

УДК 579.69 : 632.952

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-108-117

А.Ю. Максимов^{1,2}, А.В. Шилова², Н.Ю. Лисовенко¹, С.Ю. Баландина¹, В.А. Щетко³

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

²Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального научного центра УрО РАН, Пермь, Россия

³Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО ФУНГИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА ИНКАНОН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ТОМАТОВ В ИСКУССТВЕННОМ ГРУНТЕ, ПОЛУЧЕННОМ МЕТОДОМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Проведены долговременные эксперименты по биотехнологической переработке материала кородревесных отходов Краснокамского короотвала выделенными микроорганизмами-деструкторами целлюлозных материалов, обладающими целлюлозной и лигнинолитической активностями, а также применению полученных субстанций в качестве питательного грунта для выращивания культурных растений. Показана высокая эффективность переработанного материала кородревесных отходов как питательного грунта для роста экспериментальных растений – томатов. Однако установлено, что без стерилизующей обработки полученный субстрат содержит существенное количество почвенных микромицетов (до 10^{10} колониеобразующих единиц на 1 г субстрата), присутствие которых неблагоприятно отражается на развитии растений. Показана эффективность предпосевной обработки семян томатов, чувствительных к большому количеству микромицетов, новым препаратом инканон из класса замещенных производных бутан-1,3-диола для улучшения всхожести и выживаемости растений. Показано повышение всхожести семян на 14 % в результате такой обработки.

Ключевые слова: биодеструкция; кородревесные отходы; микромицеты; целлюлоза; фунгицид

A.Yu. Maksimov^{1,2}, A.V. Shilova², N.Yu. Lisovenko¹, S.Yu. Balandina¹, V.A. Shchetko³

¹Perm State University, Perm, Russia

²Institute of Ecology and genetics of microorganisms of Ural branch of Russian Academy of Science, Perm, Russia

³Institute of Microbiology of the national Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

APPLICATION OF THE NEW FUNGICIDE INCANON FOR PRE-SOWING SEED TREATMENT WHEN GROWING TOMATO SEEDLINGS IN ARTIFICIAL SOIL OBTAINED BY MICROBIOLOGICAL PROCESSING OF BARK-WOOD WASTE

Long-term experiments were carried out on biotechnological processing of the material of bark-wood waste of the Krasnokamsky korootval by isolated microorganisms-destroyers of cellulose materials with cellulase and ligninolytic activity, as well as the use of the obtained substances as a nutrient soil for growing cultivated plants. The high efficiency of the processed material of bark-wood waste as a nutrient soil for the growth of experimental tomato plants is shown. However, it was found that without sterilizing treatment, the resulting substrate contains a significant number of soil micromycetes (up to 10^{10} colony-forming units per 1 g of substrate), the presence of which adversely affects the development of plants. The effectiveness of pre-sowing treatment of tomato seeds that are sensitive to a large number of micromycetes with the new Incanon drug from the class of substituted butane-1,3-dione derivatives is shown to improve the germination and survival of plants. An increase in seed germination by 14% as a result of this treatment is shown.

Keywords: biodegradation; bark-wood waste; micromycetes; cellulose; fungicide

Введение

Древесные отходы являются ценным биоразлагаемым органическим сырьем, состоящим в значительной степени из полисахаридов (целлюлоза и гемицеллюлоза – до 80 % состава). Однако в Пермском крае и других регионах России накоплены большие массивы данного вида отходов, которые не используются и представляют угрозу окружающей среде и здоровью населения. В частности, это кородревесные отходы (КДО) в короотвалах целлюлозно-бумажных комбинатов, отходы коры, опила, опада и хвои лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий. Складированные кородревесные отходы являются источником закисления почвенной среды продуктами разложения углеводов, снижения плодородия сельскохозяйственных почв и биоразнообразия естественных биотопов, обогащения органическими веществами водных сред и гибели гидробионтов. Также большую опасность представляет пожароопасность короотвалов, особенно вблизи крупных населенных пунктов [1–4].

В частности, таким проблемным объектом является короотвал ныне не действующего Камского ЦБК, расположенный в черте города Краснокамск Пермского края. Данный объект накопленного экологического ущерба расположен в городской черте на участке, омываемом реками Кама и Малая Ласьва, непосредственно примыкает к промышленным и жилым районам, ранее неоднократно возгорался, задымляя воздушную среду города. Короотвал формировался более 70 лет, в последнее десятилетие не пополняется.

