

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ГЕЛЕЙ «РИТИН-10» И «В-415 К» НА ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ

Т. Н. Данилова

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14
E-mail: danilovatn@yandex.ru

Поступила в редакцию 22 августа 2017 г., принята к печати 26 февраля 2018 г.

В последние годы полимерные гели находят широкое применение в сельском хозяйстве, что определяется, прежде всего, хорошими водоудерживающими свойствами гидрогелей. Весьма перспективной для изучения является способность гидрогелей повышать влагоемкость песков и песчаных почв и тем самым обеспечивать эффективное влагоснабжение растений в условиях дефицита влаги. В микрополевом эксперименте в течение вегетационных периодов 2015 и 2016 гг. изучалось влияние гидрогелей на водообеспечение ячменя и пшеницы в условиях почвенной засухи. Исследование проводилось на дерново-подзолистой супесчаной почве в вегетационных сосудах на специальной установке («засушнике»). Исследовались два типа гидрогеля с одной дозой внесения в следующих вариантах: 1) контроль с внесением 90 кг га⁻¹ NPK в виде азофоски; 2) гидрогель, внесенный на глубину 10–12 см, + N₉₀ P₉₀ K₉₀; 3) гидрогель, внесенный на глубину 20–22 см, + N₉₀ P₉₀ K₉₀. В результате проведенных исследований было выявлено, что на зерновых культурах в условиях засухи при внесении в слой 10–12 см гидрогель не проявил себя в качестве водоудерживающей добавки. Положительное влияние гидрогеля отмечено только при более раннем, чем в полевых условиях, появлении всходов зерновых культур в указанных вариантах опыта. При внесении гидрогеля в слой 20–22 см наблюдалось достоверное ($p < 0,001$) увеличение урожайности, особенно в варианте с гидрогелем на калиевой основе. Обеспеченность калием позволяет растениям легче переносить недостаток влаги, поэтому рекомендуется вносить гидрогель на глубину 20–22 см и перед посевом проводить влагозарядковый полив.

Ключевые слова: гидрогель, влагообеспеченность, вегетационные сосуды, ячмень, пшеница, продуктивность, почвенный влагомер.

IMPACT OF POLYMER GELS «RITIN-10» AND «V-415 K» ON WATER SUPPLY OF CEREAL CROPS UNDER SOIL DROUGHT CONDITIONS

T. N. Danilova

Agrophysical Research Institute,
14, Grazhdanskiy pr., St. Petersburg, 195220
E-mail: danilovatn@yandex.ru

In the recent years the polymer gels have been used widely in agriculture because of their high water-retention properties. It is very promising to study the ability of the hydrogels to increase the moisture capacity of sands and sandy soils and thereby ensure an effective moisture supply of plants under the conditions of moisture deficit. The impact of the hydrogels on barley and wheat water supply under the conditions of soil drought has been studied in a microfield experiment during the growing seasons of 2015 and 2016. The study has been carried out on soddy-podzolic sandy loam soils in the vessels at a special installation («drier»). A scheme of the experiment included three treatments: 1) control with application of 90 kg ha⁻¹ of mineral nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers (NPK); 2) hydrogel + NPK fertilizers introduced to a depth of 10–12 cm; 3) hydrogel + NPK fertilizers introduced to a depth of 20–22 cm. The results of the studies showed that the hydrogel introduced to a depth of 10–12 cm did not improve the soil water-retention properties. The positive effect of the hydrogel was monitored only at an earlier occurrence of cereal crops seedlings in comparison with the field conditions. The application of the hydrogel to a depth of 20–22 cm led to a significant ($p < 0.001$) increase in yield, especially in the treatment with introduction of the potassium hydrogel. The availability of potassium helped plants to tolerate a lack of moisture more easily, therefore it is recommended to apply the hydrogel to a depth of 20–22 cm and to carry out the water recharge irrigation before the sowing.

Keywords: hydrogel, moisture content, barley, wheat, productivity, vegetation vessels, special installation «drier», soil moisture meter.

ВВЕДЕНИЕ

Водно-физические свойства легких почв и песков далеки от оптимальных, и поэтому в аридных зонах и условиях недостаточного увлажнения часто именно они являются фактором, лимитирующим урожай. Весьма перспективным способом повышения водоудерживающей способности таких почв является использование гидрогелей. Механизм воздействия полимерных гелей на водный режим почвы и влагообеспеченность растений заключается в том, что при внесении в почвенный корнеобитаемый слой частицы полимерного гидрогеля располагаются в порах и при поступлении влаги набухают, в результате чего происходит повышение влагоудерживания и создаются благоприятные условия для развития растений.

