

## PREPARATION OF HYDROGELS BASED ON NATURAL POLYMERS FOR PELLETING OF SUGAR BEET SEEDS

*D.N. Makhayeva\**, *G.S. Irmukhametova*, *A.K. Toktabayeva*, *R.K. Rakhmetullayeva*

*al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*\*E-mail: [danelya.1993@gmail.com](mailto:danelya.1993@gmail.com)*

**Abstract.** *Introduction.* One of humanity's important problems is the lack of water in arid regions. One of the ways to solve the water shortage problem is the use of seed pelleting technology. The polymer film coating contributes to the effective maintenance of their quality during storage, including humidity regulation. The creation of effective coatings based on biodegradable natural polymers will help preserve natural resources and prevent environmental pollution. *The purpose of this work* is the radiation synthesis and characterization of hydrogels based on natural and synthetic polymers and the search for optimal conditions for coating the seeds with the resulting polymers. *The methodology of the work* includes the radiation synthesis of hydrogels, physicochemical characterization by gravimetry, germination, and germination energy study of coated seeds. *Results and discussion.* Hydrogels based on chitosan, polyvinylpyrrolidone, starch, and agar-agar were obtained using the radiation. The optimal parameters are 25 kGy irradiation dose and 5wt.% starch concentration. The presence of agar-agar in the hydrogel composition and the increase of irradiation dose from 15 to 45 kGy boost the gel fraction yield. The work investigated the water-holding capacity of pelleted seeds and the process of water desorption from the polymer shell. It has been established that the polymer shell around the seed can retain water in the early stages of its development. Seeds coated in two layers retain moisture 7 times longer compared to uncoated samples. *Conclusion.* These results can be used to manage seed performance potential and subsequent yield, including improving seed quality and nutrient delivery.

**Keywords:** pelleting, chitosan, starch, polyvinylpyrrolidone, radiation crosslinking, biopolymers.

<i>Makhayeva Danelya Nurlanovna</i>	<i>PhD, senior researcher, e-mail: <a href="mailto:danelya.1993@gmail.com">danelya.1993@gmail.com</a></i>
<i>Irmukhametova Galiya Serikbayevna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: <a href="mailto:galiya.irm@gmail.com">galiya.irm@gmail.com</a></i>
<i>Toktabayeva Assel Kyrgyzbayevna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: <a href="mailto:asetoktabayeva@gmail.com">asetoktabayeva@gmail.com</a></i>
<i>Rakhmetullayeva Raikhan Kulymbetovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: <a href="mailto:raichan-rach@mail.ru">raichan-rach@mail.ru</a></i>

**Citation:** Makhayeva D.N., Irmukhametova G.S., Toktabayeva A.K., Rakhmetullayeva R.K. Preparation of hydrogels based on natural polymers for pelleting of sugar beet seeds. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 119-129. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.12>

**ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

*Д.Н. Махаева\**, *Г.С. Ирмухаметова*, *А.К. Токтабаева*, *Р.К. Рахметуллаева*

<sup>1</sup>*Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

*\*E-mail: danelya.1993@gmail.com*

**Резюме.** *Введение.* На данный момент одной из важнейших проблем человечества является недостаток воды в засушливых регионах. Одним из способов решения проблемы с недостатком воды является применение технологии дражирования семян с целью удержания влаги у корневой системы. Полимерное пленочное покрытие улучшает не только физико-химические характеристики семян, но и способствует эффективному поддержанию их качества во время хранения, в том числе и регуляцию влажности. Создание эффективных пленочных покрытий на основе биоразлагаемых природных полимеров поможет сохранить природные ресурсы и предотвратить загрязнение окружающей среды. *Целью настоящей работы* является радиационный синтез и характеристика гидрогелей на основе природных и синтетических полимеров и поиск оптимальных условий дражирования семян полученными полимерами. *Методология работы* включает радиационный синтез гидрогелей, физико-химическая характеристика гидрогелей, изучение всхожести и энергии прорастания дражированных семян сахарной свеклы. *Результаты и обсуждение.* Методом радиационного сшивания получены гидрогели на основе хитозана, поливинилпирролидона, крахмала и агар-агара. Изучены физико-химические свойства гидрогелей, определены оптимальная концентрация крахмала в гидрогеле и доза облучения. Оптимальными параметрами получения гидрогелей являются доза облучения 25 кГр и концентрация крахмала, равная 5 масс. %. Присутствие агар-агара в составе гидрогеля и увеличение дозы облучения с 15 до 45 кГр повышает выход гель-фракции. В работе была исследована влагоудерживающая способность дражированных семян и процесс десорбции воды из полимерной оболочки. Установлено, что полимерная оболочка вокруг семени способна удерживать в себе воду на ранних этапах его развития. У семян, дражированных в два слоя, наблюдается удержание влаги в 7 раз дольше по сравнению с недражированными образцами. *Заключение.* Полученные в данной работе результаты можно использовать для управления потенциалом производительности семян, для улучшения качества семян и доставки питательных веществ.

**Ключевые слова:** дражирование, хитозан, крахмал, поливинилпирролидон, радиационное сшивание, биополимеры.

<i>Махаева Данэля Нурлановна</i>	<i>PhD, старший научный сотрудник</i>
<i>Ирмухаметова Галия Серикбаевна</i>	<i>Кандидат химических наук, доцент</i>
<i>Токтабаева Асель Кыргызбаевна</i>	<i>Кандидат химических наук, доцент</i>
<i>Рахметуллаева Райхан Құлымбетовна</i>	<i>Кандидат химических наук, старший преподаватель</i>

## 1. Введение

Гидрогель – это полимерный материал, который обладает способностью набухать и удерживать значительную долю воды в своей структуре, но не растворяется в воде. Особенности гидрогелей являются высокая поглощающая способность, прочность и стабильность при набухании и во время хранения, биоразлагаемость без образования токсичных отходов после разложения, бесцветность, отсутствие запаха и нетоксичность [1-3]. В последние годы технология защиты семян их покрытием развивается благодаря исследовательским инновациям [4-5]. Полимерное пленочное покрытие улучшает не только физико-химические

характеристики семян, но и способствует эффективному поддержанию их качества во время хранения, в том числе и регуляцию влажности. Создание эффективных пленочных покрытий на основе биоразлагаемых природных полимеров поможет сохранить природные ресурсы и предотвратить загрязнение окружающей среды [6-7]. Данное исследование направлено на создание эффективных полимерных покрытий на основе хитозана, поливинилпирролидона, крахмала и агар-агара для дражирования семян сахарной свеклы.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1 Материалы

Хитозан (ХТЗ) со степенью ацилирования  $>90$  % (Biorigins, Великобритания), поливинилпирролидон (ПВП) Kollidon 90F (Acros Organics, США), крахмал картофельный технический, агар-агар («Aldrich Chemical Co», США), семена сахарной свеклы отечественного (семена №1) и зарубежного (семена №2) производства (Институт защиты и карантина растений, г. Алматы).

### 2.2 Синтез гидрогелей на основе ХТЗ, ПВП, крахмала, агар-агара

Гидрогели на основе ХТЗ, ПВП, крахмала, агар-агара были синтезированы методом радиационного сшивания на ускорителе электронов ЭЛВ-4 в Институте ядерной физики (ИЯФ), г. Алматы. Для получения гидрогелей доза облучения варьировалась в интервале от 15 до 45 кГр.

