

УДК 661.728.892:581.142

## РОСТОРЕГУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННОЙ НЕПИЩЕВОЙ БИОМАССЫ ШИШЕК СОСНЫ СИБИРСКОЙ

*Е.Ю. Кушнир<sup>1</sup>, Е.А. Семина<sup>1</sup>, Н.Г. Базарнова<sup>1</sup>, Д.В. Лисих<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

<sup>2</sup>ООО «Бурэкс», с. Лесное, Бийский р-н, Алтайский край, Россия

Исследованы росторегулирующие свойства карбоксиметилированной непищевой биомассы шишек сосны сибирской в отношении прорастания семян огурца сорта Кустовой. Выявлена сложная зависимость росторегулирующих свойств карбоксиметилированной биомассы шишек от ее расхода в процессе прорастания семян. Максимальная всхожесть семян огурца отмечена при использовании растворов с содержанием продукта карбоксиметилирования 0,1–0,2 г/дм<sup>3</sup>. Наиболее интенсивный рост корня в длину наблюдался при обработке семян растворами с концентрацией карбоксиметилированной биомассы 0,025–0,05 г/дм<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** сосна сибирская, непищевая биомасса шишек, карбоксиметилирование, росторегулирующие свойства, семена огурцов.

## GROWTH-REGULATING PROPERTIES OF CARBOXYMETHYLATE NON-FOOD BIOMASS FROM SIBERIAN PINE CONES

*E.Yu. Kushnir<sup>1</sup>, E.A. Semina<sup>1</sup>, N.G. Bazarnova<sup>1</sup>, D.V. Lisikh<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Altai State University, Barnaul, Russia

<sup>2</sup>LLC Bureks, Lesnoe Village, Biysky district, Altai Krai, Russia

The growth-regulating properties of carboxymethylated non-food biomass from Siberian pine cones in relation to the cucumber seeds germination of the Kustovoy variety were studied. A complex dependence of the growth-regulating properties of carboxymethylated cone biomass on its consumption during seed germination was revealed. The maximum germination of cucumber seeds was noted when using solutions containing 0.1–0.2 g/dm<sup>3</sup> of the carboxymethylation product. The most intensive growth of roots in length was observed when seeds were treated using solutions with a carboxymethylated biomass concentration of 0.025–0.05 g/dm<sup>3</sup>.

**Keywords:** Siberian pine, non-food biomass of cones, carboxymethylation, growth-regulating properties, cucumber seeds.

Карбоксиметилированная растительная биомасса может применяться в качестве безопасного и эффективного стимулятора роста растений [1]. Продукты карбоксиметилирования растительного сырья ускоряют корнеобразование, рост побегов и корней в длину при прорастании семян [2], микрклональном размножении растений [3] и укоренении черенков [4]. Применение стимуляторов роста на основе продуктов карбоксиметилирования способствует лучшему развитию вегетативной и генеративной частей сельскохозяйственных растений, увеличению их урожайности [1, 5]. Ростостимулирующая активность продуктов карбоксиметилирования и оптимальные условия их внесения зависят от вида исходного растительного сырья, его состава и строения [2]. В связи с этим теоретически и практически значимым направлением исследований в области разработки и применения стимуляторов роста растений является поиск новых видов растительного сырья для получения продуктов карбоксиметилирования и изучения их росторегулирующих свойств.

Цель работы – исследование росторегулирующих свойств карбоксиметилированных отходов обрушения шишки сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour).

Сосна сибирская относится к числу основных лесообразующих пород России. Шишки

сосны сибирской являются одним из самых высоко востребованных пищевых лесных ресурсов и ежегодно заготавливаются в крупных масштабах [6]. При извлечении семян сосны сибирской («кедрового ореха») образуются большие количества отходов обрушения шишки, переработка которых проводится достаточно редко [7]. Непищевая биомасса шишек сосны сибирской имеет высокое содержание лигниновых веществ и полисахаридов [8] и может использоваться как сырье для химической переработки, в частности методами карбоксиметилирования с получением стимуляторов роста растений.

В качестве исходного сырья в работе использовали фракцию измельченных воздушно-сухих отходов обрушения шишки сосны сибирской с размерами частиц не более 0,67 мм и влажностью 6,5 % (кольматант «ФВ-ТУНГА 50», ТУ 20.59.59-001-83929816-2019, ООО «Бурэкс»). Непищевая биомасса шишек сосны сибирской содержала 53,2 % лигнина (по Комарову) и 21,9 % целлюлозы (по Кюршнеру) в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Непищевую биомассу шишек сосны сибирской карбоксиметилировали суспензионным методом [9]. В колбу вносили воздушно-сухое растительное сырье, предварительно растертый гидроксид натрия и пропанол-2. Содержимое колбы перемешивали и нагревали на водяной бане. Затем в колбу вносили растертый монохлорацетат натрия, реакционную смесь перемешивали и нагревали на водяной бане. По окончании обработки полученный продукт отделяли на воронке Бюхнера, промывали 95 %-ным этанолом, подкисленным 90 %-ной уксусной кислотой, затем 95 %-ным этанолом и высушивали на воздухе.