Использование водоудерживающего полимера, или гидрогеля, дает возможность повышать влагоемкость песков и песчаных почв и тем самым обеспечивать эффективное влагоснабжение растений в условиях дефицита влаги (Johnson, 1984; Choudhary, 1995; Gilbert, 2014). Полиакриламидный гидрогель сорбирует и долгое время удерживает воду, что обеспечивает накопление и длительное сохранение влаги в почве и создает своеобразный ее резервуар. В результате ускоряется процесс прорастания семян и повышается всхожесть культур. Корни впитывают влагу непосредственно из набухших гелей (Данилова и др., 2011; Воскобойникова и др., 2012). В исследованиях отечественных и зарубежных ученых (Грудинина, 1983; Филиппова, 1986; Arram, 1983, 1985; Salem, Guidi, Pini, 1991) установлена зависимость величины доступной (продуктивной) влаги от внесения полимерных гидрогелей. Запас продуктивной влаги в песке в результате их внесения увеличивался в 2,4–8,0 раз. Кроме того, при внесении гидрогеля не только повышалась влажность почвы, но и увеличивался коэффициент использования воды (Казанский и др., 1988; Arram, 1985). Это позволило повысить устойчивость сельскохозяйственных растений к засухе при водном дефиците и улучшить их физиологическое состояние, как при засухе,

так и без нее (Артюшин, 1987, 1988; Казанский и др., 1988).

Цель исследования заключалась в оценке эффективности использования гидрогелей «Ритин-10» (натриевая основа) и «В-415К» (калиевая основа) при управлении водообеспеченностью зерновых культур в засушливых условиях. Для этого необходимо было исследовать влияние гидрогелей натриевого и калиевого типа на продуктивность зерновых культур при почвенной засухе, а также оценить доступность для растений удержанной гидрогелем влаги.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Мелкоделяночный полевой опыт по изучению влияния гидрогелей на водообеспечение зерновых культур (ячмень, пшеница) проводился в 2015–2016 гг. на специальной установке «засушнике» (Ионова, 2011) Меньковского филиала ФГБНУ АФИ. Почва – дерново-подзолистая супесчаная. Общая площадь «засушника» – 50 м². Площадь, занятая экспериментом, – 15 м². Для эксперимента были взяты гидрогели двух типов: 1) гидрогель «Ритин-10» (натриевая основа), содержание К – 27,05%; Na – 36,98%, 1 г гидрогеля удерживает 300 мл воды; 2) гидрогель «В-415 К» (калиевая основа), содержание К₂O – не менее 21%, 1 г гидрогеля удерживает 400 мл воды. Изучаемые культуры – ячмень (сорт «Ленинградский») и пшеница (сорт «Дарья»). Опыт был заложен в вегетационных сосудах (S = 0,075 м²; V = 0,0025 м³). Изучались следующие варианты: контроль – с внесением азотфоски (фон N₉₀ P₉₀ K₉₀); фон N₉₀P₉₀K₉₀ + ГГ_{Na} (10–12 см); фон N₉₀P₉₀K₉₀ + ГГ_K (10–12 см); фон N₉₀P₉₀K₉₀ + ГГ_{Na} (20–22 см); фон N₉₀P₉₀K₉₀ + ГГ_K (20–22 см). Повторность опыта – пятикратная. Размещение вариантов – систематическое. Доза внесения гидрогеля – из расчета 400 кг га⁻¹ – 4 г м⁻². Для сравнения подобный эксперимент был заложен в полевых условиях. Измерения влажности почвы проводились с помощью почвенного влагомера МГ-44 методом импульсной диэлектрической. Сущность метода заключается в том, что скорость прохождения электромагнитного сигнала определяется диэлектрической

проницаемостью среды. Таким образом, устанавливается объемная влажность почвы.

Калибровочная кривая создавалась для дерново-подзолистой супесчаной почвы. Наименьшая влагоемкость для данной почвы составляет 25%. В память процессора влагомера заносились известные значения влажности калибровочного образца почвы. Диапазон значений влажности: 5%; 10%; 15%; 20%; 25%. В показания прибора вводят поправку $\pm 5\%$ с шагом 0,1%, если показания прибора и показатели влажности почвы, полученные при помощи лабораторного термостатно-весового метода, не совпадают.

Влажность почвы измерялась два раза в неделю, затем рассчитывалась норма полива.

