

УДК 630*861

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА РОСТОРОСТОРЕГУЛИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

© *Е.В. Калюта*^{1*}, *М.И. Мальцев*¹, *В.И. Маркин*²

¹*Алтайский государственный аграрный университет, пр. Красноармейский, 98, Барнаул, 656049 (Россия) e-mail: kalyuta75@mail.ru*

²*Алтайский государственный университет, пр. Ленина, 61, Барнаул, 656049 (Россия), e-mail: markin@chemwood.asu.ru*

Представлены результаты исследований по изучению действия отрицательных температур (процесса заморозки – разморозки) на водные растворы препаратов, полученных карбоксиметилированием отходов переработки растительного сырья (цветковые пленки овса, лузга гречихи, опад листьев тополя). Цель настоящего исследования – изучение влияния условий хранения растворов карбоксиметилированного растительного сырья при отрицательной температуре на их росторегулирующие свойства. Изучены свойства водных растворов карбоксиметилированной лузги подсолнечника, цветковых пленок овса, листового опада тополя при двухкратном цикле заморозка – разморозка на проявление росторегулирующей способности.

Установлено, что все изучаемые образцы сохраняют свою росторегулирующую способность по отношению к овсу сорта Айвори и пшенице сорта Омская 36. Процессы заморозки – оттаивания усиливают их росторегулирующее действие. Изученные биопрепараты позволяют повысить всхожесть семян и усилить ростовые процессы изучаемых сельскохозяйственных культур. Для овса всхожесть повысилась на 5–10%, длина корня увеличивалась в 1,6–3,2 раза, стебля – в 2,5–4,8 раза по сравнению с контролем. Для пшеницы всхожесть повысилась на 10–18%, длина корня увеличивалась в 1,5–2,9 раза, стебля – в 2,0–4,8 раза по сравнению с контролем.

Ключевые слова: карбоксиметилирование, растительное сырье, регуляторы роста растений, Эко-Стим, пшеница, овес, процесс заморозки – оттаивания, условия хранения.

Проект реализован с привлечением средств бюджета Алтайского края – гранта для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (приказ Управления Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям от 01.06.2020 №24).

Введение

Большинство предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию, сталкиваются с серьезной проблемой утилизации отходов производства. Существующие в настоящее время технологии по утилизации отходов, к сожалению, далеко не всегда решают вопросы по нормализации экологической обстановки в местах массовых сбросов и накопления отходов, что приводит к загрязнению окружающей среды.

Одним из возможных путей решения данной проблемы является использование различных растительных остатков в качестве сырья для производства целлюлозы [1, 2] с последующим получением из нее карбоксиметилцеллюлозы [3, 4], нитроцеллюлозы [5] и других производных. Другим перспективным направлением переработки остатков растительного

Калюта Елена Владимировна – доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат химических наук, e-mail: kalyuta75@mail.ru

Мальцев Михаил Ильич – заведующий кафедрой общего земледелия и растениеводства, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: uoshs@mail.ru

Маркин Вадим Иванович – доцент кафедры органической химии, кандидат химических наук, e-mail: markin@chemwood.asu.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

происхождения является химическое модифицирование всех основных растительных биополимеров, входящих в состав лигноуглеводных материалов, без их предварительного разделения на отдельные компоненты, с целью получения полимерных композиций с комплексом полезных свойств [6]. Так, при карбоксиметилировании различных отходов растительного происхождения (опилок древесины, соломы однолетних растений, цветковых пленок овса, костры льна, лузги подсолнечника и др.) получают препараты, регулирующие рост растений. Продукты карбоксиметилирования растительного сырья – это частично водорастворимые полимерные композиты, содержащие в своем составе карбоксиметилированные основные структурные компоненты (целлюлоза, лигнин, гемилцеллюлозы) [6–9]. Такие биостимуляторы позволят без существенных затрат увеличить продуктивность и улучшить качество сельскохозяйственных культур. Как показывают предварительные исследования по данной проблеме, применение ростостимулирующих препаратов способствует увеличению продуктивности зерновых культур на 15% и более. Данные продукты проявляют росторегулирующие свойства как в лабораторных [10], так и полевых условиях [11–13], а также могут быть использованы в качестве веществ, улучшающих водопрочность почвенных агрегатов [14].

В настоящее время авторским коллективом ученых Алтайского государственного аграрного университета и Алтайского государственного университета активно ведутся исследования по разработке технологии применения новых безопасных и эффективных биопрепаратов Эко-Стим (ТУ 928900-005-02067818-2015). Разработанные биопрепараты представляют водные растворы. Исходя из этого, при разработке технологии применения и хранения препаратов возник вопрос – какое влияние могут оказывать отрицательные температуры (при хранении в зимний период) на росторегулирующие свойства данных препаратов.

Ранее проведенные исследования показали, что сроки хранения сухих препаратов не повлияли на свойства водных растворов карбоксиметилированного растительного сырья [15]. Хранение таких растворов в течение 20 месяцев не оказывает значительного влияния на вязкостные характеристики данных систем и их росторегулирующую активность.