Поскольку короотвалы представляют собой открытые системы, их материал подвергается биодegradации и гумификации за счет естественной микрофлоры, что со временем, после degradation существенной части полидревесных сахаридов и образующихся при их разложении органических кислот, приведет к формированию полноценного плодородного грунта, лишенного всех перечисленных экологических опасностей. Однако известно, что это очень медленный и сезонно протекающий процесс. В частности, КДО верхних горизонтов Краснокамского короотвала представляет собой частично деградированный влагоемкий материал, в связи с чем его теплоотдача при сжигании снижена и использование в качестве топлива нерационально [2, 3]. В то же время степень его биодеструкции очень мала для использования в качестве сельскохозяйственного грунта без существенной переработки. Скорее

он является токсичным для многих растений. Также, как показали ранее проведенные нами исследования, в глубине короотвала, в обводненной среде происходит естественная герметизация нижележащих пластов, что почти полностью подавляет процессы биодegradации и глубинный материал менее подвержен деструкции, чем на поверхности, несмотря на то, что он на несколько десятилетий старше [3, 5, 6].

Известно, что природные процессы биодegradации могут быть значительно ускорены искусственно при применении интенсивных микробных биологических технологий в комбинации с коррекцией состава среды и ее аэрацией. Показано, что в результате может быть организована масштабная промышленная переработка кородревесных отходов в плодородный грунт [3, 7–9]. Также известно, что полисахариды, в частности, полимеры растительного происхождения, из которых в основном и состоят КДО, являются наилучшим субстратом для развития грибов от микромицетов до высших – базидиомицетов и аскомицетов. И сам процесс биодegradации целлюлозосодержащих материалов в естественных условиях в наибольшей степени является результатом деятельности грибов [5].

В то же время для конечного продукта переработки – грунта для сельскохозяйственных растений – достаточно большая часть микромицетов не являются безвредными. Кроме того, среди них могут встретиться и выраженные фитопатогены. Наиболее чувствительным к деструктивному и ингибирующему действию микромицетов, а также к заражению фитопатогенами, растения являются в период прорастания семян и образования всходов. Поэтому важной мерой профилактики является протравливание семян специальными антисептическими и противогрибковыми препаратами [10, 11]. Вследствие этого синтез, поиск и применение новых противогрибковых препаратов для обработки посевного материала является высокоактуальной задачей.

Экспериментальная часть

В качестве исходного материала для формирования грунта использовали КДО Краснокамского короотвала, собранный с глубины 0,3–1 м, в наименьшей степени подвергшийся естественной биодegradации среди образцов верхних слоев короотвала. Материал для работы отбирали в нескольких точках путем бурения скважин. Для экспериментов по биоде-

струкции использовали усредненные пробы (рис. 1).



Рис. 1. Краснокамский короотвал: точки бурения скважин и отбора материала КДО

Координаты скважин: 1 – 58.063098, 55.794266; 2 – 58.062399, 55.793302; 3 – 58.064288, 55.793371; 4 – 58.065694, 55.794222; 5 – 58.064338 55.795787; 6 – 58.062481 55.797394

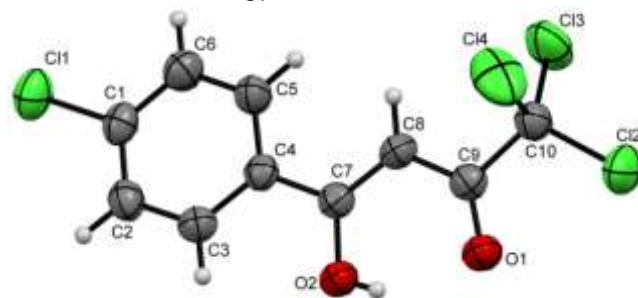
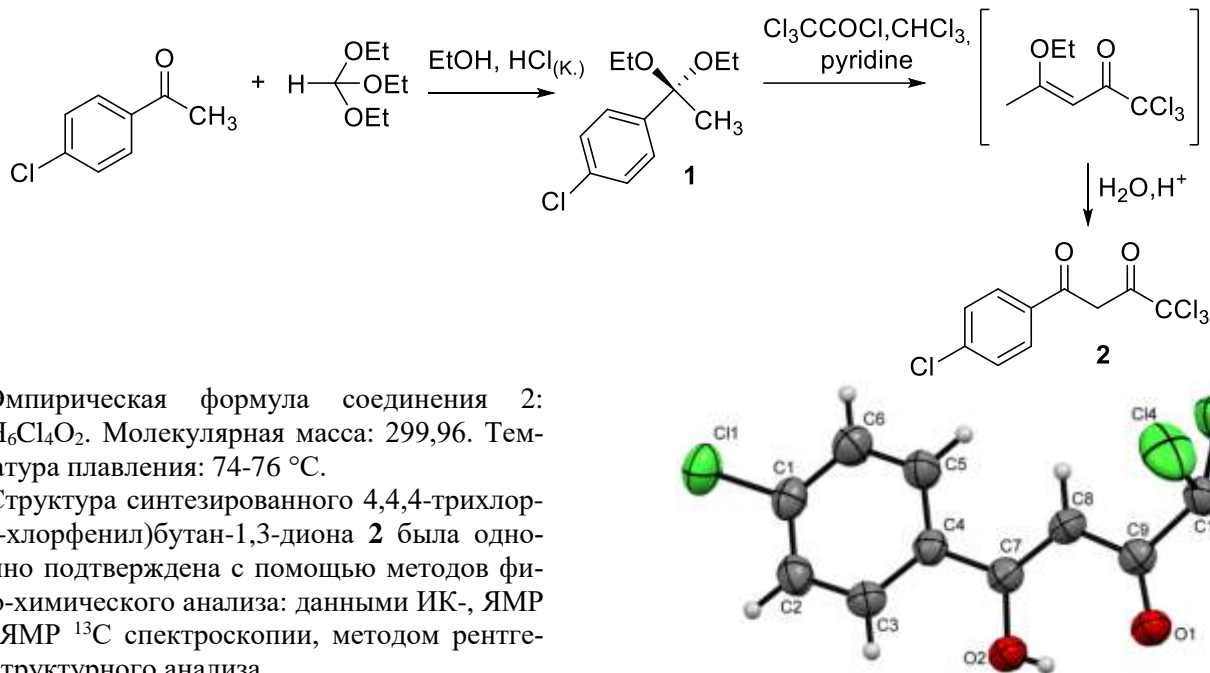


