

УДК 630*861

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ*

© *Е.В. Калюта^{1**}, М.И. Мальцев¹, В.И. Маркин², Е.И. Машкина¹*

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

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

Исследования по изучению действия биопрепаратов, полученных из карбоксиметилированных продуктов переработки растительного сырья, на рост и развитие яровой пшеницы (предпосевная обработка семян водным раствором 150 г на 1 т семян, на 10 л воды) показали, что изучаемые препараты оказывали влияние на ростовые процессы культуры. Пролегивалась активизация роста и развития пшеницы в первые фазы, от прорастания зерна (появление зародышевых корней) до формирования более мощного кушения культуры. Изучаемые препараты способствовали повышению урожайности пшеницы в условиях мелкоделяночного эксперимента на 30–43%, в условиях полевого эксперимента – на 11–15%, в производственных условиях – на 21–32%. Увеличение урожайности пшеницы под воздействием регуляторов роста не всегда сопровождается повышению содержания белка и клейковины в зерне. Направление изменения концентрации белка в зерне в сторону уменьшения (например, по непаровому предшественнику, при наличии лимитирующего фактора азота в почве) может определяться как «эффект ростового разбавления» в силу увеличения объема урожая на единицу площади, а также продуктивного кушения, которое оказывает решающее влияние на степень равномерного созревания и качество зерна.

Ключевые слова: карбоксиметилирование, отходы растительного происхождения, урожайность, пшеница, качество зерна, клейковина, белок, регуляторы роста растений.

Введение

Практически все предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию, сталкиваются с серьезной проблемой утилизации отходов, полученных в результате переработки продукции растениеводства. Не является исключением и Алтайский край, который занимает лидирующие позиции в России как по производству продукции растениеводства, так и ее переработки. В крае производят около 30% общероссийского объема крупы,

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

Машкина Елена Ивановна – доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: ele.maski@yandex.ru

в том числе в пределах 55% овсяной крупы, 50% гречневой крупы, около 30% перловой и ячневой. При производстве данной продукции образуются большое количество отходов растительного сырья (например, лузги подсолнечника 14–16% от объема производства, гречихи – 20–22% и т.д.).

Общее количество сельскохозяйственных отходов по стране может составлять 630–650 млн т, отходы лесо- и деревообработки – 700 млн т [1]. Большинство видов органических отходов сжигают или хранят на свалках до их естественного

*Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcrpm.2021029732s

**Автор, с которым следует вести переписку.

разложения. Предприятия не могут использовать их по прямому назначению (в силу специфики каждого отдельного производства), поэтому львиная доля отходов оказывается на свалках. Образуясь в огромных количествах, органические отходы растениеводства являются источником загрязнения, ухудшают санитарно-эпидемиологические и эстетические качества природы [2].

Одним из возможных путей решения данной проблемы является химическое модифицирование (карбоксиметилирование) органических отходов растениеводства с получением водорастворимых полимерных продуктов, обладающих комплексом полезных свойств, в том числе способностью регулировать рост и развитие растений. На основе проведенных исследований [3, 4] разработаны инновационные биопрепараты (ТУ 928900-005-02067818-2015) и установлено, что их можно применять в качестве регуляторов роста сельскохозяйственных культур и фитомелиорантов (способных увеличивать водопрочность почвенных агрегатов) [4–8]. При этом было установлено [9], что по росторегулирующей активности они не уступают широко используемым в сельском хозяйстве торфо-гуминовым удобрениям «Флора-С» и активатору роста и развития на основе хитозана и янтарной кислоты ЮУ. Карбоксиметилирование лигнина в составе растительного сырья приводит к образованию структур, сходных по своему составу с молекулами регуляторов роста ауксинового типа, характерной особенностью которых является наличие ароматического кольца или группы колец и боковой цепи с кислотной группой [10].

В настоящее время применение регуляторов роста рассматриваются как экологически чистый и экономически выгодный способ повышения урожайности сельскохозяйственных культур, позволяющий полнее реализовывать потенциальные возможности возделываемых растений. При этом препараты могут оказывать положительное влияние не только на урожайность, но и на показатели качества зерна, в частности на содержание сырой клейковины [11].

Таким образом, изучение влияния регуляторов роста растений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы является актуальным.

Цель настоящей работы – изучение влияния препаратов из карбоксиметилированного растительного сырья на активность ростовых процессов, урожайность и биохимические показатели качества зерна яровой пшеницы.

