

УДК 674.8:582.287.238:582.998:332.368

А.В. Чайка, А.В. Гусак

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТА ТРАНСФОРМАЦИИ ЛИГНИНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ГРИБАМИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ФТОРИДАМИ И СУЛЬФИТАМИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»

Установлен оптимальный срок культивирования штамма *Trametes hirsuta* Th-11, проведена предварительная оптимизация состава сред с лигнинсодержащими отходами с целью повышения эффективности окислительной деструкции. В вегетационном эксперименте показано существенное влияние культурального фильтрата гриба *Trametes hirsuta* Th-11, который культивировался на средах с лигнинсодержащими отходами, и лужки семян подсолнечника, конвертированной штаммом *Pleurotus ostreatus* НК-35, на рост надземной и подземной части, интенсивность перекисного окисления липидов и активность пероксидазы проростков *Calendula officinalis* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами. Обнаружены рост-стимулирующие и стресс-протекторные свойства некоторых вариантов продукта трансформации лигнинсодержащих отходов грибами, обогащенного биологически активными метаболитами грибного происхождения. Не выявлено единой закономерности влияния исследуемых средств на изучаемые физиолого-биохимические показатели проростков календулы лекарственной.

Ключевые слова: загрязнение почвы, лигнинсодержащие отходы, деструкция, стимуляторы роста растений, ксилотрофные грибы

Введение

Технические характеристики древесины обуславливают ее широкое использование в строительстве, внутренней отделке помещений, изготовлении мебели и в иных целях [3]. Однако, огромное количество трудноразлагаемых отходов лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности, сельского хозяйства и других отраслей экономики в подавляющем большинстве направляются в отвалы, что влечет за собой существенный экономический и экологический ущерб. Например, в Российской Федерации ежегодно образуется порядка 35,5 млн. м³ древесных отходов [6].

В современных условиях, с учетом требований рационального природопользования, необходимо внедрение новых малоотходных ресурсосберегающих технологий. Поэтому вовлечение трудноразлагаемых лигнинсодержащих отхо-

дов, в том числе древесных, в биокаталитические процессы конверсии является важным звеном обеспечения экологической безопасности.

Древесина обладает высокой прочностью и устойчивостью к разложению благодаря лигнину, который наряду с целлюлозой является основным компонентом клеточных стенок растений. Лигнин, будучи высокомолекулярным веществом, практически не растворим в воде и биологически инертен. В природе в процессах разложения древесины участвуют различные животные, бактерии и грибы. Бактерии, несмотря на то, что обладают широким набором целлюлаз, гемицеллюлаз и пектиназ, в очень ограниченной степени разлагают лигнин [8]; животные самостоятельно на это не способны. Основную же роль в данных процессах играют ксилотрофные грибы благодаря мощному неспецифичному внеклеточному

ферментативному комплексу. В результате трансформации лигнина грибами образуются разнообразные гидрофильные продукты с меньшей молекулярной массой, обладающие биологической активностью. Основными из таких соединений являются гуминовые вещества [4], которые широко применяются в различных отраслях промышленности, а также в животноводстве и растениеводстве в качестве стимуляторов роста.

В результате активной промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека помимо прочего происходит загрязнение эдафотопов различными токсикантами, что приводит к нарушению химического равновесия почвы, отражается на ее водно-физических свойствах и сопровождается угнетением микробиологических процессов [12]. Это негативно сказывается на физиологическом состоянии, росте и развитии, продуктивности растений; происходит накопление в тканях несвойственных для них химических веществ [9]. Одним из способов компенсации или нейтрализации подобного влияния может служить применение продуктов деструкции лигноцеллюлозы. Обогащение таких продуктов биомассой и биологически активными веществами грибного происхождения может значительно усилить их воздействие на растения, как прямое, так и опосредованное – через повышение биологической активности почвы.