Рис. 2 Молекулярная структура соединения 2.

Эмпирическая формула соединения 2: $C_{10}H_6Cl_4O_2$. Молекулярная масса: 299,96. Температура плавления: 74-76 °С.

Структура синтезированного 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-диона 2 была однозначно подтверждена с помощью методов физико-химического анализа: данными ИК-, ЯМР 1H , ЯМР ^{13}C спектроскопии, методом рентгено-структурного анализа.

ИК-спектр (ФСМ-1202, вазелиновое масло, ν, cm^{-1}): 1642, 1598, 1562 ($O=C-C=C$).

ЯМР 1H спектр (Bruker Avance III HD 400 [рабочая частота 400 МГц] в $CDCl_3$, внутренний стандарт – ТМС, δ , м.д.): 6.79 (1H, с, CH), 7.50 (2H, д, HAr, J 8 Гц), 7.89 (2H, д, HAr, J 8 Гц), 14.22 (1H, с, OH).

ЯМР ^{13}C спектр (Bruker Avance III HD 400 [рабочая частота 100 МГц] в $CDCl_3$, внутренний стандарт – ТМС, δ , м.д.): 76.4, 89.2, 127.9, 128.7, 130.4, 139.2, 178.8, 185.7.

Для биотехнологической переработки и гумификации использовали усредненную пробу.

В качестве противогрибковых средств использовали известный препарат – хлорокись меди, а также новый фунгицидный препарат 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-дион (инканон) 2, синтезированный ранее по методике [12,13], реакцией 1-хлор 4-(1,1-диэтоксиэтил)бензола 1 с хлорангидридом трихлоруксусной кислоты и последующим кислотным гидролизом был получен 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-дион 2.

Препарат представляет собой бесцветный кристаллический порошок, практически нерастворим в воде. Хорошо растворим в хлороформе, хлористом метиле, ацетоне, ДМСО, ДМФА, при нагревании в гексане, этаноле.

Ранее определены молекулярные механизмы противогрибкового действия исследуемого соединения: мембранотропное действие, повышение проницаемости клеточной оболочки [14].

Противогрибковые препараты применяли путем аэрозольного распыления. Хлорокись меди готовили как 0,02 %-ную суспензию в

стерильной дистиллированной воде. Концентрированный инканон готовили в виде 5 %-ного исходного раствора в ацетоне. Для применения разводили его водой до 0,02 %. Также исследовали возможность применения для обработки семян водорастворимого препарата, полученного в виде калиевой соли. Водорастворимую форму инканона получали следующим образом: готовили 10 %-ный раствор инканона в этаноле; к 3 мл полученного раствора добавляли 1 мл 10N КОН, перемешивали до гомогенности. Объем раствора доводили до 6 мл добавлением деионизованной воды. Таким образом получали препарат, эквивалентный по количеству действующего вещества 5 %-ному раствору водонерастворимой формы. Для применения разводили препарат до концентрации 0,02 %

Для биодеструкции брали 2 кг материала КДО по сухому весу. Как было определено ранее [3], в материале КДО наблюдается дефицит ряда биогенных элементов (низкие концентрации соединений азота и фосфора, серы, магния, а также ряда микроэлементов), необходимых для активного роста микроорганизмов и интенсификации биодеструкции.