Экспериментальная часть

Карбоксиметилирование растительного сырья. В качестве исходного растительного сырья использовали различные отходы растительного происхождения: опилки древесины сосны (препарат NaKMД), цветковые пленки овса (препарат NaKMO), лозгу гречихи (препарат NaKMГ), лозгу подсолнечника (препарат NaKMП), стержни кукурузных початков (препарат NaKMК) и опад листьев тополя (препарат NaKMЛ). Карбоксиметилирование проводили в опытно-промышленной установке РВПЭ-0.2 (ООО «ЮВС», Обнинск) [12].

Исследование химического состава препаратов. Продукты карбоксиметилирования растительного сырья анализировали на содержание карбоксиметильных групп (KMГ) [13], карбоксиметилированного лигнина (по Комарову) [14], натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaKMЦ) [15] и определяли их растворимость в воде [13].

Мелкоделяночный эксперимент проводили в условиях учебно-опытной сельскохозяйственной станции Алтайского ГАУ. Семена яровой пшеницы обрабатывали перед посевом водными растворами различных биопрепаратов с концентрацией 1.5%. (Расчетная доза внесения – 150 г препарата на 1 т зерна, на 10 л воды). Площадь делянки 1 м², повторность четырехкратная. Размещение вариантов систематическое со смещением.

Полевой эксперимент проводили в условиях учебно-опытной сельскохозяйственной станции Алтайского ГАУ. Площадь поля для каждого варианта – 1,0 га. Изучали действие 1.5% водных растворов препаратов NaKMД и NaKMГ. Во втором случае пшеницу высевали по предшественникам – пару чистому и рапу.

Производственный эксперимент по определению влияния препаратов на рост и развитие пшеницы проводили в условиях АО «Кипринское» Шелаболихинского района, ООО «Вектор» Калманского района и с. Брусенцево Усть-Пристанского района. Действие препарата NaKMД изучали в виде водного раствора с концентрацией 1.5%. Данным препаратом обрабатывали семена пшеницы в день посева. В качестве сравнения использовали препарат Барьер-Колор, действующее вещество которого (по ИСО) – тебуконазол – относится к химической группе триазолов, обладает профилактическим и лечебным системным действием. Площадь опыта – 10 га.

Определение содержания белка, клейковины, натуре проводили методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с помощью спектрофотометра отражения FOSS NIRSystems 4500 [16].

Результаты исследований

В результате карбоксиметилирования растительного сырья получены препараты, химический состав которых приведен в таблице 1. Карбоксиметилирование различных видов растительного сырья и отходов переработки сельскохозяйственных культур приводит к получению продуктов, растворимых в воде на 46–78%. Содержание карбоксиметильных групп изменяется в широких пределах в зависимости от исходного сырья (13.3–35.8%). При этом карбоксиметилированию подвергаются все основные структурные компоненты, входящие в состав растительного сырья. Следует отметить, что легче всего подвергаются химическому модифицированию реакцией карбоксиметилирования листовая опад, а сложнее – лuzга гречихи, подсолнечника и отходы переработки кукурузы. Очевидно, это связано со структурной организацией растительной клетки данных объектов и доступностью гидроксильных групп для химического модифицирования основных структурных компонентов.

В условиях мелкоделяночного эксперимента все изучаемые препараты оказали положительное влияние на урожайность пшеницы (табл. 2). Достоверная прибавка урожайности яровой пшеницы составила от 35.6 до 50.8 г/м² (30–43%).

В целом, все изученные препараты показали достаточно высокую эффективность. С целью более полного исследования влияния действия препаратов на урожайность и качество зерна пшеницы были выбраны образцы NaKMД и NaKMГ. Выбор данных препаратов связан с тем, что для получения NaKMД была использована древесина сосны – многолетнее растение, которое находит широкое использование и при этом образуется большое количество отходов, которые не находят квалифицированного применения. При этом она неплохо подвергается реакции карбоксиметилирования, образуя продукты, растворимые в воде на 46% и с содержанием карбоксиметильных групп – 29.3%. При получении NaKMГ использована лuzга гречихи – пример отходов переработки однолетних растений, с трудом вступающий в реакцию карбоксиметилирования, образуя при этом продукт с содержанием карбоксиметильных групп – 17.6%.