Цель нашего исследования – изучить влияние отрицательных температур (заморозка – оттаивание) водных растворов препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья, на изменение их росторегулирующих свойств при воздействии на пшеницу сорта Омская 36 и овес сорта Айвори.

Экспериментальная часть

Карбоксиметилирование растительного сырья. В качестве исходного растительного сырья использовали отходы производства продукции растениеводства: цветковые пленки овса (препарат NaKMO) и лузгу гречихи (препарат NaKMJ), а также опад листьев тополя (препарат NaKMT). Карбоксиметилирование проводили в реакторе РВПЭ-0.2 (ООО «ЮВС», Обнинск) [13].

Исследование химического состава препаратов Эко-Стим. Продукты карбоксиметилирования растительного сырья анализировали на содержание карбоксиметильных групп (КМГ) [16] и карбоксиметилированного лигнина (по Комарову) [17], натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-KMЦ) [18] и определяли их растворимость в воде [16].

Изучение ростостимулирующей активности. Исследовали действие свежеприготовленных водных растворов препаратов (концентрация 0,025%), а также после однократного и двукратного замораживания их при -25 °С с интервалом в две недели. Ростостимулирующее действие препаратов на пшеницу и овес изучали в лабораторных условиях (2 опыта):

Вариант 1. В простерилизованные при 165 °С чашки Петри на фильтровальную бумагу раскладывали по 20 зерен изучаемой культуры и заливали 10 мл препарата с концентрацией 0,025%.

Вариант 2. В простерилизованные при 165 °С чашки Петри на увлажненную 10 мл дистиллированной водой фильтровальную бумагу раскладывали по 20 зерен изучаемой культуры. Семена с помощью пинцета помещали в те же приготовленные растворы препаратов, выдерживали 10–15 с и переносили в чашку Петри.

Наблюдали за прорастанием семян в течение 8 суток, затем из каждого варианта отбирали по 10 среднестатистических растений. Ростостимулирующую активность препаратов оценивали по всхожести семян, длине корня и первого листочка. В качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Обсуждение результатов

В результате карбоксиметилирования растительного сырья получены препараты, химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав продуктов карбоксиметилирования различного растительного сырья

Исходное сырье (препарат Эко-Стим)	Свойства продуктов карбоксиметилирования, %				
	Карбоксиметили- рованная целлюлоза	Карбоксимети- лированный лигнин	Содержание КМГ	КМГ в карбокси- метилированной целлюлозе	Растворимость в воде
Лузга гречихи (NaKMJ)	9,8±0,2	7,3±0,5	17,6±0,5	12,2±0,3	63,8±0,7
Опад листьев то- поля (NaKMT)	14,0±0,2	13,5±0,4	35,8±0,5	23,5±0,2	78,3±0,6
Цветковые пленки овса (NaKMO)	28,7±0,4	12,4±0,3	13,3±0,3	21,2±0,3	75,2±0,8

Полученные препараты не полностью растворимы в воде, водородный показатель их водных растворов рН=10–12. Из анализа экспериментальных данных следует, что основным компонентом изучаемых биопрепаратов является NaKMЦ. Известно, что растворимость этого полимера в воде и водных растворах щелочей зависит от степени замещения (СЗ), равномерности распределения карбоксиметильных групп вдоль цепи макромолекул целлюлозы и степени полимеризации (СП) [19].

В работе [20] показано, что метод замораживания – оттаивания способствует существенному улучшению растворимости образцов NaKMЦ в широком диапазоне их СЗ и СП. Также установлено, что растворы, полученные методом многократного замораживания и оттаивания в воде и водных растворах щелочей, устойчивы при хранении при комнатных температурах.

Другой основной компонент изучаемых биопрепаратов – карбоксиметилированный лигнин. Показано, что карбоксиметилированные фрагменты лигнина, характерной особенностью которых является наличие ароматического кольца или группы колец и боковой цепи с кислотной группой, должны обладать ростостимулирующей активностью, сходной с известными ауксинами [9].

Водные растворы данных препаратов после многократного замораживания и оттаивания исследовали в качестве регуляторов роста пшеницы и овса.

Исследования по изучению действия продуктов карбоксиметилирования растительного сырья на прорастание семян овса показали, что по 1 варианту опыта (повышенная концентрация) все биопрепараты оказывают влияние на всхожесть и ростовые процессы изучаемой сельскохозяйственной культуры. Результаты представлены в таблице 2.

Всхожесть семян при использовании изучаемых биопрепаратов увеличивается на 5–10%. Процессы заморозки – оттаивания усиливают росторегулирующее действие всех препаратов Эко-Стим. Наибольшее влияние на ростовые процессы оказал препарат на NaKMJ (на основе лузги гречихи) после двукратного процесса (заморозки – оттаивания). При этом длина корня увеличилась в 3,2 раза и стебля в 4,8 раза по сравнению с контролем.

Динамика роста корней и стеблей овса в условиях опыта 1 представлена на рисунках 1, 2.