В связи с этим для стимуляции процессов биодеструкции в субстрат добавляли 1 М фосфат аммония в количестве 10 мл/кг, 1 М сульфат магния до концентрации 0,5 мл/кг и раствор микроэлементов. Содержание воды в субстрате доводили до 35 %. Кислотность доводили до 7,5 добавлением 10 %-ного раствора аммония. Процесс биодеструкции проводили в течение трех месяцев. В таких условиях наблюдалось увеличение скорости биодеструкции целлюлозных компонентов на порядок, по сравнению с условиями только увлажнения (табл. 1).

Также для ускорения процесса переработки КДО в среду добавляли культуры ранее выделенных микроорганизмов-биодеструкторов целлюлозы и гемицеллюлозы в количестве 10^9 КОЕ.

Таким образом, варианты содержали увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой.

Результаты и обсуждение

Проведены модельные долговременные эксперименты по биодеструкции материала КДО аборигенной микрофлорой и внесенными ранее выделенными микроорганизмами-целлюлолитиками.

В связи с дефицитом в среде КДО источников фосфора, азота и ряда микроэлементов, проводили коррекцию среды с помощью моно- и дифосфата калия и аммиачной воды (являющейся отходом полимерного производства), а также растворов солей 2-валентных металлов. Установлено, что при засевной дозе 10^9 КОЕ/мл, оптимизации элементного состава среды и pH, а также при использовании искусственного сообщества потеря массы КДО по сухому весу в течение 90 суток составляет до 21 %.

Методом лимитирующих разведений определено содержание микромицетов в переработанных в течение 90 дней КДО. Установлено, что без стерилизующей обработки (с аборигенной микрофлорой) полученный субстрат содержит существенное количество микромицетов (до 7×10^{10} колониеобразующих единиц на 1 г субстрата), что естественно для древесных отходов (табл. 1).

Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой после коррекции состава среды, включавшей ее частичное защелачивание, содержал в 5 раз меньшее количество микромицетов. Такой эффект может быть связан с тем, что скорректированная среда по составу и, особенно кислотности (pH 7,5), оптимальна для роста бактерий, в то время как для большинства грибов требуется кислотность ниже нейтральной.

Таблица 1

Влияние коррекции среды культивирования и внесения биомассы микроорганизмов–биодеструкторов полисахаридных полимеров древесины на процесс переработки КДО

Вариант	1. Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой	2. Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой и коррекцией состава среды	3. Увлажненный стерилизованный материал КДО с внесенной биомассой <i>Cellulomonas</i>	4. Увлажненный стерилизованный материал КДО с внесенной биомассой <i>Cellulomonas</i> и коррекцией состава среды	5. Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой, с внесенной биомассой <i>Cellulomonas</i> и коррекцией состава среды
Убыль сухой массы, %	0,012±0,003	1,324±0,088	2,735±0,139	14,769±1,024	21,012±1,131
Общее содержание водозэкстрагируемых фенольных соединений, мг/л	0,473±0,094	3,873±0,425	3,245±0,591	7,087±1,133	9,946±1,657
Общее содержание ацетат-иона, мг/л	1,713±0,621	4,489±1,250	11,573±1,975	68,549±5,342	77,125±5,971
Содержание микромицетов, КОЕ/г грунта	$6,89 \times 10^{10} \pm 0,43 \times 10^{10}$	$1,36 \times 10^{10} \pm 0,11 \times 10^{10}$	0	0	$9,91 \times 10^8 \pm 0,51 \times 10^8$

При добавлении в нестерилизованную среду скорректированного состава активной культуры *Cellulomonas* наблюдалось значительное снижение КОЕ микромицетов – на два порядка. Это может быть результатом природного антагонизма микроорганизмов и вытеснения микромицетов в среде, оптимальной для активного развития бактерий.

Известно, что при биодеструкции растительного материала должны наблюдаться:

- убыль сухой биомассы как результат биодеструкции главным образом целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина;
- увеличение количества растворимых фенольных веществ – за счет биодеструкции лигнина, а также высвобождения связанных и адсорбированных фенольных соединений;
- увеличение содержания ацетата в результате биодеструкции углеводов.

По наличию таких изменений можно судить об активности процесса биодеструкции.

