

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 117-135, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.117

www.ejournal33.com



UDC 631.41

Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils

¹Alla A. Okolelova

²Nadezda A. Rachimova

³Galina S. Egorova

⁴Nadezda G. Kasterina

⁵Veronika N. Zaikina

¹Volgograd State Technical University, Russian Federation

400005, Volgograd, Lenin Av., 28

Dr of Sciences (Biol), Professor

E-mail: allaokol@mail.ru

²Volgograd State Technical University, Russian Federation

Dr of Sciences (Chem), Professor

E-mail: haialliss@mail.ru

³Volgograd State Agrarian University, Russian Federation

Dr of Sciences (Agric), Professor

E-mail: agro@volgau.com

⁴Volzhsky Polytechnical Institute – Branch of Volgograd State Technical University, Russian Federation

PhD (Biol)

E-mail: kokorinang@yandex.ru

⁵Volgograd State Technical University, Russian Federation

Postgraduate

E-mail: veronikazaikina@mail.ru

Abstract

One of the directions of optimization of water strategy and increase of efficiency, quality and stability of soils is use of hydrogel for regulation of water-streams in the soil.

Hydrogel makes sorption of the water which is in the soil in a condition of the thermodynamic potential close to zero. It allows to reduce loss of water from the soil by physical evaporation and an excess transpiration of plants as right after moistening the potential of water decreases at the expense of the gel incorporating gravitational and partially capillary water. After moistening, water from hydrogel gradually comes to the soil. The water expenditure plants occurs economically by stomatal regulation of transpiration. Therefore the coefficient of transpiration is significantly less, than without hydrogel.

The perspective sphere of their use is production of moisture-holding preparations for needs of agriculture, decorative and homestead plant growing.

Polyacrylamide hydrogel is a heterogeneous system as which disperse phase the spatial grid formed by polymer macromolecules serves. It represents the sewed copolymer of acrylamide and acrylic acid, insoluble in water. Under the influence of granule water quickly bulk up, holding thus in hundreds of times bigger, in relation to the weight, its quantity and nutritious elements containing in it. Results of pilot studies showed possibility of use of hydrogels for improvement of moisture-holding ability of soils.

Introduction of preparations on the basis of polyacrylamide to the soil of arid regions has the expressed positive influence on growth and a survival of plants. Broad use of acrylic polymers is limited to the high cost of such preparations. Poliakrilamidny gel can be considered as the potential carrier for insecticides, fungicides, herbicides and fertilizers.

Hydrophilic polymers (hydrogels) can change properties of the soil thanks to ability to adsorb the large amount of water in 400 and more times exceeding own weight (or more than 1 liter of water on 1 gram of dry polymer) that, in turn, influences the speed of an infiltration and evaporation, density and structure of the soil.

We studied sorption properties of hydrogels of two brands «Akrileks P-150» and «Acros» with various molecular weight. When studying these brands of hydrogel direct dependence of the bulking-up ability on their molecular weight is revealed. Positive influence of hydrogels on a crop of a garden radish (*Raphanus sativus*) in the light brown soil is established. Efficiency of use of hydrogels in the light brown soil is higher in not irrigated conditions. The prolonged effect of hydrogel in the light brown soil is defined. The structural condition of soils improves when using hydrogel both in irrigated and in not irrigated conditions.

Keywords: hydrogel, molecular weight, light brown soil, rain agriculture, irrigation, garden radish, viability, productivity.

Введение

Вода является глобальным дефицитом. Результат дождевой агрокультуры (зональные системы земледелия) в условиях степи, сухой степи, полупустыни лимитирован наличием атмосферных осадков [1–5].

В тоже время происходит значительный непроизводительный расход влаги из почвы на испарение и избыточную транспирацию при высокой влажности почвы. Этот эффект проявляется в большей степени при ирригации. В орошаемых условиях, кроме того, значительные количества воды, по сравнению с потребностью растений, непроизводительно теряются (более, чем в 10 раз) на преференсные потоки в зоне аэрации. Поэтому актуальна оптимизация рационального использования воды в почве для создания биологической продукции [6–8].

Одним из направлений рационализации водной стратегии и повышения продуктивности, качества и устойчивости почв является применение гидрогеля [9–11, 12–16].

Гидрогель сорбирует воду, находящуюся в почве в состоянии термодинамического потенциала, близкого к нулю. Это позволяет уменьшить потерю воды из почвы на физическое испарение и избыточную транспирацию растений, поскольку немедленно после увлажнения, за счет действия гидрогеля, вбирающего гравитационную и частично капиллярную воду, потенциал воды в почве понижается до величины от $-0,02$ до $-0,1$ МПа. Затем, после увлажнения, по мере понижения термодинамического потенциала воды в почве в диапазоне от $-0,2$ до $-0,4$ МПа вода из гидрогеля постепенно поступает в почву. Расход воды растениями происходит экономно путем устьичного регулирования транспирации, поэтому коэффициент транспирации существенно меньше, чем без применения гидрогеля [17].

Полимерные гидрогели представляют собой поперечно-сшитые гидрофильные полимеры, способные поглощать большие количества воды. В частности, они способны поглощать количество воды, в десятки раз превышающее их сухую массу, поэтому их называют «суперабсорбентами» (сверхпоглотителями). Некоторые из указанных материалов в состоянии поглотить более 1 литра воды на 1 грамм сухого полимера [18].

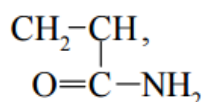
Гидрофильные акриловые полимеры находят широкое применение в различных областях народного хозяйства как суперабсорбенты. Их используют в промышленности, для удаления влаги из природного газа на газоразделительных установках, а также в медицине и быту, для изготовления биндажей для ран, салфеток, пеленок, тампонов, памперсов [19].

Применяют растворы полиакриламида в качестве агентов, снижающих гидравлическое сопротивление жидкостей при движении в турбулентном режиме, что позволяет стабилизировать буровые растворы при нефте- и газодобыче, увеличить скорость проходки пород при бурении скважин и снизить мощность силовых установок. Этот эффект используют при быстрой перекачке в турбулентном режиме течения по трубам нефтепродуктов, эмульсий и водных суспензий, в пожарной технике – для повышения дальноточности выброса струи воды из брандспойтов, а также для увеличения скорости движения судов и подводных лодок, когда в носовой части судна водные растворы полимеров впрыскивают в воду [19].

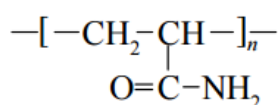
Перспективной сферой их применения является производство влагоудерживающих препаратов для нужд сельского хозяйства, декоративного и приусадебного растениеводства [9–11].

Полиакриламидный гидрогель (ПААГ) – это гетерогенная система, дисперсной фазой которой служит пространственная сетка, образованная макромолекулами полимера. Он представляет собой сшитый сополимер акриламида и акриловой кислоты, нерастворимый в воде. Его особенность состоит в том, что под действием воды гранулы быстро набухают, удерживая при этом в сотни раз большее, по отношению к своему весу количество воды и содержащиеся в ней питательные элементы. Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования гидрогелей для улучшения влагоудерживающей способности почв [12–16, 18–19].

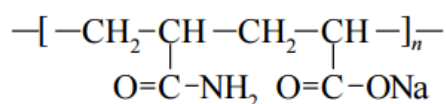
В настоящее время широко применяются водорастворимые полимеры на основе акриламида (АА), которые объединены общим названием «полиакриламиды» [20].



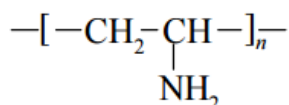
В эту группу входят полиакриламид (ПАА) – неионогенный полимер:



его анионные производные, например, частично гидролизированный ПАА:



и катионные производные, например поливиниламин а также сополимеры АА:



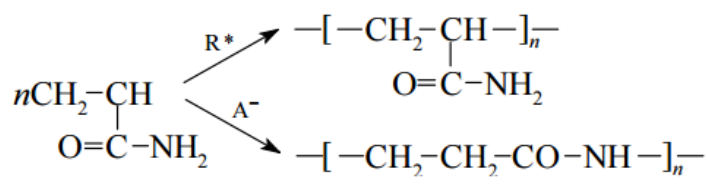
с различными ионогенными и неионогенными мономерами. Полимеры и сополимеры с разной молекулярной массой (ММ), молекулярно-массовым распределением, химическим составом и распределением звеньев исходных мономеров вдоль цепи, линейные, разветвленные и сшитые имеют разное функциональное назначение и различные области применения. Впервые акриламид был получен в 1893 году, однако освоение промышленного производства началось только в начале 50-х годов XX века, что сдерживалось плохой сырьевой базой [20].