В соответствии с ГОСТ 9353-2016 качественными показателями для зерна яровой пшеницы, по которым определяются класс и закупочная цена, являются типичный состав, состояние, запах, цвет, массовая доля глютена, качество клейковины, число выпадения, стекловидность, характер, наличие примесей и пророщенных зерен. Класс зерна (а следовательно, его стоимость) главным образом зависит от содержания белка и клейковины. Содержание белка (сырого протеина) должно быть на уровне 11–17%. При увеличении содержания белка более 17–19% и снижении менее 11% качество хлеба ухудшается. Клейковина представляет собой сильно гидратированный гель, в составе которого, кроме белков (главным образом щелочерастворимых — глютеинов и спирторастворимых — глиадинов), присутствуют углеводы, липиды и минеральные вещества. Наличие клейковины определяет качество выпечки муки, получаемой из зерна пшеницы. Так, по ГОСТ 9353–90, зерно: высший класс должен содержать 36% клейковины; первый – 32%; второй – 28%; третий – 23% и четвертый – 18%. Под натурой понимают массу 1 л зерна. Она косвенно характеризует степень его налива и созревания, а также пищевую ценность. Для пшеницы этот показатель колеблется в пределах 700–840 г/л. Из высоконатурного зерна получают больше муки и меньше отрубей.

Таблица 1. Химический состав продуктов карбоксиметилирования различного растительного сырья

Исходное сырье (препарат)	Свойства продуктов карбоксиметилирования, %				
	Карбоксиметилированная целлюлоза	Карбоксиметилированный лигнин	Содержание KMГ	KMГ в карбоксиметилированной целлюлозе	Растворимость в воде
Лuzга гречихи (NaKMГ)	19.8±0.2	17.3±0.5	17.6±0.5	12.2±0.3	63.8±0.7
Опад листьев тополя (NaKMЛ)	14.0±0.2	13.5±0.4	35.8±0.5	23.5±0.2	78.3±0.6
Цветковые пленки овса (NaKMО)	28.7±0.4	12.4±0.3	13.3±0.3	21.2±0.3	75.2±0.8
Лuzга подсолнечника (NaKMП)	21.5±0.7	17.1±0.4	19.0±0.4	14.2±0.4	59.6±1.3
Сосна обыкновенная (NaKMД)	32.4±0.5	16.5±0.2	29.3±0.3	21.3±0.1	67.6±0.9
Стержни початков кукурузы (NaKMК)	23.4±0.6	13.2±0.4	18.0±0.5	15.1±0.4	48.9±0.6

Таблица 2. Влияние препаратов из карбоксиметилированного растительного сырья на урожайность мягкой пшеницы Омская 36 в условиях мелкоделяночного эксперимента

Показатель	Препарат							НСР ₀₅ , г/м ²
	Контроль	NaKMO	NaKMII	NaKMД	NaKMГ	NaKMK	NaKMЛ	
Урожайность, г/м ²	117.2	152.8	151.6	158.8	165.2	165.2	168.0	21.4

Исследования по изучению действия препарата NaKMД на рост и развитие яровой пшеницы сорта Омская 36 в условиях полевого эксперимента показали, что биопрепарат оказал положительное влияние не только на урожайность, но и на качество зерна изучаемой сельскохозяйственной культуры. Изучаемый препарат способствовал росту урожайности на 15.1%, повышению массы 1000 зерен на 1.1 г, белка – на 0.9%, клейковины – на 1.4% (табл. 3).

В производственных условиях изучаемый биопрепарат NaKMД также оказал положительное влияние и на урожайность зерна пшеницы (табл. 4–6). В результате предпосевной обработки семян препаратом NaKMД в условиях АО «Кипринское» получена достоверная прибавка урожайности 0.34 т/га (21%). С применением препарата улучшается качество зерна яровой пшеницы: белок повышается на 1.5%, клейковина – на 4.1%, натура увеличивается на 6.4 г. Обработка семян пшеницы перед посевом изучаемым препаратом в большей степени повысила урожайность и качество зерна по сравнению с обработкой протравлителем Барьер Колором – системным фунгицидом широкого спектра действия семян зерновых колосовых культур (табл. 4).

Предпосевная обработка семян препаратом NaKMД в условиях с. Брусенцево Усть-Пристанский района привела к повышению урожайности пшеницы 0.42 т (24%), повышению содержания белка в зерне на 0.6%, клейковины – на 3.9%, натура увеличивается на 6.5 г (табл. 5).