Концентрация полимеров в исходном водном растворе для облучения составляла: ХТЗ – 1.25 масс. %, ПВП – 7 масс. %, крахмала – 3, 5, 10, 20 масс. % и агар-агара – 1 масс. %. Для получения такого раствора каждый полимер был предварительно растворен отдельно в дистиллированной воде. ПВП растворяли при нагревании до  $60^{\circ}\text{C}$ , крахмал и агар-агар при  $90^{\circ}\text{C}$ , ХТЗ при комнатной температуре с добавлением раствора HCl для создания pH 3. Полученные растворы сразу перемешивали в следующем порядке: в горячий раствор ПВП добавляли раствор ХТЗ, горячие растворы крахмала и агар-агара при постоянном перемешивании в течение 5 минут и температуре  $60-70^{\circ}\text{C}$ . Полученную смесь в горячем виде при температуре  $60-70^{\circ}\text{C}$  разливали на подложки, упаковывали и отправляли в ИЯФ для дальнейшего облучения.

### 2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НАБУХАНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ И ЗОЛЬ-ГЕЛЬ АНАЛИЗ

В работе использовался гравиметрический способ измерения степени набухания полимера и определения выхода геля и золь фракций гидрогеля. Для определения массы использовались аналитические весы *Sartorius BP 121S* с точностью до 0.0001 г. Измерения повторялись по три раза. Равновесная степень набухания определялась при комнатной температуре по формуле (1):

$$\alpha = \frac{m_{\text{набух.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{сух.}}} \quad 1),$$

где  $m_{\text{сух.}}$  – масса отмытого от непрореагировавших полимеров и высушенного геля, г;  $m_{\text{набух}}$  – масса набухшего образца геля, г.

Содержание гель фракции (Г %) вычисляли по формуле (2):

$$\Gamma \% = \frac{M_{\text{сух.}}}{M_{\text{синт.}}} * 100 \% \quad (2),$$

где  $m_{\text{сух.}}$  – масса отмытого и высушенного геля, г;  $m_{\text{синт.}}$  – масса синтезированного, высушенного образца геля, г.

Выход золь-фракции (З %) рассчитывали по формуле (3):

$$\text{З\%} = 100 \% - \Gamma \%., \quad (3),$$

где Г % – процентное содержание гель-фракции, %.

#### *2.4 ТЕХНОЛОГИЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН ПОЛИМЕРНЫМИ ГИДРОГЕЛЯМИ*

Создание дражированной оболочки включало в себя следующие комбинации: полимер-глина (с соотношением 2:1, 1:1, 1:2), чистая глина и чистый полимер (1 и 2 слоя). В качестве клеевого раствора для дражирования семян использовался 0.05 % раствор ПВП. Перед дражированием полимерные гидрогели измельчались и фракционировались на ситах. Для дражирования использовалась фракция 0.4–0.5 мкм. Для создания полимерной оболочки вокруг семени свеклы семечко смачивалось в клеящем растворе ПВП, и помещалось в мелкодисперсный порошок сополимера ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар и глины. При необходимости нанесения второго слоя геля цикл повторялся. При дражировании гранулы уплотнялись и скатывались в шарообразную форму.

#### *2.5 ИЗУЧЕНИЕ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ*

Оценка влагоудерживающей способности геля основано на изучении скорости десорбции воды из геля в чашках Петри на воздухе. Для этого фиксировалась масса сухого дражированного семени, после гранулы помещали в емкость с водой. После 1.5 часов не сорбированная гелем вода удалялась, образец геля взвешивали и оставляли на открытом воздухе. Через определенные промежутки времени фиксировалось изменение массы образца.

Изучение адсорбции и десорбции воды полимерной оболочкой в земле проводилось визуально с использованием камеры. В акриловый бокс размером 10х20х3 см на расстоянии 2–3 см друг от друга на глубину 2–3 см в сухую землю помещались семена свеклы. После этого места посева заливали 3 мл воды на семя. Изменения размеров влажного участка земли

вокруг семени фиксировались с помощью линейки и камеры. Для изучения распределения питательных веществ в земле дражированное семя помещали в 0,1% раствор флуоресцеина натрия, выдерживали до постоянной массы и помещали в емкость с грунтом на глубину 1 см.