Исследования по изучению действия препаратов Эко-Стим на прорастание семян пшеницы показали, что в условиях опыта 1 все биопрепараты оказывают влияние на всхожесть и ростовые процессы изучаемой сельскохозяйственной культуры. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 2. Росторегулирующая активность препаратов Эко-Стим по отношению к овсу сорта Айвори (вариант 1)

Препарат	Раствор	Всхожесть, %	Длина корня, см	Длина стебля, см
NaKMJ	Без заморозки	81	6,7±0,3	5,8±0,4
	Одна заморозка	80	6,9±0,2	6,9±0,2
	Две заморозки	80	9,0±0,3	9,2±0,3
NaKMT	Без заморозки	75	5,6±0,5	5,0±0,3
	Одна заморозка	75	5,4±0,4	4,9±0,2
	Две заморозки	80	6,7±0,3	7,3±0,3
NaKMO	Без заморозки	76	4,5±0,4	4,7±0,5
	Одна заморозка	80	4,7±0,3	4,9±0,3
	Две заморозки	81	6,5±0,4	8,0±0,4
Контроль		70	2,8±0,3	1,9±0,2

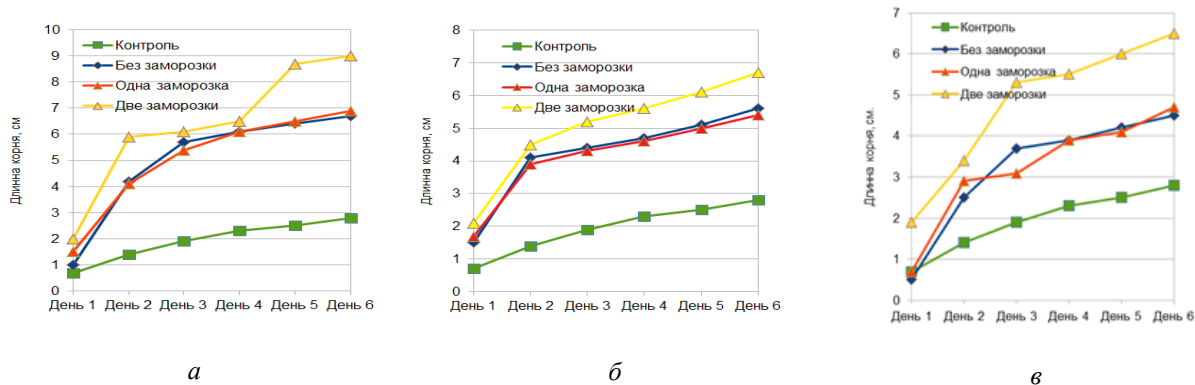


Рис. 1. Динамика роста корней овса сорта Айвори под влиянием препаратов Эко-Стим (вариант 1): а) препарат NaKML, б) препарат NaKMT, в) препарат NaKMO

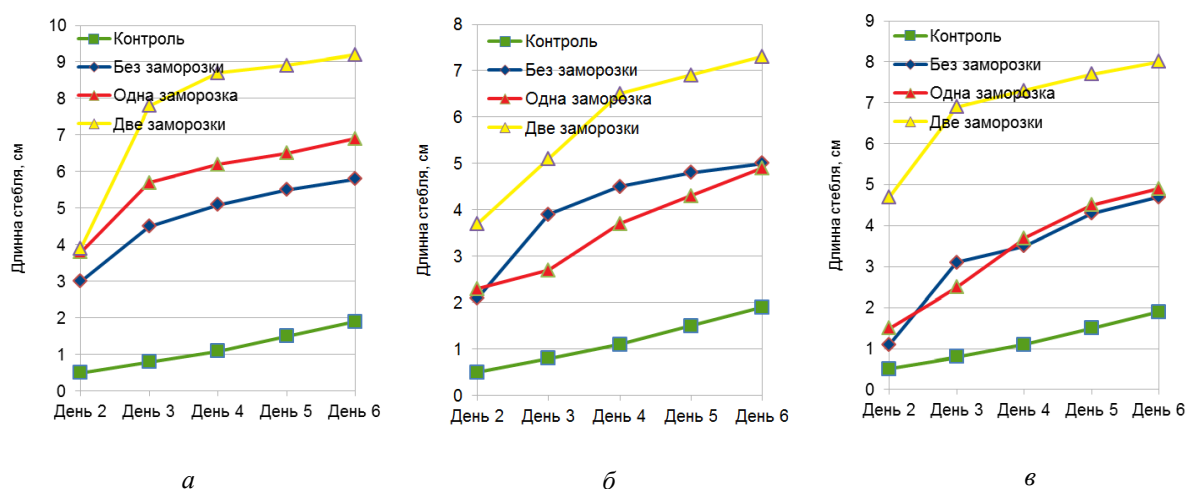


Рис. 2. Динамика роста стеблей овса сорта Айвори под влияние препаратов Эко-Стим (вариант 1): а) препарат NaKML, б) препарат NaKMT, в) препарат NaKMO

Таблица 3. Росторегулирующая активность препаратов Эко-Стим по отношению к пшенице сорта Омская 36 (вариант 1)