На полях ООО «Вектор» Калманского района достоверная прибавка урожайности составила 0.6 т/га (32%). С применением препарата качество зерна яровой пшеницы несколько снижается (белок – на 1.7%, клейковина – на 4.8%) (табл. 6).

Во всех растительных организмах биохимические процессы накопления и превращения веществ происходят при определенных соотношениях физических факторов (свет, тепло, влага и пр.). Полное отсутствие или ограниченное поступление одного из факторов жизни растений, независимо от того, является ли он доминирующим или второстепенным, ведет к смещению всех физиологических и биохимических процессов растительного организма. Величина урожая и белковость зерна в большей степени зависят от обеспеченности растений азотом. В нашем случае причиной снижения содержания белка и клейковины в зерне пшеницы наряду со значительным повышением урожайности при ее возделывании может являться эффект «ростового разбавления», в силу которого с ростом урожайности и наличия лимитирующего фактора (количества азота в почве) содержание азотсодержащих компонентов в растениях снижается. Усиливается биосинтез углеводов или жиров и уменьшается синтез белков. Иначе говоря, может происходить разбавление накопленного азота в большей органической массе растений, что приводит к относительному снижению содержания белка в зерне.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием изучаемой сельскохозяйственной культуры показали, что карбоксиметилированные древесные опилки сосны способствовали более мощному развитию корневой системы, что является одним из признаков влияния регуляторов роста ауксинового типа. В дальнейшем это проявилось в лучшем развитии вегетативной и генеративной частей растений, увеличению урожайности и повышению качества зерна (см. электронное приложение, рис. 1, 2).

Таблица 3. Влияние биопрепарата NaKMД на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы Омская 36 в условиях полевого эксперимента

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Урожайность, т/га
Контроль	32.2	11.0	19.3	1.46
NaKMД	33.1	11.9	20.7	1.72
НСР ₀₅				0.19

Таблица 4. Влияние биопрепарата NaKMД на урожайность и биохимические показатели зерна яровой пшеницы в условиях АО «Кипринское»

Вариант	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура, г/л	Урожайность, т/га
Контроль	16.02	32.54	790.8	1.61
NaKMД	17.49	36.63	796.4	1.95
Барьер Колор	17.21	35.15	786.7	1.79
НСР ₀₅				0.17

Таблица 5. Влияние биопрепарата NaKMД на урожайность и биохимические показатели зерна яровой пшеницы в условиях с. Брусенцево Усть-Пристанского района

Вариант	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура, г/л	Урожайность, т/га
Контроль	14.32	31.39	867.8	1.72
NaKMД	14.99	35.25	877.3	2.14
НСР ₀₅				0.22

Таблица 6. Влияние биопрепарата NaKMД на урожайность и биохимические показатели зерна яровой пшеницы в условиях ООО «Вектор»

Вариант	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура, г/л	Урожайность, т/га
Контроль	14.1	27.9	783.5	1.92
NaKMД	12.4	23.1	777.0	2.51
НСР ₀₅				0.28

Согласно литературным данным, активизация ростовых процессов под влиянием регуляторов роста ауксинового типа происходит благодаря тому, что одна сторона стебля или корня накапливает больше ауксинов, чем другая. Это приводит к неравномерности растяжения клеток и формированию изгиба. В растениях 80–95% всех ауксинов – это индолилуксусная кислота (ИУК), которая синтезируется в апексах (кончиках побегов и кончиках корней). В основе стимуляции роста клеток растяжением лежит их ауксин-зависимое удлинение, которое связано с повышением лабильности клеточных стенок. Ослабление прочности клеточной стенки может происходить за счет стимуляции ауксинами работы мембранных H⁺-АТФаз. H⁺-АТФазы выбрасывают ионы H⁺ из клетки, что приводит к закислению узкого пространства между плазмалеммой и клеточной стенкой («рост под действием кислоты» или «кислый рост»). Под действием кислой среды происходит активация экспансинов – белков, ассоциированных с клеточной стенкой, которые разрушают водородные связи между целлюлозными микрофибриллами, что позволяет клетке расширяться под действием тургорного давления. Направление роста клетки зависит от ориентации целлюлозных фибрилл, которая также контролируется ауксинами (механизм пока неизвестен) [17, 18].

Действующим веществом изучаемых нами препаратов является карбоксиметилированный лигнин, который работает предположительно по вышеописанному механизму [10, 19].

