
ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ КАРТОФЕЛЯ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

А.В. Шуравилин¹, Ю.И. Сухарев²,
М.А. Табук¹, В.В. Бородычев³

¹Кафедра почвоведения и земледелия
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

²Кафедра мелиорации и рекультивации земель
Московский государственный университет природообустройства
ул. Прянишникова, 19, Москва, Россия, 127550

³Волгоградский филиал
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии
ул. Тимирязева, 9, офис 36, Волгоград, Россия, 400002

В статье изложены результаты исследований водного режима супесчаных полупустынных почв Омана при капельном орошении картофеля. Приведена оценка влияния уровней увлажнения с учетом создания водоаккумулирующего слоя из сапропеля и бентонитовой глины на плодородие почв, экономное расходование воды, урожайность картофеля. Установлено, что с повышением порога предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода с 70% НВ до 80% НВ урожайность картофеля увеличивается в среднем на 26,2%. Искусственное формирование водоаккумулирующего объема в корневой зоне почвы из сапропеля и бентонитовой глины способствует снижению затрат оросительной воды на 5—6% и повышению урожайности картофеля соответственно на 10—11% и 3—5%.

Ключевые слова: картофель, почва, капельное орошение, влажность, оросительная норма, водопотребление, сапропель, глина, урожайность.

Научные исследования, проведенные в России и других странах мира, свидетельствуют о высокой экономической и эколого-технологической эффективности капельного способа орошения, при котором обеспечивается экономия оросительной воды и повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 40—100% по сравнению с дождеванием [1—4].

В условиях аридного климата и дефицита влаги, который отмечается в Омане, большое значение при орошении сельскохозяйственных культур придается экономному расходованию воды. Поэтому целью наших исследований являлась разработка научно-обоснованной водосберегающей технологии капельного орошения картофеля, возделываемого на легких полупустынных почвах Омана, на основе оптимизации порога предполивной влажности почвы и формирования водоаккумулирующего слоя из сапропеля и бентонитовой глины.

Экспериментальные исследования проводились на землях сельскохозяйственной исследовательской станции Недж. За период вегетации картофеля в 2009—2012 гг. погодные условия мало чем отличались от среднемноголетних данных. Почвы исследовательской станции пустынные серо-коричневые, представлены легкими супесями. В метровом слое почвы плотность сложения составляет

1,45 г/см³, наименьшая влагоемкость — 16,4% от массы; коэффициент фильтрации — 1,04 м/сут. Почвы щелочные (рН 7,9), незасоленные. В слое почвы 0—30 см содержится гумуса 0,015%, общего азота 0,01%, доступного фосфора 3,14 мг/кг и обменного калия 2—4 мг/кг почвы. Содержание карбоната кальция в почве очень высокое — более 40—50%.

В опытах нами изучалось влияние различных режимов предполивной влажности почвы (фактор А) и компонентов, обеспечивающих повышение влагоемкости почвы (фактор В), на урожайность картофеля при капельном орошении (табл. 1). Расчетный слой почвы по межфазным периодам принимался 0,4—0,5—0,5 м. Полевой был опыт заложен в трехкратной повторности в соответствии с общепринятой методикой [5]. В процессе исследований использовались общепринятые и современные методики, агротехника картофеля принималась общепринятой для условий Омана. Перед закладкой опыта в почву во все варианты было внесено по 50 т/га навоза. Применяли гребневую схему посадки 70 × 25 см. Расстояния между капельными трубопроводами принимались 70 см, а между капельницами — 25 см. Расход капельницы составлял 1,50 л/час. Поливы проводились через 1—3 дня.

