

УДК: 577.7 (575.1)+631.6

ВЛИЯНИЕ НАБУХАЮЩИХ ГИДРОГЕЛЕЙ НА РОСТ ТОМАТОВ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНА ПРИАРАЛЬЯ

А.Асаматдинов – кандидат химических наук

О.Кудьяров – магистр

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажисияза

Таянч сўзлар: гидрогеллар, шиш, кум, тўпрок, махсулдорлик, помидор, полимер, сув.

Ключевые слова: гидрогели, набухание, песок, почва, продуктивность, томаты, полимер, вода.

Key words: hydrogels, swelling, sand, soil, productivity, tomatoes, polymer, water.

Введение. Сельское хозяйство по-прежнему является основным потребителем доступных ресурсов пресной воды, при этом на орошение приходится 70% от общей доли [1]. Однако в развивающихся странах, таких как Узбекистан, продуктивность сельскохозяйственных культур на единицу используемой воды все еще ниже, что является серьезной причиной для беспокойства фермеров, исследователей и политиков, испытывающих нехватку ресурсов. Использование полимеров в сельском хозяйстве набирает популярность в науке, особенно в области химии полимеров. Это обеспечило решение проблем современного сельского хозяйства, которое заключается в максимизации продуктивности земли и воды без угрозы окружающей среде и природным ресурсам. Набухающие полимерные гидрогели потенциально влияют на проницаемость почвы, плотность, структуру, текстуру, скорость испарения и инфильтрации воды через почву. Функциональные полимеры использовались для повышения эффективности пестицидов и гербицидов, позволяя использовать более низкие дозы и косвенно защищать окружающую среду, уменьшая загрязнение и очистку от существующих загрязнений [2]. В этом отношении, применение инновационных стратегий управления водными ресурсами, включая комплексный план управления водными ресурсами и питательными веществами, имеет неотложное значение. Гидрогели, особый класс гидрофильных полимеров с отчетливыми свойствами трехмерной матрицы, согласно многочисленным сообщениям, соответствуют критериям инновационных инструментов для повышения эффективности использования воды [3-5].

О них также сообщалось как об умных перевозчиках удобрений, пестицидов и других средств для контролируемого механизма доставки [6, 7]. Кроме того, сообщалось, что гидрогелевый материал снижает потери пестицидов при выщелачивании в толще почвы, тем самым снижая вероятность загрязнения грунтовых вод при применении пестицидов [8].

Гидрогели представляют собой синтетические или биополимерные сетки, которые сильно набухают в воде [3, 4]. С физической точки зрения гидрогель можно определить как гидрофильную полимерную сеть, которая иногда встречается в виде коллоидных гелей, в которых вода диспергирована в твердой полимерной матрице, образуя трехмерную структуру. Его также можно определить как набухшую в воде сшитую полимерную сеть, полученную в результате реакции полимеризации одного или нескольких мономеров.

В настоящее время этому материалу уделяется огромное внимание из-за его широкого спектра применения в области косметики, фармацевтики, хирургических инструментов, перевязочных материалов и т. д. [9]. Однако, несмотря на его многообещающее применение в стратегиях доставки биоактивных веществ, его применение в сельском хозяйстве очень ограничено и находится в начальной стадии. Свойство водопоглоще-

ния или удержания воды гидрогелем обусловлено гидрофильными функциональными группами, присоединенными к полимерной основе, и трехмерной структурой. Набухание гидрогеля происходит из-за поперечных связей между сетевыми цепями, которые препятствуют их растворению [4].

В последнее время произошел переход от использования синтетических гидрогелей к природным гидрогелям с высокой поглощающей способностью и механическая прочность [10]. Тем не менее, синтетические гидрогели имеют длительный срок службы с четко определенной структурой, которая может быть изготовлена по заданным характеристикам с контролируемой способностью к разложению и функциональностью.