Одним из важных условий получения высоких урожаев пшеницы с высоким качеством зерна является правильный выбор предшественников. Предшественники влияют на содержание влаги, питательных веществ в почве, дружность и полноту всходов, перезимовку, фитосанитарное состояние посевов и продуктивность растений [20].

Действие водного раствора препарата NaKMГ изучали в зависимости от предшественника: вариант 1 – посев проводили по пару, вариант 2 – по рапсу. В ходе полевых испытаний установлено, что в первые фазы роста пшеницы (прорастание семени) биопрепарат усиливает рост и развитие культуры по типу ауксинов, что согласуется с ранее проведенными нами исследованиями. Активизируются ростовые процессы в первые фазы развития пшеницы от момента прорастания зерна (появление зародышевых корней) до прохождения более мощного кущения и далее до фазы полной спелости (см. электронное приложение, рис. 3, 4).

Прибавка урожайности от предпосевной обработки семян пшеницы препаратом NaKMГ, размещенной по пару, чистому составила 12.6%. Препарат оказал влияние на продуктивную кустистость, также способствовал увеличению массы 1000 зерен на 5.4 г и повышению содержания клейковины на 2.1% (табл. 7).

У пшеницы, размещенной по рапсу, влияние препарата на элементы структуры урожая (продуктивная кустистость, масса 1000 зерен) и урожайность сохраняются (табл. 8). Однако отмечается некоторое снижение содержания клейковины и белка в зерне пшеницы, что может быть связано, как было отмечено выше, с эффектом «ростового разбавления». Прибавка урожайности составила 10.6%. В этом случае в почве недостаток азота, т.к. для формирования 1 ц семян с соответствующим количеством соломы яровой рапс выносит 6.2 кг азота [17].

Таблица 7. Влияние препарата NaKMГ на урожайность пшеницы Торридон, размещенной по чистому пару

Вариант	Продуктивная кустистость, шт.	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура зерна, г/л	Урожайность, т/га
Контроль	1.1	34.7	13.5	29.0	836.9	1.91
NaKMГ	1.2	40.1	13.8	31.1	836.3	2.15
НСР ₀₅						0.19

Таблица 8. Влияние препарата NaКМГ на урожайность качество зерна пшеницы Торридон, размещенной по рапсу

Вариант	Продуктивная ку- стистость, шт.	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура зерна, г/л	Урожайность, т/ га
Контроль	1.1	29.7	10.8	22.0	817.0	1.44
NaКМГ	1.2	32.8	9.7	19.4	819.0	1.61
НСР ₀₅						0.13

Таким образом, производственные испытания препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья, в качестве регуляторов роста в условиях учебно-опытной сельскохозяйственной станции Алтайского ГАУ и в условиях фермерских хозяйств показали эффективность их применения. Прибавка урожайности составляла до 32%.

Выводы

1. При карбоксиметилировании различных видов растительного сырья (отходов деревообработки и сельского хозяйства) образуются продукты, растворимые в воде на 46–78% с содержанием карбоксиметильных групп 13.3–35.8%. При этом в реакцию карбоксиметилирования вступают все основные структурные компоненты растительного сырья.

2. Исследования по изучению действия биопрепаратов, полученных из карбоксиметилированных продуктов переработки растительного сырья, на рост и развитие яровой пшеницы (предпосевная обработка семян водным раствором 150 г на 1 т семян, на 10 л воды) показали, что изучаемые препараты оказывали влияние на ростовые процессы культуры. Прослеживалась активизация роста и развития пшеницы в первые фазы, от прорастания зерна (появление зародышевых корней), до формирования более мощного кущения культуры. Изучаемые препараты способствовали повышению урожайности пшеницы в условиях мелкоделяночного эксперимента на 30–43%, в условиях полевого эксперимента – на 11–15%, в производственных условиях – на 21–32%.

3. Увеличение урожайности пшеницы под воздействием регуляторов роста не всегда сопутствует повышению содержания белка и клейковины в зерне. Направление изменения концентрации белка в зерне в сторону уменьшения (например, по непаровому предшественнику, при наличии лимитирующего фактора азота в почве) может определяться как «эффект ростового разбавления» в силу увеличения объема урожая на единицу площади, а также продуктивного кущения, которое оказывает решающее влияние на степень равномерного созревания и качество зерна. Иначе говоря, может происходить разбавление накопленного азота в большей органической массе растений, что приводит к относительному снижению содержания белка в зерне.