Препарат	Раствор	Всхожесть, %	Длина корня, см	Длина стебля, см
NaKML	Без заморозки	82	6,6±0,3	6,4±0,4
	Одна заморозка	86	7,1±0,4	7,8±0,3
	Две заморозки	85	7,0±0,3	7,9±0,1
NaKMT	Без заморозки	83	6,5±0,4	5,9±0,3
	Одна заморозка	83	6,8±0,5	6,7±0,4
	Две заморозки	85	7,1±0,3	9,1±0,2
NaKMO	Без заморозки	80	7,5±0,2	5,1±0,3
	Одна заморозка	84	8,1±0,4	5,6±0,5
	Две заморозки	85	8,1±0,3	5,8±0,4
Контроль		70	2,8±0,3	1,9±0,2

Всхожесть семян при использовании изучаемых биопрепаратов увеличивается на 10–16%. Процессы заморозки – оттаивания усиливают росторегулирующее действие всех препаратов Эко-Стим. Наибольшее влияние на ростовые процессы оказал препарат NaKMT (на основе опада листьев тополя) после двукратного процесса (заморозки – оттаивания). При этом длина корня увеличилась в 2,5 раза и стебля в 4,8 раза по сравнению с контролем.

Динамика роста корней и стеблей пшеницы в условиях опыта 1 представлена на рисунках 3–4.

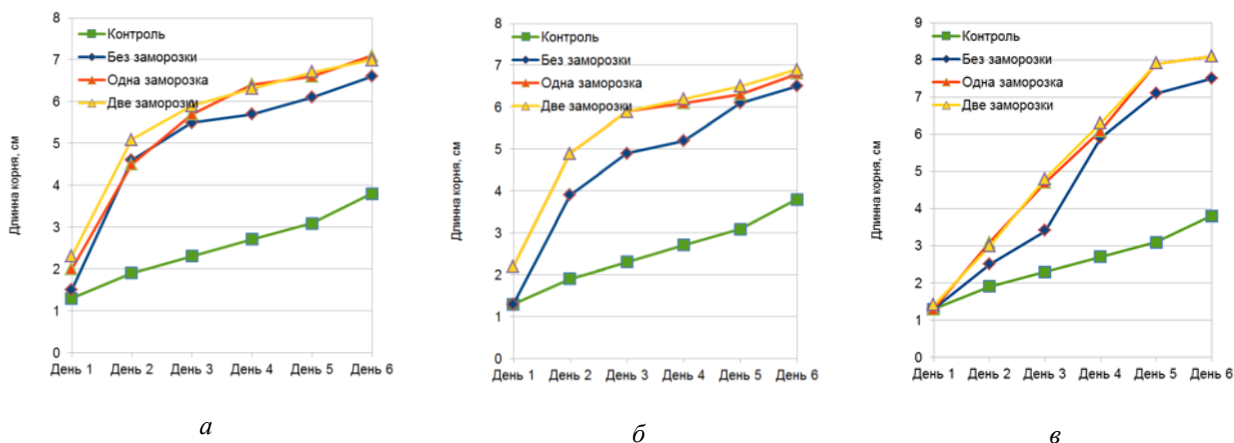


Рис. 3. Динамика роста корней пшеницы сорта Омская 36 под влияние препаратов Эко-Стим (опыт 1): а) препарат NaKML, б) препарат NaKMT, в) препарат NaKMO

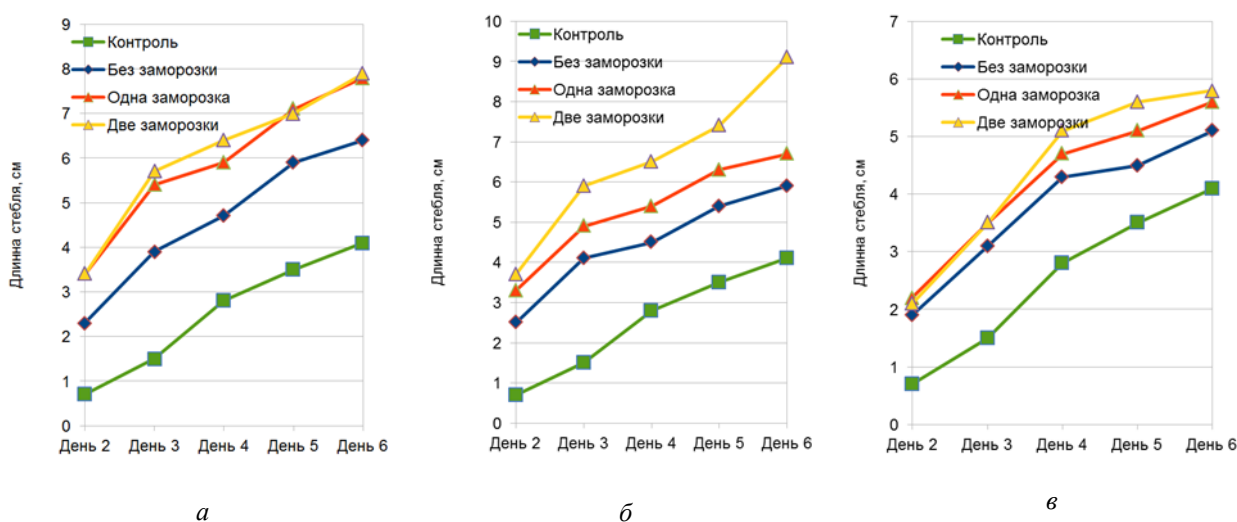


Рис. 4. Динамика роста стеблей пшеницы сорта Омская 36 под влияние препаратов Эко-Стим (вариант 1): а) препарат NaKML, б) препарат NaKMT, в) препарат NaKMO