Способность акриламида полимеризоваться в присутствии радикальных инициаторов обеспечили быстрое налаживание и расширение производства полимеров. Первоначально их применяли в качестве флокулянтов для осаждения и фильтрации шлама фосфоритов в технологии обработки урановых руд и прочностных добавок для бумаги, а в дальнейшем стали широко использовать в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве и медицине в качестве флокулянтов, загустителей, адгезивов, смазок, структурообразователей, пленкообразователей.

Несмотря на важные мирные профессии полимеров акриламида, их использование в оборонной промышленности значительно ограничило доступность научной информации, поэтому до начала 70-х годов в литературе отсутствовали сведения о технологии производства полимеров. В последние годы, наряду с улучшением сырьевой базы, создана научная основа для разработки полимеров с заданными свойствами. Разработаны перспективные методы синтеза полимеров – полимеризация и сополимеризация акриламида в концентрированных водных растворах и дисперсиях. Получили развитие методы химической модификации полимеров [20].

В настоящее время полимеры акриламида производят крупные фирмы США, Японии и развитых стран Европы. Они являются основными поставщиками полимеров на мировой рынок, а в России, Китае и ЮАР полимеры применяют для внутреннего потребления [19–20].

Акриламид легко полимеризуется с образованием линейного высокомолекулярного полимера под действием радикальных и ионных инициаторов, ультрафиолетового и радиационного излучения, ультразвука и электрического тока. Упрощенно радикальная и ионная полимеризация могут быть представлены схемой:



где знаками R^* и A^- – соответственно обозначены: радикал и анион.

Радикальная полимеризация – основной промышленный метод получения водорастворимого ПАА. При анионной полимеризации, образуется поли- β -аланин (найлон-3) – нерастворимый в воде полимер, растворяющийся только в некоторых органических растворителях при нагреве [20].

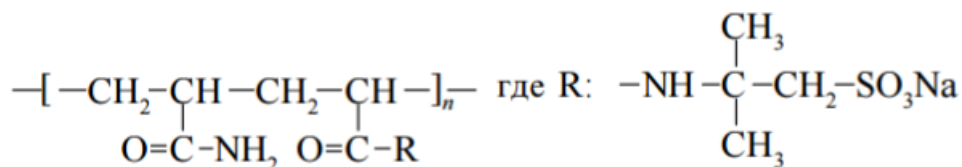
Наибольший практический интерес представляют полимеры с высокой молекулярной массой ($\text{MM} = 10^6\text{--}10^7$). Для их получения требуются: высокая чистота мономеров, малые концентрации инициатора, отсутствие кислорода и примесей ионов металлов, которые являются сокатализаторами [21].

На полимеризацию АА существенно влияет рН реакционной среды. При низких рН и высоких температурах возможно образование нерастворимых в воде сшитых полимеров вследствие создания между макромолекулами имидных мостиков ($\text{---CO---NH---CO---}$). При высоких рН протекает гидролиз амидных групп. Последнюю реакцию можно использовать для получения на стадии полимеризации частично гидролизованного ПАА (до 30 %).

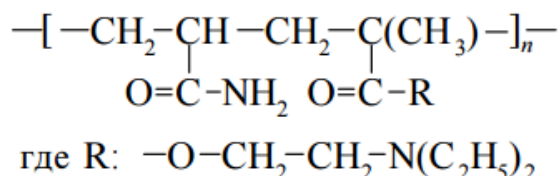
Полимеризацию проводят в водных растворах, водно-органических растворителях и дисперсных средах (в каплях водного раствора мономеров, диспергированных при механическом перемешивании в органических жидкостях в присутствии стабилизатора исходной дисперсии и образующегося полимера).

В зависимости от способа полимеризации полимеры получают в виде растворов, гранул, порошка и дисперсий полимеров в органических жидкостях. Распространенным промышленным способом их производства является полимеризация акриламида в водных растворах, что обусловлено получением полимеров со скоростью и молекулярной массой, недостижимыми при полимеризации в органических растворителях [21].

Радикальная сополимеризация АА с виниловыми мономерами используется для получения сополимеров, которые обладают лучшими потребительскими свойствами по сравнению с ПАА. Неионогенные сополимеры получают сополимеризацией АА с акрилонитрилом, акрилатами, винилиденхлоридом. При использовании в качестве сомономеров непредельных кислот или их солей получают анионные сополимеры, например сополимер акриламида с 2-акриламидо-2-метилпропансульфонатом натрия:



а при применении в качестве сомономера, например N,N'-диэтил-амино-этил метакрилата, получают катионный сополимер:



Привитую и блок-сополимеризацию используют для модификации свойств полимеров. В отличие от обычных сополимеров, звенья которых в цепях хаотически или регулярно чередуются, цепи привитых и блок-сополимеров построены из длинных последовательностей звеньев одного типа. У привитых сополимеров цепи имеют разветвленное строение, а у блок-сополимеров – линейное. С использованием радикальных инициаторов, ультрафиолетового и радиационного облучения осуществляют прививку АА на различные полимеры, например полиолефины, а стирол, акрилонитрил и другие мономеры прививают на ПАА. Блок-сополимеры получают и путем конденсации функциональных групп различных полимеров, одним из которых является ПАА [11, 20].

Внесение препаратов на основе полиакриламида (ПАА) в почву аридных областей имеет выраженное положительное влияние на рост и выживание растений [12, 14, 22–30]. Широкое применение акриловых полимеров ограничивается в основном их высокой стоимостью. Полиакриламидный гель можно рассматривать как потенциальный носитель для инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и удобрений [31].

Гидрофильные полимеры могут изменять свойства почвы благодаря способности адсорбировать большое количество воды, в 400 и более раз превышающее собственную массу (или более 1 литра воды на 1 грамм сухого полимера), что, в свою очередь, влияет на скорость инфильтрации и испарения, плотность и структуру почвы [10–11, 18, 32–38].

В острозасушливых условиях сухостепной зоны основным условием получения желаемой продуктивности и качества растений является обеспеченность её влагой. Одним из приёмов является применение веществ или препаратов, обеспечивающих удержание доступной для растений влаги в корнеобитаемом слое почвы. Таким препаратом является полиакриламидный гидрогель. В исследованиях В.И. Вержиковского с коллегами применение этого препарата в условиях аридного климата Калмыкии обеспечило существенную прибавку в урожайности за счёт лучшей обеспеченности растений почвенной влагой [22].

Полимерные гидрогели представляют собой поперечносшитые гидрофильные полимеры, способные поглощать большие количества воды. В частности, полимерные гидрогели «Акрилекс П-150» и «Acros», способные поглощать количества воды, в 10 раз превышающие их сухую массу, называются «суперабсорбентами» (сверхпоглотителями) [1–2, 21, 39].

Объекты и методы

Объектом исследования послужила почва дачного хозяйства Мичуринец в УНПЦ «Горная поляна», расположенного в 25 км от Волгограда. Свойства почв, их морфологические характеристики изученные нами ранее [40–43].

В полевых опытах исследовали две марки гидрогелей с различной молекулярной массой (M_r):

$$- \text{«Акрилекс П-150» } (M_r = 15 \cdot 10^4 \frac{\text{г}}{\text{моль}});$$

- «Acros» ($M_r = 6 \cdot 10^4 \frac{г}{моль}$).

Опыты с гидрогелем «Акрилекс П-150» проводили в течение двух лет, «Acros» – 1 год. Каждая марка гидрогеля исследована в рамках схемы полевого эксперимента:

- размер делянки (используемой площади) $S_{общ} = 100 \cdot 20 см^2 = 2000 см^2$;

- глубина внесения гидрогеля 5 см;

- концентрация вносимого гидрогеля в почве 0,5 г на 1 м² изучаемой светло-каштановой почвы;

- минеральные удобрения не вносили;

- концентрация органического удобрения (в виде навоза) внесенного однократно

$$C_{навоза} = 5 \frac{кг}{м^3};$$

- в качестве тестовой культуры использовали редис розовый (*Raphanus sativus*) [43];

- норма посева семян редиса $H_{посева} = 40 \frac{шт}{делянку} = 20 \frac{шт}{м^2}$;

- эксперимент проводили в 4-х повторностях.

