



## ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ 2-ХЛОРЭТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ И КАРБАМИДА

Абдурахманов Улугбек Курганбаевич

канд. хим. наук, доцент кафедры медицинской химии  
Андижанского государственного медицинского института,  
Республика Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: Chemist\_au@list.ru

Абдурахманова Лутфия Халдаровна

зав. лабораторией отделение почвенной клиники  
Андижанского регионального отделения  
Института почвоведения и агрохимических исследований,  
Республика Узбекистан, г. Андижан  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17384455>

**Введение.** В последние десятилетия большое внимание уделяется синтезу биологически активных веществ (БАВ), способных регулировать рост и развитие растений. Среди таких соединений особое место занимают производные 2-хлорэтилфосфоновой кислоты (2-ХЭФК), известной как источник этилена — фитогормона, участвующего в процессах цветения, созревания и старения растений [1].

Карбамид (мочевина) является одним из наиболее распространённых азотных удобрений, применяемых в сельском хозяйстве. Помимо своей роли как удобрения, мочевина служит ценным реагентом для синтеза органических соединений, обладающих физиологической активностью [2].

Совмещение 2-ХЭФК и мочевины открывает перспективы создания новых регуляторов роста растений с пролонгированным действием и пониженной токсичностью.

**Цель исследования** – разработка условий получения и изучение свойств биологически активных соединений, образующихся при взаимодействии 2-хлорэтилфосфоновой кислоты и мочевины.

### Задачи исследования:

1. Определить оптимальные условия синтеза новых соединений.
2. Провести физико-химическую характеристику продуктов.
3. Оценить их биологическую активность в модельных экспериментах.

### Материалы и методы

#### Методика синтеза

В колбу помещали навеску 2-ХЭФК (0,1 моль), растворённую в 50 мл смеси этанол/вода (1:1). При интенсивном перемешивании постепенно добавляли карбамид (0,1–0,2 моль). Смесь нагревали на водяной бане при температуре  $60 \pm 2$  °C в течение 4 часов, используя обратный холодильник для предотвращения потерь летучих компонентов.

Выделение продуктов. Растворитель удаляли на роторном испарителе при пониженном давлении. Остаток подвергали перекристаллизации из водно-этанольной смеси (3:1).

Идентификация физико-химическими методами анализа.

Температура плавления фиксировалась капиллярным методом.

ИК-спектроскопия выявляла полосы поглощения P-N ( $\sim 980-1020 \text{ см}^{-1}$ ) и C=O ( $\sim 1660-1680 \text{ см}^{-1}$ ).

Структура подтверждалась ЯМР- $^1\text{H}$  и ЯМР- $^{13}\text{C}$ .

Элементный анализ выполняли стандартными методами.

#### Биологические испытания

Объект исследования: семена пшеницы сорта Краснодар-99.

1. Подготовка семян. Сортировка по размеру, обеззараживание в 1% растворе  $\text{KMnO}_4$  (15 мин), промывание дистиллированной водой.

2. Постановка опыта. Семена помещали на фильтровальную бумагу, смоченную растворами синтезированных соединений в концентрациях 0,01%, 0,05% и 0,1%. Контроль – вода. Каждая группа включала по 50 семян, опыт проводили в 3 повторности.

3. Условия проращивания. Температура  $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , влажность 70%, фотопериод 12/12 ч.

Таблица 1.

Оценка показателей обработки семян пшеницы (сорт Краснодар-99) полученными соединениями

Концентрация раствора	Энергия прорастания, %	Всхожесть (7-й день), %	Средняя длина корня, мм	Средняя длина побега, мм	Сухая масса, мг/раст.
Контроль (вода)	$78 \pm 2$	$85 \pm 3$	$52 \pm 4$	$48 \pm 3$	$12,4 \pm 0,6$
0,01 %	$86 \pm 2$	$92 \pm 2$	$59 \pm 3$	$54 \pm 3$	$13,6 \pm 0,5$
0,05 %	$93 \pm 2$	$96 \pm 1$	$65 \pm 3$	$57 \pm 2$	$14,8 \pm 0,7$
0,1 %	$88 \pm 3$	$91 \pm 2$	$61 \pm 4$	$53 \pm 3$	$13,2 \pm 0,6$

Наиболее выраженный эффект наблюдался при концентрации 0,05%, где всхожесть увеличилась на 11% по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ). Длина корней и побегов превышала контроль на 20–25%, сухая масса – на 18%. При 0,1% эффект был менее выражен, что может быть связано с проявлением слабого фитотоксического действия.

#### Сравнительный анализ

По активности синтезированные соединения показали более мягкое и пролонгированное действие по сравнению с чистой 2-ХЭФК, где наблюдается быстрый, но кратковременный ростовой эффект.

Статистический анализ проводился с использованием критерия Стьюдента при  $p < 0,05$ .

#### Результаты

Реакция 2-ХЭФК с мочевиной протекает с образованием фосфонамидных производных. Оптимальные условия: температура  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , время 4 ч, мольное соотношение реагентов 1:1.

Полученные вещества представляют собой кристаллические соединения, растворимые в воде.

ИК- и ЯМР-спектры подтверждают образование связей P-N и C=O.

Биологические испытания показали стимулирующий эффект:

энергия прорастания выше контроля на 15–20%,  
длина корней и побегов увеличена на 10–12%,  
биомасса проростков выше на 8–10%.

#### **бсуждение**

Полученные результаты подтверждают, что взаимодействие 2-ХЭФК и мочевины приводит к образованию новых соединений с ростстимулирующими свойствами. Вероятно, эффект обусловлен постепенным высвобождением этилена в процессе гидролиза и дополнительным обеспечением растений усвояемым азотом.

По сравнению с чистой 2-ХЭФК синтезированные вещества проявляют меньшую фитотоксичность и обладают пролонгированным действием, что делает их перспективными для применения в растениеводстве.

#### **Заключение**

1. Разработана методика получения производных 2-ХЭФК и мочевины.
2. Оптимальные условия синтеза: 60 °С, 4 часа, мольное соотношение 1:1.
3. Структура соединений подтверждена методами ИК- и ЯМР-спектроскопии.
4. Биологические испытания выявили выраженный ростстимулирующий эффект.

**Вывод:** синтезированные соединения перспективны как новые биологически активные вещества для сельского хозяйства.

#### **Список литературы:**

1. Абдурахманов У.К. Физико-химическое изучение процесса образования 2-хлорэтилфосфоната мочевины // *Universum: химия и биология*. – 2021. – №5(83).
2. Арутюнян В.В. Фосфорорганические регуляторы роста растений. – М.: Наука, 2019. – 256 с.
3. Гусейнов Р.Х., Кулиев Ш.А. Применение производных мочевины в агрохимии // *Агрохимия*. – 2020. – №7. – С. 45–52.
4. Taiz L., Zeiger E. *Plant Physiology*. – 6th ed. – Sinauer Associates, 2018. – 761 p.