При замораживании растворов биопрепаратов, видимо, происходит проникновение молекул воды и щелочи в межфибрилярные и внутрифибриллярные пространства структуры NaKMЦ, карбоксиметилированного лигнина и карбоксиметилированных гемицеллюлоз. В процессе замораживания там происходит увеличение объема воды, который разрушает межмолекулярные водородные связи с образованием комплексов между гидроксильными группами элементарных звеньев, молекул воды и щелочи. В процессе оттаивания макромолекулы раздвигаются с постепенным переходом в раствор. В результате этого концентрация в растворе фрагментов карбоксиметилированного лигнина, обладающих ауксиновой активностью, увеличивается, что приводит к усилению росторегулирующего действия биопрепаратов.

Второй вариант опыта представляет собой модель полевого опыта, когда происходит предпосевная обработка семян изучаемыми препаратами. В этом случае основные закономерности влияния биопрепаратов на изучаемые сельскохозяйственные культуры сохраняются, но их действие на ростовые процессы меньше как по отношению к овсу (табл. 4), так и по отношению к пшенице (табл. 5).

Всхожесть семян при использовании изучаемых биопрепаратов увеличивается на 14–18%. Процессы заморозки – оттаивания усиливают росторегулирующее действие всех препаратов Эко-Стим. Наибольшее влияние на ростовые процессы оказал препарат на NaKMT (на основе опада листьев тополя) после процесса (заморозки – оттаивания). При этом длина корня увеличилась в 1,7 раза и стебля в 2,8 раза по сравнению с контролем.

Динамика роста корней и стеблей пшеницы в условиях опыта по варианту 2 представлена на рисунках 5–6.

Таблица 4. Росторегулирующая активность препаратов Эко-Стим по отношению к овсу сорта Айвори (вариант 2)

Препарат	Раствор	Всхожесть, %	Длина корня, см	Длина стебля, см
NaKMJ	Без заморозки	70	3,4±0,5	1,5±0,3
	Одна заморозка	74	3,7±0,4	1,7±0,3
	Две заморозки	75	3,7±0,4	1,9±0,2
NaKMT	Без заморозки	69	3,4±0,3	1,5±0,4
	Одна заморозка	67	3,8±0,4	1,6±0,5
	Две заморозки	72	4,0±0,2	1,8±0,2
NaKMO	Без заморозки	68	3,4±0,2	1,6±0,3
	Одна заморозка	70	3,5±0,4	1,7±0,2
	Две заморозки	71	3,8±0,3	1,9±0,4
Контроль		65	3,4±0,4	1,5±0,3

Таблица 5. Росторегулирующая активность препаратов Эко-Стим по отношению к пшенице сорта Омская 36 (вариант 2)

Препарат	Раствор	Всхожесть, %	Длина корня, см	Длина стебля, см
NaKMJ	Без заморозки	81	5,1±0,4	3,3±0,4
	Одна заморозка	80	5,4±0,5	3,8±0,3
	Две заморозки	82	5,4±0,3	4,2±0,3
NaKMT	Без заморозки	79	5,6±0,4	3,8±0,3
	Одна заморозка	80	5,8±0,4	4,2±0,4
	Две заморозки	82	5,8±0,2	4,2±0,2
NaKMO	Без заморозки	83	5,0±0,3	3,1±0,5
	Одна заморозка	82	5,5±0,2	3,6±0,3
	Две заморозки	85	5,5±0,4	3,6±0,4
Контроль		65	3,4±0,4	1,5±0,3