Контроль – дождевая агрокультура (зональная агротехника, без гидрогеля). Изменение свойств почв при различных видах агрокультуры проводили по сравнению с целиной. Ирригационная агрокультура – оросительная норма от 18,4 мм (2013 г.) до 12,5, 6, 4,5 (2014 г), число поливов $n=1$ и $n=3$, глубина промачивания почвы, $h=30$ см (с гидрогелем и без гидрогеля). Дождевая агрокультура – с гидрогелем и без него. Гидрогель при ирригационной агрокультуре – в условиях дополнительного орошения.

Полив капельный, капельная лента Streamline толщиной 8 мм (Netafim, Израиль), изготовлена из высококачественного полиэтилена с добавлением светостабилизатора, что позволяет её эксплуатировать не только в глубине почвы, но и на поверхности. Внутри капельной ленты вмонтированы эмиттеры, посредством которых происходит равномерная подача оросительной воды.

Ширина зоны увлажнения – 40–60 см, которая неизменна по всей длине капельной ленты и равномерна по обе стороны от нее. Рекомендованный уровень фильтрации: 130 микрон/120 мэш. Лабиринт TurboNet™ обеспечивает широкие потоки воды, глубина и ширина капельницы по поперечному срезу повышает сопротивляемость засорению. Характеристики капельной ленты приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Характеристики капельной ленты фирмы Streamline (Netafim)

№ п/п	Наименование характеристик	Величина
1	Ширина зоны увлажнения, см	40 – 60
2	Расход воды, л/ч	1,6
3	Внутренний диаметр, мм	16,1
4	Внешний диаметр, мм	16,4
5	Толщина стенки, мм	0,20
6	Минимальное рабочее давление, МПа	0,02
7	Максимальное рабочее давление, МПа	0,08
8	Расстояние между капельницами, см	30
9	Тип капельницы – эмиттерная	–

Температурный режим за периоды исследований дан в таблице 2 и на рис. 1, 2.

Средняя температура воздуха за июнь за 2013–2014 гг.

Время	Средняя температура в течение месяца по годам, °С	
	2013	2014
Ночью с 0.00 – 5.59	+19	+17
Утром с 6.00 – 11.59	+23	+22
Днём с 12.00 – 17.59	+29	+28
Вечером с 18.00 – 23.00	+25	+24
Средняя температура за месяц по годам	+24	+23

В жаркие дни, когда температура была выше 20° С, поливали утром и вечером по 2 часа (6,4 л/день), 4 раза в неделю (25,6 л/неделю). В прохладные дни полив производили один раз в день по два часа (3,2 л/день), 4 раза в неделю (12,8 л/неделю). За июнь 2013 г. был один дождливый день, выпало 18,4 мм осадков, в июне 2014 г. – 3 дня, соответственно 12,5; 6 и 4,5 мм. Каждый дождь продолжался в течение примерно 3 часов.

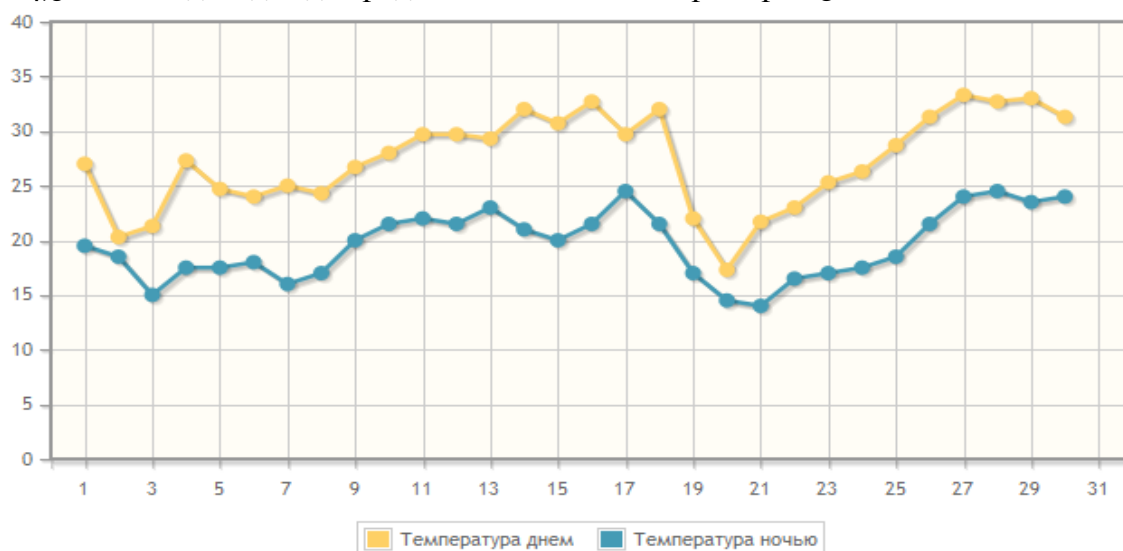


Рис. 1. Температура воздуха в июне 2013 г.

В июне 2013 года 22 дня температура днем превышала 25° С и выше, из них 13 дней – свыше 30° С. Температура ночью свыше 20° С – 16 ночей.

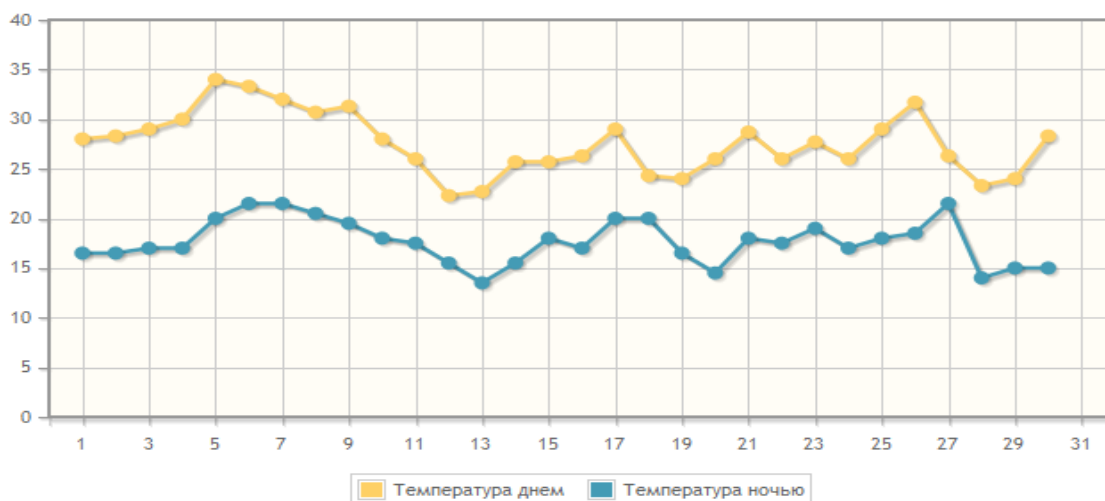


Рис. 2. Температура воздуха в июне 2014 г.

В июне 2014 года в течении 26 дней температура днем превышала 25° С и выше, из них 9 дней свыше 30° С. Температура ночью свыше 20° С – 10 ночей.

Обсуждение результатов

Масса одного корнеплода. После экспериментального испытания в полевых условиях гидрогеля марки «Акрилекс П–150», в первый год опыта было установлено, что масса одного корнеплода максимальна при орошении без геля (7,28 г), а в варианте с гелем масса корнеплода составила (7,44 г).

Учитывая метеорологические условия, то, что в первый год эксперимента выпало 18,4 мм осадков одновременно за целый день, почва хорошо пропиталась водой. А на второй год было три дня дождливых, дождь шел каждый раз по 3 ч. (суммарное количество осадков составило 23 мм). Поэтому были увлажнены только верхние горизонты почвы.

Высокие температуры 30 °С и выше вызвали уменьшение влажности в почве на 5 %, уменьшение числа всходов – на 5 %, замедление роста биомассы – на 5,9 г, изменение формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую с незначительным уменьшением массы корнеплода (табл. 3).

Аналогичная ситуация, как в случае с дождевой культурой, была отмечена и при искусственном орошении почвы без гидрогеля. В случае искусственного орошения разница более существенная. Из-за более высоких температур во второй (2014) год выпавшие осадки быстрее испарились из почвы, поэтому увеличения урожайности на фоне повышения суммарного количества осадков не последовало.