Таблица 1

Схема полевого опыта при капельном орошении

№ вар.	Режим предполивной влажности почвы (фактор А)	Субстрат (фактор В)
1	70% НВ в течение вегетации	Почва без минеральных добавок (контроль)
2	То же	Почва + сапропель 200 г/растение
3	То же	Почва + бентонитовая глина 200 г/растение
4	80% НВ в течение вегетации	Почва без минеральных добавок
5	То же	Почва + сапропель 200 г/растение
6	То же	Почва + бентонитовая глина 200 г/растение
7	Дифференцированный режим по межфазным периодам* 70—80—70% НВ	Почва без минеральных добавок
8	То же	Почва + сапропель 200 г/растение
9	То же	Почва + бентонитовая глина 200 г/растение

*Примечание: межфазные периоды: 1-й: посадка — начало бутонизации; 2-й: начало бутонизации — окончание роста ботвы; 3-й: окончание роста ботвы — техническая спелость клубней.

В зависимости от режима предполивной влажности почвы и природных компонентов изменялось число поливов и оросительная норма (см. табл. 2). Наибольшее число поливов и наибольшая оросительная норма отмечались в вариантах 1, 4 и 7 без формирования водоаккумулирующего слоя.

В среднем за годы исследований при предполивной влажности почвы 70% НВ в течение всей вегетации было проведено 44,7 поливов, а оросительная норма составляла 5970 м³/га. Поддержание более низкого порога предполивной влажности почвы (80% НВ) в течение всей вегетации увеличивало среднее число поливов до 79,7 и оросительную норму до 7040 м³/га. По сравнению с режимом влажности почвы 70% НВ оросительная норма была больше в среднем на 1070 м³/га, или на 17,9%, а число поливов увеличилось на 35, или на 78,3%.

Число поливов и оросительная норма (м³/га) при капельном орошении картофеля

№ вар.	2009—2010 г.		2010—2011 г.		2011—2012 г.		Среднее	
	число поливов	оросительная норма	число поливов	оросительная норма	число поливов	оросительная норма	число поливов	оросительная норма
1	44	5 805	46	6 184	44	5 921	44,7	5 970
2	40	5 476	42	5 858	41	5 664	41,0	5 666
3	41	5 532	42	5 896	41	5 648	41,3	5 692
4	78	6 844	82	7 261	79	7 015	79,7	7 040
5	73	6 446	77	6 828	74	6 589	74,7	6 621
6	73	6 468	79	6 870	74	6 615	75,3	6 651
7	55	6 264	60	6 628	58	6 443	57,7	6 445
8	52	5 911	56	6 260	53	6 075	53,7	6 082
9	53	5 953	55	6 282	54	6 098	54,0	6 111

В варианте 7 с дифференцированным режимом предполивной влажности почвы 70—80—70% НВ число поливов и оросительная норма соответственно составляли 57,7 и 6445 м³/га.

По сравнению с режимом предполивной влажности почвы 70% НВ (вар. 1) было проведено на 13 поливов больше, а оросительная норма возросла на 475 м³/га, или на 8%. Однако в сравнении с более высоким режимом влажности почвы — 80% НВ (вар. 4) — в среднем число поливов было меньше на 22, а оросительная норма — на 595 м³/га, или на 8,5%. При всех режимах предполивной влажности почвы создание водоаккумулирующего слоя из сапропеля способствовало снижению числа поливов на 4—5 и объема оросительной воды на 304—419 м³/га, или на 5,1—6,0%, а из глины — соответственно на 3—4 и на 278—389 м³/га, или на 4,7—5,5%. Природные материалы — сапропель и бентонитовая глина — оказывали примерно одинаковый эффект по снижению затрат оросительной воды.

Результаты опытов показали, что водопотребление картофеля при капельном орошении возрастает с увеличением влагообеспеченности растений и снижается в вариантах с внесением в почву природных компонентов из сапропеля и бентонитовой глины (см. табл. 3).

Так, при режиме предполивной влажности почвы 70% НВ в контроле (вар. 1) без водоаккумулирующего слоя суммарное водопотребление в среднем составляла 6541 м³/га, а среднесуточное — 58,9 м³/га. Повышение режима предполивной влажности почвы с 70% НВ до 80% НВ приводило к увеличению суммарного и среднесуточного водопотребления. Так, в варианте 4 без создания водоаккумулирующего слоя суммарное водопотребление в среднем за три года составляло 7573 м³/га, а среднесуточное — 65,9 м³/га. В варианте 7 с дифференцированным

режимом предполивной влажности почвы без водоаккумулирующего слоя суммарное водопотребление картофеля в среднем составляло 6997 м³/га и среднесуточное 61,9 м³/га.