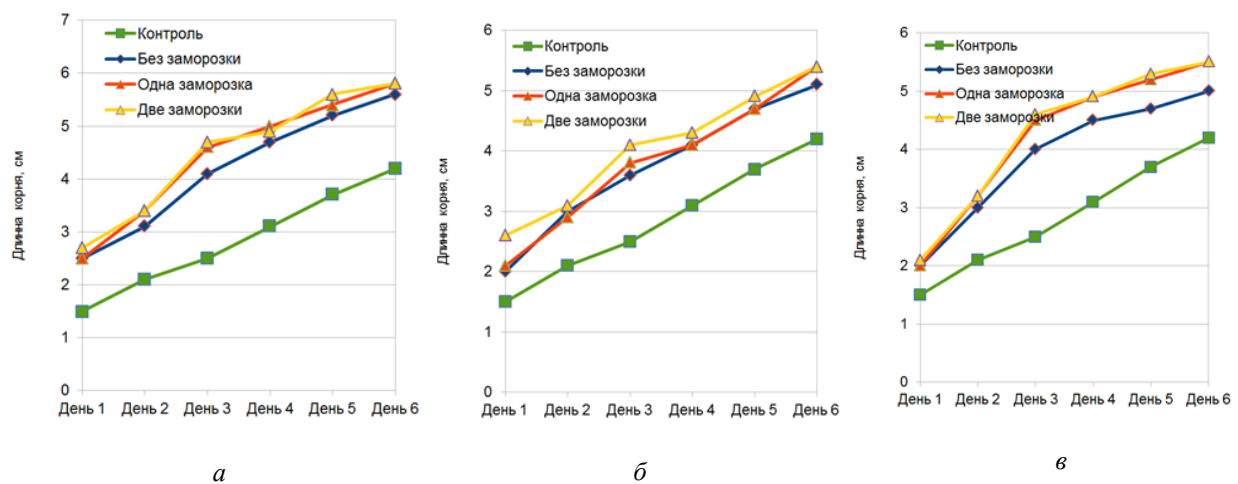


Рис. 5. Динамика роста корней пшеницы сорта Омская 36 под влияние препаратов Эко-Стим (вариант 2): а) препарат NaKMJ, б) препарат NaKMT, в) препарат NaKMO

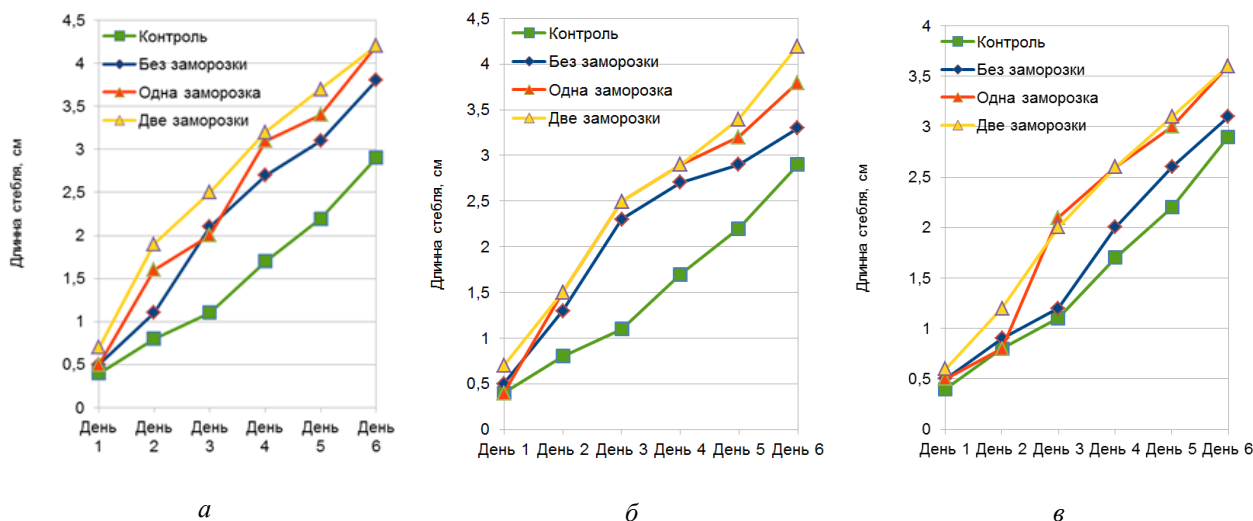


Рис. 6. Динамика роста стеблей пшеницы сорта Омская 36 под влияние препаратов Эко-Стим (вариант 2): а) препарат NaKML, б) препарат NaKMT, в) препарат NaKMO

Заключение

1. Установлено, что все изучаемые препараты Эко-Стим проявляют росторегулирующие свойства по отношению к овсу сорта Айвори и пшенице сорта Омская 36. Процессы заморозки – оттаивания усиливают их росторегулирующее действие.

2. Изученные биопрепараты позволяют повысить всхожесть семян и усилить ростовые процессы изучаемых сельскохозяйственных культур. Для овса всхожесть повысилась на 5–10%, длина корня увеличивалась в 1,6–3,2 раза, стебля – в 2,5–4,8 раза по сравнению с контролем. Для пшеницы всхожесть повысилась на 10–18%, длина корня увеличивалась в 1,5–2,9 раза, стебля – в 2,0–4,8 раза по сравнению с контролем.

3. Полученные результаты дают основания к проведению дальнейших исследований по определению оптимальной концентрации водных растворов препаратов при предпосевной обработке семян пшеницы и овса.