Цель и задачи исследований

Цель исследований – изучить возможность применения продукта трансформации лигнинсодержащих отходов грибами, обогащенного биологически активными метаболитами грибного происхождения (ПТО) при выращивании календулы лекарственной *Calendula officinalis* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами. Задачи: оценить динамику эффективности окислительной деструкции (ЭД) веществ культуральным фильтратом (КФ) штамма кислототрофного базидиомицета *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd Th-11 на средах, содержащих сельскохозяйственные отходы; провести предварительную оптимизацию состава сред для увеличения ЭД исследуемого штамма; оценить влияние на физиолого-биохимические показатели и перспективность использования КФ штамма *T. hirsuta* Th-11 для полива, а также субстрата, кон-

вертированного штаммом НК-35 вешенки обыкновенной *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. (лузги семян подсолнечника) в качестве добавки в грунт при выращивании календулы лекарственной в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами.

Объекты и методики исследований

Calendula officinalis – однолетнее травянистое растение семейства астровые (Asteraceae), культивируется как лекарственное и декоративное растение. Цветки *C. officinalis* содержат каротиноиды, флавоноиды, аскорбиновую кислоту, слизи, горечи, органические кислоты, тритерпеновые сапонины [1]. Материалом для исследования служили проростки календулы лекарственной. Культивацию проводили в полиэтиленовых сосудах объемом 500 мл с 350 г почвы на протяжении тридцати дней при продолжительности светового дня 14 часов (освещенность 12000 люкс), температуре 20–22°C и влажности грунта около 70%. В качестве загрязнителей были использованы концентрации сульфита натрия в количестве 2 г и фторида натрия – 0,2 г/кг почвы [5].

В качестве ПТО использовали КФ штамма *T. hirsuta* Th-11, выращенного на различных средах с лигнинсодержащими отходами, а также лигноцеллюлозный субстрат (лузга семян подсолнечника), конвертированный штаммом НК-35 вешенки обыкновенной *Pleurotus ostreatus*.

В ходе эксперимента определяли абсолютно сухую биомассу (АСБ) растений весовым методом. Полученные данные пересчитывались на 1 м² посевов. ЭД штамма *T. hirsuta* Th-11 определяли по разрушению модельного соединения – красителя methyl orange C₁₄H₁₄N₃NaO₃S (CAS 547-58-0) культуральным фильтратом штамма [11]. Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли по содержанию продуктов ПОЛ, активных к тиобарбитуровой кислоте (ТБК-АП) [10]. Определение активности пероксидазы проводили колориметрически по методу А.Н Бояркина [2]. Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с использованием общепринятых методов статистической обработки результатов биологических экспериментов.

Результаты исследований и их обсуждение

В исследовании в качестве деструктора лигнинсодержащих отходов использовали штамм *T. hirsuta* Th-11, являющийся высокоактивным продуцентом экзогенных продуктов перекисного окисления липидов [7], который характеризуется высокой полифенолоксидазной активностью и эффективностью деструкции красителя methyl orange культуральным фильтратом при глубинном культивировании на жидкой питательной среде, содержащей глюкозу, лигносульфонат, пептон, твин-80 и минеральные элементы [11].

Динамика ЭД штамма *T. hirsuta* Th-11 на жидких средах с лигнинсодержащими отходами (древесные опилки акации белой либо пшеничная солома в количестве 8,1 г/л) в качестве источников углеродного и азотного питания при глубинном культивировании представлена на рис. 1.

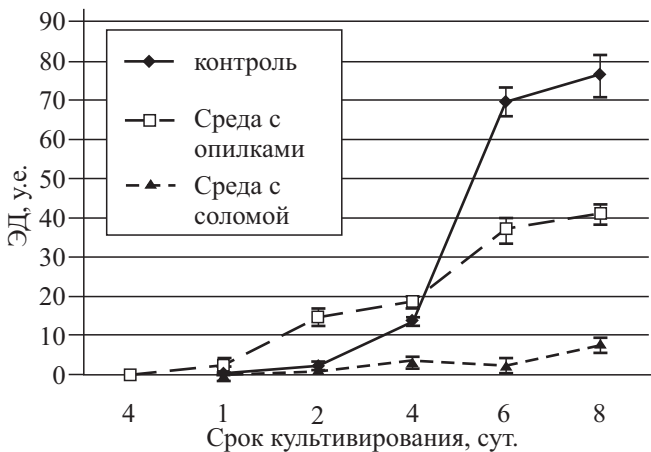


Рис. 1. ЭД штамма *T. hirsuta* Th-11 на средах с лигнинсодержащими отходами в сравнении с контрольной средой [11]
Fig. 1. ED of *T. hirsuta* Th-11 strain on media with lignin-containing wastes in comparison with the control media [11]