Показано, что стимуляция аборигенной микрофлоры путем оптимизации среды и условий роста гетеротрофных бактерий (вариант 2) дает положительный результат в плане ускорения биодеструкции, однако убыль содержания сухого вещества и другие количественные показатели в этом случае были значительно ниже, чем при применении активной

культуры бактерий-целлюлолитиков. В нашем эксперименте установлено, что наиболее эффективно проходила биодеструкция в случае коррекции состава среды, внесения активной культуры бактерий-целлюлолитиков и сохранения аборигенной микрофлоры (вариант 5). В то же время в случае предварительной стерилизации субстрата также наблюдалась очень высокая активность биологического разложения (вариант 4).

Данная методология, показавшая высокую эффективность в лабораторном варианте, проста в исполнении и может быть масштабирована до промышленных масштабов непосредственно в местах складирования кородревесных отходов.

Таким образом, экспериментально опробована новая стратегия ферментации, ранее не рассматриваемая в отношении материала короотвалов ЦБК. Одним из ключевых моментов новой технологии является создание зоны активной биодеградации КДО непосредственно в объеме складирования КДО, создание среды, оптимизированной для роста биодеструкторов и применение выращенной в лабораторных условиях биомассы активных культур.

В результате рассмотренного выше процесса ускоренной биодеструкции образуется оживленная фаза и твердый ферментирован-

ный остаток, которые предположительно могут быть использованы в качестве удобрения для растений и субстанции, структурирующей почву.

Для определения влияния полученных продуктов биологической переработки КДО на рост модельных растений проводили вегетационный опыт с семенами томата скороспелого сорта «Серебристая ель». Семена предварительно подвергали поверхностной стерилизации в микропробирках путем погружения в 70 %-ный этанол в течение 1 мин, трижды промывали стерильной дистиллированной водой, выдерживали 10 мин в термостате при 30°C. После этого семена помещали в стерильные чашки Петри из расчета 10 штук на одну чашку на фильтры, заливали стерильной дистиллированной водой и оставляли на 3–7 суток при комнатной температуре для проращивания. Затем семена высевали в стерильный (автоклавирование при 1 атм. 45 мин) и нестерилизованный грунт – переработанный КДО на глубину 2 см.

Данные эксперименты показали высокую эффективность переработанного материала КДО как питательного грунта для роста томатов. Ранее нами показано, что в вариантах без стерилизации грунта для многих растений в первые 4 недели после прорастания семян наблюдается замедление роста растений и значительное повышение содержания микромицетов, чего не было в случае прогрева грунта. При этом среди микромицетов отсутствовали виды, вызывающие характерные болезни пасленовых растений. Это может быть связано с ускорением роста микроскопических грибов, закислением среды грибами, выделением метаболитов, вызывающих фитостатический эффект, ферментативным повреждением ризо-

сферы непатогенными видами. Наиболее чувствительны растения на стадии прорастания семян и образования всходов. Также известно, что подобные проблемы возникают и в случае использования любых природных грунтов. Поэтому протравливание семян является необходимой методологией защиты растений.

В связи с этим были проведены эксперименты по обработке семян антифунгальными реагентами.

Для этого семена обрабатывали методом аэрозольного распыления 0,02 %-ных растворов противогрибковых веществ на сите, подсушивали в течение 60 мин. при комнатной температуре на сите, затем помещали в стерильные чашки Петри из расчета 10 штук на одну чашку на фильтры, заливали стерильной дистиллированной водой и оставляли на 3–7 суток при комнатной температуре для проращивания. Затем семена высевали в нестерильный (кроме стерильного контроля) питательный грунт на глубину 2 см. В каждый контейнер высевали 5 семян и проводили эксперимент в трех повторностях для каждого варианта. Полив производили стерильной дистиллированной водой. Культивировали при естественном освещении и температуре 25° С (табл. 2).

Через 72 часа определяли энергию прорастания семян как долю проросших семян от их общего числа в процентах, через 144 часа – всхожесть семян. Через 7 и 20 дней проводили учет морфометрических параметров проростков: длина корней и побегов, свежей и сухой массы корней и побегов. Результаты исследования количественных параметров представлены в виде $M \pm m$ (M – среднее арифметическое значение из выборки, m – стандартное отклонение).

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян инканом, хлорокисью меди на морфометрические характеристики и всхожесть семян томата сорта «Серебристая ель» КДО

Опытный вариант	Контроль (нестерильный)	Контроль (стерильный)	Инканон, 0,02 %	Инканон- К соль, 0,02 %	Хлорокись меди, 0,02 %
Время прорастания более 50 % семян, сут	5	5	4	5	6
Энергия прорастания, % (72 ч).	35 %	40 %	45 %	45 %	35 %
Всхожесть семян, % (144 ч).	73 %	81 %	87 %	87 %	69 %
Размер проростков на 20-е сут.:					
– длина корня, см;	2,4±0,4	3,2±0,5	3,8±0,9	3,6±0,9	3,4±1,0
– длина ростка, см;	2,7±0,6	3,3±0,7	3,5±0,8	3,1±0,8	2,9±0,7
– общая масса по сухому веществу, г	1,2±0,4	1,6±0,5	2,1±0,7	1,9±0,6	1,7±0,5