Всхожесть и энергию прорастания семян свеклы определяли путем проращивания семян в лабораторных условиях в чашках Петри, укладывая фильтровальную бумагу в 2–3 слоя согласно ГОСТу 12038–84. Образцы дражированных семян исследовались на пророст на чашках Петри. В ходе эксперимента полив в объеме 4-5 мл осуществляли на 5 и 10 сутки после засаживания. Процесс пророста семян фиксировался визуально.

### 3. Результаты и обсуждение

В аграрной промышленности полимерные гидрогели применяются в качестве наполнителей при дражировании семян, что позволяет более экономично подходить к водообеспечению и уходу за семенами. Поэтому больше внимания стали привлекать к себе природные полимеры с их уникальными свойствами: биоразлагаемость и антимикробные свойства. Полимерные гидрогели были получены радиационным облучением исходных растворов с содержанием крахмала 3, 5, 10 и 20 % при дозе облучения 15, 25, 35 и 45 кГр.

В работе был проведен золь-гель анализ образцов полученных сшитых полимеров для установления влияния дозы облучения и концентрации крахмала на выход полимерного геля. На рис. 1 представлены результаты анализа образцов системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар и системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар в зависимости от концентрации крахмала (рис. 1 (А)) и дозы облучения (рис. 1 (Б)).

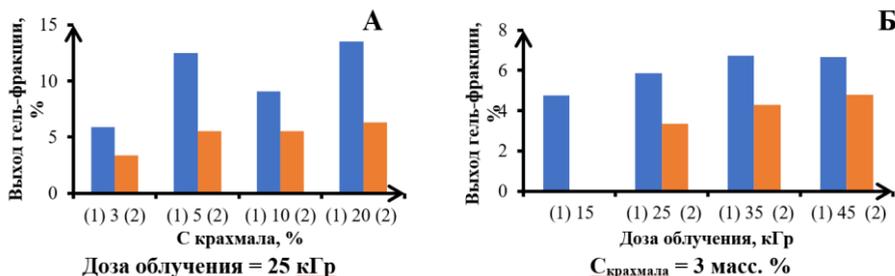
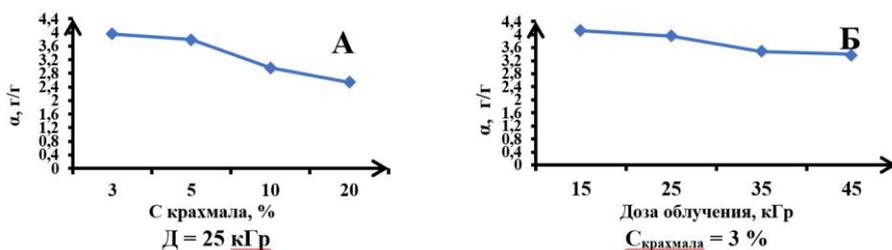


Рисунок 1 - Выход гель-фракции образцов систем ХТЗ-ПВП-крахмал-агар (1) и ХТЗ-ПВП-крахмал (2) в зависимости от концентрации крахмала (А) и дозы облучения (Б)

Из рис. 1 (А и Б) видно, что выход гель фракций для обеих систем изменяется закономерно, т.е. наблюдается возрастание содержания гель фракции в полимере с увеличением дозы облучения. Это обусловлено возрастанием степени сшивания макромолекул. Зависимость от концентрации крахмала неоднозначна. Присутствие агар-агара в системе повышает выход гель фракции из-за увеличения плотности сшивания

полимерной сетки, кроме того, гидрогель на выходе имеет лучшие механические показатели.

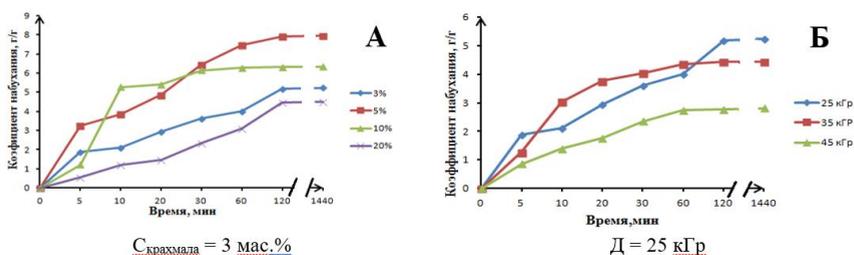
В работе также была проанализирована степень набухания гидрогелей. На рис. 2 (А и Б) представлены значения коэффициента набухания гидрогеля на основе ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара в зависимости от дозы и концентрации крахмала.