Расчет дефицита влаги:

$$Q = 10 \text{ ha} (Q_{\text{нв}} - Q_{\text{пп}}),$$

где Q – дефицит влаги в слое почвы, мм; h – глубина расчетного слоя почвы, м; a – объемная масса расчетного слоя почвы, т м^{-3} ; $Q_{\text{нв}}$ – наименьшая влагоемкость почвы, %; $Q_{\text{пп}}$ – предполивной порог влажности почвы, %.

Поливная норма, мм водного слоя:

$$V = Q_1 + Q_2,$$

где V – поливная норма, мм; Q_1 – влажность почвы (мм) в слое 0–10 см; Q_2 – влажность почвы (мм) в слое 10–20 см.

Для статистической обработки данных использовался пакет программ Statistics 5.0. Достоверность различий средних значений оценивалась с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2015 г. посев ячменя в вегетационные сосуды был проведен 18 мая. Всходы растений ячменя появились 26 мая в «засушнике» в вариантах опыта ГГ_{Na} (10–12 см) и ГГ_K (10–12 см), т. е. там, где гидрогель был внесен на глубину 10–12 см. На контроле в «засушнике» всходов не было. В вариантах с гидрогелем, внесенным на глубину 20–22 см, было отмечено появление единичных растений. В вегетационных сосудах в полевых условиях всходов не было. В 2016 г. пшеница была посеяна в вегетационные сосуды 16 мая, всходы растений появились 22 мая в «засушнике» в вариантах опыта ГГ_{Na} (10–12 см) и ГГ_K (10–12 см), т. е. там, где гидрогель был внесен на глубину 10–12 см. На контроле в «засушнике» всходов не было, в вариантах ГГ_{Na} (20–22 см) и ГГ_K (20–22 см), т. е. там, где гидрогель был внесен на глубину 20–22 см, было отмечено появление единичных растений. В вегетационных сосудах в полевых условиях всходы появились 24 мая во всех вариантах опыта.

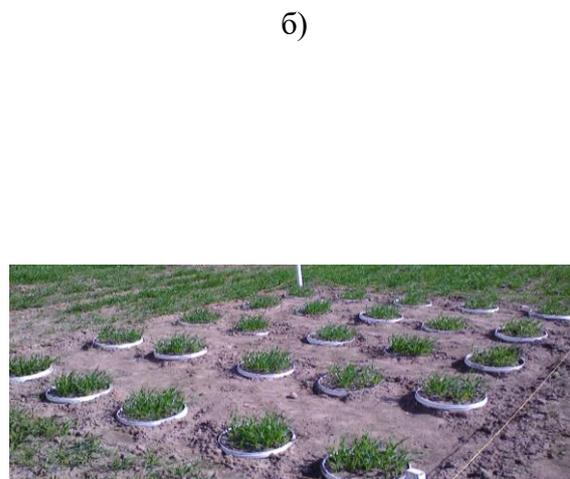


Рис. Исследование влияния гидрогелей на водообеспечение зерновых культур:
а) «засушник»; б) полевые условия.

До фазы кушения растения ячменя и пшеницы в «засушнике» поливали в зависимости от показаний почвенного влагомера, влажность почвы поддерживалась в пределах 70% НВ (наименьшая влагоемкость). Исследование влияния засухи (55–60% НВ) на рост и развитие растений ячменя и пшеницы было начато после фазы кушения.

В результате исследований, проведенных в 2015 г., было выявлено, что на культуре ячменя гидрогель в условиях засухи не проявил себя в качестве водоудерживающей добавки. Положительное влияние гидрогеля отмечено только при более раннем, чем в полевых условиях, появлении всходов ячменя, т. е. в вариантах опыта в «засушнике» с гидрогелем, внесенным в слой 10–12 см.

Наиболее удовлетворительным внешним видом отличались растения в варианте с гидрогелем на калиевой основе, поскольку калиевый гидрогель удерживает большее количество влаги (400 мл), чем натриевый (300 мл), а обеспеченность калием позволяет растениям легче переносить недостаток влаги. Таким образом, от фазы кушения до колошения, когда растениям необходимо достаточное количество влаги для развития, в варианте с гидрогелем на калиевой основе они не испытывали водного стресса. В дальнейшем, когда после фазы кушения полив прекратили, влажность почвы с гидрогелем практически не отличалась от влажности почвы в контроле. В табл. 1 приведены показатели влажности почвы в «засушнике», полученные при помощи почвенного влагомера.

Таблица 1. Объемная влажность почвы в «засушнике». Ячмень, сорт «Ленинградский», 2015 г.

