

УДК 615.322, 58.04

ПОЛУЧЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ХВОЙНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA*) И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ФУНГИЦИДНЫХ СВОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

© А.Н. Поддубняк¹, С.А. Нужных², Е.Н. Сурнина², А.М. Захаркива^{2*}, А.Е. Мудрикова²,
К.И. Казанцева², И.А. Курзина²

¹ ООО «Солагифт», пр. Развития, 8, Томск, 634055, Россия

² Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, 634050,
Россия, alex.zakharkiva@gmail.com

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) является одним из основных лесообразующих видов Сибири. При этом древесная зелень (ДЗ) пихты, богатый источник ценных биологически активных веществ, является отходом деревообрабатывающей промышленности. В статье представлены результаты получения образцов хвойных экстрактов из ДЗ пихты для применения в сельском хозяйстве. Полученные хвойные экстракты содержат в составе такие компоненты, как комплекс тритерпеновых кислот (ТТК) и ряд других сопутствующих биологически активных веществ. Анализ состава полученных образцов проводили с помощью метода ВЭЖХ-МС по методике, которая была разработана для пробоподготовки и анализа образцов хвойных экстрактов. Содержание тритерпеновых кислот в образцах достигает 67%. Были изучены фунгицидные и росторегулирующие свойства полученных образцов на семенах мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сортов «Икар» и «КВС Буран». Показаны результаты влияния пяти образцов на лабораторную всхожесть и на микроорганизмы, присутствующие на семенах пшеницы, вызывающие фузариоз и пенициллез пшеницы. Обнаружено, что из двух грибных заболеваний при применении полученных образцов лучше поддается фузариоз. Установлено статистически значимое уменьшение зараженности семян при обработке образцами 1 и 5, инфицированность понизилась на 20 и 24% соответственно. Лабораторная всхожесть увеличилась в опытном варианте при воздействии образцом 1 статистически достоверно на 20% по сравнению с контролем.

Ключевые слова: *Abies sibirica*, пихта сибирская, экстракция, тритерпеновые кислоты, всхожесть, пшеница.

Для цитирования: Поддубняк А.Н., Нужных С.А., Сурнина Е.Н., Захаркива А.М., Мудрикова А.Е., Казанцева К.И., Курзина И.А. Получение регуляторов роста растений на основе хвойных экстрактов пихты сибирской (*Abies sibirica*) и изучение их фунгицидных свойств для повышения посевных качеств семян пшеницы // Химия растительного сырья. 2025. №3. С. 396–405. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250316158>.

Введение

Хвойные породы содержат биологически активные соединения, на основе которых получают препараты для медицины, фармакологии, растениеводства и животноводства. Экологически безопасные природные регуляторы роста растений – «природоподобная» альтернатива существующим средствам защиты растений. В частности, показано, что применение тритерпеновых кислот стимулирует прорастание семян, рост и развитие растений, стимулирует процессы плодообразования даже при неблагоприятных условиях выращивания культуры, повышает засухо- и морозоустойчивость [1]. Известно, что природные соединения, содержащиеся в хвойных растениях, обладают фунгицидной и инсектицидной активностью [2], а также высокой активностью по отношению к ряду вирусов, грамположительным и грамотрицательным микроорганизмам и патогенным грибам. Показано, что обработка семян сельскохозяйственных культур хвойными экстрактами оказывает ростостимулирующее действие, увеличивая урожай клубники ремонтантной, а также стимулирующее действие на прорастание семян и развитие побегов льна масличного, льна-долгунца и

* Автор, с которым следует вести переписку.

яровой мягкой пшеницы [3–5]. Хвойные биопрепараты нашли применение также для обработки сеянцев сосны, что приводило к увеличению ростовых параметров сеянцев [6].