Исследуемый продукт карбоксиметилирования непищевой биомассы шишек сосны сибирской характеризовался содержанием карбоксиметильных групп 38,6 % (определено методом кондуктометрического титрования [9]) и растворимостью в воде 84,1 %.

Росторегулирующие свойства карбоксиметилированной непищевой биомассы шишек сосны сибирской оценивали в отношении прорастания семян огурца сорта Кустовой. Предварительно семена огурца проверяли на полновесность погружением в 3 %-ный раствор хлорида натрия. Отобранные полновесные семена дезинфицировали 0,01 %-ным раствором перманганата калия, промывали дистиллированной водой и помещали по 5 штук в чашки Петри между двумя дисками фильтровальной бумаги. Каждую группу семян смачивали 10 см<sup>3</sup> водного раствора продукта карбоксиметилирования заданной концентрации и инкубировали при комнатной температуре в течение 10 суток. Ежедневно все чашки Петри открывали на 5 мин. При необходимости их содержимое увлажняли небольшим количеством дистиллированной воды. Определяли всхожесть семян огурца на 5-е сутки (рис. 1) и среднюю длину главного корня на 5-е и 10-е сутки инкубирования (рис. 2). Полученные результаты сравнивали с контрольной группой семян, обрабатываемых только дистиллированной водой (концентрация раствора продукта карбоксиметилирования 0 г/дм<sup>3</sup> на рис. 1 и 2).

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о сложном характере зависимости росторегулирующих свойств карбоксиметилированной непищевой биомассы шишек сосны сибирской от ее расхода в процессе прорастания семян. Внесение водных растворов карбоксиметилированной биомассы с концентрацией 0,025–0,4 г/дм<sup>3</sup> повышает всхожесть семян огурца сорта Кустовой на 5-е сутки инкубирования в 2–2,5 раза по сравнению с контролем. Причем максимальная всхожесть семян наблюдается при содержании продукта карбоксиметилирования в растворе в пределах 0,1–0,2 г/дм<sup>3</sup>. Дальнейшее увеличение расхода карбоксиметилированной биомассы свыше 0,2 г/дм<sup>3</sup> приводит к уменьшению всхожести семян огурца. Внесение водных растворов карбоксиметилированной биомассы во всем изученном диапазоне концентраций способствует более интенсивному росту главного корня в длину в течение первых 5-ти суток инкубирования семян. Однако при расходе продукта карбоксиметилирования выше 0,1 г/дм<sup>3</sup> рост главного корня в длину в течение последующих 5-ти суток инкубирования существенно замедляется по сравнению с контрольной группой семян огурца. Наиболее интенсивное формирование корневой системы проростков огурца в течение всего срока инкубирования имеет место при внесении растворов с концентрацией карбоксиметилированной биомассы в пределах 0,025–0,05 г/дм<sup>3</sup>.