**Рисунок 2** - Зависимость степени набухания образцов на ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара от концентрации крахмала (А) и дозы облучения (Б)

Из рис. 2 (А и Б) видно, что концентрация крахмала и доза облучения одинаково влияют на степень набухания полимера. С увеличением концентрации крахмала и дозы облучения степень набухания падает. Это связано с увеличением плотности шивки и уменьшением количества жидкости в структуре полимера.

Также была изучена кинетика набухания гидрогелей. На рис. 3 (А и Б) представлены зависимости скорости набухания образцов гидрогелей на основе системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара в зависимости от концентрации крахмала и дозы облучения.

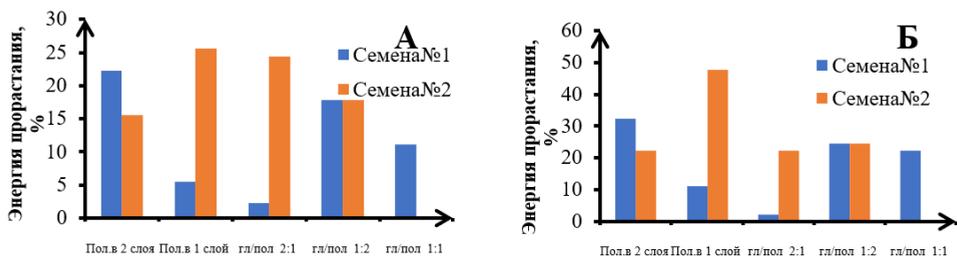


**Рисунок 3** - Зависимость скорости набухания образцов системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара от концентрации крахмала (А) и дозы облучения (Б)

Согласно результатам, представленным на рис. 3 (А и Б), установлено, что процесс набухания проходит идентично для всех образцов. Наибольшие значения скорости набухания наблюдаются для образца, сшитом при дозе облучения 25 к Гр и с концентрацией крахмала 3%, тогда как для остальных образцов характерно уменьшение скорости набухания с увеличением дозы

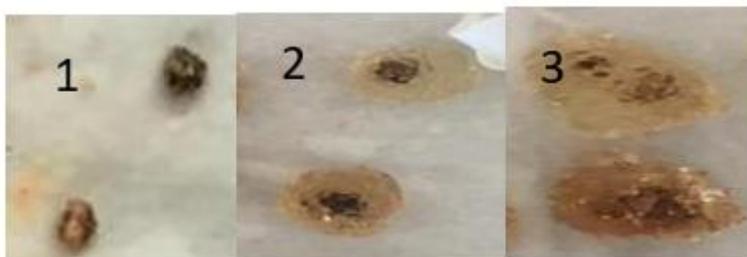
облучения. Из рис. 3(А) было установлено, что концентрация крахмала неоднозначно влияет на скорость набухания гидрогеля. Среди всех образцов лучший результат показал состав гидрогеля с 5% концентрацией крахмала при дозе облучения 25 кГр.

Семена сахарной свеклы, опудренные глиной и полимером разной концентрации, исследовали на всхожесть и энергию прорастания. Число проросших семян свеклы на четвертые сутки, выраженные в процентах, характеризует их энергию прорастания, а на 10-е сутки всхожесть рисунки 4 (А и Б).