Наибольшие значения исследуемого показателя на всех средах характерны для конца культивирования (8-е сутки). Наибольший уровень ЭД отмечен при росте штамма *T. hirsuta* Th-11 на контрольной среде (76,52±5,48 у.е.). При росте исследуемого штамма на среде с древесными опилками уровень ЭД в конце культивирования был практически вдвое ниже (41,17±2,46 у.е.), а на более ранних сроках – выше (на 2-е сутки в 6,2, на 4-е сутки – в 1,4 раза), чем на контрольной среде. При росте штамма *T. hirsuta* Th-11 на среде с пшеничной соломой уровень ЭД был значительно ниже, чем на остальных средах в течение

всего срока культивирования. Максимальное значение ЭД здесь составило 7,84±1,55 у.е. на 8-е сутки роста, что практически в 10 раз меньше контрольного значения.

Следовательно, на средах с лигнинсодержащими отходами эффективность деструкции веществ штаммом *T. hirsuta* Th-11 была достаточно низкой, что требовало поиска путей ее индукции. С этой целью на втором этапе исследования проводили подбор дополнительных компонентов в средах. Вносили лигносульфонат (в количестве 10 г/л), твин-80 (1 г/л) и раствор минеральных элементов по Кирку [14] (70 мл/л).

Результаты исследований показали (рис. 2), что внесение в среду, содержащую опилки, лигносульфоната и твин-80 в исследуемых концентрациях приводило к снижению эффективности деструкции ксенобиотика methyl orange штаммом *T. hirsuta* Th-11. Добавление минеральных элементов приводило к увеличению ЭД штамма *T. hirsuta* Th-11 в полтора раза. Внесение в среду с пшеничной соломой минеральных элементов не оказывало влияния на исследуемый показатель, внесение твин-80 приводило к его снижению, а внесение лигносульфоната – к увеличению в 2,4 раза.

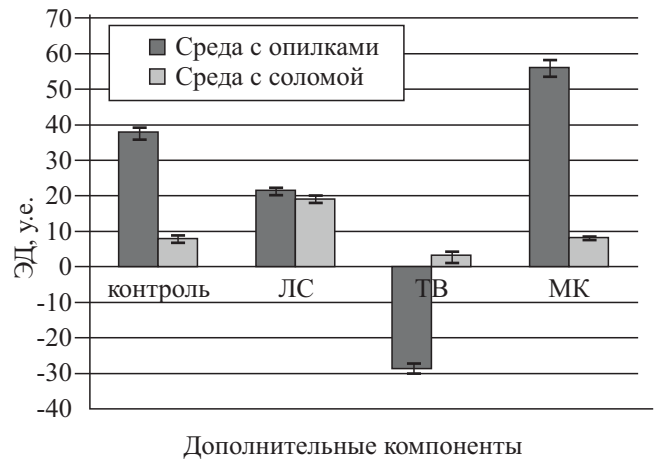


Рис. 2. ЭД штамма *T. hirsuta* Th-11 на средах с лигнинсодержащими отходами при внесении лигносульфоната (ЛС), твин-80 (ТВ) и микроэлементов (МК)

Fig. 2. ED of *T. hirsuta* Th-11 strain on media with lignin-containing wastes upon application of lignosulfonate (ЛС), tween-80 (ТВ) and trace elements (МК)

С целью изучения влияния ПТО на физиолого-биохимические показатели календулы лекарственной в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами, использовали для полива разведенный в 2 раза КФ гриба *T. hirsuta* Th-11, который культивировался на жидкой питательной сре-

де [11] (Г), жидкой среде с древесными опилками (О), пшеничной соломой (С), соломой и лигносульфанатом (СЛ), опилками и лигносульфанатом (ОЛ), соломой и твин-80 (СТ), опилками и твин-80 (ОТ); либо добавляли в грунт лузгу семян подсолнечника, конвертированную штаммом *P. ostreatus* НК-35 (Л) в количестве 50, 25, 10 и 5 % (рис. 3–6).