Как видно из проведенных экспериментов, обработка семян инканом приводила к увеличению энергии прорастания семян, и повышению их всхожести на 14 %, чего не наблюдалось при обработке препаратом меди. Это свидетельствует об отсутствии токсического действия препарата на семена в использованных в опыте низких концентрациях и наличии неспецифического стимулирующего эффекта, вероятно, стрессового характера. На 20-е сутки роста наблюдалось повышение всех исследованных морфометрических параметров проростков томатов, обработанных фунгицидами. При этом наиболее высокие показатели наблюдались при обработке семян водонерастворимой формой инкана. Данный эффект и более высокие показатели для нерастворимой формы, вероятно, связаны с отсутствием существенной миграции соединения в среде и сохранения его действующей концентрации в зоне формирования проростка растения.

Применение данной малорастворимой формы противогрибкового препарата инканом представляется перспективным в растениеводстве также в связи с отсутствием его вымывания из верхнего слоя почвы, из зоны роста корней растения, либо с вегетативных частей при местной обработке растений или почвы. Кроме того, нерастворимый препарат не способен к значимой диффузионной миграции в плодовые органы, используемые в качестве пищевых продуктов.

Заключение

Таким образом, показано, что в результате проведенных ферментационных экспериментов на основе массы КДО в условиях коррекции состава среды и применения культурбиодеструкторов, наблюдается частичное оживление материала КДО, значительное снижение его сухого веса. Установлено, что полученная твердая фаза является эффективным биоудобрением. Жидкая фаза представляет собой препарат, эффективно стимулирующий рост рассады и модельных растений томатов. Как удобрение, стимулятор роста и субстанция, структурирующая почву, хорошо себя показал твердый ферментированный остаток. Полученные результаты превосходят многие ранее описанные [7–9,15].

Также обнаружено, что в богатом органическими полимерами субстрате – КДО в процессе биодеструкции с участием аборигенной микрофлоры активно размножается большое количество микромицетов. Несмотря на то, что специфические фитопатогены в этой среде не

были выявлены, наблюдается некоторое снижение показателей всхожести и скорости роста проростков томатов. Такие явления давно известны и при выращивании растений во всех типах агроземов. В качестве средств защиты, предотвращающих такие явления, могут быть использованы как модификация метода переработки КДО, описанная в данной работе, так и дополнительная предпосевная обработка семян.

Таким образом, получены экспериментальные данные об эффективности предпосевной обработки 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)-бутан-1,3-дионом семян модельных растений томата.

Положительными свойствами исследуемого вещества для предпосевной обработки представляются:

– Высокая противогрибковая активность ранее исследованных участниками проекта веществ этого ряда в отношении широкого круга микромицетов при низкой токсичности в отношении высших эукариот, эффективность в отношении заболеваний теплокровных, вызываемых микромицетами (кандидозы и другие микозы).

– Высокая гидрофобность и очень низкая растворимость в воде, что предотвращает их миграцию в почве и ограничивает – в растении. Это представляется исключительно важным свойством для обработки семенного материала перед хранением или посевом.

– В дальнейшем требуется детальное исследование влияния препарата на прорастание семенного материала сельскохозяйственных растений, рост, заболеваемость и урожайность растений, а также другие виды воздействия.

Данные предпосылки дают возможность получения нового эффективного протравного препарата для защиты растений и разработки технологии его применения.

Работа выполнена в рамках проекта МИГ № С-26/796, финансируемого Министерством образования и науки Пермского края и гранта РФФИ 17-43-590653.

Библиографический список

1. Monte M.C. Waste management from pulp and paper production in the European Union // Waste Management and Research. 2009. Vol. 29. P. 293–308.