В этой статье обсуждается влияние набухающих гидрогелей на водно-физические свойства почв, подходящие для сельскохозяйственного применения. Также обсуждается применение гидрогелевых материалов для рационального использования водных ресурсов, повышения продуктивности в сельском хозяйстве и их роль в минимизации потерь удобрений и повышении эффективности использования питательных веществ. Кроме того, кратко обсуждаются вопросы экологической безопасности применения гидрогелей в сельском хозяйстве в связи с их различным химическим составом.

Почвенно-климатические условия опытного участка. Нукусский район принадлежит группе центральных районов Республики Каракалпакстан. По данным метеостанции «Нукус» метеоусловия первой половины 2020 года характеризовались следующими показателями (табл. №1). Посевы на опытном участке проводились с 5 мая 2020 г. Средняя температура воздуха характеризовалась 24°C тепла, максимальной 41°C и минимальной 12°C. В день посева семян томата температура почвы на глубины 5 см составила 25°C, на глубине 10 см 24°C.

Таблица №1. Метеорологические условия
отчетного периода

Месяцы	Температура воздуха			Осадки		Температура почвы	
	Сред.	Мах.	Мин.	Ночь	День	5 см	10 см
Март	9,0	26,1	-7,5	4,8	0,4	13,2	12,5
Апрель	15,2	32,3	1,4	29,5	2,1	18,1	17,3
Май	24,1	41,9	12,2	0,0	18,2	25,6	24,9
Июнь	28,8	39,8	17,1	0,0	0,0	33,2	31,5

Почвенные условия опытного участка. Исследования влияния набухающих гидрогелей на рост томатов проводились на опытном участке «Саманбай» расположенном в Нукусском районе. Земельные площади являются орошаемыми, с аллювиально-луговыми почвами. Орошаемые лугово-аллювиальные почвы по морфогенетическому признаку супесчаные по механическому составу, слабозасоленные, pH слабощелочная, содержание гумуса составляет в пахотном слое 1,226 % в нижних горизонтах 0,577 %, в материнской породе 0,272 % как показано в таблице №2.

Таблица №2. Содержание гумуса, азота, фосфора, и калия в орошаемой лугово-аллювиальной почве.

Слой почвы, см	Гумус, %	Общее содержание НРК элементов			Подвижная форма	
		N	P	K	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-10	1,218	0,063	0,27	1,363	31	208
10-50	1,071	0,056	0,21	1,005	27	149
50-70	0,569	0,039	0,17	0,812	11	89
72-160	0,266	0,022	0,12	0,593	9	51

Материалы и методы. При изучении содержания общего азота (N) в верхнем пахотном слое примерно составило около 0,06 %, в нижних горизонтах понижается до 0,020%, общее содержание фосфора (P) в верхнем пахотном слое составляет 0,27 % и резко понижается к нижним горизонтам до 0,12 %.

В почвенном профиле максимальное содержание калия (K) наблюдается в пахотном слое и составляет 1,363%. В пахотном слое обеспеченность подвижным фосфором (P) средняя (31 мг/кг), обеспеченность подвижным калием (K) слабая и составляет 208 мг/кг.

В таблице №3 показано содержание сухого остатка в пахотном слое составляет 0,075, наибольший показатель наблюдается в подпахотном слое и составляет 0,17 % содержание ионов хлора (Cl) колеблется в пределах 0,007-0,017%.

Таблица №3. Содержание легкорастворимых солей в почве опытного участка.

Глубина слоя, см	Сухой остаток %	Общий HCO ₃ (%)	Cl ⁻ (% м/экв)	SO ₄ ²⁻ (% м/экв)	Ca ⁺⁺ (% м/экв)	Mg ⁺⁺ (% м/экв)	Анионы, Катионы (% м/экв)	Na ⁺ (% м/экв)
0-10	0,075	0,024	0,007	0,011	0,010	0,003	0,80	0,014
		0,39	0,19	0,22	0,49	0,24	0,73	0,30
10-50	0,085	0,021	0,010	0,020	0,010	0,006	1,03	0,011
		0,34	0,28	0,41	0,49	0,49	0,98	0,14
50-72	0,090	0,024	0,007	0,019	0,010	0,003	0,97	0,014
		0,39	0,019	0,39	0,49	0,24	0,73	0,10
72-160	0,170	0,027	0,017	0,013	0,015	0,002	1,18	0,021
		0,44	0,47	0,27	0,74	0,16	0,90	0,45