Вариант	глуби на, см	Влажность, %													
		29 мая	норма полива, мм вод. сл.	2 июня	норма полива, мм вод. сл.	5 июня	норма полива, мм вод. сл.	8 июня	норма полива, мм вод. сл.	10 июня	норма полива, мм вод. сл.	23 июня	16 июля	29 июля	18 августа
Контроль	0-10	10,66	0,98	10,54	0,53	10,4	1,5	9,24	0,78	9,26	0,73	6,38	4,16	4,06	4,08
	10-20	11,44		10,6		11,14		10,82		11,28		6,06	4,08	4,1	4,16
ГГ _{Na} (10–12 см)	0-10	14,18	0,60	12,74	0,60	11,06	1,5	11,56	0,71	11,34	0,70	6,44	4,2	4,14	3,98
	10-20	11,68		10,54		11,78		10,2		11,26		5,76	3,78	4,2	3,96
ГГ _K (10–12 см)	0-10	13,56	0,97	12,44	0,60	11,58	1,5	12,96	0,64	10,72	0,74	5,2	4,46	5,4	4,02
	10-20	10,5		11,08		11,22		10,84		11,16		6,08	4,08	4,2	3,94
ГГ _{Na} (20–22 см)	0-10	11,18	0,42	9,7	0,56	10,4	0,5	8,58	0,47	9,7	0,58	6,98	4,44	3,76	5,82
	10-20	23,78		12,72		24,8		22,4		20,3		8,58	4,74	4,24	7,4
ГГ _K (20–22 см)	0-10	10,7	0,39	9,16	0,40	10,56	0,5	9,32	0,47	9,62	0,72	6,62	4,18	4,28	3,7
	10-20	24,36		24,02		24,56		21,4		13,12		8,82	4,32	4,34	4,96

Примечание: ГГ_{Na} (10–12 см) и ГГ_{Na} (20–22 см) – гидрогель на натриевой основе, внесенный на глубину слоя почвы 10–12 см и 20–22 см.; ГГ_K (10–12 см) и ГГ_K (20–22 см) – гидрогель на калиевой основе, внесенный на глубину 10–12 см и 20–22 см.

В полевых условиях действие гидрогеля оказалось более эффективным. Он удерживал влагу как в слое 10–12 см, так и в слое 20–22 см в течение всего периода вегетации. В табл. 2 приведены показатели влажности почвы на культуре ячменя в полевых условиях, полученные при помощи почвенного влагомера. В период вегетации влажность почвы в вариантах с гидрогелем, внесенным в слой 10–12 см, практически не

отличалась от влажности почвы на контроле. Только в вариантах с гидрогелем, внесенным в слой 20–22 см, влажность поддерживалась на уровне НВ. После фазы кушения, когда полив прекратили, влажность почвы во всех вариантах опыта стала одинаковой. В полевых условиях влажность почвы в вариантах с гидрогелем была выше, чем на контроле, только благодаря выпадению осадков.

Таблица 2. Объемная влажность почвы в полевых условиях. Ячмень, сорт «Ленинградский», 2015 г.

Вариант	Влажность, %											
	глубина, см	2 июня	5 июня	8 июня	10 июня	16 июня	23 июня*	30 июня	07 июля	16 июля	29 июля	18 авг.
Контроль	0-10	12,12	9,74	9,24	8,76	5,86	19,02	6,28	4,24	6,7	9,42	5,32
	10-20	13,08	11,6	12,44	11,14	7	6,6	5,82	4	5,06	11,24	5,44
ГГ _{Na} (10–12 см)	0-10	22,72	23,38	13,9	11,6	6,22	10,5	23,44	4,6	4,76	15,86	6,12
	10-20	14,48	12,9	14,58	15,86	8,8	6,9	6,24	4,34	4,72	5,14	3,78
ГГ _K (10–12 см)	0-10	24,82	24,44	13,72	10,54	5,68	7,2	20,24	4,28	6,04	22,54	7,38
	10-20	11,76	13,06	13,28	13,42	11,5	8,2	5,32	4,78	6,04	5,84	3,86
ГГ _{Na} (20–22 см)	0-10	10,84	10	8,92	11,88	6	23,02	5,86	4,08	6,76	7,88	4,48
	10-20	23,2	24,84	23,34	14,04	11,28	8,52	20,1	5,16	13,12	6,82	12,76
ГГ _K (20–22 см)	0-10	8,9	9,84	9,38	11,56	6,46	19,8	5,34	4,84	6,2	9,1	4,56
	10-20	24,82	24,72	24,26	19,6	10,26	6,9	21,58	5,46	6,54	8,72	8,12