Рис. 3. Биомасса надземной части *Calendula officinalis* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами при использовании ПТО

Fig. 3. *Calendula officinalis* L. aboveground biomass under fluoride and sulphite soil contamination conditions using WTP

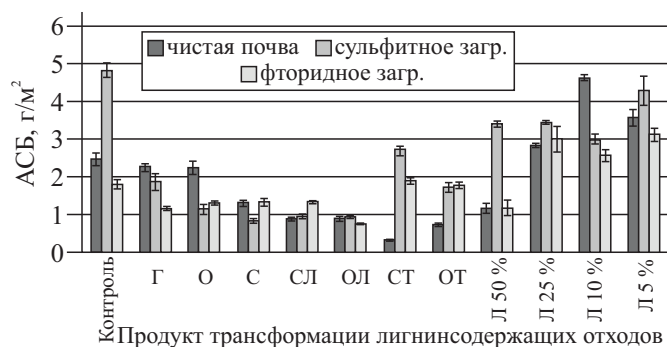


Рис. 4. Биомасса корневой системы *Calendula officinalis* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами при использовании ПТО

Fig. 4. *Calendula officinalis* L. root system biomass under fluoride and sulphite soil contamination conditions using WTP

Результаты изучения влияния исследуемых ПТО на биомассу календулы лекарственной в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами (рис. 3, 4) свидетельствуют о следующем. Загрязнение почвы фторидами снижает АСБ *C. officinalis* на 39 %, загрязнение сульфитами не оказывает достоверного влияния на АСБ надземной части, но усиливает рост корней на 95 %. Все варианты КФ *T. hirsuta* Th-11, кроме Г, оказывают угнетающее воздействие на рост календулы лекарственной на чистой почве, причем

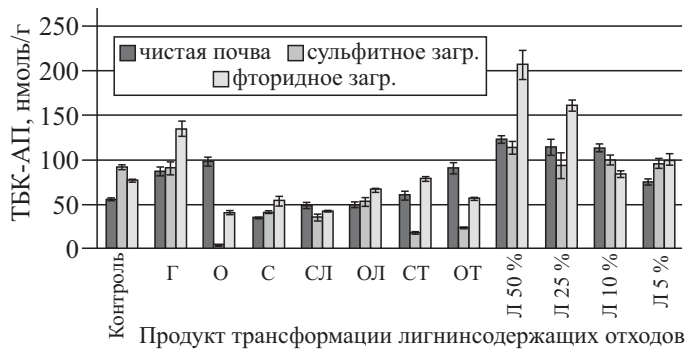


Рис. 5. Содержание ТБК-АП в проростках *Calendula officinalis* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами при использовании ПТО

Fig. 5. *Calendula officinalis* L. TBA-AP content under fluoride and sulphite soil contamination conditions using WTP



Рис. 6. Peroxidase activity проростков *Calendula officinalis* L. в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами при использовании ПТО

Fig. 6. *Calendula officinalis* L. peroxidase activity under fluoride and sulphite soil contamination conditions using WTP

сильнее угнетался рост корней, чем надземной части. Наибольшее угнетение роста установлено при использовании СТ. В этом варианте общая АСБ была на 62 % ниже контроля (надземная часть – на 58 %, а подземная – на 86 %). Высокие концентрации лузги семян подсолнечника также оказывают негативное воздействие на показатель АСБ. Стимуляция роста *C. officinalis* установлена при добавлении в почву 5 и 10 % лузги: общая АСБ увеличилась на 8 и 19 % (надземная часть – на 4 и 12 %, подземная – на 45 и 87 %) соответственно.