Высокие температуры, 30° С и выше, вызвали уменьшение влажности в почве на 12 % (на 5 и 17 % соответственно при сравнении с дождевой агрокультурой), уменьшение числа всходов – на 12,5 % (на 10 и 12,5 соответственно), замедление роста биомассы – на 97,7 г, изменения формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую с значительным уменьшением массы корнеплода на 4,7 г.

Таблица 3.

**Основные параметры применения гидрогеля П–150
в полевом опыте при посеве редиса**

Варианты опыта	Всхожесть, %		Количество всходов, шт/%		Биомасса растения, г		Масса корнеплода, г		Диаметр корнеплода, см	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
Без геля дождевая агрокультура	50,0	45,0	20	18	38,2	32,3	1,91	1,79	1,3	2,6
			50,0	45,0						
Без геля орошение	45,0	33,0	18	13	131,0	33,3	7,28	2,56	1,7	7,1
			45,0	32,5						
С гелем дождевая агрокультура	38,0	33,0	15	13	110,5	52,6	6,14	4,05	2,5	5,7
			37,5	32,5						
С гелем орошение	83,0	58,0	33	23	245,7	155,5	7,44	6,76	2,0	3,2
			82,5	57,5						

В случае менее засушливого лета во второй год опыта дополнительное орошение благотворно влияет на развитие редиса. Редис испытывал меньший дефицит влаги, поэтому прирост биомассы в 3,4 раза больше и корнеплода в 4,1 раза выше, чем у дождевой

культуры. При более засушливых условиях, когда температура превышает 30° С, дополнительное орошение фактически мало влияет на развитие редиса. Дефицит воды слишком велик, растения затормаживают свое развитие, а прирост биомассы и корнеплодов отличается незначительно. По сравнению с контролем, биомасса выше в варианте с дождевой агрокультурой с гелем – в 3,2 раза, на орошении без геля – в 3,8, на орошении с гелем – в 3,9.

Внесение гидрогеля в почву благоприятно влияет на изменения водного режима почвы. В почвах с гидрогелем размеры корнеплодов и биомасса приближаются к орошаемым почвам. В более засушливых условиях первого года эксперимента орошаемые почвы с гидрогелем и без него имеют одинаковую влажность почвы и сопоставимое число всходов.

Деформация формы корнеплода менее заметна в варианте опыта с внесением гидрогеля. Из-за более высоких температур во второй год (2014) выпавшие осадки быстрее испарились из почвы, поэтому увеличения урожайности на фоне повышения суммарного количества осадков не последовало. В случае внесения гидрогеля при температурах +30 °С и выше вызвали уменьшение влажности в почве на 5 %, уменьшение числа всходов – на 5 %, замедление роста биомассы – на 57,9 г, изменения формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую, со значительным уменьшением массы корнеплода на 3,2 г.

Аналогичная ситуация в опыте с гидрогелем при дополнительном орошении: выявлено уменьшение влажности в почве на 25 %, снижение числа всходов – на 25 %, снижение биомассы – на 90,2 г. Отмечено изменение формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую наряду со значительным уменьшением массы корнеплода на 1,2 г. Неблагоприятные условия в виде высоких температурных аномалий и отсутствия влаги, можно устранить при помощи внесения гидрогеля и дополнительного орошения почвы. В этом случае, отсутствует почти полностью дефицит влаги, растение развивается стабильно и полноценно, поэтому деформации корнеплода не происходит.

Без геля в опыте с дождевой агрокультурой растения более угнетены. С большим дефицитом влаги прирост биомассы минимален. Без геля с дополнительным орошением также отмечено угнетение корнеплодов, При меньшем дефиците влаги деформация корнеплода менее выражена. С гелем в условиях дождевой агрокультуры отмечена незначительная деформация формы корнеплода, более существенный прирост биомассы, нежели с дополнительным орошением без геля. В вариантах с гелем и на орошении отсутствует почти полностью деформация формы корнеплода, отмечен существенный прирост биомассы по сравнению в опыте с гелем в условиях дождевой агрокультуры.

Проводя испытания гидрогеля марки «Акрилекс П–150» на второй год опыта были получены следующие результаты: масса одного корнеплода максимальна на орошении с гелем, без геля – ниже в 2,6 раза.

Гидрогель марки «Акрилекс П–150» показал, что, по сравнению с контролем в условиях дождевой агрокультуры с гелем масса корнеплодов выше в 2,3 раза, на орошении без геля – в 1,4, с гелем – в 3,8 раза. Последствие второго года опыта снижает массу плода, по сравнению с первым годом в варианте дождевой агрокультуры с гелем – в 1,5 раза, на орошении без геля – в 2,8, с гелем – в 1,2 раза.

Гидрогель марки «Acros» показал, по сравнению с контролем масса одного редиса в варианте с гелем в опыте с дождевой агрокультурой выше в 2,6 раза, на орошении без геля – в 3,8, с гелем – в 4,5 раза.

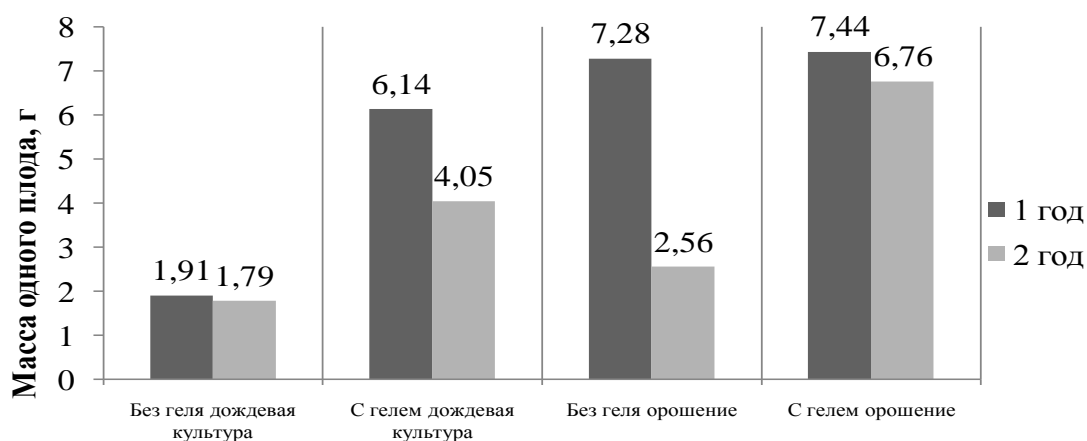


Рис. 3. Зависимость массы одного корнеплода от вариантов опыта

Количество всходов. Результаты испытаний гидрогелей различных марок сведены в две таблицы 3 и 4 (соответственно марки «Акрилекс П-150» – в табл. 3, и «Acros» – в табл. 4, рис. 1-5).

Таблица 4

**Параметры применения гидрогеля марки Acros
в полевом опыте при посеве редиса**

Варианты опыта	Всхожесть, %	Количество всходов, шт / %	Биомасса растения, г	Диаметр корнеплода, см	Масса корнеплода, г
Без геля дождевая культура	50	20	38,2	1,3	1,91
		50			
Без геля орошение	45	18	131,0	1,7	7,28
		45			
С гелем дождевая культура	35	13	60,72	5,81	4,67
		32,5			
С гелем орошение	70	28	243,26	2,75	8,69
		70			

Численность всходов во всех вариантах опыта снижается на второй год. В случае засушливого лета потери влаги при дополнительном орошении на 5 % выше нежели у дождевой культуры. Прирост биомассы в 3,4 раза и массы корнеплода 3,8 раза больше по сравнению с дождевой агрокультурой, а деформация корнеплода выше на 0,4 см. Влажность почвы в почве в условиях дождевой агрокультуры выше, поэтому и больше число всходов на 5 %. Применение гидрогеля с дополнительным орошением позволяет повысить всхожесть до 70 %, устранить деформацию формы корнеплода, увеличить биомассу в 4 раза и массу корнеплода – в 1,9 раз.

При сравнении результатов опытов без геля с орошением и с гелем в условиях дождевой агрокультуры, очевидно, что гель менее эффективен, чем обычное орошение, так как с гелем при дождевой агрокультуре всхожесть редиса ниже на 12,5 %, биомасса – в 2,2 раза, масса корнеплода меньше в 1,6 раз, чем при обычном орошении.