Таблица 3

Водопотребление картофеля при капельном орошении, м³/га

№ вар.	2009/2010 г.		2010/2011 г.		2011/2012 г.		Среднее	
	суммарн.	за сутки	суммарн.	за сутки	суммарн.	за сутки	суммарн.	за сутки
1	6 407	57,7	6 770	61,0	6 446	58,1	6 541	58,9
2	6 064	53,7	6 429	60,0	6 175	54,6	6 223	55,1
3	6 120	54,6	6 469	57,7	6 173	55,1	6 253	55,8
4	7 403	64,4	7 803	67,9	7 512	65,3	7 573	65,9
5	6 990	59,7	7 356	62,9	7 071	60,4	7 139	61,0
6	7 012	60,4	7 398	63,8	7 112	61,3	7 174	61,8
7	6 837	60,5	7 199	63,7	6 954	61,5	6 997	61,9
8	6 470	56,3	6 817	59,3	6 572	57,1	6 620	57,0
9	6 512	57,1	6 839	58,5	6 635	58,2	6 649	58,0

Водоаккумулирующий слой из сапропеля снижал суммарное водопотребление в среднем до 6620 м³/га, или на 377 м³/га (5,4%) и среднесуточное водопотребление — с 61,9 до 57,6 м³/га, а из бентонитовой глины — в среднем с 6997 до 6649 м³/га, или на 348 м³/га (на 5%), а среднесуточное водопотребление снижалось в среднем до 58,3 м³/га. С повышением режима предполивной влажности с 70 до 80% НВ суммарное водопотребление картофеля в варианте 4 без водоаккумулирующего слоя увеличилось в среднем за три года на 1032 м³/га (на 15,8%); в вариантах с формированием водоаккумулирующего слоя из сапропеля оно снизилось на 916 м³/га, а из бентонитовой глины — на 921 м³/га (на 14,7%).

Количественные характеристики статей водного баланса в суммарном водопотреблении картофеля показали, что наибольшее количество воды поступает растениям от оросительной нормы. При этом удельный вес осадков, используемых запасов почвенной влаги и оросительной воды в суммарном водопотреблении изменялся незначительно и в среднем по вариантам опыта соответственно составил 0,8%, 7,2% и 92%. Однако с повышением порога предполивной влажности почвы отмечалась тенденция увеличения доли оросительной воды и снижения доли используемых запасов влаги из почвы в суммарном водопотреблении картофеля.

Экспериментальные данные (табл. 4) показали, что с повышением уровня предполивной влажности почвы и созданием в верхнем слое почвы водоаккумулирующего слоя из природных компонентов, особенно из сапропеля, во все годы исследований заметно увеличивалась урожайность картофеля. В среднем за годы исследований наиболее высокая урожайность картофеля (25,6 т/га) получена в варианте 5 при поддержании порога предполивной влажности на уровне 80% НВ и внесении в верхний почвенный горизонт сапропеля.

Урожайность клубней картофеля при капельном орошении

№ вар.	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
	Вегетационный период (гг.)			средн.	т/га	%
	2009—2010	2010—2011	2011—2012			
1	21,4	19,6	13,9	18,3	—	100
2	24,3	21,3	15,3	20,3	2,0	110,9
3	22,3	20,2	14,5	19,0	0,7	103,8
4	27,4	24,1	17,8	23,1	4,8	126,2
5	30,3	26,3	20,2	25,6	7,3	139,9
6	28,4	25,2	18,4	24,0	5,7	131,1
7	26,4	23,8	17,0	22,4	4,1	122,4
8	28,9	25,7	19,5	24,7	6,4	135,0
9	27,6	24,5	17,8	23,3	5,0	127,3
НСР ₀₅ по фактору А	1,23	1,14	0,91	1,54	—	—
НСР ₀₅ по фактору В	0,78	0,55	0,46	0,89	—	—
НСР ₀₅ по взаимодействию факторов А и В	1,52	1,27	1,04	1,82	—	—

