe khozyaistvo* [Vegetables and greenhouses]. no. 12, 40 p. (In Russian).

6 Grigorov S.M., Vinnikov D.S. 2015. *Priemy povysheniya effektivnosti intensivnoy tekhnologii vzdelyvaniya repchatogo luka pri kapelnom oroshenii* [Methods of increasing the efficiency of intensive technology of onion cultivation with drip irrigation]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. no. 5, pp. 15-19. (In Russian).

7 Borodychev V.V., Lytov M.N. 2015. *Algoritm resheniya zadach upravleniya vodnym rezhimom pochvy pri oroshenii selskokhozyaistvennykh kultur* [Algorithm for solving problems of soil water regime control in crops irrigation]. *Melioratsiy i vodnoe khozyaistvo* [Irrigation and Water Management]. no. 1, pp. 8-11. (In Russian).

8 Borodychev V.V., Lytov M.N., Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S. 2015. *Optimalnoe upravlenie polivami na osnove sovremennykh vychislitelnykh algoritmov* [Optimal management of irrigation based on advanced computational algorithms]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo lompleksa: nauka i vysshee obrazovanie* [Proceedings of the NizhneVolgskiy agro university complex: science and higher professional education]. no. 4, pp. 21-27. (In Russian).

9 Anishko M.Yu., Zvolinsky V.P., Puchkov M.Yu., Golovin V.G. 2011. *Vyrashchivanie luka repchatogo na Nizhney Volge: monogr.* [Growing onion bulb on the Lower Volga: monograph]. Astrakhan, 227 p. (In Russian).

10 Dubenok N.N., Borodychev V.V., Lytova M.N., Belik O.A. 2009. *Osobennosti vodnogo rezhima pochvy pri kapelnom oroshenii selskokhozyaistvennykh kultur* [Features of the soil water regime under drip irrigation for agricultural crops]. *Dostizheniya nauki i kultury* [Achievements of science and agribusiness technology]. no. 4, pp. 22-24. (In Russian).

11 Shatkovsky A.P., Vasyuta V.V., Zhuravlev A.V., Cherevichny Yu.A. 2015. *Rezhimy kapelnogo orosheniya, vodopotrebleniye i urozhainost rannego luka v zone stepi Ukrainy* [Modes of drip irrigation, water consumption and yield of early onions in the steppe zone of Ukraine]. *Ovoshchi Rossii* [Russian Vegetables]. no. 2(27), pp. 16-20. (In Russian).

12 Kuznetsova N.V., Makovkina L.N. 2010. *Effektivnost orosheniya luka repchatogo na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgo-Donskogo mezhdurechiya* [Efficiency of onions irrigation on light-brown soils of Volga-Don interstream area]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo lompleksa: nauka i vysshee obrazovanie* [Proceedings of the NizhneVolgskiy agro university complex: science and higher professional education]. no. 3, pp. 76-83. (In Russian).

13 Buklagina G.V. 2003. *Kompleks mashin dlya proizvodstva luka-sevka* [Complex of machines for production of seed onion]. *Inzhenerno-technicheskoe obespechenie APK* [Engineering and technical support for agribusiness complex]. no. 2, 425p. (In Russian).

14 Tashlintsev A.P. 2001. *Vliyaniye sposoba poseva i norm vyseva semyan luka na urozhnaynost i ego strukturu* [Influence of onion sowing method and norms of seeding on yield and its structure]. *Agronomicheskaya nauka v nachale XXI veka: materialy 40 nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov agronomicheskikh fakultetov posvyashchennoy 50-letiyu Penzenskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii i 200 penzenskoy gubernii* [Agronomy at the beginning of the XXI Century: Proceedings of the 40th Scientific. Conference of young scientists, postgraduates and students of agronomic faculties, dedicated to the 50th anniversary of Penza State Agricultural Academy and the 200th anniversary of the Penza province]. PGSKHA Publ., pp. 161-163. (In Russian).

15 Sanzharovskaya M.I. 2007. *Industrialnaya tehnologiya varashchivaniya i uborki morkovi* [Industrial technology of growing and harvesting carrots]. *Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK* [Engineering and technical support for agribusiness complex]. no. 3, 787p. (In Russian).

16 Yasonidi O.Ye. 2011. *Kapelnoe orosheniye: monograf* [Drip irrigation: monograph]. Novocherkassk, NSM Publ., 322 p. (In Russian).

Григоров Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: Университетский проспект, 26, г. Волгоград, Волгоградская область, Российская Федерация, 400002

E-mail: gsm.dtn@mail.ru

Grigorov Sergey Mikhailovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Volgograd State Agrarian University

Affiliation address: Universitetsky prospect, 26, Volgograd, Volgograd oblast, Russian Federation, 400002

E-mail: gsm.dtn@mail.ru

Винников Дмитрий Сергеевич

Должность: аспирант

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: Университетский проспект, 26, г. Волгоград, Волгоградская область, Российская Федерация, 400002

E-mail: vinnikov.d@mail.ru

Vinnikov Dmitry Sergeevich

Position: Postgraduate Student

Affiliation: Volgograd State Agrarian University

Affiliation address: Universitetsky prospect, 26, Volgograd, Volgograd oblast, Russian Federation, 400002

E-mail: vinnikov.d@mail.ru