Экспериментальная часть. Исследования показали, что действие набухающих гидрогелей на изменения водно-физических свойств легких почвы проявилось достаточно отчетливо (табл. №4-5). В течение экспериментального периода под посевом томата на контрольных вариантах объем массы поверхности была равна 1,51 г/см², в то время как в вариантах с добавками набухающих гидрогелей она снижалась до 1,39г/см². Можно сказать, образована оптимальная плотность почвы, которая по мнению многих исследователей должна отвечать уровню 1,3-1,5г/см². По данным А.Г.Бондарева, как правило, наименьшая влагоемкость супесчаных и песчаных почв составляет 18-30%. [11-12]

В исследуемых вариантах влагоемкость почвы увеличивалась при введении набухающих гидрогелей, благодаря его способности аккумулировать воду и питательные вещества. В контрольном варианте без внесения гидрогеля влагоемкость колебалась от 35 до 45%. В вариантах с добавками набухающего гидрогеля эти значения колебались в пределах 39-50%. По данным ряда исследователей для большинства сельскохозяйственных растений оптимальная влажность составляет 60-70% наименьшей влагоемкости. Нижним же, предельно допустимым количеством воды в почве (влажность завядания) принято считать её содержание порядка 1-15% в зависимости от типа почвы [13, 14].

Влажность завядания культур зависит от механического состава почвы и вида растений. Чем тяжелее механический состав почвы, чем больше в ней органического вещества, тем выше влажность завядания. В проведенных опытах влажность завядания колебалась в пределах 0,9-1,2% и не зависела от доз внесения набухающих гидрогелей (табл.№4).

Таблица №4. Изменение водно-физических свойств почвы под культурой севооборота в зависимости от дозы гидрогеля

Показатели	Дозы гидрогеля, г/м ²					
	0	100	250	500	750	1000
Томаты (2019-2021 гг)						
Объемная масса, гр/см ³	1,51	1,53	1,51	1,48	1,39	1,39
Предельно-полевая влагоемкость, %	35,7	41,5	42,4	45,9	46,4	47,3
Влажность завядания, %	0,92	0,97	0,88	0,86	0,87	1,18

В течение вегетации влажность пахотного слоя исследуемых почв изменялась значительно и зависела от доз применяемых гидрогелей и природных условий.

Анализ динамики влажности показывает, что на всем протяжении полевого опыта отмечена положительная устойчивая тенденция к увеличению влажности почвы и к повышению запасов продуктивной влаги в почве с увеличением дозы гидрогеля (табл. №5). При внесении минимальных доз набухающих гидрогелей 100 г/м² в наших полевых исследованиях томата не обнаружено достоверных отличий в изменении запасов влаги по сравнению с контролем в вегетационном периоде. По всей вероятности, в узком соотношении гидрогель-вода при наличии большого числа сорбционных мест почвенная влага связывается как компенсирующий ион на поверхности потенциально-определяющего слоя по типу хемосорбции. Тут можно сказать и о механическом связывании воды в межпакетных пространствах набухающего гидрогеля. Однако главная причина этого явления, может быть в ничтожно малых количествах набухающего гидрогеля, которая не может играть существенной роли в процессах трансформации влаги в почве. Иная картина наблюдается при внесении высокой дозы гидрогеля 500-1000 г/м².