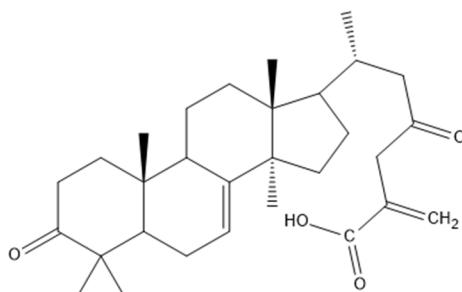
Относительная простота технологии производства суммы тритерпеновых кислот, обладающих высокой биологической активностью, стимулирует разработку различных способов их получения. Например, водный экстракт пихты сибирской получают с помощью углекислотной экстракции при низких температурах, что позволяет сохранить и извлечь без разрушений и изменений термолабильные биологически активные вещества (витамины, флавоноиды, тритерпеноиды, терпенофенолы и т.д.) [7]. Существуют различные способы и подходы к получению хвойных экстрактов, в том числе способ без применения органических растворителей [8], с применением водного раствора гидроксида натрия [9] и экстракция тритерпеновых кислот с белоксодержащим продуктом [10].

Большое значение имеют фунгицидные свойства хвойных экстрактов. Так, показано, что фитонциды, содержащиеся в хвое пихты, приводят к интенсификации роста проростков пшеницы, зараженной альтернариозом – одной из наиболее вредоносных болезней сельскохозяйственных культур [11]. Обнаружена способность продуктов на основе хвойных экстрактов к подавлению роста возбудителя кольцевой гнили картофеля, благодаря чему наблюдалось увеличение урожайности картофеля [12]. Доступным сегодня на рынке препаратом, содержащим тритерпеновые кислоты, является «Биосил» (100 г/л смеси тритерпеновых кислот), который заявляется в качестве регулятора роста растений. С помощью фитоэкспертизы зерна выявили, что при обработке семян препаратом «Биосил» зараженность семян пшеницы гельминтоспориозом, фузариозом, альтернариозом, плесневением, также лабораторная всхожесть улучшились, но не более чем на 10% [13].

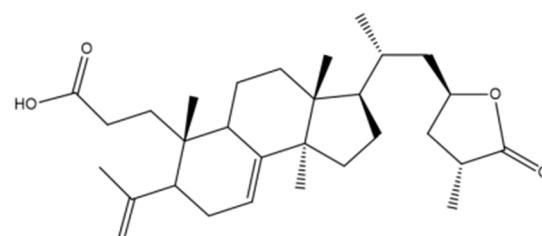
До сих пор актуальной задачей является борьба с такими заболеваниями с/х культур, как фузариоз и пенициллез. Возбудителями фузариоза являются грибы рода *Fusarium*, в результате заражения семян ухудшаются их посевные качества, а также пищевые достоинства зерна и продуктов его переработки, поэтому во всем мире фузариоз рассматривается как одно из наиболее вредоносных заболеваний сельскохозяйственных культур. Грибы рода *Penicillium*, возбудитель пенициллеза, оказывают отрицательное воздействие на качество зерна, вызванное действием токсических продуктов метаболизма плесеней (аммиака, цитринина и др.): вызывают гибель зародыша, снижают жизнеспособность зерна, способствуют разрушению покровных тканей и запасных веществ зерна. Наибольшую опасность представляют собой микотоксины, вырабатываемые грибами этого рода [14, 15].

По своему составу древесная зелень намного богаче древесины, в ее состав входит большое число классов веществ, в том числе терпеноиды [16, 17], тритерпеновые кислоты, а также каротиноиды, жирные кислоты, фенольные соединения, витамины и другие вещества. Несмотря на богатый химический состав ДЗ пихты, которая является уникальным источником большого количества ценных биологически активных веществ (БАВ), до сих пор в процессе переработки древесного сырья в целом по России полезно используется только около половины деревьев, а значительная часть отходов приходится именно на древесную зелень.

В связи с возрастающей опасностью последствий применения существующих удобрений и средств защиты растений актуальной задачей является поиск и создание новых средств защиты растений из доступного растительного сырья, таких как препараты на основе экстрактов пихты, содержащих ценные биологически активные вещества.



Изофурмановая кислота



Абиесолидовая кислота

Рис. 1. Структурные формулы изофурмановой и абиесолидовой кислот

Цель настоящей работы – получение образцов хвойных экстрактов из древесной зелени пихты сибирской, изучение состава и их фунгицидной и ростостимулирующей активности по отношению к семенам мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.).