**Рисунок 4** - Энергия прорастания семян сахарной свеклы на 4 сутки (А) и 10 суток (Б) в зависимости от вида дражирования

По рис. 4 (А) можно сделать вывод, что образцы семян №2, продражированные составами в один слой, в два слоя и с соотношением глина-полимер 2:1 показали наивысшую активность пророста семян на 4 сутки. Остальные образцы показали низкую активность прорастания или не проросли. Из рис. 4 (Б) установлено, что семена, продражированные составами в один слой, в два слоя и с соотношением глина-полимер 1:2 имеют наивысшую всхожесть среди всех образцов семян. Максимальный процент всхожести демонстрирует образец семени №2 в один слой. Несмотря на удобство наблюдения, данный способ не модулирует реальные условия прорастания семян в земле. На рис. 5 представлены фотоснимки образцов.



1 – семена; 2 – дражированные семена; 3 – набухшие после полива дражированные семена

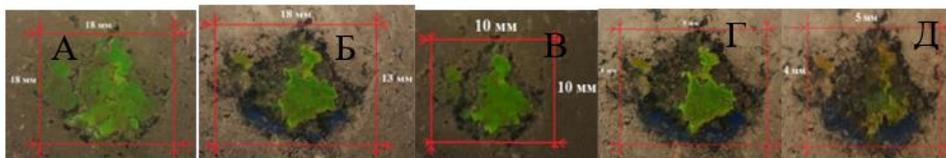
**Рисунок 5** - Фотоснимки образцов

Эффективность дражирования оценивалась по биометрическим показателям пророста семян. В табл. 1 приведены параметры биометрического показателя ростков. Показатели были сняты на 4 и 10 дни посадки семян. Из табл. 2 видно, что наилучшие результаты показывают семена №2 дражированные в один слой. Следует отметить, что семена №2 дражированные в два слоя и семена №2 дражированные в соотношении глина/полимер 2:1 показывают хорошую активность и их результаты идентичны друг другу.

Таблица 1 - Биометрические показатели ростков.

Варианты опыта	Длина проростков/ Энергия прорастания	
	4 день	10 день
Семена №1 глина/полимер 1:1	2см(6.67)	7-8см(26.67)
	2см(6.67)	4см(13.34)
	1.5см(20)	4см(20)
Семена №1 глина/полимер 1:2	3см(13.34)	7см(13.34)
	2см(40)	8см(80)
Семена №1 глина/полимер 2:1	2см(6.67)	7см(6.67)
Семена №1 Полимер в 1 слой	3см(6.67)	4-5см(13.34)
	3см(10)	6см(20)
Семена №1 Полимер в 2 слоя	2см(13.34)	4см(26.67)
	4-5см(60)	8см(80)
Семена №2 глина/полимер 1:2	-3см(13.34)	6-7см(13.34)
	4-5см(40)	8см(60)
Семена №2 глина/полимер 2:1	2-3см(33.34)	4-5см(46.67)
	2-3см(20)	4см(20)
Семена №2 Полимер в 1 слой	2-3см(20)	7см(53)
	2-3см(46.67)	7-8см(80)
	4см(10)	8см(10)
Семена №2 Полимер в 2 слоя	1см(33.34)	5см(53.34)
	1см(13.34)	4-5см(13.34)

В работе были исследованы темпы десорбции воды из предварительно набухшего полимерного геля. На рис. 6 представлены данные по десорбции водного раствора флуоресцеина натрия из предварительно набухшего дражированного двойным слоем системой ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар семени свеклы. По изменению размеров можно отслеживать остаточную влажность полимера и содержание питательных веществ в нем. Десорбция наблюдалась в течение 5 дней, при этом после пятого дня визуальных изменений в размере геля не наблюдалось. Размер гидрогелевой гранулы уменьшился в 16 раз.



А) В день посева; Б) На второй день; В) На третий день; Г) На четвертый день; Д) На пятый день.

**Рисунок 6** – Десорбция водного раствора флуоресцеина натрия из предварительно набухшего дражированного семени свеклы

В работе была проведена оценка удерживания влаги в земле с семенами сахарной свеклы, дражированной в один слой, в два слоя и семена без дражирования. Для этого образцы семян помещались в стеклянную емкость с землей на одинаковую глубину и заливались равным количеством воды (3 мл воды на каждое семя). Влагоудерживающая способность образцов оценивалась по смоченной площади у стенки емкости через 5 и 7 дней после полива. Установлено, что полимерная оболочка вокруг семени способна удерживать в себе влагу в 7 раз дольше на ранних этапах его развития.