Таблица №5. Изменение основных водно-физических показателей почвы (0-20 см) в посевах томатов

Доза гидрогеля, г/м ²	Сроки определения	Объемный вес почвы, г/см ³	Предельно-полевая влагоемкость, %	Влажность завядания, %
0	2020	1,483	36,0	1,04
	2021	1,533	33,2	0,89
	среднее	1,508	34,6	0,92
100	2020	1,431	42,0	0,90
	2021	1,560	37,2	0,86
	среднее	1,494	40,0	0,88
250	2020	1,486	40,2	0,92
	2021	1,481	37,5	0,82
	среднее	1,484	38,3	0,87
500	2020	1,421	46,5	0,82
	2021	1,505	42,6	0,89
	среднее	1,463	45,7	0,86
750	2020	1,383	45,0	0,90
	2021	1,370	43,5	0,84
	среднее	1,377	44,3	0,87
1000	2020	1,401	49,4	0,91
	2021	1,352	43,0	1,48
	среднее	1,377	46,2	1,19

Уровень доступной влаги в исследуемых образцах превосходит в отдельных случаях величину предельно-полевой влагоемкости. Это является доказательством наличия в почве очагов аккумулятивной влаги. В результате этого запас продуктивной влаги в связнупесчаной почве достигает высоких значений, соизмеримых с тяжелыми механическими их разновидностями - до 500-750 г/м². Учеными разработаны оценки запаса продуктивной влаги, по которой в слое почвы 0-20 см хорошим запасом считается запас воды более 40 мм, неудовлетворительным – менее 20 мм и удовлетворенным 20-40 мм. [15-16]

Как видно из результатов опыта, в вариантах с внесением набухающего гидрогеля в дозах 500, 750 и 1000 г/м², запас продуктивной влаги в почве в слое 0-20 см в различные периоды вегетации томата в 2020-2021 году оценивался, в основном, как хороший, а в условиях 2022 года – удовлетворительный. Неудовлетворительный запас продуктивной влаги был в течение вегетации в вариантах без внесения гидрогеля и с внесением гидрогеля в дозе 100 г/м². В экспериментальные годы погодные условия были благоприятными для развития томата. Даже в варианте без внесения гидрогеля запас продуктивной влаги в 0-20 см был удовлетворительным у томата до образования фазы молочной спелости. Лучший запас продуктивности влаги наблюдается на вариантах с внесением гидрогеля в дозе 750 и 1000 г/м².

Результаты исследований. Анализируя влияние гидрогеля на влажность почвы в слоях 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, можно сделать вывод, что гидрогель влияет на влажность почвы в зоне его внесения. Зависимость влажности в более нижних слоях почвы от внесения гидрогеля практически не существенна, так как действует наибольшее почвенное давление.

На всем протяжении опыта условия влагообеспеченности в вариантах с гидрогелем были более благоприятными по сравнению с контролем.

В поисках благоприятного потенциала, характеризующего эффективность того или иного мероприятия, связанного с регулированием влагообеспеченности растений, является расчет водного баланса. Было установлено, что внесение и наибольшее содержание гидрогеля увеличивает эффективность ее использования (табл. №6).

Таблица №6. Влияние набухающего гидрогеля на коэффициент водопотребления (вегетативный опыт, томаты)

Вариант	Доза гидрогеля, г/м ²	Урожайность при 14 % влажности, кг/м ²	Количество воды, затраченное на орошение, л/м ²
2021			
1	0	10,0	30
2	100	9,9	24
3	250	10,8	24
4	500	13,9	21
5	750	13,3	19
6	1000	17,6	18
2022			
1	0	5,7	29
2	100	6,6	24
3	250	12,3	24
4	500	10,4	26
5	750	14,9	22
6	1000	16,8	22

В вегетационном опыте с томатом почва поддерживается на уровне 24-60% влажности, полученные в вегетационном опыте данные свидетельствуют о том, что

показатели водного баланса при использовании гидрогеля показывают более благоприятные по сравнению с контролем. При более высоком уровне урожайности томата непродуктивное расходование влаги на выброс и транспирацию падает на 30-50 % прямо пропорционально дозам гидрогеля. Такая же тенденция наблюдается и в полевых условиях с томатом (табл. №7), с той лишь разницей, что в этом случае более существенное влияние оказывает агроклиматические условия.

С увеличением дозы гидрогеля в увеличивающихся дозах воды, значительно увеличивался запас воды как в начале, так и в конце изучаемого периода, что также пропорционально величине общего водопотребления и коэффициента водопотребления.