* – после дождя

Результаты исследований, проведенных в 2016 г., показали, что на посевах пшеницы в условиях засухи гидрогель также не проявил себя в качестве водоудерживающей добавки. Положительный эффект отмечен при раннем появлении всходов пшеницы в вариантах опыта в «засушнике» с гидрогелем, внесенным в слой 10–12 см. В дальнейшем, в начальные периоды развития растений

пшеницы, гидрогель удерживал влагу благодаря поливу, и, когда после фазы кущения полив прекратили, то влажность почвы с гидрогелем практически не отличалась от влажности почвы на контроле. В табл. 3 и 4 представлены показатели влажности почвы в «засушнике» и в полевых условиях, полученные при помощи почвенного влагомера.

Таблица 3. Объемная влажность почвы в «засушнике». Пшеница, сорт «Дарья», 2016 г.

Вариант	Глубина, см	Влажность, %										
		31 мая	норма полива, мм вод. сл.	7 июня	норма полива, мм вод. сл.	16 июня	норма полива, мм вод. сл.	22 июня	29 июня	14 июля	25 июля	5 августа
Контроль	0–10	6,92	1,17	4,8	1	4,6	1,4	6,74	5,2	4,8	4,7	4,8
	10–20	10,1		7,3		6,0		7,4	5,7	4,84	4,9	4,9
ГГ _{Na} (10–12 см)	0–10	7,12	1,05	5,8	1,4	4,3	1,4	6,62	4,94	6,0	5,8	5,72
	10–20	8,9		6,0		4,9		6,38	5,2	5,5	5,3	4,8
ГГ _K (10–12 см)	0–10	7,0	0,92	4,82	1,3	4,2	1,4	6,32	5,82	5,24	4,2	4,5
	10–20	8,9		5,92		4,74		6,9	5,0	4,64	4,3	4,6
ГГ _{Na} (20–22 см)	0–10	6,76	0,4	4,0	0,5	4,0	0,42	5,5	5,32	4,6	4,0	4,2
	10–20	13,8		7,0		6,2		12,3	10,5	5,52	4,74	4,4
ГГ _K (20–22 см)	0–10	5,12	0,4	3,6	0,5	3,86	0,39	6,44	5,06	4,4	4,44	4,6
	10–20	11,6		7,6		6,12		11,1	9,54	5,54	5,1	5,0

Таблица 4. Объемная влажность почвы (полевые условия).
Пшеница, сорт «Дарья», 2016 г.

Вариант	Глубина, см	Влажность, %							
		31 мая	7 июня	16 июня*	22 июня*	29 июня*	14 июля*	25 июля*	5 августа
Контроль	0–10	9,6	4,72	11,24	16,4	13,0	11,04	20,4	17,0
	10–20	16,3	5,3	12,2	20,4	19,5	18,3	25,0	24,9
ГГ _{Na} (10–12 см)	0–10	21,7	8,7	13,8	24,6	24,8	24,6	23,1	23,44
	10–20	18,4	4,9	11,3	20,9	24,4	25,0	24,9	16,3
ГГ _K (10–12 см)	0–10	18,42	8,84	12,6	24,2	22,9	23,7	24,7	24,9
	10–20	13,0	4,6	11,3	18,22	21,3	21,0	25,08	24,9
ГГ _{Na} (20–22 см)	0–10	7,7	3,8	10,7	13,8	12,44	11,08	24,7	20,4
	10–20	15,12	8,9	11,0	24,5	24,8	24,8	25,2	24,8
ГГ _K (20–22 см)	0–10	6,5	3,6	9,8	10,6	13,12	13,2	24,74	17,5
	10–20	21,02	8,9	10,3	24,8	24,6	24,9	25,08	24,9

* – после дождя

В полевых условиях влияние гидрогеля различалось по вариантам опыта. 2016 г. характеризовался весьма высоким увлажнением. В связи с этим влага удерживалась гидрогелем в слое 10–12 см и даже присутствовала в избытке. В результате в вариантах, где гидрогель был внесен в слой 10–12 см, урожайность пшеницы оказалась ниже, чем в контроле. Избыток влаги отрицательно сказался на урожайности. Однако в вариантах, где гидрогель был

внесен в слой 20–22 см, урожайность пшеницы была выше по сравнению с контролем.

Результаты исследования влияния гидрогелей на урожайность зерна ячменя и пшеницы в условиях засухи и в полевых условиях были подвергнуты статистической обработке. Данные об урожайности зерна ячменя представлены в табл. 5 и 6. Показатели урожайности зерна пшеницы приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 5. Урожайность зерна ячменя в «засушнике» (г сосуд⁻¹). 2015 г.