Список литературы

- Сапрыкина Л.В., Киселева Н.В. Состояние и перспективы термической переработки рисовой шелухи // Химия древесины. 1990. №6. С. 3–7.
- Патент 2312110 (РФ). Способ получения микрокристаллической целлюлозы из соломы злаковых / Б.Н. Кузнецов, В.Г. Данилов, О.В. Яценкова, Е.Ф. Ибрагимов. 10.12.2007.
- Asl S.A., Mousavi M., Labbafi M. Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Cellulose from Sugarcane Bagasse // J. Food Process Technol. 2017. Vol. 8, issue 8 (1-6). Article 687. DOI: 10.4172/2157-7110.1000687.
- Патент 2448118 (РФ). Способ получения целлюлозы из недревесного растительного сырья с содержанием нативной целлюлозы не более 50% и способ получения из нее карбоксиметилцеллюлозы / В.В. Будаева, М.В. Обрезкова, В.Н. Золотухин, Г.В. Сакович, С.В. Сысолятин. 20.04.2012.
- Гисматулина Ю.А., Будаева В.В., Сакович Г.В. Азотнокислый способ получения целлюлозы из мискантуса – предшественника нитратов целлюлозы // Известия Академии наук. Серия химическая. 2015. №12. С. 2949–2953.
- Bazarnova N.G., Markin V.I., Katrakov I.B., Kolosov P.V., Kalyuta E.V., Cheprasova M.Y. Methods of obtaining lignin-carbohydrate compounds from chemically modified plant raw materials // Russian Journal of General Chemistry. 2012. vol. 82, N5. Pp. 947–954. DOI: 10.1134/S1070363212050271.
- Маркин В.И., Базарнова Н.Г., Галочкин А.И. Изучение влияния предобработки на карбоксиметилирование древесины березы в среде изопропилового спирта // Пластические массы. 1998. №7. С. 31–34.
- Чепрасова М.Ю., Маркин В.И., Базарнова Н.Г., Коталевский И.В. Карбоксиметилирование древесины под воздействием микроволнового излучения в среде различных растворителей // Химия растительного сырья. 2011. №1. С. 77–80.
- Маркин В.И. Карбоксиметилирование растительного сырья. Теория и практика. Барнаул, 2010. 167 с.
- Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И., Катраков И.Б., Базарнова Н.Г. Применение инновационных препаратов Эко-Стим в качестве регуляторов роста сельскохозяйственных культур // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 145–152. DOI: 10.14258/jcrpm.2016021296.
- Базарнова Н.Г., Катраков И.Б., Маркин В.И., Верещагина Т.В., Жилина И.Н., Уткова Е.А., Борисова Г.И., Семенов А.А. Росторегулирующие полимерные композиции на основе химически модифицированного растительного

- сырья для выращивания овощных культур, производимых тепличными технологиями // Вестник алтайской науки. 2013. №1. С. 39–42.
12. Мальцев М.И., Кароннов А.А., Калюта Е.В., Неверова А.М., Панина А.Э. Исследование карбоксиметилированного растительного сырья в качестве регуляторов роста яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. №5 (163). С. 12–17.
 13. Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И., Катраков И.Б., Базарнова Н.Г. Исследование влияния карбоксиметилированного растительного сырья на активность прорастания яровой мягкой пшеницы // Химия растительного сырья. 2013. №3. С. 249–253. DOI: 10.14258/jcrpm.1303249.
 14. Мальцев М.И., Калюта Е.В., Маркин В.И., Катраков И.Б. Применение химически модифицированного растительного сырья в качестве структурообразователей почвы // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 355–362. DOI: 10.14258/jcrpm.2019046466.
 15. Калюта Е.В., Маркин В.И., Мальцев М.И. Влияние условий хранения на свойства водных растворов карбоксиметилированного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 309–317. DOI: 10.14258/jcrpm.2018044551.
 16. Колосов П.В., Базарнова Н.Г., Маркин В.И. Высокомолекулярные продукты карбоксиметилирования растительного сырья с сорбционными свойствами: монография. Барнаул, 2014. 134 с.
 17. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 411 с.
 18. Калюта Е.В., Базарнова Н.Г., Маркин В.И. Влияние продолжительности обработки надуксусной кислотой карбоксиметилированной древесины на свойства выделяемой карбоксиметилцеллюлозы // Химия растительного сырья. 2006. №2. С. 29–31.
 19. Heinze T. Carboxymethyl ether of cellulose and starch – a review // Химия растительного сырья. 2005. №3. С. 13–29.
 20. Йулдошов Ш.А., Шукуров А.И., Сарымсаков А.А., Рашидова С.Ш. Получение растворов карбоксиметилцеллюлозы методом замораживания – оттаивания // Universum: Химия и биология. 2016. №5 (23). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3154>.

Поступила в редакцию 10 сентября 2019 г.

После переработки 12 марта 2020 г.

Принята к публикации 1 апреля 2020 г.

Для цитирования: Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И. Влияние отрицательных температур на росторосторегулирующую способность водных растворов карбоксиметилированного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 389–397. DOI: 10.14258/jcrpm.2020028012.

Kalyuta E.V.^{1*}, Maltsev M.I.¹, Markin V.I.² INFLUENCE OF NEGATIVE TEMPERATURES ON THE GROWTH-REGULATING ABILITY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF CARBOXYMETHYLATED PLANT RAW MATERIAL

¹Altai State Agrarian University, Krasnoarmeysky Ave., 98, Barnaul, 656049 (Russia), e-mail: kalyuta75@mail.ru

²Altai State University, Lenina Ave. 61, Barnaul, 656049 (Russia), e-mail: markin@chemwood.asu.ru

The results of studies on the effect of negative temperatures (the process of freezing - defrosting) on aqueous solutions of preparations obtained by carboxymethylation of waste products from the processing of plant materials (oat flower films, buckwheat husks, poplar leaf litter) are presented. The purpose of this paper is to study the effect of storage conditions of solutions of carboxymethylated plant materials at low temperatures on their growth-regulating properties. The properties of aqueous solutions of carboxymethylated sunflower husks, oat flowering films, poplar leaf litter with a two-fold freeze-thawing cycle for defining growth-regulating ability were studied.