Экспериментальная часть

Объекты исследования. В качестве объектов исследования выступили экстракты пихты сибирской, полученные на базе ООО «Солагифт» (Томск, Россия), и семена яровой пшеницы сортов «Икар» и «КВС Буран».

Подготовка сырья. В качестве сырья были взяты свежая пихтовая лапка (включает древесную зелень пихты), пихтовый шрот (пихтовая лапка, подвергшаяся докритической углекислотной экстракции) и масляно-эфирный комплекс пихты сибирской (продукт углекислотной экстракции пихтовой лапки).

На первом этапе – в ходе докритической CO_2 экстракции древесная зелень пихты – хвойная лапка измельчалась, но балласт (ветки и коры) не удалялись, что обусловлено особенностями получения углекислотных экстрактов в промышленных условиях ООО «Солагифт» на установке для CO_2 экстракции.

На втором этапе – при экстракции сырья дефлекционно-оросительным методом пихтовый шрот предварительно готовился путем ручного отбора балласта в виде веток и коры, после чего повторно измельчался. Проведение подготовки сырья таким образом обусловлено необходимостью достижения максимального выхода экстракции при работе в более малых объемах, чем при осуществлении углекислотной экстракции. Для этого в экстрактор должно быть помещено как можно больше древесной зелени по отношению к балласту.

Получение образцов хвойных экстрактов. Экстракты были получены несколькими способами: докритическая углекислотная экстракция (CO_2 экстракция) древесной зелени пихты; экстракция с органическими растворителями (нефрас и бутанол) при варьировании условий (время, температура) и дефлекционно-оросительный метод экстракции (ДОМ) пихтового шрота.

Метод CO_2 экстракции получил широкое распространение благодаря тому, что маленький размер молекулы CO_2 позволяет вести процесс на клеточном и молекулярном уровнях, извлекая БАВ в том составе и соотношении, в котором вещества заложены в растительном сырье. Конечным продуктом данного способа является сверхконцентрированная субстанция, которая состоит из водной (не используется в данной работе) и масляно-эфирной (МЭК) фракций.

Первым этапом в получении пяти изучаемых образцов была докритическая углекислотная экстракция древесной зелени пихты сибирской, которая осуществляется на производственной площадке ООО «Солагифт», условия экстракции: давление – 5.8–6.0 МПа; время – 5 ч; температура – от 20 до 22 °С. Выход экстрактивных веществ составляет 3%. В ходе второго этапа получения образцов были использованы продукты докритической CO_2 экстракции – масляно-эфирный комплекс и пихтовый шрот, побочный продукт экстракции углекислотой.

Для получения образцов 1, 3 и 4 был выбран метод ДОМ, в качестве сырья был взят пихтовый шрот. Для выделения комплекса тритерпеновых кислот и получения хвойного экстракта в качестве экстрагента использовали смесь органических растворителей – нефраса и бутанола (в соотношении 85 : 15 масс.%) и воды в соотношении 1 : 1.5; соотношение шрот : экстрагент составило 1 : 1.3. Перед экстракцией в корзину котла загружали пихтовый шрот после докритической углекислотной экстракции. Продукт экстракции представляет собой двухфазную систему, состоящую из органической (основа для получения образца 3) и водной фаз (образец 4).

Характерным преимуществом дефлекционно-оросительного метода экстракции [18] является то, что пихтовый шрот, который подвергается экстракции, омыается всегда чистым растворителем, благодаря чему удается добиваться высоких значений степени извлечения экстрагируемых веществ. Пары растворителя или азеотропа растворителя, конденсируясь, образуют поток жидкости, который, возвращаясь в котел-экстрактор, омывает корзину с загруженным в нее пихтовым шротом.

Для получения образца 2 также был взят пихтовый шрот и смесь нефраса и бутанола в соотношении 85 : 15 масс.% в качестве экстрагирующего агента, но экстракцию проводили при перемешивании, без применения орошения.

Для получения образца 5 в качестве сырья для выделения кислот использовался масляно-эфирный комплекс, полученный в результате проведения углекислотной экстракции. Был проведен щелочной гидролиз МЭК с последующей обработкой 15% серной кислотой. Выход экстракции для всех образцов составил от 32 до 45%.

Схема получения образцов хвойных экстрактов представлена на рисунке 2.