#### 4. Заключение

Таким образом, были получены методом радиационного сшивания гидрогели на основе ХТЗ, ПВП, крахмала, агар-агара и исследованы важные физико-химические свойства. Установлено, что с увеличением дозы облучения с 15 до 45 кГр и концентрации крахмала в составе гидрогелей степень набухания уменьшается. Определены оптимальные условия дражирования семян: семена дражированные составом [полимер]:[глина]=2:1 показали высокие значения всхожести. Результаты изучения влагоудерживающей способности дражированных семян показали, что дражирование в два слоя эффективнее.

**Финансирование:** Работа выполнена при поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РК АР19679683 «Тұқымдарды қаптау үшін қорғаныш-ынталандырушы құрамдары бар модификацияланған полисахаридтер негізінде гидрогельдер алу технологиясын әзірлеу».

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами, требующего раскрытия в данной статье.

#### ҚАНТ ҚЫЗЫЛШАСЫНЫҢ ТҰҚЫМЫН ДРАЖИРЛЕУ ҮШІН ТАБИҒИ ПОЛИМЕРЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГИДРОГЕЛЬДЕРДІ АЛУ

*Д.Н. Махаева\*, Г.С. Ирмухаметова, Ә.Қ. Тоқтабаева, Р.К. Рахметуллаева*

*әл -Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан*

*\*E-mail: danelya.1993@gmail.com*

**Түйіндемe:** *Кіріспе.* Қазіргі уақытта адамзаттың маңызды мәселелерінің бірі - құрғақ аймақтарда судың жетіспеушілігі. Су тапшылығы мәселесін шешудің бір жолы - су ресурстарын ұтымды пайдалану жағдайларын жасау және тамыр жүйесінде ылғалды сақтау үшін тұқымдарды түйіршіктеу технологиясын қолдану. Полимерлі үлдірлі қабық тұқымдардың физика-химиялық сипаттамаларын ғана емес, сонымен қатар сақтау кезінде олардың сапасын тиімді сақтауға,

ылғалдылықты реттеуге ықпал етеді. Биологиялық ыдырайтын табиғи полимерлер негізінде тиімді үлдірлі қабық жасау табиғи ресурстарды сақтауға және қоршаған ортаның ластануын болдырмауға көмектеседі. Осыған байланысты табиғи полимерлерді қолдану биологиялық ыдырауға қабілетті, сондай-ақ микробқа қарсы қасиеттері бар экологиялық жүйелерді алуға мүмкіндік береді. *Бұл жұмыстың басты мақсаты* - табиғи және синтетикалық полимерлер негізінде гидрогельдердің радиациялық синтезі мен физика-химиялық сипаттамасы және алынған гидрогельдермен қант қызылшасының тұқымдарын дражирлеудің оңтайлы жағдайларын іздеу болып табылады. *Жұмыс әдістемесі* гидрогельдердің радиациялық синтезін, физика-химиялық сипаттамасын гравиметриялық әдіспен және қант қызылшасының түйіршіктелген тұқымдарының өсуін, өсу энергиясын зерттеуді қамтиды. *Нәтижелер және талқылау.* Радиациялық тігу әдісімен хитозан, поливинилпирролидон, крахмал және агар-агар негізіндегі гидрогельдер алынды. Гидрогельдердің физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, гидрогельдегі крахмалдың оңтайлы концентрациясы және сәулелену дозасы анықталды. Гидрогельдерді алудың оңтайлы параметрлері: сәулелену дозасы 25 кГр және крахмал концентрациясы 5 мас.%. Гидрогельде агар-агардың болуы және сәулелену дозасын 15-тен 45 кГр-ге дейін арттыру гель фракциясының шығымдылығын арттырады. Жұмыста түйіршіктелген тұқымдардың ылғал ұстау қабілеті және полимерлі қабықтан суды десорбциялау процесі зерттелді. Тұқымның айналасындағы полимерлі қабық оның дамуының алғашқы кезеңдерінде суды сақтай алатындығы анықталды. Екі қабат түйіршіктелген тұқымдар ылғалдың сақталуын дражирленбеген үлгілермен салыстырғанда 7 есе ұзағырақ көрсетеді. *Қорытынды.* Бұл жұмыста алынған нәтижелерді тұқым өнімділігі мен кейінгі егіннің жағдайын басқару үшін және қоректік заттарды жеткізу үшін пайдалануға болады.