2. Курило О.Н., Куликова Ю.В., Ширинкина Е.С., Вайсман Я.И. Анализ технологических аспектов образования отходов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности // Пермь: Вестн. ПНИПУ. Урбанистика. 2013. № 4 (12). С. 97–108.
3. Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г., Шилова А.В., и др. Исследование свойств и микробиологического состава кородревесных отходов короотвала г. Краснокамск // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2018. № 4. С. 98–112.
4. Беседина, И.Н., Симкин Ю.Я., Петров В.С. Получение углеродных материалов из отходов сухой окорки лиственницы сибирской. Особенности отходов сухой окорки как сырья для получения углеродных материалов // Химия растительного сырья. 2002. Т. 2. С. 63–66.
5. Томилова Н.С., Баландина С.Ю., Максимов А.Ю. Лигнолитическая способность микромицетов по отношению к кородревесным отходам // Симбиоз-Россия 2019. Матер. XI Всеросс. конгр. 2019. С. 76–78.
6. Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г., Шилова А.В., и др. Получение биоудобрения на основе отходов целлюлозно-бумажной промышленности // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Минск, 2019. С. 277–287.
7. Рожко А.А. Изготовление почвогрунтовых смесей на основе компоста из древесной щепы и использование их при выращивании саженцев в условиях пригородного леспаркхоза // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2009. № 4(67). С. 56–59.
8. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Органические удобрения из отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности // Экология и промышленность России. 2008. № 4. С. 13–15.
9. Капич А.Н. Перспективы биоремедиации с использованием дереворазрушающих базидиальных грибов // Экологический вестник. Минск. 2013. № 3(25). С. 19–24.
10. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Предпосевное протравливание семян (методические аспекты) // Защита и карантин растений. 2018. № 2. С. 3–7.
11. Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Малинников А.А. Эффективность протравителей семян в ограничении корневых гнилей яровой пшеницы // Защита и карантин растений. 2016. № 2. С. 24–26.
12. Способ получения 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-диона, обладающего противокандидозной активностью: патент 2690009 Российская Федерация / Лисовенко Н.Ю., Баландина С.Ю. – № 2015108096/04; заявл. 06.03.2015; опубл. 20.04.2015, Бюл. № 11. – 9 с.
13. Лисовенко Н.Ю., Баландина С.Ю. Оценка противомикробной активности 1-(4-галогенфенил)-4,4-трихлорбутан-1,3-дионов // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2016. Т. 21, № 1. С. 101–105.
14. Баландина С.Ю., Максимов А.Ю., Лисовенко Н.Ю., Шилова А.В. Новое противогрибковое соединение Инканон из класса 1,3-бутандиона в опытах *in vitro* // Биофармацевтический журнал. 2019. Т. 11, № 6. С. 62–66.
15. Волчатова, И.В., Медведева С.А. Применение углеродсодержащих твердых отходов в качестве нетрадиционных удобрений // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. Т. 9. С. 533–540.

References

- 1) Monte, M.C. Fuente, E., Blanco, A., Negro, C., (2009), "Waste management from pulp and paper production in the European Union", *Waste Management and Research*. Vol. 29, pp. 293–308.
- 2) Kurilo, O.N., Kulikova, Yu.V, Shirinkina, E.S., Weissman, Y.I., (2013), "Analysis of technological aspects of waste generation at the enterprises of the pulp and paper industry", *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Series. "Urban Studies"*. no. 1 (13). pp. 97–108. (In Rus).
- 3) Maksimov, A.Yu., Maksimova, Yu.G., Shi-lova, A.V., Kolesova, O.V., Simonetti, J., (2018), "Investigation of the properties and microbiological composition of bark and wood waste from the waste dump in Krasno-kamsk", *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Series. "Chemical technology and biotechnology"*. no. 4. pp. 98–112. (In Rus).
- 4) Besedina, I.N., Simkin, Yu.Ya., Petrov, V.S., (2002), "Obtaining carbon materials from the waste of dry ham of Siberian larch. Features of dry debarking waste as a raw material for obtaining carbon materials", *Chemistry of plant materials*. Vol. 2, pp. 63–66. (In Rus).
- 5) Tomilova, N.S., Balandina, S.Yu., Maksimov, A.Yu., (2019), "Lignolytic ability of micro-