Процессы экстракции были реализованы на универсальной экспериментальной лабораторной установке на базе ООО «Солагифт». Установка состоит из вакуумного котла вместимостью 100 л, с рубашкой и встроенным нагревательными элементами. Котел оснащен мешалкой и может работать под вакуумом, предусмотрена возможность регулирования числа оборотов мешалки с помощью частотного регулятора, имеется гидравлическое устройство подъема крышки, что облегчает загрузку шрота в сетку котла для экстракции. Установка является универсальной, в ней можно проводить все процессы, связанные с получением продуктов из древесной зелени, такие как экстракция, омыление, очистка от восков, гидролиз, подкисление с выделением кислот, в том числе тритерпеновых, а также проводить азеотропную разгонку масляно-эфирных комплексов.

Изучение свойств и состава полученных образцов. Влажность и сухой остаток полученных образцов измеряли согласно [19].

pH образцов измеряли согласно [20].

В качестве метода исследования содержания тритерпеновых кислот в полученных экстрактах был выбран метод ВЭЖХ-МС, методика анализа была разработана для образцов хвойных экстрактов, имеющих сложный состав [21]. Исследование образцов проводили на хроматографе Agilent 1260 с масс-спектрометрическим детектором высокого разрешения QTOF 6550. При работе с хвойными экстрактами особое внимание уделяется пробоподготовке, целью которой является получение гомогенного раствора без видимых включений и опалесценции. Пробоподготовка состоит из следующих этапов:

- 1) вортексирование навески образца с добавкой ацетонитрила;
- 2) обработка в ультразвуковой ванне;
- 3) повторное вортексирование;
- 4) центрифugирование;
- 5) отбор супернатанта и сушка в токе азота;
- 6) перерасторжение в подвижной фазе.