При экстремальных температурах орошение более эффективно, чем внесения гидрогеля на дождевых культурах.

Анализируя данные по контролю численности всходов, было установлено: на контроле в течение двух лет опыта выше, чем на вариантах орошения без геля и дождевая агрокультура с гелем.

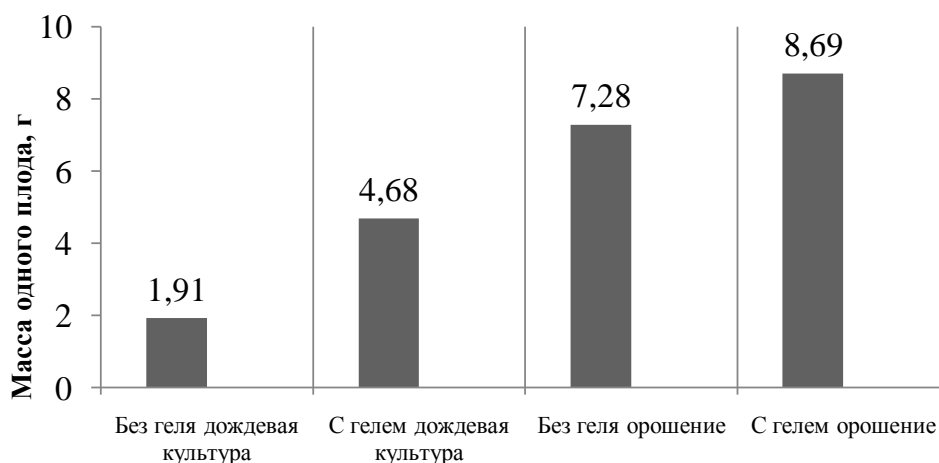


Рис. 4. Зависимость массы корнеплода от вариантов опыта

Без геля на орошении в первый год опыта с гелем «Акрилекс П-150» и «Acros» одинаково и равно 18 всходов. Наибольшее их количество в варианте орошения с гелем «Акрилекс П-150», в течение двух лет, соответственно 33 и 23 шт. и «Acros» – 28 шт.

Размер тестовой культуры. Используя гидрогель «Акрилекс П-150» в первый год опыта было выявлено следующее: в условиях дождевой агрокультуры с гелем возрастает диаметр редиса в 4,4 раза, на орошении без геля – в 5,5 раза, с гелем – только в 2,5 раза по сравнению с контролем (дождевая агрокультура без геля).

Уже на второй год применения данной марки гидрогеля П-150 были получены совершенно иные результаты: в условиях дождевой агрокультуры с гелем – практически такой же, как на контроле, в вариантах орошения с гелем и без него – меньше, чем на контроле.

Разные марки гидрогеля в идентичных условиях показали не существенно, отличные друг от друга результаты.

В опыте дождевой агрокультуры результаты сопоставимы при сравнении обоих гелей, «Акрилекс П-150» – 5,7, «Acros» – 5,4 см. Гидрогель марки «Acros» в варианте дождевой агрокультуры с гелем выше, чем на контроле в 4,2 раза, на орошении без геля – только на 0,4 см, с гелем выше в 2,2 раза.

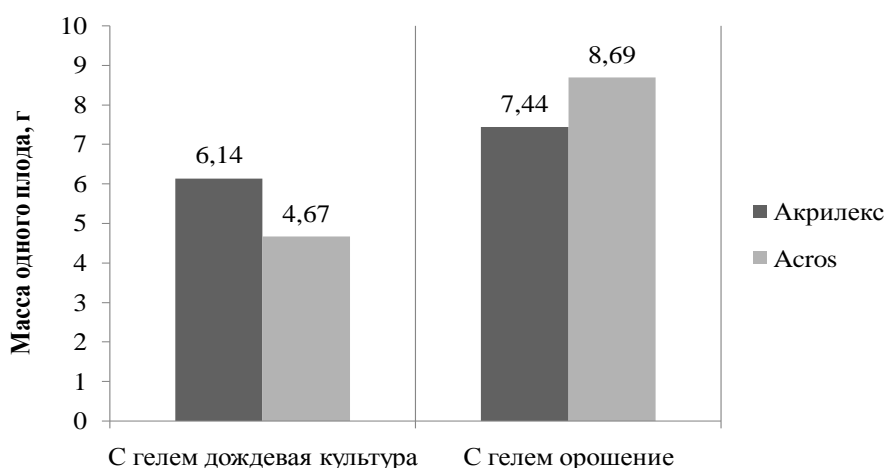


Рис. 5. Зависимость массы одного корнеплода от вариантов опыта для двух разных гидрогелей

Всхожесть тестовой культуры в процентном соотношении. «Акрилекс П-150», 1 год опыта. Всхожесть максимальна в варианте орошение с гелем (выше контроля в 2,2 раза). В условиях дождевой агрокультуры с гелем меньше, чем на орошении с гелем в 2,2 раза. В вариантах дождевой агрокультуры с гелем и орошение без геля всхожесть меньше, чем на контроле, соответственно 38 и 45 %.

«Акрилекс П-150», 2 год опыта. На второй год максимальная всхожесть установлена при орошении с использованием гидрогеля (выше, чем на контроле в 1,3 раза). Наименьшая – на варианте дождевой агрокультуры с гелем и орошении без геля – по 33 %.

«Acros». Максимальная всхожесть в варианте на орошении с гелем (70 %), выше контроля в 1,4 раза, в опыте дождевой агрокультуры с гелем, меньше, чем на контроле (35 %) и на орошении без геля составляет 45 %.

Всхожесть семян при сравнении обоих гелей максимальна на варианте гель с орошением соответственно 83 % с использованием «Акрилекс П-150» и 70 % – «Acros», одинакова на вариантах без геля при дождевой агрокультуре (по 50 %) и без геля орошение (по 45 %) и сопоставима в варианте дождевой агрокультуры с гелем, соответственно 38 и 33 %.

Гидрогели являются высокоэффективным средством искусственной оптимизации свойств почв [44], что позволяет повысить их влагоудерживающую способность, улучшить структурное состояние. Продолжительность действия гидрогеля в эксперименте меньше на фоне стандартной ирригации. Это указывает на известное обстоятельство серьезного дефекта стандартной парадигмы ирригации, в которой распределение воды в почве выполняют фронтально [45, 46], поэтому после полива количество воды избыточно. Как с точки зрения питания растений почвенным раствором, так и с точки зрения устойчивости водно-физических свойств почвы – гидрогель на фоне ирригационного переувлажнения быстрее утрачивает свои свойства по сравнению с вариантом дождевой агрокультуры. Это подтверждает необходимость модернизации водной стратегии [12, 27–28].

Свойства почв. Светло-каштановые почвы малогумусны (табл. 5). Доля органического углерода в верхнем горизонте целинной почвы равна 0,91 %, пашни – 0,77 %. Ранее Г. С. Егоровой с соавтором [40–41] была показана возможность увеличения содержания гумуса в светло-каштановой почве под семенной люцерной в опыте без применения удобрений на третий год пользования с 1,81 до 1,98 %, с применением удобрений P_{120} – с 1,81 до 2,10 %.

На исследуемом нами участке в опытах без геля содержание органического углерода на в условиях дождевой агрокультуры выше, чем на целине, соответственно 2,91 и 2,26 %

(табл. 5). Это подтверждает полученную нами ранее зависимость. В условиях орошения повышается доля органического углерода с 2,91 (дождевая агрокультура) до 3,32 %.

Таблица 5

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) и коэффициент структурности (K_c) исследуемых почв

Варианты	$C_{орг}$, %		K_c	
	2012	2013	2012	2013
Целина	2,26	Не опр.	2,38	Не опр.
Без геля, дождевая агрокультура	2,91	2,85	2,29	1,46
Без геля орошение	3,32	2,50	4,66	1,75
С гелем, дождевая агрокультура	4,69	3,18	3,99	2,40
С гелем орошение	3,24	2,85	4,51	2,06

В опытах с гелем максимальное повышение его содержания (до 4,69 %) выявлено на неорошаемом участке. В условиях орошения доля $C_{орг}$ выше, чем при дождевой агрокультуре. Во всех вариантах по сравнению с контролем концентрация $C_{орг}$ выше и снижается на второй год последствия. Наиболее эффективно действие геля в неорошаемых условиях при дождевой агрокультуре.