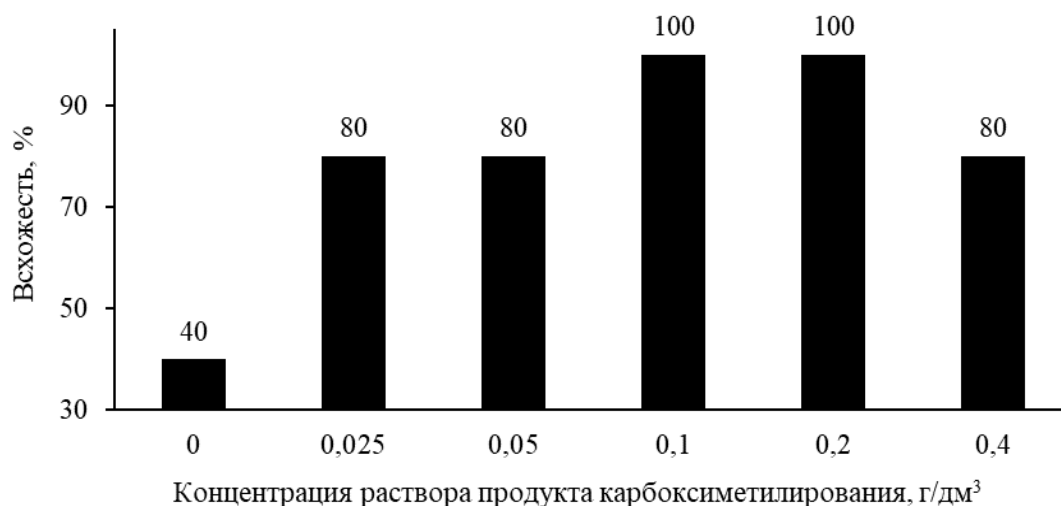


Рис. 1. Всхожесть семян огурца сорта Кустовой на 5-е сутки инкубирования

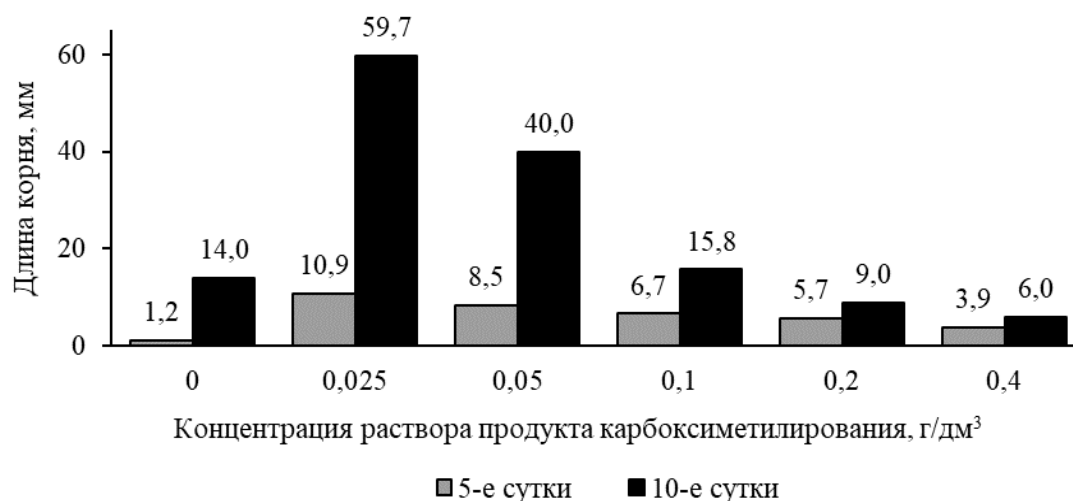


Рис. 2. Средняя длина главного корня проростков огурца сорта Кустовой на 5-е и 10-е сутки инкубирования

По-видимому, сложная зависимость росторегулирующих свойств карбоксиметилированной непищевой биомассы шишек сосны сибирской от ее расхода свидетельствует о различном влиянии продуктов химических превращений растительных веществ на физиологические процессы в прорастающем семени. Следует полагать, что вклад влияния каждого компонента карбоксиметилированной биомассы находится в прямой корреляции с его концентрацией и физиологической активностью. При расходе карбоксиметилированной биомассы в пределах 0,025–0,05 г/дм³ результат ее влияния определяется физиологической активностью компонентов, ускоряющих процессы прорастания семени и роста корня в длину. Увеличение расхода карбоксиметилированной биомассы выше 0,05 г/дм³ приводит к возрастанию вклада влияния компонентов, замедляющих прорастание семян и рост корней в длину. Вероятно, к числу таких компонентов в составе карбоксиметилированной биомассы относятся продукты химических превращений лигнина и лигноподобных соединений, имеющие ауксиноподобное строение. Это предположение согласуется с последними литературными данными о биологической роли ауксина в растениях [10, 11].

Таким образом, благодаря сложному химическому составу продукты карбоксиметилирования непищевой биомассы шишек сосны сибирской могут применяться в качестве регуляторов роста, оказывающих (в зависимости от расхода) стимулирующее или

ингибирующее влияние на физиологические процессы в онтогенезе растительных организмов.

**Благодарности.** Исследование проведено в рамках финансируемой научно-исследовательской работы «Анализ, модифицирование карбоксиметилированием и изучение ростостимулирующей активности образцов кедровой шишки» (хоздоговор АлтГУ № 163/2023)

### Библиографический список

1. 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.
2. 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.
3. Базарнова Н.Г., Тихомирова Л.И., Фролова Н.С., Павлушин А.Е., Курчанова Е.А. Влияние стимулятора роста растительного происхождения на морфогенез *Iris sibirica* L., *Hedysarum teinum* Krasnob. и *Syringa vulgaris* L. в культуре *in vitro* // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 243–248.
4. Пугач Е.Д., Пугач Д.А., Пугач В.А. Оценка некоторых продуктов карбоксиметилирования растительного сырья в качестве стимуляторов роста облепихи // Global Science and Innovations 3: материалы Международной научной конференции (Лейпциг, 18 марта 2018 г.). Астана: ИП «Евразийский центр инновационного развития DARA», 2018. С. 111–113.
5. 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.
6. Хамитов Р.С., Баранова С.А. Индивидуальная изменчивость урожайности семян сосны кедровой сибирской в условиях интродукции // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. 37. № 6. С. 443–447.
7. Криворотова А.И., Эскин В.Д. Исследование способов и режимов переработки шишки сосны сибирской при изготовлении декоративного композиционного материала // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. 40. № 5. С. 430–438.
8. Иванов В.А., Лис Е.В., Фибих Е.В., Шимова Ю.С. Исследование химического состава шишек и семян хвойных пород Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. 41. № 1. С. 95–100.
9. Базарнова Н.Г. Химия древесины и ее основных компонентов. Барнаул: АлтГУ, 2002. 50 с.
10. Matilla A.J. Auxin: hormonal signal required for seed development and dormancy // Plants. 2020. Vol. 9. No. 6. Article 705.
11. Edelmann H.G. Plant root development: is the classical theory for auxin-regulated root growth false? // Protoplasma. 2022. Vol. 259. Pp. 823–832.