Список литературы

1. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК: справочник. М., 2011. 296 с.
2. Раскатов В.А. Технология обращения с отходами (интерактивный курс) : учеб.-практ. пособие. М., 2010. 111 с.
3. Базарнова Н.Г., Маркин В.И., Катраков И.Б., Колосов П.В., Калюта Е.В., Чепрасова М.Ю. Методы получения лигноуглеводных композиций из химически модифицированного растительного сырья // Российский химический журнал. 2011. Т. 55, №1. С. 4–9.
4. 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.
5. Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И., Катраков И.Б., Базарнова Н.Г. Применение инновационных препаратов ЭкоСтим в качестве регуляторов роста сельскохозяйственных культур // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 145–152. DOI: 10.14258/jcprgm.2016021296.
6. Мальцев М.И., Кароннов А.А., Калюта Е.В. и др. Исследование карбоксиметилированного растительного сырья в качестве регуляторов роста яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. №5. С. 12–17.
7. 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/jcprgm.2019046466.
8. Мальцев М.И., Калюта Е.В., Базарнова Н.Г., Маркин В.И. Влияние препаратов, карбоксиметилированного растительного сырья, на рост и развитие яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. №12. С. 39–45.

9. Микушина И.В., Маркина А.В., Маркин В.И. Изучение росторегулирующей способности карбоксиметилпроизводных растительного сырья, полученных механохимическим способом // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VII всерос. конф. Барнаул, 2017. С. 97–99.
10. Маркин В.И. Карбоксиметилирование растительного сырья. Теория и практика. Барнаул, 2010. 167 с.
11. Лысенко Н.Н., Прудникова Е.Г. Влияние фунгицида Амистар Экстра и регулятора роста Бином на болезни листового аппарата и физиолого-биохимические показатели яровой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2018. №1(70). С. 8–13. DOI: 10.15217/48484.
12. 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.
13. Колосов П.В., Базарнова Н.Г., Маркин В.И. Высокомолекулярные продукты карбоксиметилирования растительного сырья с сорбционными свойствами: монография. Барнаул, 2014. 134 с.
14. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 411 с.
15. 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.
16. Чулюков О.Г. Экспресс-контроль качества цельного зерна по спектрам пропускания в ближней инфракрасной области: дис. ... канд. тех. наук. М., 2007. 168 с.
17. Bertoša V., Kojić-Prodić B., Wade R.C., Tomić S. Mechanism of auxin interaction with Auxin Binding Protein (ABP1): A molecular dynamics simulation study // Biophysical Journal. 2008. Vol. 94, no. 1. Pp. 27–37. DOI: 10.1529/biophysj.107.109025.
18. Ferro N., Bredow T., Jacobsen H.J., Reinard T. Route to novel auxin: Auxin chemical space toward biological correlation carriers // Chemical Reviews. 2010. Vol. 110, no. 8. Pp. 4690–4708. DOI: 10.1021/cr800229s.
19. Маркин В.И., Феллер С.В. Карбоксиметилированные фрагменты лигнина, как регуляторы роста растений // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. Сборник материалов IX Международного симпозиума. М., 2015. С. 367–371.
20. Долгополова Н.В. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна посевов озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. №5. С. 49–52.

Поступила в редакцию 25 декабря 2020 г.

После переработки 23 марта 2021 г.

Принята к публикации 15 мая 2021 г.

Для цитирования: Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И., Машкина Е.И. Влияние препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья на ростовые процессы, урожайность и биохимические показатели зерна пшеницы // Химия растительного сырья. 2021. №2. С. 361–368. DOI: 10.14258/jcrpm.2021029732.

Kalyuta E.V.^{1*}, *Maltsev M.I.*¹, *Markin V.I.*², *Mashkina E.I.*¹ INFLUENCE OF PREPARATIONS OBTAINED FROM CARBOXYMETHYLATED PLANT RAW MATERIALS ON GROWTH PROCESSES, YIELD AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF WHEAT GRAIN

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

Studies of the effect of biological products obtained from carboxymethylated products of processing plant raw materials on the growth and development of spring wheat (pre-sowing treatment of seeds with an aqueous solution of 150 g per 1 ton of seeds per 10 L of water) showed that the studied drugs influenced the growth processes of the culture. The activation of the growth and development of wheat in the first phases was traced, from the germination of grain (the appearance of embryonic roots), to the formation of a more powerful tillering of the culture. The studied preparations contributed to an increase in wheat yield in a small-plot experiment by 30–43%, in a field experiment – by 15%, in production conditions – by 21–32%. An increase in wheat yield under the influence of growth regulators does not always accompany an increase in the protein and gluten content in the grain. The direction of the change in the protein concentration in grain towards a decrease (for example, according to the non-fallow precursor, in the presence of the limiting nitrogen factor in the soil) can be defined as the "growth dilution effect" due to an increase in the yield per unit area, as well as productive tillering decisive influence on the degree of uniform ripening and grain quality.