Исследуемые нами светло-каштановые почвы Горной поляны показали, что по величине коэффициента структурности (выше 1,5) агрегатное состояние их отличное. Максимальная величина K_c в почве целины – 2,80, наименьшая – в пахотной почве (2,01). Выявлена тенденция: с уменьшением физической глины увеличивается величина K_c , за счет снижения доли микроагрегатов. Полевой опыт показал, что структурное состояние почв в вариантах без геля лучше в орошаемых условиях, коэффициент структурности K_c возрастает с 2,29 до 4,66. В вариантах с гелем при дождевой агрокультуре и на орошении структурное состояние почв выше, чем без него. В этих условиях орошение геля способствует более высокому значению K_c . Во всех вариантах значение K_c на второй год опыта снижается.

Заключение

1. Мелиоративные мероприятия – орошение и применение геля повышают показатели всхожести редиса.
2. Наиболее эффективно применение геля в условиях дождевой агрокультуры.
3. На второй год применения гидрогеля его эффективность снижается в орошаемых условиях в 4 раза, в условиях дождевой агрокультуры – вдвое.
4. Сопоставимость эффективности применения гидрогелей с разной молекулярной массой позволяет рекомендовать гель с наименьшей, «Акрилекс П-150».
5. Всхожесть семян редиса при сравнении обоих гелей максимальна на варианте гель с орошением соответственно 82,5 % при применении «Акрилекс П-150» и 70 % – «Acros», одинакова на вариантах без геля при дождевой агрокультуре (50 %) и без геля орошение (45 %) и сопоставима в варианте дождевой агрокультуры с гелем, соответственно 38 и 33.
6. Гидрогель наиболее эффективно повышает содержание органического углерода в условиях дождевой агрокультуры. Структурное состояние почв улучшается при использовании гидрогеля и в орошаемых и в неорошаемых условиях.
7. Изучены сорбционные свойства гидрогелей с различной молекулярной массой. Выявлена прямая зависимость набухающей способности от их молекулярной массы. Выявлено положительное влияние гидрогелей на урожай редиса в светло-каштановой почве и на свойства почвы.
8. При экстремальных температурах орошение более эффективно, чем внесение гидрогеля в условиях дождевой агрокультуры (всхожесть, биомасса и масса корнеплода).
9. С гелем в условиях дождевой агрокультуры отмечена незначительная деформация формы корнеплода, более существенный прирост биомассы, нежели с дополнительным

орошением без геля. В вариантах с гелем и на орошении отсутствует почти полностью деформация формы корнеплода, больше биомасса.

Примечания[^]

1. Okolelova Alla A., Tatyana G. Voskoboynikova, Ruslan O. Manov Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // *Biogeosystem Technique*, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
2. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Манов Р.О. Увеличение всхожести семян редиса с помощью гидрогеля на различных типах почв. // *Научные ведомости Белгородского университета. Сер. Естественные науки*. 2015. № 9 (206). Вып. 31. С. 37–42.
3. Wiß F., Stacke T., Hagemann, S. Staristical analisis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, 2014. Vol. 16, EGU2014-14086.
4. Devineni N., Lall U., Etienne E., Shi D., Xi C. Americas water risk: Current demand and climate variability // *Geophysical Research Letters*. 2015. V. 42. I. 7. p. 2285–2293.
5. Wu ZD., Lall U., Zhao M. A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production // *Applied Mechanics and Materials*. 2013. V. 275. p. 2718–2722.
6. Kalinichenko V. Biogeosystem Technique – as a base of the new world water strategy // *Biogeosystem Technique*. 2014. V. 2. № 2. Pp. 100–124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100
7. Kalinitchenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Tatiana Minkina, Natalia Solntseva, Andrey Skovpen, Ali Zarmaev, Vaha Jusupov, and Olga Lohmanova Biogeosystem technique – the fundamental base of modern Water Policy and Management // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. Viena, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17014.
8. Калиниченко В.П., Минкина Т.М., Безуглова О.С., Зармаев А.А., Романов О.В., Ким В.Ч. Концепция внутрипочвенной дискретной импульсной ирригации. // *Природообустройство*. 2013. № 2. С. 6–11. [http://ieek.timacad.ru/content /Nauch/zhurnal_prirodoobustr/priroda_2_2013.pdf](http://ieek.timacad.ru/content/Nauch/zhurnal_prirodoobustr/priroda_2_2013.pdf)
9. Грицай И.С., Максимова Н.Б., Вороничев А.А. Биологическая диагностика загрязнения городских почв на примере г. Рубцовска Алтайского края. Матер. межд. научн. конф. «Экология и биология почв. 17–19 ноября 2014 г. Ростов-на-Дону. 2014. С. 511–512.
10. Куренков В.Ф. Водорастворимые полимеры акриламида // *Соросовский образовательный журнал*. 1997. № 5. С. 48–53.
11. Юскаева Г.И. Использование полиакриламидного полимера В–415 в искусственном лесовосстановлении в условиях Пензенской области. Экологические аспекты устойчивого развития человечества. // Матер. Междунар. науч-практ. конф. (Москва-Пенза, 13–14 апреля 2010 г.). НОУ ВПО «Академия МНЭПУ». Пензенский филиал, Управл. природ. ресурсами окруж. среды по Пензенской области. М., 2010. С. 149–152.
12. Тибирьков А.П., Филин В.И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья. *Известия Нижне-Волжского агроуниверситетского комплекса*. 2013. № 4(32). С. 84–89.
13. Colin C. Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analist ArcUser // *The Magasine for ESRI Software Users*. July-September. 2004. 120 p.
14. Hilel D. *Fundamentals of soil physic*. N-Y.: Acad. Press, 1980. 300 p.
15. Nemes A. Unsaturated soil hydraulic database of Hungary HUNSODA. // *Agrokemiaes. Talajtan*. 2004. № 51. (1-2). p. 23–35.
16. Pachepsky Ya.A., Rawis W. J. Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. *Development in Soil Science*. Elsevier. Amsterdam, 2004. 113 p.
17. Shein E, Kukharuk N, Panini S. Soil Water Retention Curve Experimental and Pedotransfer Data to Forecast Water Movement in Soils // *Biogeosystem Technique*. 2014. V. 1 № 1. p. 89–96. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.89
18. Наумов П.В., Щербакова Л.Ф., Околелова А.А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерного гидрогеля. // *Известия Нижнее-Волжского агроуниверситетского комплекса*. 2011. № 4 (24). С. 77–81.

19. Околелова А.А., Егорова Г.С., Воскобойникова Т.Г. Применение гидрогеля в светло-каштановой почве. // Межд. Ж. Естественно-гуманитарные исследования. 2015. № 10 (4). С. 4–9.
20. Okolelova A.A., Voskoboinikova T.G., Manov R.O. Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // Biogeosystem Technique, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
21. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Терехова Д.В., Сукуркина А.С. Набухающая способность гидрогеля марки Акрилекс П–150. Матер. I Междунар. науч-практ. конф. «Естественнонаучное знание в 21 веке» Краснодар, 2012. С. 286.
22. Вержиковский В.И., Кузьмин Ю.М., Маслов Ю.М., Янов В.И. К вопросу влияния накопителя влаги на урожайность овощных культур в Калмыкии // Экологические проблемы использования ресурсного потенциала Республики Калмыкия: сб. науч. тр. / ЮжНИИгипрозем. Элиста, 1997. Т. 2. С. 114–115.
23. Кротов П.В. Влияние влагонабухающих гидрогелей на оптимальное влагообеспечение и питание сельскохозяйственных культур в звене севооборота // Автореферат дисс. к.с. – х.н. Немчиновка. 1996. 22 с.
24. Кузнецов А.Ю. Влияние полимерной мелиорации на свойства чернозема выщелоченного, тепличного почвогрунта и урожайность сельскохозяйственных культур: Автореф. дисс. к.с.–х.н. Пенза, 2003. 25 с.
25. Кузнецова И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 81–88.
26. Максимова Ю. Г., Максимов А. Ю., Демаков В.А., Будников В.И. Влияние гидрогелей полиакриламида на микрофлору почвы. Вестник ПГУ. Отдел Биологический. 2010. (1) С. 45–49.
27. Скворцова Е.Б. Геометрические признаки почвенной структуры. / Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения. Труды 11 национ. конф. с междунар. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. Т. 1. С. 209–211.
28. Хан К.Ю., Поздняков А.И., Сон Б.К. Агрегатная структура почв: теоретические и экспериментальные аспекты исследования. /Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения. Труды 11 национ. конф. с междунар. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. Т. 1. С. 122–125.
29. Чичулин А.В., Дитц Л.Ю. Симметрия физических явлений в почвах. / Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения. Труды 11 национ. конф. с междунар. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. Т. 1. С. 62–64.
30. Kabiri H. Introduction and Application of Super Absorbent Hydrogels, the Third Training Course and Seminar on Agricultural Applications of Superabsorbent Hydrogels. Iran Polymer and Petrochemical Institute. 2005. 120 p.
31. Zeiliger A.M., Pachepsky Ya.A., Rawls W.J. Estimating water retention of sandy soils using the additivity hypothesis // Soil Sciences. 04/2000; 165(5):373-383. DOI: 10.1097/00010694-200005000-0000
32. Гроссберг А. Ю., Хохлов А. Р. Физика в мире полимеров. М.: Наука, 1989. 208 с.
33. Валуев Л.И., Валуева Т.А., Валуев И.Л., Платэ Н.А. Полимерные системы для контролируемого выделения биологически активных соединений // Успехи биологической химии. 2003. Т. 43. С. 307–328.
34. Дирш А.В., Борхунова Е.Н., Федорова В.Н. Взаимодействие полиакриламидных гидрогелей с биологическими тканями // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. 2004. № 3. С. 30–43.
35. Зеер Г.М., Фоменко О.Ю., Ледяева О.Н. Применение сканирующей электронной микроскопии в решении актуальных проблем материаловедения // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2009. № 2. С. 287–293.
36. Филиппова О. Е. «Умные» полимерные гидрогели // Природа. 2005. № 8. С. 41–48.
37. Хохлов А.Р. Восприимчивые гели // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 11. С. 138–142.