На почве, загрязненной сульфитами, значительный стимулирующий эффект на рост *C. officinalis* оказывает полив КФ штамма *T. hirsuta* Th-11, который культивировался на жидкой питательной среде (Г). Увеличение общей АСБ составило 110 % (прирост надземной массы 154 % при снижении массы корней на 61 %). Также положи-

тельное влияние имело внесение в почву конвертированной лузги семян подсолнечника в количестве 5 и 10 %. Прирост общей АСБ составил в этих вариантах соответственно 16 и 34 % при более значительном увеличении надземной массы и небольшом снижении подземной массы.

При более токсичном фторидном загрязнении индукция роста наблюдалась при использовании КФ штамма *T. hirsuta* Th-11, культивируемого на средах Г (25 %), СТ (15 %) и ОТ (11 %). Стоит отметить, что применение СТ оказывает положительное влияние на рост не только надземной, но и подземной части календулы лекарственной. Другие варианты КФ *T. hirsuta* Th-11 ингибируют рост корней. Внесение в почву конвертированной штаммом *P. ostreatus* НК-35 лузги семян подсолнечника в количестве 5 и 10 % стимулирует рост как надземной, так и подземной части *C. officinalis*. Общая АСБ при минимальной дозе лузги возросла на 62 %, а при дозе 10 % – на 19 %. Добавление в почву 25 % лузги стимулирует рост корней (на 66 %), но не оказывает влияния на надземную биомассу.

Результаты исследования влияния ПТО на содержание продуктов ПОЛ в проростках *C. officinalis* в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами представлены на рис. 5.

Из графика следует, что загрязнение почвы фторидами приводило к увеличению концентрации продуктов ПОЛ в проростках календулы лекарственной на 37 %, а сульфитами – на 63 %. На чистой почве использование композиций СЛ и ОЛ не оказывало влияние на содержание ТБК-АП в проростках *C. officinalis*, а использование фильтрата С снижало уровень ТБК-АП на 37 %. Применение остальных фильтратов, а также лузги семян подсолнечника во всех концентрациях приводило к активации ПОЛ и увеличению концентрации ТБК-АП. Наибольшее такое влияние установлено при использовании лузги семян подсолнечника в концентрациях 10–50 %. При этом увеличение концентрации продуктов ПОЛ составило более 100 %.

При сульфитном загрязнении применение КФ *T. hirsuta* Th-11 приводит к значительному снижению интенсивности процессов ПОЛ в проростках календулы лекарственной – от 42 до 95 % (кроме варианта Г, который не оказывал влияния на данный показатель). Незначительное увеличение количества ТБК-АП (на 24 %) наблюдалось толь-

ко при использовании лузги семян подсолнечника в максимальной концентрации. Внесение других концентраций этого субстрата не оказывало влияния на уровень ПОЛ проростков *C. officinalis*.

На почве, загрязненной фторидами, использование вариантов КФ *T. hirsuta* Th-11 с лигнинсодержащими отходами приводит к падению содержания ТБК-АП в проростках *C. officinalis*. Наибольшее снижение уровня ПОЛ – на 49 и 45 %, установлено при применении фильтратов О и СЛ. Повышение уровня ПОЛ *C. officinalis* наблюдалось при действии культурального фильтрата Г. Внесение в почву конвертированной штаммом *P. ostreatus* НК-35 лузги семян подсолнечника в высоких концентрациях (25 и 50 %) увеличивало содержание продуктов ПОЛ на 108 и 167 %.

Уровень ПОЛ часто используется для диагностики условий среды, а значительное увеличение уровня ПОЛ считается следствием воздействия стрессовых факторов [10]. В связи с этим снижение уровня ПОЛ проростков *C. officinalis* в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами под действием КФ гриба *T. hirsuta* Th-11, который культивировался на средах с лигнинсодержащими отходами, может свидетельствовать о стимуляции защитных механизмов и повышении устойчивости исследуемого растения. Следовательно, КФ гриба *T. hirsuta* Th-11 может обладать стресс-протекторными свойствами.