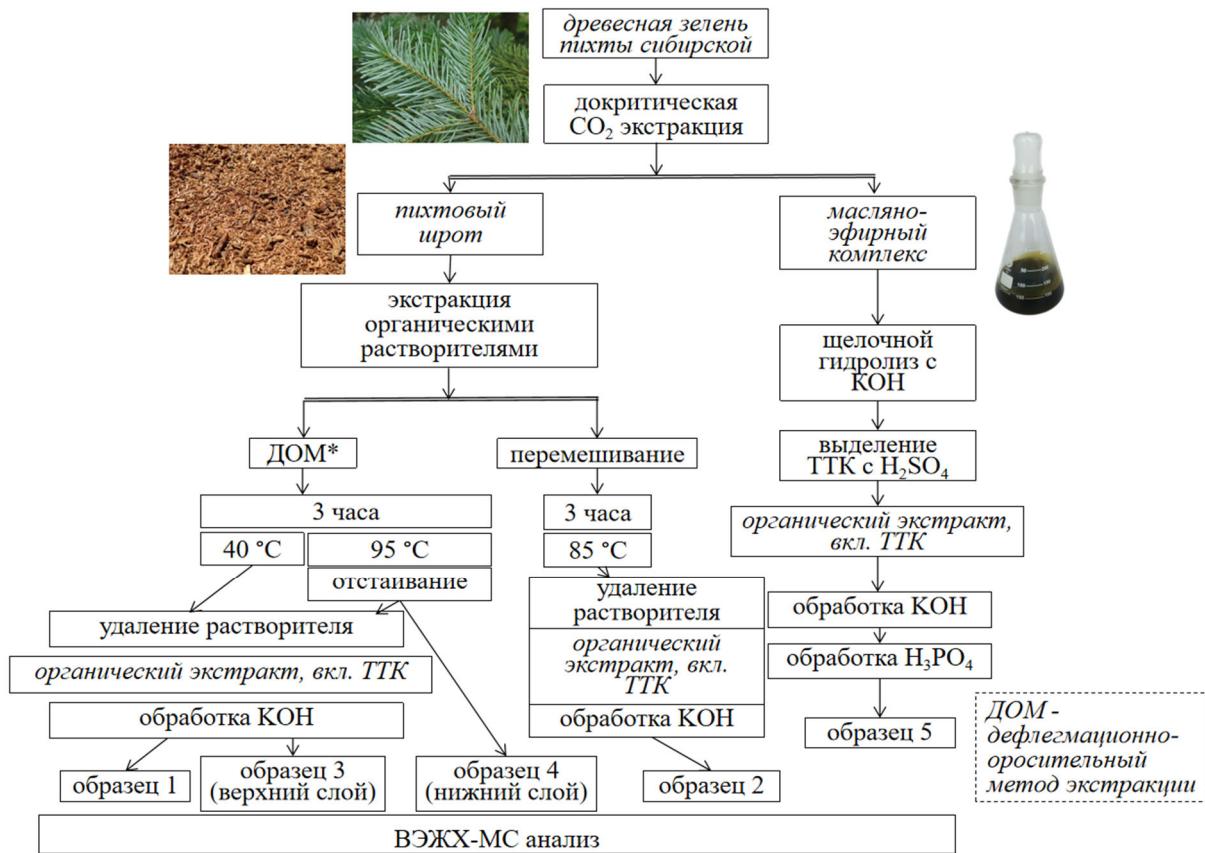


Рис. 2. Схема получения хвойных образцов

Изучение влияния образцов на всхожесть и зараженность сельскохозяйственных культур семенными инфекциями. Предпосевная обработка семян включала опрыскивание рабочими растворами образцов и в контролльном варианте – дистиллированной водой. Рабочие растворы образцов готовили путем растворения 0,075–0,15 г образца в 10 мл воды, данные представлены в таблице 1. Необходимое количество препарата было взято исходя из величины сухого остатка в каждом взятом образце. Обработку семян проводили из расчета 0,35 мл рабочего раствора на 200 шт. семян. В каждый сосуд высевали по 3 шт. семян, после появления всходов оставляли по одному растению в сосуде. В каждом варианте опыта выращивалось по 20 экземпляров растений.

В лабораторных условиях была проведена оценка влияния пяти полученных образцов на всхожесть и пораженность семенными инфекциями – фузариозом и пенициллезом. Для определения лабораторной всхожести и зараженности семян патогенами было взято по 100 штук семян для каждого варианта в трех повторностях.

Для определения всхожести семена прорашивали согласно методике, описанной в ГОСТ 12038-84 [22]. Для эксперимента были взяты 6 вариантов (образцы 1, 2, 3, 4, 5 и контроль, обработанный водой). На двух слоях увлажненной фильтровальной бумаги размером 10 см × 50 см раскладывали семена пшеницы зародышами вниз, на расстоянии от 2 до 3 см от верха листа бумаги. Сверху семена накрывали полоской увлажненной кальки размером 4 см × 50 см. Затем полосы сворачивали неплотно в рулон. Рулоны помещали вертикально в термостат. Температура прорашивания семян пшеницы – от 20 до 22 °С. Подсчет всхожести у семян пшеницы осуществляли на 7-е сутки, для чего подсчитывали нормально и ненормально проросшие семена. К числу нормально проросших относят семена пшеницы, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером больше длины семени и росток размером не менее половины его длины с присматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины колеоптиля. Всхожесть семян вычисляется в процентах, за результат анализа принимается среднеарифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб.

Зараженность семян выявляли с помощью фитопатологического анализа. Фитоэкспертизу семян проводили с использованием рулонного метода согласно ГОСТ 12044-93 [23]. Диагностику патогенов проводили путем микроскопирования. Инфицированность семян смотрели на 7 день.

Степень зараженности семян определяли по формуле (с, %):

$$c = (N / m) \cdot 100, \quad (1)$$

где N – количество зараженных семян; m – количество семян, взятых для опыта.

Данные фитопатологического анализа семян пшеницы и их всхожесть представлены в виде вероятности с доверительным интервалом с учетом критерия Стьюдента для вероятностей от 25 до 75% ($p < 0,05$) и с учетом критерия Фишера для вероятностей меньше 25% и больше 75%.

Оценка статистической значимости полученных результатов фитоанализа и всхожесть семян пшеницы проводилась сравнением выборочных долей с учетом критерия Стьюдента для 95% уровня значимости для вероятностей от 25 до 75% включительно, с учетом критерия Фишера для других значений вероятностей.