Вариант	Повторения					Прибавка к контролю		
	I	II	III	IV	V	среднее	г сосуд ⁻¹	%
Контроль	53,32	49,57	56,52	49,63	48,23	51,25	–	100
ГГ _{Na} (10–12 см)	52,2	63,11	56,05	47,98	48,23	53,51	2,26	104,4
ГГ _K (10–12 см)	56,57	62,73	40,65	49,79	56,82	53,31	2,06	104,02
ГГ _{Na} (20–22 см)	66,53	64,66	40,42	54,83	41,25	53,54	2,29	104,46
ГГ _K (20–22 см)	46,63	64,42	54,62	50,79	48,3	52,95	1,7	103,32

Таблица 6. Урожайность зерна ячменя в полевых условиях (г сосуд⁻¹). 2015 г.

Вариант	Повторения					Прибавка к контролю		
	I	II	III	IV	V	среднее	г сосуд ⁻¹	%
Контроль	35,77	40,37	30,29	34,59	30,35	34,27	–	100
ГГ _{Na} (10–12 см)	42,98	50	51,99	36,82	51,27	46,61	12,34	136,0
ГГ _K (10–12 см)	44,82	46,35	50,69	36,85	45,93	44,93	10,66	131,10
ГГ _{Na} (20–22 см)	62,39	52,21	43,77	40,42	34,73	46,7	12,43	136,27
ГГ _K (20–22 см)	45,41	43,57	42,24	37,45	41,89	42,11	7,84	122,88

Таблица 7. Урожайность зерна пшеницы в «засушнике» (г сосуд⁻¹). 2016 г.

Вариант	Повторения					Прибавка к контролю		
	I	II	III	IV	V	среднее	г сосуд ⁻¹	%
Контроль	29,0	28,3	27,6	29,0	29,67	28,71	–	100
ГГ _{Na} (10–12 см)	25,35	28,6	28,6	29,25	27,95	27,95	– 0,76	97,35
ГГ _K (10–12 см)	28,2	28,4	25,83	27,72	27,72	27,6	– 1,11	96,13
ГГ _{Na} (20–22 см)	30,6	29,56	29,92	31,28	30,6	30,4	1,7	105,9
ГГ _K (20–22 см)	36,0	31,5	34,5	31,5	30,75	32,85	4,14	114,42

Таблица 8. Урожайность зерна пшеницы в полевых условиях (г сосуд⁻¹). 2016 г.

Вариант	Повторения					Прибавка к контролю		
	I	II	III	IV	V	среднее	г сосуд ⁻¹	%
Контроль	17,94	18,86	15,18	17,5	18,86	17,67	-	100
ГГ _{Na} (10–12 см)	17,4	18,53	18,33	16,95	17,4	17,72	0,05	100,3
ГГ _K (10–12 см)	20,0	17,0	19,5	17,5	17,5	18,3	0,63	103,6
ГГ _{Na} (20–22 см)	17,1	16,65	18,0	20,7	20,25	18,54	0,87	104,9
ГГ _K (20–22 см)	24,36	19,72	23,8	25,52	24,94	23,66	5,99	133,9

Анализируя данные об урожайности зерна ячменя (табл. 5), можно прийти к выводу, что внесение гидрогеля в «засушнике» привело к достоверному ($p < 0,015$) увеличению урожайности культуры, однако по сравнению с контрольным вариантом урожайность повысилась незначительно. Прибавка урожая в результате внесения гидрогеля составляла всего 3–4% по сравнению с контролем. Однако на вид зерно было чище, и полная спелость наступила на неделю раньше, чем в полевых условиях.

Анализируя данные об урожайности зерна ячменя в полевых условиях (табл. 6), можно сделать вывод, что внесение гидрогеля привело к достоверному ($p < 0,05$) увеличению урожайности во всех вариантах опыта. Наиболее эффективным оказался гидрогель на натриевой основе. Прибавка урожая составила 36% в варианте с гидрогелем, внесенным в слой 10–12 см, и 36,3% в варианте с гидрогелем, внесенным в слой 20–22 см. Прибавка урожая в результате применения гидрогеля на калиевой основе составила 22,9% при внесении в слой 20–22 см и 31% при внесении в слой 10–12 см.