Важную роль в обеспечении устойчивости растительного организма к изменяющимся условиям окружающей среды играют антиоксидантные ферменты, в частности, пероксидаза [1]. Результаты исследования пероксидазной активности проростков *C. officinalis* в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами при использовании ПТО представлены на рис. 6.

Установлено, что загрязнение почвы оказывает значительное воздействие на пероксидазную активность проростков календулы лекарственной. При сульфитном загрязнении активность фермента снижалась на 30 %, а при фторидном – повышалась на 87 %.

Влияние ПТО на активность пероксидазы проростков календулы лекарственной при различных условиях роста неоднозначно. На незагрязненной почве снижают пероксидазную активность *C. officinalis* варианты КФ: СЛ (на 35 %),

ОЛ (на 25 %) и ОТ (на 54 %). К значительному повышению активности фермента приводит обработка календулы лекарственной фильтратами КФ гриба *T. hirsuta* Th-11: О (на 77 %) и С (на 61 %), а также конвертированной штаммом *P. ostreatus* НК-35 лузги семян подсолнечника в количестве 10 % (на 101 %).

При сульфитном загрязнении только использование фильтрата ОТ приводит к ингибированию пероксидазной активности на 58 %. Все остальные ПТО увеличивают активность данного фермента. Наибольшее воздействие установлено в вариантах О (на 114 %), СЛ (на 109 %), а также Л-50 % (на 207 %) и Л-25 % (на 215 %).

Обратное влияние исследуемых фильтратов и добавок установлено при фторидном загрязнении почвы. Здесь применение любых вариантов КФ и любых исследуемых концентраций конвертированной лузги приводит к снижению пероксидазной активности *S. officinalis*. Наибольшее ингибирование установлено при действии Г (на 60 %), СЛ (на 57 %), ОТ (на 59 %).

Изменение активности антиоксидантного фермента пероксидазы наряду с изменением интенсивности ПОЛ под действием ПТО указывает на перестройку метаболических путей исследуемого растения, что имеет адаптационное значение в условиях загрязнения почвы. Сравнительный анализ накопления биомассы, уровня ПОЛ и активности пероксидазы проростков *S. officinalis* показал отсутствие корреляционной зависимости данных показателей.

Выводы

В результате исследования установлено, что оптимальным сроком культивирования штамма *T. hirsuta* Th-11 с наибольшими значениями эффективности окислительной деструкции (ЭД) на средах с добавлением лигнинсодержащих отходов являются 8-е сутки. По итогам предварительной оптимизации состава этих сред с целью повышения ЭД необходимо добавлять в среду с опилками минеральные элементы, а в среду с пшеничной соломой – лигносульфонат.

Добавление в почву КФ гриба *T. hirsuta* Th-11, который культивировался на средах с лигнинсодержащими отходами, и лузги семян подсолнечника, конвертированной штаммом *P. ostreatus* НК-35, оказывает существенное влияние, как положительное, так и отрицательное, на рост над-

земной и подземной частей, интенсивность ПОЛ и активность пероксидазы проростков *S. officinalis* в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами. Среди наиболее перспективных для дальнейших исследований выделяются ПТО, обладающие рост-стимулирующими (Л-5 % и Л-10%) и стресс-протекторными (О, С, СЛ, СТ и ОТ) свойствами. Однако единой закономерности влияния исследуемых ПТО на изучаемые физиолого-биохимические показатели проростков календулы лекарственной не выявлено.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию состава ПТО, дозировки и способа их использования.