Таким образом, набухающие гидрогели являются своего рода запасным "резервуаром" влаги. Такой очаг наличия аккумулятивной влаги особенно был отмечен положительно на культурах в периоды потребления влаги. Как видно, благоприятные условия для влагообеспечения в почве в эти периоды, связанные с внесением гидрогеля, благоприятно действуют на урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Таблица №7. Влияние набухающего гидрогеля на водопотребление в полевых опытах (с томатом) в слое почвы 0- 20 см

Доза гидрогеля, г/м ²	Запас воды в начале вегетации, мм/м ²	Запас воды в конце вегетации, мм/м ²	Суммарное водопотребление, мм
2020			
0	16,4	26,8	156,3
100	13,7	31,4	149,0
250	21,2	44,9	144,9
500	25,5	91,5	100,7
750	30,4	100,1	97,0
1000	36,0	88,7	114,0
2021			
0	19,5	11,6	115,3
100	35,6	15,3	127,8
250	34,1	14,0	127,6
500	32,3	21,0	118,8
750	22,5	21,0	109,0
1000	26,0	38,2	95,2
2022			
0	26,0	9,2	122,3
100	26,1	14,0	117,6
250	35,5	7,0	134,1
500	66,2	14,2	157,6
750	69,6	12,8	162,4
1000	82,4	19,7	168,2

Установлено, что при дозах гидрогеля (500-750 г/м²) не наблюдалось ингибирования протеазной активности микрофлоры, при более высокой дозе (1000 г/м²), во всех изучаемых вариантах этот показатель был значительно ниже всех изучаемых в опыте вариантов.

Выводы. В целом, подводя итоги, следует сказать, что по характеру исследования водно-физических свойств почвы, активности микрофлоры, для восстановления и улучшения структуры наиболее эффективно должно быть применение высокомолекулярных полимерных препаратов - искусственных структурообразователей, заменяющих при этом в качестве цементирующего материала гумусовые вещества.

Изучение влияния гидрогеля и норм внесения для оструктурирования верхнего пахотного слоя показало, что препараты оказали положительное влияние на формирование в обрабатываемом слое водопроочной, агрономически ценной структуры.

Литература

1. FAO, Water for Sustainable Food and Agriculture: A report produced for the G20 Presidency of Germany, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2017.
2. Asamatdinov A.O., Akhmedov U.K., Reimov A.M. Application of the superabsorbent polymer hydrogels for water retention under drying conditions. // Journal Science and education in Karakalpakstan, 2018, №1(5). – P. 3-11.
3. Chu, L.Y., Xie, R., Ju, X.J., Wang, W. Smart Hydrogel Functional Materials. – Berlin: Springer, 2013.
4. Ahmed E.M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. // J. Adv. Res. 2015, 6(2). – P. 105-121.
5. Asamatdinov A. New water-keeping soil additives. Modern Chemistry Appl. 2018, V6.
6. Sarkar D.J., Singh A. Base triggered release of insecticide from bentonite reinforced citric acid crosslinked carboxymethyl cellulose hydrogel composites. // Carbohydr. Polym. 2017, 156. – P. 303-311.
7. Sarkar D.J., Singh A. pH-triggered release of boron and thiamethoxam from boric acid crosslinked carboxymethyl cellulose hydrogel based formulations. // Polym-Plast Technol. 2019, 58(1). – P. 83-96.
8. Sarkar D.J., Singh A., Singh N., Parmar B.S., Kumar A. Effect of addition of superabsorbent hydrogels on sorption and mobility of metribuzin in sandyloam soil. // Pesticide Res. J. 2012, 24(2). – P. 138-143.
9. Klouda L., Mikos A.G. Thermoresponsive hydrogels in biomedical applications. // Eur. J. Pharm. Biopharm. 2008, 68(1). – P. 34-45.
10. Vashist A., Gupta Y.K., Ahmad S. Recent advances in hydrogel based drug delivery systems for the human body. // J. Mater. Chem. B, 2014, 2(2). – P. 147-166.
11. Бондарев А.Г. Проблема регулирования физических свойств почв в интенсивном земледелии. // «Почвоведение», 1988, №9. – С.64.
12. Асаматдинов А. Conditions influence of chemical joint hydrolyzed nitron fiber with formaldegid on properties of synthesis hydrogels. // Узбекский химический журнал. 2003. №4. – С.11-14.
13. Вальков В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений. – Москва: «Агропромиздат», 1986.
14. Казанский К.С., Ракова Г.В., Ениколопов Н.С. и др. Сильнонабухающие полимерные гидрогели - новые влагоудерживающие почвенные добавки. // Вестник с.х.науки, 1988, №4. – С.125-132.
15. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – Москва: «Агропромиздат», 1986.
16. Асаматдинов А. Новые влагоудерживающие почвенные добавки. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. 2018. – С. 574-584.