Анализируя данные об урожайности зерна пшеницы (табл. 7), можно прийти к выводу, что в «засушнике» урожайность оказалась выше только в вариантах опыта с гидрогелем, внесенным в слой 20–22 см. Применение гидрогеля в «засушнике» не привело к достоверному ($p < 0,0001$) увеличению урожайности зерна пшеницы в вариантах с его внесением в слой 0–12 см. Однако при внесении гидрогеля в слой 20–22 см наблюдалось достоверное ($p < 0,001$) увеличение урожайности, особенно в варианте с гидрогелем на калиевой основе (прибавка урожая составила 14,4% по

сравнению с контролем). В вариантах опыта с гидрогелем обоих типов, внесенным в слой 10–12 см, урожайность зерна пшеницы оказалась ниже по сравнению с контролем. На вид зерно пшеницы из «засушника» было более зрелым и крупным, а полная спелость наступила на неделю раньше, чем в полевых условиях.

В 2016 г. за период вегетации выпало значительное количество осадков (489,15 мм), что привело к снижению урожайности культуры. В полевых условиях (табл. 8) урожайность зерна пшеницы в вариантах с внесением гидрогеля была несущественно выше, чем на контроле. Внесение гидрогеля привело к достоверному ($p < 0,001$) увеличению урожайности зерна пшеницы в полевых условиях во всех вариантах опыта. Наиболее эффективным оказалось внесение гидрогеля на калиевой основе в слой 20–22 см (прибавка урожая составила 33,9%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований, проведенных в 2015–2016 гг., показали, что внесение гидрогелей в корнеобитаемый слой почвы (10–12 см) не приводит к достоверному увеличению урожайности зерновых культур в условиях засухи, т.е. без полива гидрогель высыхает и не действует в качестве водоудерживающей добавки. Достоверное ($p < 0,001$) увеличение урожайности наблюдалось при внесении гидрогеля в слой 20–22 см. В связи с этим рекомендуется вносить гидрогель на глубину 20–22 см и проводить влагозарядковый полив перед посевом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артюшин А. М. Химическая ирригация против засухи // Достижения науки и техники АПК. 1988. № 11. С. 19–21.
- Артюшин А. М. Полимеры в земледелии // Земледелие. 1987. № 6. 57 с.
- Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А. Повышение плодородия почв в сухостепной зоне с помощью гидрогелей // Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения». Краснодар, 2012. С. 19–21.
- Грудинина Е. Ю. Возможности использования гидрогелей для повышения влагоемкости почв и песков // Научно-технический бюллетень по агрономической физике. Л.: АФИ, 1983. № 53. С. 11–15.
- Данилова Т. Н., Оленченко Е. А. Применение водопоглощающих полимеров для управления водно-физическими свойствами почвенно-растительного комплекса // Материалы всероссийской научной конференции (с международным участием) «Методы оценки сельскохозяйственных рисков и технологии смягчения последствий изменений климата в земледелии». Санкт-Петербург, 13–14 октября 2011 г. СПб., 2011. С. 249–53.
- Ионова Е. В. Устойчивость сортов и линий пшеницы, ячменя и сорго к региональному типу засухи: дисс. ... д. с.-х. наук. Краснодар, 2011. 357 с.
- Казанский К. С., Агафонов О. А., Усков И. Б., Романов И. А. Сильнонабухающие полимерные гидрогели – новые влагозадерживающие почвенные добавки // Вестник с.-х. науки. 1988. № 4. С. 125–132.
- Филиппова М. В. Повышение влажности светло-каштановых почв Араратской долины под влиянием полиакриламида // Науч.-техн. бюл. ВНИИЗиЗПЭ. Курск, 1986. С. 63–68.
- Филиппова М. В. Улучшение водного режима светло-каштановых почв Араратской долины под действием полиакриламида (ПАА) // Тезисы докладов всесоюзной технической конференции. Л., 1986. С. 87.
- Gilbert C., Peter S., Wilson Ng., Edward M., Francis M., Sylvester K., Erick B. Effects of Hydrogels on Soil Moisture and Growth of *Cajanus cajan* in Semi Arid Zone of Kongelai, West Pokot County // Open Journal of Forestry, 2014, v. 4, no. 1, pp. 34–37.
- Johnson M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel forming soil conditioners // J. Sci. Food Agric., 1984, v. 35, no. 10, pp. 1063–1066.
- Choudhary M. I., Shalaby A. A., Al-Omran A. M. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers // Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1995, v 6, issue 13–14, pp. 2205–2215.
- Salem M., Guidi G. V., Pini R., Khater A. The use of a polyacrylamide hydrogel to improve the water-holding capacity of a sandy soil under different saline conditions // Agr. mediterr, 1991, v. 121, no. 2, pp. 160–165.