1. Абдуллабекова В.Н., Тулаганов А.А. Разработка метода количественного анализа цветков календулы лекарственной // Химико-фармацевтический журнал. 2001. Т. 35, N10. С. 25–26.
2. Асатиани В.С. Ферментные методы анализа. М.: Наука, 1969. С. 262–266.
3. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н., Симонова И.В. Технологические решения для реализации потенциала ресурсосбережения при переработке круглых лесоматериалов на щепу. Петрозаводск, 2013. 92 с.
4. Грехова И.В., Матвеева Н. В. Применение гуминового препарата в баковой смеси при протравливании семян яровой пшеницы // Проблемы и перспективы биологического земледелия: матер. междунар. науч. конф., Ростов-на-Дону, 17–19 ноября 2014 г. Ростов-на-Дону: Рассвет, 2014. С. 121–127.
5. Гусак А.В., Чайка А.В. Рост календулы лекарственной в условиях загрязнения почвы фторидами и сульфитами при использовании стимуляторов // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: матер. Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых, Донецк, 17–20 октября 2017 г. Том 2: Химико-биологические науки. Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. С. 159–160.
6. Колесникова А.В. Анализ образования и использования древесных отходов на предприятиях лесопромышленного комплекса России // Актуальные вопросы экономических наук. 2013. N 33. С. 116–120.

7. Патент 82088 України. Штам соматичних структур дереворуйнівного базидіоміцета *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd Th-11 – продуцент екзопродуктів перекисного окиснення ліпідів / Чайка О.В., Федотов О.В. Заявка №201214086, від 10.12.2012, МПК (2006.01), кл. А01G 1/04 Бюл. № 14, від 25.07.2013.
8. Рабинович М.Л., Болобова А.В., Кондращенко В.И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов: в 2 кн. Кн. I. Древесина и разрушающие ее грибы / под ред. М.Л. Рабинович. М.: Наука, 2001. 264 с.
9. Смит У.Х. Поглощение загрязняющих веществ растениями // Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 461–499.
10. Чайка А.В., Молодцова Ю.А. Реакция прооксидантно-антиоксидантной системы как критерий отбора устойчивых к гипертермии штаммов *Pleurotus ostreatus* // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. N 3–4. С. 137–145.
11. Чайка А.В., Шершень Д.В. Эффективность деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов при глубинном культивировании // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. N 1–2. С. 101–107.
12. Шебалова Н.М., Бабушкина Л.Г. Лесные почвы сосновых насаждений, произрастающих в зонах техногенного загрязнения. Биоиндикаторы загрязнения. Екатеринбург: УГЛТА, 1999. 194 с.
13. Arora A., Sairam R.K., Srivastava G.C. Oxidative stress and antioxidative system in plants // Current Sci. 2002. Vol. 82. P. 1227–1238.
14. Kirk K.T., Croan S., Tien M., Murtagh K.E., Farrell R.L. Production of multiple ligninases by *Phanerochaete chrysosporium*, effect of selected growth conditions and the use of a mutant strain // Enzyme and Microbial Technology. 1986. Vol. 8. P. 27–32.

Поступила в редакцию: 15.11.2019

UDC 674.8:582.287.238:582.998:332.368

EXPERIENCE WITH THE USE OF FUNGI TRANSFORMATION PRODUCT OF LIGNIN-CONTAINING WASTES DURING THE CULTIVATION OF *CALENDULA OFFICINALIS* UNDER FLUORIDE AND SULPHITE SOIL CONTAMINATION

A.V. Chaika, A.V. Gusak

State Educational Institution of Higher Professional Education «Donetsk National University»

The optimal cultivation period of the *Trametes hirsuta* Th-11 strain was established, preliminary optimization of media with lignin-containing wastes composition was carried out with a view to increase the destruction efficiency. The vegetation experiment showed a significant effect of *Trametes hirsuta* Th-11 fungus cultivated on media with lignin-containing wastes culture filtrate, and sunflower seed husk converted by *Pleurotus ostreatus* NK-35 on the aboveground and underground parts growth, lipid peroxidation intensity, peroxidase activity of *Calendula officinalis* L. seedlings under fluoride and sulphite soil contamination conditions. The growth-stimulating and stress-protective properties of some lignin-containing wastes products transformed by fungi and enriched with fungal biologically active metabolites modifications were found. The study showed no unified pattern of the investigated substance influence on the physiological and biochemical parameters of *Calendula officinalis* seedlings under study.

Key words: soil contamination, lignin-containing wastes, destruction, plant growth stimulators, xylophilic fungi