Keywords: carboxymethylation, vegetable waste, yield, wheat, grain quality, gluten, protein, plant growth regulators.

References

- Golubev I.G., Shvanskaya I.A., Konovalenko L.YU., Lopatnikov M.V. *Retsikling otkhodov v APK: spravochnik*. [Waste recycling in the agro-industrial complex: a guide]. Moscow, 2011, 296 p. (in Russ.).
- Raskatov V.A. *Tekhnologiya obrashcheniya s otkhodami (interaktivnyy kurs)*. [Waste management technology (interactive course)]. Moscow, 2010, 111 p. (in Russ.).
- Bazarnova N.G., Markin V.I., Katrakov I.B., Kolosov P.V., Kalyuta Ye.V., Cheprasova M.YU. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 2011, vol. 55, no. 1, pp. 4–9. (in Russ.).
- 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, N5, pp. 947–954. DOI: 10.1134/S1070363212050271.
- 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.).
- Mal'tsev M.I., Karonnov A.A., Kalyuta Ye.V. et al. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 5, pp. 12–17. (in Russ.).
- 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.).
- Mal'tsev M.I., Kalyuta Ye.V., Bazarnova N.G., Markin V.I. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no. 12, pp. 39–45. (in Russ.).
- Mikushina I.V., Markina A.V., Markin V.I. *Novyye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya: materialy VII vseros. konf.* [New achievements in the chemistry and chemical technology of plant raw materials: materials of the VII All-Russian conference]. Barnaul, 2017, pp. 97–99. (in Russ.).
- Markin V.I. *Karboksimetilirovaniye rastitel'nogo syr'ya. Teoriya i praktika*. [Carboxymethylation of plant materials. Theory and practice]. Barnaul, 2010, 167 p. (in Russ.).
- Lysenko N.N., Prudnikova Ye.G. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2018, no. 1(70), pp. 8–13. DOI: 10.15217/48484. (in Russ.).
- 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.).
- Kolosov P.V., Bazarnova N.G., Markin V.I. *Vysokomolekulyarnyye produkty karboksimetilirovaniya rastitel'nogo syr'ya s sorbtionnymi svoystvami: monografiya*. [High molecular weight products of carboxymethylation of plant materials with sorption properties: monograph]. Barnaul, 2014, 134 p. (in Russ.).
- 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.).
- Kalyuta Ye.V., Bazarnova N.G., Markin V.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2006, no. 2, pp. 29–31. (in Russ.).
- Chulyukov O.G. *Ekspress-kontrol' kachestva tsel'nogo zerna po spektram propuskaniya v blizhney infrakrasnoy oblasti: dis. ... kand. tekh. nauk*. [Express control of the quality of whole grain by transmission spectra in the near infrared region: Ph.D. thesis]. Moscow, 2007, 168 p. (in Russ.).
- Bertoša B., Kojić-Prodić B., Wade R.C., Tomić S. *Biophysical Journal*, 2008, vol. 94, no. 1, pp. 27–37. DOI: 10.1529/biophysj.107.109025.
- Ferro N., Bredow T., Jacobsen H.J., Reinard T. *Chemical Reviews*, 2010, vol. 110, no. 8, pp. 4690–4708. DOI: 10.1021/cr800229s.
- Markin V.I., Feller S.V. Fenol'nyye soyedineniya: fundamental'nyye i prikladnyye aspekty. Sbornik materialov IX Mezhdunarodnogo simpoziuma. [Phenolic compounds: fundamental and applied aspects. Collection of materials of the IX International Symposium]. Moscow, 2015. Pp. 367–371. (in Russ.).
- Dolgopolova N.V. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2015, no. 5, pp. 49–52. (in Russ.).

Received December 25, 2020

Revised March 23, 2021

Accepted May 15, 2021

For citing: Kalyuta E.V., Maltsev M.I., Markin V.I., Mashkina E.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 2, pp. 361–368. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021029732.

* Corresponding author.