- mycetes in relation to bark and wood waste", *Symbiosis-Russia 2019. Materials of the XI All-Russian Congress*. pp. 76–78. (In Rus).
- 6) Maksimov, A.Yu., Maksimova, Yu.G., Shilova, A.V., Balandina, S.Yu., Schetko, V.A., Demakov, V.A., (2019), "Obtaining biofertilizers based on waste from the pulp and paper industry", *Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects. Minsk*. pp. 277–282. (In Rus).
- 7) Rozhko, A.A., (2009), "Production of soil-soil mixtures based on compost from wood chips and their use in growing seedlings in a suburban forestry farm", *Bulletin of MGUL. Forest Bulletin*. no 4 (67). pp. 56–59. (In Rus).
- 8) Fedorets, N.G., Bahmet, O.N., (2008), "Organic fertilizers from waste from woodworking and pulp and paper industry", *Ecology and Industry of Russia*. no 4. pp. 13–15. (In Rus).
- 9) Kapich, A.N., (2013), "Prospects for bioremediation using wood-destroying basidiomycetes", *Ecological Bulletin. Minsk*. no 4 (25). pp. 19–24. (In Rus).
- 10) Toropova, E.Yu., Stetsov, G.Ya., (2018), "Presowing seed dressing (methodological aspects)", *Protection and quarantine of plants*. no 2. pp. 3–7. (In Rus).
- 11) Porsev, I.N., Toropova, E.Yu., Malinnikov, A.A., (2016), "The effectiveness of seed dressers in limiting root rot of spring wheat", *Protection and quarantine of plants*. no 2. pp. 24–26. (In Rus).
- 12) Lisovenko, N.Yu., Balandina, S.Yu., (2013), Sposob polucheniya 4,4,4-trikhlор-1-(4-khlорfenil)butan-1,3-diona, obladayushchego protivokandidoznoy aktivnost'yu [Method of obtaining 4,4,4-trichloro-1-(4-chlorophenyl) butane-1,3-dione with protivokandidoznoy activity], Russia, RU, Pat. 2690009.
- 13) Lisovenko, N.Yu., Balandina, S.Yu., (2016), "Evaluation of the antimicrobial activity of 1-(4-halogenophenyl)-4,4, trichlorobutane-1,3-dione", *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"*. Vol. 21, no. 1. pp. 101–105. (In Russ.).
- 14) Balandina, S.Yu., Maksimov, A.Yu., Lisovenko, N.Yu., Shilova, A.V., (2019), "A new antifungal compound Inkanon from the class of 1,3-butanedione in vitro experiments", *Biopharmaceutical journal*. Vol. 11, no. 6. pp. 62–66. (In Russ.).
- 15) Volchatova, I.V., Medvedev, S.A., (2001), "The use of carbon-containing solid waste as non-traditional fertilizers", *Chemistry in the interests of sustainable development*. Vol. 9, pp. 533–540. (In Russ.).

Об авторах

Максимов Александр Юрьевич,
кандидат биологических наук, доцент
кафедра микробиологии и иммунологии,
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
almaks1@mail.ru

Шилова Анна Владимировна,
аспирант
Пермский федеральный научный центр Уральского
отделения Российской академии наук
614990, г. Пермь, ул. Ленина, 11.
anechka_shilova@mail.ru

Лисовенко Наталья Юрьевна,
кандидат химических наук, доцент
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
lisovn@mail.ru

About the authors

Maksimov Aleksandr Yurievich,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of microbiology and immunology,
Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
almaks1@mail.ru

Shilova Anna Vladimirovna,
graduate student
Perm Federal Research Center of the Ural Branch of
the Russian Academy of Sciences
11, Lenin st., Perm, Russia, 614990
anechka_shilova@mail.ru

Lisovenko Natalya Yuryevna,
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990.
lisovn@mail.ru

Баландина Светлана Юрьевна,
заведующий лабораторией «Бактерицид»,
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный исследова-
тельский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
bactericid@yandex.ru

Balandina Svetlana Yurievna,
Head of the Laboratory "Bactericide",
Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
bactericid@yandex.ru

Щетко Виталий Анатольевич,
кандидат биологических наук, доцент,
начальник научно-производственного центра био-
технологий Государственного научного учрежде-
ния «Институт микробиологии НАН Беларуси»
(Республика Беларусь, г. Минск).
220141, Беларусь, Минск, ул. Акад. Купревича 2.
vental@yandex.ru

Shchetko Vitaliy Anatolevich,
Candidate of Biological Sciences, Associate Profes-
sor, Head of the Biotechnology Research and Pro-
duction Center of the State Scientific Institution "In-
stitute of Microbiology of the NAS of Belarus" (Re-
public of Belarus, Minsk.
2, st. Acad. Kuprevich, Minsk, Belarus, 220141
vental@yandex.ru

Информация для цитирования:

Максимов А.Ю., Шилова А.В., Лисовенко Н.Ю., Баландина С.Ю., Щетко В.А. Применение но-
вого фунгицидного препарата инканон для предпосевной обработки семян при выращивании рассады
томатов в искусственном грунте, полученном методом микробиологической переработки кородре-
весных отходов // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 108–117.
DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-108-117.

Maksimov A.Iu., Shilova A.V., Lisovenko N.Iu., Balandina S.Iu., Shchetko V.A. *Primenenie novogo
fungitsidnogo preparata inkanon dlia predposevnoi obrabotki semian pri vyrashchivanii rassady tomatov v
iskusstvennom grunte, poluchennom metodom mikrobiologicheskoi perera-botki korodrevesnykh otkhodov*
[Application of the new fungicide incanon for pre-sowing seed treatment when growing tomato seedlings in
artificial soil obtained by microbiological processing of bark-wood waste] // Vestnik Permskogo universiteta.
Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 108–117 (in Russ.).
DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-108-117.