REFERENCES

- Artyushin A. M. Himicheskaya irrigaciya protiv zasuhi [Chemical irrigation against drought] // *Dostizheniya nauki i tekhniki AP*, 1988, no. 11, pp. 19–21.
- Artyushin A. M. *Polimery v zemledelii* [Polymers in agriculture] // *Zemledelie*, 1987, no. 6, 57 p.
- Voskobjnikova T. G., Okolelova A. A. Povyshenie plodorodiya pochv v suhostepnoj zone s pomoshch'yu gidrogelej [Increase in soil fertility in the dry steppe zone with the help of hydrogels] // *Materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov «EHkologiya i bezopasnost' v tekhnosfere: sovremennye problemy i puti resheniya»* [Materials of the all-Russian scientific-practical conference of young scientists, graduate students and students "Ecology and safety in the technosphere: modern problems and solutions"]. Krasnodar, 2012, pp. 19–21.
- Grudinina E. Yu. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya gidrogelej dlya povysheniya vlagoemkosti pochv i peskov* [Possibilities of using hydrogels to increase the moisture capacity of soils and sands] // Scientific and technical bulletin on agronomic physics. Leningrad: Publishing house AFI, 1983, no. 53, pp. 11–15.
- Danilova T. N., Olenchenko E. A. *Primenenie vodopogloshchayushchih polimerov dlya upravleniya vodno-fizicheskimi svojstvami pochvenno-rastitel'nogo kompleksa* [The use of water-absorbing polymers to control the water-physical properties of the soil-plant complex] // *Materialy vserossijskoj nauchnoj konferencii (s mezhdunarodnym uchastiem) «Metody ocenki sel'skohozyajstvennyh riskov i tekhnologii smyagcheniya posledstvij izmenenij klimata v zemledelii»*. Sankt-Peterburg, 13–14 oktyabrya 2011g. [Materials of the all-Russian scientific conference (with international participation) "Methods for assessing agricultural risks and technologies for mitigating the effects of climate change in agriculture." St. Petersburg, October 13–14, 2011]. St. Petersburg, 2011, pp. 249–253.
- Ionova E. V. *Ustojchivost' sortov i linij pshenicy, yachmenya i sorgo k regional'nomu tipu zasuhi. Diss. doc. s-h. nauk* [Stability of varieties and lines of wheat, barley and sorghum to the regional type of drought. Dok. agr. Sci. diss.]. Krasnodar, 2011, 357 p.

- Kazanskij K. S., Agafonov O. A., Uskov I. B., Romanov I. A. Sil'nonabuhayushchie polimernye gidrogeli-novye vlagozaderzhivayushchie pochvennye dobavki [Strongly swelling polymer hydrogels are new moisture-retaining soil additives] // *Vestnik s.-h. Nauki*, 1988, no. 4, pp. 125–132.
- Filippova M. V. Povyshenie vlazhnosti svetlo-kashtanovyh pochv Araratskoj doliny pod vliyaniem poliakrilamida [The moisture content of light chestnut soils of the Ararat valley under the influence of polyacrylamide] // *Nauch.-Tehn. BULL. VNIIZiPPE*, Kursk, 1986, pp. 63–68.
- Filippova M. V. *Uluchshenie vodnogo rezhima svetlo-kashtanovyh pochv Araratskoj doliny pod dejstviem poliakrilamida (PAA)* [Improvement of the water regime of light chestnut soils of the Ararat valley under the action of polyacrylamide (PAA)] // Abstracts of the All-Union Technical Conference, Leningrad, 1986, p. 87.
- Gilbert C., Peter S., Wilson Ng., Edward M., Francis M., Sylvester K., Erick B. Effects of Hydrogels on Soil Moisture and Growth of *Cajanus cajan* in Semi Arid Zone of Kongelai, West Pokot County // *Open Journal of Forestry*, 2014, v. 4, no. 1, pp. 34–37.
- Johnson M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel forming soil conditioners // *J. Sci. Food Agric.*, 1984, v. 35, no. 10, pp. 1063–1066.
- Choudhary M. I., Shalaby A. A., Al-Omran A. M. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers // *Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1995, v. 26, issue 13–14, pp. 2205–2215.
- Salem M., Guidi G. V., Pini R., Khater A. The use of a polyacrylamide hydrogel to improve the water-holding capacity of a sandy soil under different saline conditions // *Agr. mediterr.*, 1991, v 21, no. 2, pp. 160–165.