It was established that all the studied samples retain their growth-regulating ability with respect to Ivory oats and Omskaya 36 wheat. Freezing and thawing processes enhance their growth-regulating effect. The studied biological products can increase seed germination and enhance the growth processes of the studied crops. For oats, the germination rate increased by 5–10%, the length of the root increased by 1.6–3.2 times, and the stem by 2.5–4.8 times as compared with the control. For wheat, the germination rate increased by 10–18%, the root length increased by 1.5–2.9 times, and the stem by 2.0–4.8 times as compared with the control.

Keywords: carboxymethylation, plant materials, plant growth regulators, Eco-Steam, wheat, oats, freeze-thaw process, storage conditions.

References

1. Saprykina L.V., Kiseleva N.V. *Khimiya drevesiny*, 1990, no. 6, pp. 3–7. (in Russ.).
2. Patent 2312110 (RU). 10.12.2007. (in Russ.).
3. Asl S.A., Mousavi M., Labbafi M. *J. Food Process Technol.*, 2017, vol. 8, issue 8 (1-6), Article 687. DOI: 10.4172/2157-7110.1000687.
4. Patent 2448118 (RU). 20.04.2012. (in Russ.).
5. Gismatulina YU.A., Budayeva V.V., Sakovich G.V. *Izvestiya Akademii nauk. Seriya khimicheskaya*, 2015, no. 12, pp. 2949–2953. (in Russ.).
6. Bazarnova N.G., Markin V.I., Katrakov I.B., Kolosov P.V., Kalyuta E.V., Cheprasova M.Y. *Russian Journal of General Chemistry*, 2012, vol. 82, no. 5, pp. 947–954. DOI: 10.1134/S1070363212050271.
7. Markin V.I., Bazarnova N.G., Galochkin A.I. *Plasticheskiye massy*, 1998, no. 7, pp. 31–34. (in Russ.).
8. Cheprasova M.YU., Markin V.I., Bazarnova N.G., Kotalevskiy I.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 1, pp. 77–80. (in Russ.).
9. Markin V.I. *Karboksimetilirovaniye rastitel'nogo syr'ya. Teoriya i praktika*. [Carboxymethylation of plant materials. Theory and practice]. Barnaul, 2010, 167 p. (in Russ.).
10. Kalyuta Ye.V., Mal'tsev M.I., Markin V.I., Katrakov I.B., Bazarnova N.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 145–152. DOI: 10.14258/jcprm.2016021296. (in Russ.).
11. Bazarnova N.G., Katrakov I.B., Markin V.I., Vereshchagina T.V., Zhilina I.N., Utkova Ye.A., Borisova G.I., Semenkov A.A. *Vestnik altayskoy nauki*, 2013, no. 1, pp. 39–42. (in Russ.).
12. Mal'tsev M.I., Karonnov A.A., Kalyuta Ye.V., Neverova A.M., Panina A.E. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 5(163), pp. 12–17. (in Russ.).
13. Kalyuta Ye.V., Mal'tsev M.I., Markin V.I., Katrakov I.B., Bazarnova N.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 3, pp. 249–253. DOI: 10.14258/jcprm.1303249. (in Russ.).
14. Mal'tsev M.I., Kalyuta Ye.V., Markin V.I., Katrakov I.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 355–362. DOI: 10.14258/jcprm.2019046466. (in Russ.).
15. Kalyuta Ye.V., Markin V.I., Mal'tsev M.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 309–317. DOI: 10.14258/jcprm.2018044551. (in Russ.).
16. Kolosov P.V., Bazarnova N.G., Markin V.I. *Vysokomolekulyarnyye produkty karboksimetilirovaniya rastitel'nogo syr'ya s sorbtsionnymi svoystvami: monografiya*. [High molecular weight products of carboxymethylation of plant materials with sorption properties: monograph]. Barnaul, 2014, 134 p. (in Russ.).
17. Obolenskaya A.V., Yel'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornyye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy*. [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose]. Moscow, 1991, 411 p. (in Russ.).
18. Kalyuta Ye.V., Bazarnova N.G., Markin V.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2006, no. 2, pp. 29–31. (in Russ.).
19. Heinze T. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 3, pp. 13–29.
20. Yuldoshov SH.A., Shukurov A.I., Sarymsakov A.A., Rashidova S.SH. *Universum: Khimiya i biologiya*, 2016, no. 5 (23), URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3154>. (in Russ.).

Received September 10, 2019

Revised March 12, 2020

Accepted April 1, 2020

For citing: Kalyuta E.V., Maltsev M.I., Markin V.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 389–397. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020028012.

* Corresponding author.