**Түйінді сөздер:** дражирлеу, хитозан, крахмал, поливинилпирролидон, радиациялық тігу, биополимерлер.

<i>Махаева Данэля Нурлановна</i>	<i>PhD, аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Ирмухаметова Галия Серикбаевна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Рахметуллаева Райхан Құлымбетқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Тоқтабаева Әсел Қырғызбайқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>

### Список литературы:

- Liu Y., Wang J., Chen H., Cheng D. Environmentally friendly hydrogel: A review of classification, preparation and application in agriculture, *Sci. Total Environ.* **2022**, 846, 157303. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157303>
- El Idrissi A., Channab B., Essamlali Y., Zahouily M. Superabsorbent hydrogels based on natural polysaccharides: Classification, synthesis, physicochemical properties, and agronomic efficacy under abiotic stress conditions: A review, *Int. J. Biol. Macromol.* **2024**, 258 (2), 128909. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128909>
- Buwalda S.J., Boere K.W., Dijkstra P.J., Feijen J., Vermonden T., Hennink W.E. Hydrogels in a historical perspective: from simple networks to smart materials. *J. Control Release* **2014**, 190, 254-273. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.03.052>
- Krasnopeeva E.L., Panova G.G., Yakimansky A.V. Agricultural Applications of Superabsorbent Polymer Hydrogels. *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, 23(23), 15134. <https://doi.org/10.3390/ijms232315134>
- Karoyo A.H., Wilson L.D. A Review on the Design and Hydration Properties of Natural Polymer-Based Hydrogels. *Materials* **2021**, 14(5), 1095. <https://doi.org/10.3390/ma14051095>
- Moumn M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Sec.* **2023**, 15, 1365-1382. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2>
- Afzal I., Javed T., Amirkhani M., Taylor A.G. Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. *Agriculture* **2020**, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>

## References

1. Liu Y., Wang J., Chen H., Cheng D. Environmentally friendly hydrogel: A review of classification, preparation and application in agriculture, *Sci. Total Environ.* **2022**, 846, 157303. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157303>
2. El Idrissi A., Channab B., Essamlali Y., Zahouily M. Superabsorbent hydrogels based on natural polysaccharides: Classification, synthesis, physicochemical properties, and agronomic efficacy under abiotic stress conditions: A review, *Int. J. Biol. Macromol.* **2024**, 258 (2), 128909. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128909>
3. Buwalda S.J., Boere K.W., Dijkstra P.J., Feijen J., Vermonden T., Hennink W.E. Hydrogels in a historical perspective: from simple networks to smart materials. *J. Control Release* **2014**, 190, 254-273. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.03.052>
4. Krasnopeeva E.L., Panova G.G., Yakimansky A.V. Agricultural Applications of Superabsorbent Polymer Hydrogels. *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, 23(23), 15134. <https://doi.org/10.3390/ijms232315134>
5. Karoyo A.H., Wilson L.D. A Review on the Design and Hydration Properties of Natural Polymer-Based Hydrogels. *Materials* **2021**, 14(5), 1095. <https://doi.org/10.3390/ma14051095>
6. Moumn M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Sec.* **2023**, 15, 1365–1382. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2>
7. Afzal I., Javed T., Amirkhani M., Taylor A.G. Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. *Agriculture* **2020**, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>