38. Щербакова Л.Ф., Наумов П.В., Околелова А.А. К вопросу ремедиации территорий размещения объектов уничтожения химического оружия. // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 11. Ч. 2. С. 424–429.

39. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А. Повышение плодородия почв в сухостепной зоне с помощью гидрогелей. Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути их решения». Томск, Изд-во Томского Политехнического Университета. 2014. С. 19–21.

40. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации. Волгоградской области. Волгоград. ВГАУ, 2014. 224 с.

41. Егорова Г.С., Околелова А.А. Физиологические особенности развития и произрастания люцерны. // *Агрономия*. Волгоград, 2003. Вып. 3. С. 26–30.

42. Околелова А.А., Стяжин В.Н., Касьянова А.С. Оценка продуктивности почв с помощью регрессионного анализа. // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 3 (42). С. 328–332.

43. ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».

44. Bezuglova O., Anastasiya E. The Use of Lignite and Compost-based Sewage as a Fertilizer and Soil Ameliorants // *Biogeosystem Technique*. 2014. V. 1. № 1. p. 41–49. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.41

45. Бобченко В.И. Технология гидроциклически-богарных комплексных мелиораций // *Сборник паспортов по агропочвоведению*. М.: ЦБНТИ, 1989. С. 39–40.

46. Стратинская Э.Н., Докучаева Л.М., Андреева Т.П. Изменение гумусного состояния черноземов обыкновенных при циклическом орошении. // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2011. № 1. С. 13–17. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec17-field6.pdf

References:

1. Okolelova Alla A., Tatyana G. Voskoboynikova, Ruslan O. Manov Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // *Biogeosystem Technique*, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82

2. Voskoboynikova T G., Okolelov A.A., Manov R.O. Increase of viability of seeds of a garden radish by means of hydrogel on various types of soils. *Scientific Journal of the Belgorod University. Series of Natural sciences*. 2015. №. 9 (206). Release 31. pp. 37–42.

3. Wiß F., Stacke T., Hagemann, S. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, 2014. Vol. 16, EGU2014-14086.

4. Devineni N., Lall U., Etienne E., Shi D., Xi C. Americas water risk: Current demand and climate variability // *Geophysical Research Letters*. 2015. V. V. 42. I. 7. pp. 2285–2293.

5. Wu ZD., Lall U., Zhao M. A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production // *Applied Mechanics and Materials*. 2013. V. 275. pp. 2718–2722.

6. Kalinichenko V. *Biogeosystem Technique – as a base of the new world water strategy* // *Biogeosystem Technique*. 2014. V. 2. № 2. pp. 100–124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100

7. Kalinitchenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Tatiana Minkina, Natalia Solntseva, Andrey Skovpen, Ali Zarmaev, Vaha Jusupov, and Olga Lohmanova *Biogeosystem technique – the fundamental base of modern Water Policy and Management* // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. Viena, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17014.

8. Kalinichenko V.P., Minkina T.M., Bezuglova O. S., Zarmayev A.A., Romanov O. V., Kim V. Ch. Concept of an intra-soil discrete pulse irrigation // *Environmental engineering*. 2013. №. 2. pp. 6–11. http://ieek.timacad.ru/content/Nauch/zhurnal_prirodoobustr/priroda_2_2013.pdf

9. Grizai I.S., Maximov N. B., Voronichev A.A. Biological diagnostics of pollution of city soils on the example of Rubtsovsk, Altai Krai. // *Materials of international scientific conference “Ecology and biology of soils”*. November 17–19, 2014. Rostov-on-Don, 2014. pp. 511–512.

10. Kurenkov V.F. Water-soluble polymers of acrylamide // *Sorosovsky educational magazine*. 1997. № 5. pp. 48–53.

11. Yuskaeva G.I. Using polyacrylamide polymer B-415 in the artificial reforestation under the domain, Penza environmental aspects of sustainable development of mankind. // Mater. Intern. Scientific-practical Conf. (Moscow, Penza, 13–14 April 2010). NOU VPO «Academy MNEPU». Penza Branch of Nature Resources environmental control. M., 2010. pp. 149–152.
12. Tibirkov A.P., Filin V.I. Effect of polyacrylamide hydrogel structure-aggregate composition of the arable layer of light-brown soils of the Volga-Don interfluvium. // Proceedings of the Lower Volga Agrouniversity complex. 2013. № 4 (32). pp. 84–89.
13. Colin C. Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst ArcUser the Magazine for ESRI Software Users. Iulay-September. 2004. 120 p.
14. Hillel D. Fundamentals of soil physics. N-Y.: Acad.-Press, 1980. 300 p.
15. Nemes A. Unsaturated soil hydraulic database of Hungary HUNSODA. // Agrochimica. Talajtan. 2004. № 51, V. (1–2). pp. 23–35.
16. Pachepsky Ya.A., Rawls W.J. Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. Development in Soil Science. Elsevier. Amsterdam, 2004. 113 p.
17. Shein E, Kukharuk N, Panini S. Soil Water Retention Curve Experimental and Pedotransfer Data to Forecast Water Movement in Soils // Biogeosystem Technique. 2014. V. 1. № 1. pp. 89–96. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.89
18. Naumov P.V., Shcherbakova L.F., Okolelova A.A. Optimization of soil moisture using polymer hydrogels. // Proceedings of the Lower Volga Agrouniversity complex. 2011. № 4 (24). pp. 77–81.
19. Okolelova A.A., Egorova G.S., Voskoboinikov T.G. Use of hydrogel in the light brown soil. // Natural and humanitarian researches. 2015. №. 10 (4). pp. 4–9.
20. Okolelova A.A., Voskoboinikova T.G., Manov R.O. Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // Biogeosystem Technique, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
21. Voskoboinikova T.G., Okolelova A.A., Terekhov D.V., Sukurkina A.S. The ability of the hydrogel swells brand Akroleks P-150. // Proceedings of the 1st Int. Conf. «Scientific knowledge in the 21st century». Krasnodar, 2012. pp. 286–290.
22. Verzhikovskiy V.I., Kuzmin Yu.M., Maslov Yu.M., Yanov V.I. To the question of influence of moisture storage on yield of vegetable crops in Kalmykia // Ecological problems of resource potential of Kalmykia Republic. Collection of scientific papers of YuzhNIIGiprozem. Elista, 1997. V. 2. pp. 114–115.
23. Krotov P.V. Influence of intensive moisture adsorptive hydrogels on the optimum moisture and food crops in crop rotation link // Abstract of diss. cand. of Sc (Agric) Nemchinovka, 1996. 22 p.
24. Kuznetsov A.Y. Effect of the polymer reclamation on the properties of leached chernozem, greenhouse soil and crop yield: Abstract of diss. cand. of Sc (Agric). Penza, 2003. 25 p.
25. Kuznetsova I.V. On some criteria for the evaluation of the physical properties of soil // Soil Science. 1979. № 3. pp. 81–88.
26. Maksimov Yu., Maksimov A., Demakov V.A., Budnikov V. I. Effect of polyacrylamide hydrogel on soil microflora. // Vestnik PGU. Department of Biology. 2010. Vol. 1. pp. 45–49.
27. Skvortsova E.B. Geometric signs of soil structure. / Organization of soil systems. Methodology and History of Soil Science. Proceedings of the 11th National Conf. with Intern. Participation «Problems of history, methodology and philosophy of Soil Science». November 5–9, 2007. Pushchino, 2007. Vol. 1. pp. 209–211.
28. Han K., Pozdnyakov A.I., Son B.K. Aggregate soil structure: theoretical and experimental aspects of the study / Organization of soil systems. Methodology and History of Soil Science. Proceedings of the 11th National Conf. with Intern. Participation «Problems of history, methodology and philosophy of Soil Science» November 5–9, 2007, Pushchino, 2007. V. 1. pp. 122–125.
29. Chichulin A.V., Ditz L.Y. The symmetry of the physical phenomena in soils. / Organization of soil systems. Methodology and History of Soil Science. Proceedings of the 11th National Conf. with Intern. Participation «Problems of history, methodology and philosophy of Soil Science» November 5–9, 2007, Pushchino, 2007. V. 1. pp. 62–64.
30. Kabiri H. Introduction and Application of Super Absorbent Hydrogels, the Third Training Course and Seminar on Agricultural Applications of Superabsorbent Hydrogels. Iran