При дифференцированном водном режиме почвы 70—80—70% НВ на фоне внесения сапропеля урожайность картофеля составляла 24,7 т/га и была ниже на 0,9 т/га (3,6%), чем в варианте 5 с режимом предполивной влажности почвы 80%. При этом увеличение урожайности картофеля не превышало 5%, а выявленные различия были незначительны. Внесение в почву сапропеля и бентонитовой глины не только обеспечивало экономное использование оросительной воды, но также улучшало питательный режим почвы и повышало урожайность картофеля.

Внесение в почву сапропеля при всех изучаемых режимах влажности почвы приводило к увеличению урожайности картофеля на 2,0—2,5 т/га, или на 10,3—10,9%, а при внесении в почвенный слой бентонитовой глины — на 0,7—1,3 т/га, или на 3,8—5,8% по сравнению с вариантами без водоаккумулирующего почвенного слоя.

В результате математической обработки результатов экспериментальных исследований была получена следующая зависимость урожайности картофеля от действующих факторов:

$$Y = a + b \cdot W + c \cdot W^2 + d \cdot i + e \cdot i^2,$$

где Y — урожайность картофеля, т/га; W — индекс уровня влагообеспечения; i — индекс биоэнергетического потенциала природной добавки; коэффициенты: $a = -409,1$, $b = 11$, $c = -0,07$, $d = 0,11$, $e = 0,012$ установлены по экспериментальным данным; коэффициент детерминации зависимости составляет $R^2 = 0,92$.

Индекс уровня водообеспечения принимался по режиму предполивной влажности почвы 70% НВ, 70—80—70% НВ, 80% НВ, а индексы биоэнергетического потенциала природных добавок принимались соответственно для бентонитовой

глины и сапропеля. Графическое изображение зависимости урожайности картофеля от режима предполивной влажности почвы и биоэнергетического потенциала водоаккумулирующего слоя приведено на рис.

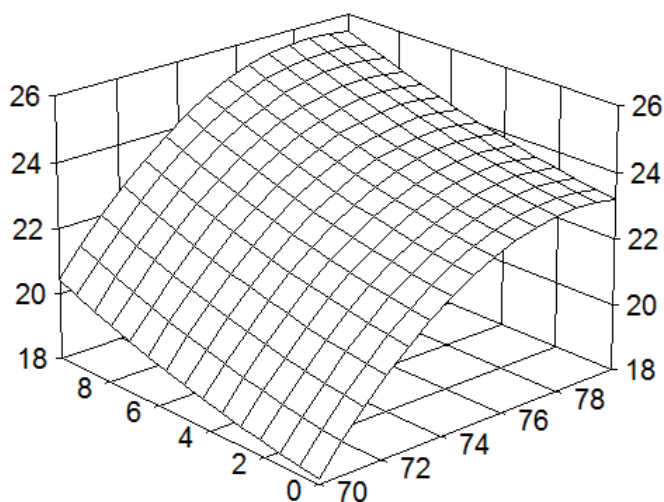


Рис. График зависимости урожайности картофеля от уровня влагообеспечения и биоэнергетического потенциала природной добавки:
по вертикальной оси — урожайность картофеля, т/га);
по левой горизонтальной ост — индекс биоэнергетического потенциала природной добавки;
по правой горизонтальной ост — индекс уровня влагообеспечения

Заключение. Экспериментальными исследованиями было установлено, что при капельном орошении картофеля оросительная норма повышалась с увеличением режима предполивной влажности почвы и снижалась при создании водоаккумулирующего слоя в почве. При поддержании влажности почвы 70% НВ оросительная норма в среднем за годы исследований изменялась в пределах 5692—5970 м³/га, при режиме влажности 80% НВ — 6651—7040 м³/га и при режиме 70—80—70% НВ — 6111—6445 м³/га.