РЕЗЮМЕ. Мақолада шишган полимер гидрогеллари тўпроқнинг ўтказувчанлиги, зичлиги, тузлилиги, бўғлини тезлиги ва тўпроқ орқали сув инфильтрацияси таъсири ҳақида сўз юритилади. Намлик динамикасини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, дала тажрибаси давомида тўпроқ намлигининг кўпайиши ва гидрогель дозасининг ошиши билан тўпроқдаги маҳсулдор намлик захираларининг кўпайишига нисбатан ижобий барқарор тенденция кузатилади.

РЕЗЮМЕ. В статье говорится о набухающей полимерной гидрогели которые потенциально влияют на проницаемость почвы, плотность, структуру, текстуру, скорость испарения и инфильтрации воды через почву. Анализ динамики влажности показывает, что на всем протяжении полевого опыта отмечена положительная устойчивая тенденция к увеличению влажности почвы и к повышению запасов продуктивной влаги в почве с увеличением дозы гидрогеля.

SUMMARY. The article discusses swelling polymer hydrogels that have the potential to influence soil permeability, density, structure, texture, evaporation rate, and water infiltration through soil. Analysis of the moisture dynamics shows that throughout the field experiment, a positive stable trend towards an increase in soil moisture and an increase in the reserves of productive moisture was noted in the soil with an increase in the dose of hydrogel.

УГЛЕВОДНЫЙ СОСТАВ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *XYLOSALSOLA RICHTERI* (МОQ.) AKHANI & ROALSON ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

М.А.Карлыбаева – докторант

М.Т.Балтабаев – кандидат биологических наук, доцент

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза

Ф.А.Кодиралиева – доктор философии химических наук

А.А.Сиддикова – докторант

лаборатория химии высокомолекулярных растительных веществ ИХРВ АНРУз

Таянч сўзлар: *Xylosalsola richteri*, suvda eriydigan polisaxaridlar, pektin moddalar, gemitsellyuloza, monosaxarid tarkibi, IQ-spektrlar.

Ключевые слова: *Xylosalsola richteri*, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлоза, моносахаридный состав, ИК-спектры.

Key words: *Xylosalsola richteri*, water-soluble polysaccharides, pectin substances, hemicellulose, monosaccharide composition, IR spectra.

Введение. *Xylosalsola richteri* – вегетация начинается в середине или конце марта. Длины листьев 4-8 см. Кустовое растение с хорошим ветвлением [4:250-252]. *X. richteri* – растение, имеющее большое значение для укрепления песков. Северо-западный Кызылкум граничит с Аральским морем на севере и северо-западе. Наиболее распространен в Чукуркак, Кемпиртобе, Адамкирилганкала, Кулатау, Бестобе, Назархан, в песчаных окрестностях гор Султануиздаг.

Встречается в прибрежных песках Карабаильского архипелага Аральского моря и на островах в песках, подвергающихся значительному засолению, и отмечается как солеустойчивое растение [2:87-88]. *X. richteri* хорошо поедается овцами и козами в весенний период, листья и плоды поедаются во второй половине осеннего сезона, является одним из основных кормовых растений, особенно в зимний период [1:7-63].