Polymer and Petrochemical Institute. 2005. 120 p.

31. Zeiliger A.M., Pachepsky Ya.A., Rawls W.J. Estimating water retention of sandy soils using the additivity hypothesis // *Soil Sciences*. 04/2000; 165(5):373-383. DOI: 10.1097/00010694-200005000-00001

32. Grosberg Yu, Khokhlov A.R. *Polymer Physics World*. M.: Nauka, 1989. 208 p.

33. Valuev L.I., Valuev T.A., Valuev I.L., Plate N.A. The polymeric controlled release systems for bioactive compounds // *Successes of Biological Chemistry*. 2003. V. 43. pp. 307–328.

34. Dirsh A.V., Borhunova E.N., Fedorov V.N. Interaction of polyacrylamide hydrogels with biological tissues // *Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*. 2004. № 3. pp. 30–43.

35. Zeer G.M., Fomenko O.J., Ledjaeva O.N. The use of scanning electron microscopy in solving urgent problems of materials // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. 2009. № 2. pp. 287–293.

36. Filippova O. E. «Smart» polymeric hydrogels // *Nature*. 2005. № 8. pp. 41–48.

37. Khokhlov A. R. Responsive gels // *Soros Educational Journal*. 1998. № 11. pp. 138–142.

38. Shcherbakova L.F., Naumov P.V., Okolelova A.A. On the issue of remediation of accommodation facilities areas for destruction of chemical weapons. // *Basic research*. 2011. № 11. Part 2. pp. 424–429.

39. Voskoboynikova T.G., Okolelova A.A. Improving Soil Fertility in the dry steppe zone using hydrogels. // All-Russian scientific-practical conference of young scientists and students «Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions» Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2014. pp. 19–21.

40. Okolelova A.A., Jeltobruhov V.F. Egorova G.S., Kasterina N.G., Merzlyakova A.S. Features of soil Volgograd agglomeration. Volgograd region. Volgograd: VSAU, 2014. 224 p.

41. Egorova G.S., Okolelov A.A. Physiological features of development and growth of a alpha-alpha. // *Agronomics*. Volgograd: 2003. Release 3. pp. 26–30.

42. Okolelova A.A., Styazhin V.N., Kasyanov A.S. Estimation of efficiency of soils by means of the regression analysis. // *Basic researches*. 2012. №. 3 (42). pp. 328–332.

43. GOST 12038-84 «Seeds of crops. Methods of determination of viability».

44. Bezuglova Olga S., Anastasiya E. Shimko The Use of Lignite and Compost-based Sewage Sludge as a Fertilizer and Soil Ameliorants // *Biogeosystem Technique*. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 41–49. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.41

45. Bobchenko V.I. Technology of hydro-cyclic melioration // *The Collection of passports on Agro-Science*. M.: TsBNTI, 1989. pp. 39–40.

46. Stratinskaya E.N., Dokuchayeva L.M., Andreyeva T.P. Change of a humus condition of chernozems ordinary at a cyclic irrigation. // *Scientific Journal of Russian Scientific-Research Institute of Problems of Melioration*. 2011. №. 1. pp. 13–17. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec17-field6.pdf

УДК 631.41

Влияние гидрогелей на продуктивность светло-каштановых почв

¹ Алла Ароновна Околелова

² Надежда Александровна Рахимова

³ Галина Сергеевна Егорова

⁴ Надежда Геннадьевна Кастерина

⁵ Вероника Николаевна Заикина

¹ Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
д.б.н., профессор

E-mail: allaokol@mail.ru

² Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
д.х.н., профессор

E-mail: haialliss@mail.ru

³ Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация
д.б.н., профессор
E-mail: agro@volgau.com

⁴ Волжский политехнический институт филиал (ВолгГТУ), Российская Федерация
к.б.н., старший лаборант
E-mail: kokorinang@yandex.ru

⁵ Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
аспирант
E-mail: veronikazaikina@mail.ru

Аннотация. Одним из направлений оптимизации водной стратегии и повышения продуктивности, качества и устойчивости почв является применение гидрогеля для регулирования потоков в почве. Гидрогель производит сорбцию воды, находящейся в почве в состоянии термодинамического потенциала, близкого к нулю. Это позволяет уменьшить потерю воды из почвы на физическое испарение и избыточную транспирацию растений, поскольку сразу после увлажнения потенциал воды снижается за счет геля, вбирающего гравитационную и частично капиллярную воду. После увлажнения, вода из гидрогеля постепенно поступает в почву. Расходование воды растениями происходит экономно путем устьичного регулирования транспирации, поэтому коэффициент транспирации существенно меньше, чем без гидрогеля.

Перспективной сферой гидрогеля использования гидрогеля является производство влагоудерживающих препаратов для нужд сельского хозяйства, декоративного и приусадебного растениеводства.

Полиакриламидный гидрогель – это гетерогенная система, дисперсной фазой которой служит пространственная сетка, образованная макромолекулами полимера. Он представляет собой сшитый сополимер акриламида и акриловой кислоты, нерастворимый в воде. Под действием воды гранулы быстро набухают, удерживая при этом в сотни раз большее, по отношению к своему весу, ее количество и содержащиеся в ней питательные элементы. Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования гидрогелей для улучшения влагоудерживающей способности почв.

Внесение препаратов на основе полиакриламида в почву аридных областей имеет выраженное положительное влияние на рост и выживание растений. Широкое применение акриловых полимеров ограничено высокой стоимостью таких препаратов. Полиакриламидный гель можно рассматривать как потенциальный носитель для инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и удобрений.

Гидрофильные полимеры (гидрогели) могут изменять свойства почвы благодаря способности адсорбировать большое количество воды, в 400 и более раз превышающее собственную массу (или более 1 литра воды на 1 грамм сухого полимера), что, в свою очередь, влияет на скорость инфильтрации и испарения, плотность и структуру почвы.

Нами изучены сорбционные свойства гидрогелей двух марок «Акрилекс П-150» и «Acros» с различной молекулярной массой. При изучении этих марок гидрогеля выявлена прямая зависимость набухающей способности от их молекулярной массы. Установлено положительное влияние гидрогелей на урожай редиса (*Raphanus sativus*) в светло-каштановой почве. Эффективность применения гидрогелей в светло-каштановой почве выше в неорошаемых условиях. Определено пролонгированное действие гидрогеля в светло-каштановой почве. Структурное состояние почв улучшается при использовании гидрогеля и в орошаемых и в неорошаемых условиях.

Ключевые слова: Гидрогель, молекулярная масса, светло-каштановая почва, дождевая агрокультура, орошение, редис, всхожесть, урожайность.