Суммарное водопотребление картофеля с увеличением режима предполивной влажности почвы от 70% НВ до 80% НВ возрастает в среднем на 14,7—15,8%. Формирование водоаккумулирующего почвенного слоя из сапропеля и бентонитовой глины способствовало снижению суммарного водопотребления картофеля в среднем на 4,4—5,7%. Отмечено, что в суммарном водопотреблении наибольший расход воды (91—93%) принадлежит оросительной норме, что необходимо учитывать при установлении потребности растений в орошении и планировании поливов.

С учетом экономного расходования оросительной воды наиболее благоприятные условия влагообеспеченности и получения высокого урожая картофеля достигаются при дифференцированном режиме предполивной влажности почвы 70—80—70% НВ по межфазным периодам. При этом в качестве водоаккумулирующего слоя следует использовать сапропель, который повышает урожайность картофеля на 10—11%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Андрианов А.Д., Андрианов Д.А., Костин В.И. Капельное орошение картофеля // Орошение земель в обеспечении продовольственной безопасности России. — Волгоград: ВНИИОЗ, 2008. — С. 35—40.
- [2] Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур. — Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2009.
- [3] Сухарев Ю.И., Шуравилин А.В., Табук М.А. Особенности капельного орошения картофеля при внесении под растения водоаккумулирующего слоя // Мелиорация и водное хозяйство. — 2012. — № 6. — С. 26—28.
- [4] Туманян А.Ф., Щербакова Н.А., Тютюма Н.В. Водопотребление картофеля при капельном способе полива в зависимости от товарной урожайности сортов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. — 2012. — № 3. — С. 34—37.
- [5] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985.

RESEARCH OF HUMIDITY REGIMES OF THE SOILS FOR DROP IRRIGATION OF POTATOES IN ARID ZONE

A.V. Shuravilin¹, Yu.I. Sukharev²,
M.A. Tabuk¹, V.V. Borodychev³

¹Department of soil science and agriculture
People's Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

²Department of melioration and rekultivation of lands
Moscow state university of nature arrangement
Pryanishnikov str., 19, Moscow, Russia, 127550

³The Volgograd branch
All-Russian scientific research institute of hydrotechny and melioration
of Russian agricultural academy
Timiryazev str., 9, office 36, Volgograd, Russia, 400002

The results of researches of drop irrigation of potatoes in Oman depending on a threshold of preirrigation humidity of the soil and creation of a water heat-sink layer are presented. It is established that at maintenance of the differentiated threshold of preirrigation humidity of the soil the most effective use of irrigating water is provided and high productivity of potatoes is reached. It is established that increasing level of preirrigation humidity of soil during the vegetative period from 70 to 80% yield of potatoes can be increased on the average by 26,2%. Artificial formation of water accumulative zone by application of sapropel and bentonite clay promotes decrease in expenses of irrigation water by 5—6% and increases the potato yield by 10—11% and 3—5% respectively.

Key words: potatoes, soil, drop irrigation, humidity, irrigating norm, water consumption, sapropel, clay, productivity.

REFERENCES

- [1] *Andrianov A.D., Andrianov D.A., Kostin V.I.* Kapel'noe oroshenie kartofelja // Oroshenie zemel' v obespechenii prodoovol'stvennoj bezopasnosti Rossii. — Volgograd: VNIIOZ, 2008. — S. 35—40.
- [2] *Borodychev V.V.* Sovremennye tehnologii kapel'nogo oroshenija ovoshhnyh kul'tur. — Kholmna: FGNU VNII «Raduga», 2009.
- [3] *Suharev Ju. I., Shuravilin A.V., Tabuk M.A.* Osobennosti kapel'nogo oroshenija kartofelja pri vnesenii pod rastenija vodoakkumulirujushhego sloja // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. — 2012. — № 6. — S. 26—28.
- [4] *Tumanjan A.F., Shherbakova N.A., Tjutjuma N.V.* Vodopotreblenie kartofelja pri kapel'nom sposobe poliva v zavisimosti ot tovarnoj urozhajnosti sortov // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. — 2012. — № 3. — S. 34—37.
- [5] *Dospехov B.A.* Metodika polevogo opyta. — M.: Agropromizdat, 1985.