Таблица 1. Концентрации препаратов для опыта

Вариант опыта	Количество образца, г/т семян	Взято образца для опыта, г
Биосил	100	0,083
Образец 1	180	0,15
Образец 2	90	0,075
Образец 3	120	0,10
Образец 4	180	0,15
Образец 5	90	0,075

Обсуждение результатов

Характеристики полученных образцов, включая результаты ВЭЖХ-МС анализа, представлены в таблице 2.

В результате проведенного ВЭЖХ-МС анализа обнаружили, что в полученных образцах содержатся фильтровальная, 3-оксомарисовая, изофильтровальная, абисоновая, абисолидовая, 3-гидрокси-23-

оксоланостановая, сомариесиовая и *цис*-сибирская кислота. Наибольшее количество тритерпеновых кислот находится в образцах 3 и 5, следовательно, экстракция пихтового шрота дефлгмационно-оросительным методом и использование масляно-эфирного комплекса углекислотной экстракции в качестве сырья позволяют получить наибольший выход тритерпеновых кислот. В образце 4 идентифицированы три тритерпеновые кислоты с массой молекулярного иона 481, 485 и 467 Да. В таблице 2 приведены структурные формулы тритерпеновых кислот, идентифицированных в составе полученных образцов.

Полученные образцы были испытаны на семенах пшеницы сорта «Икар», зараженных фузариозом (рис. 3), и на семенах мягкой пшеницы сорта «КВС Буран», зараженных пенициллезом (рис. 4).

В четырех вариантах опыта зараженность обработанного зерна фузариозом снизилась по сравнению с контролем (рис. 4). Статистически значимое уменьшение зараженности данным заболеванием отмечено при обработке семян образцами 1 и 5. В данных вариантах инфицированность понизилась на величину от 20 до 24% и составила 34 и 30% в отличие от 54% в контроле. Показателем, относящимся к посевным качествам, является всхожесть. Лабораторная всхожесть семян пшеницы сорта «Икар», зараженных фузариозом, при обработке образцами 1, 3 и 5 изменилась в сторону увеличения (рис. 5).

Таблица 2. Характеристики полученных образцов хвойных экстрактов

Образец	Влажность, %	Сухой остаток, %	pH	Содержание тритерпеновых кислот, %
1	73.20	26.80	9.90	44
2	33.50	66.50	9.50	12
3	48.30	51.70	8.12	67
4	77.20	22.80	8.28	<1%
5	29.50	71.50	8.92	64

*-относительно образца 1



Рис. 3. Фузариоз на зерне пшеницы (фото С.А. Нужных)



Рис. 4. Пенициллез на зерне пшеницы (фото С.А. Нужных)

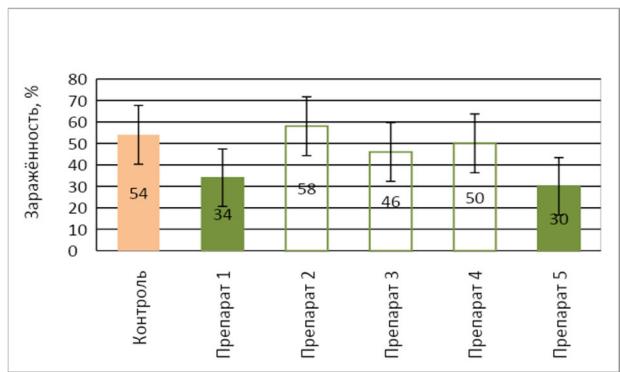


Рис. 5. Влияние образцов на зараженность семян пшеницы фузариозом, зараженных фузариозом
Варианты с закрашенными элементами
диаграммы имеют статистически значимые
отличия от контроля при $p < 0.05$

В контроле всхожесть составила 24% против 42% в опытном варианте, так, при использовании образца 1 всхожесть возросла на 20%, что статистически достоверно по сравнению с контролем. Всхожесть семян пшеницы данной партии всех остальных опытных вариантов не значимо отличалась от контроля и варьировалась от 22 до 34%.

Практически во всех вариантах опыта зараженность пенициллезом обработанного зерна снизилась, но достоверных отличий от контроля не было выявлено (рис. 7). Наибольшее уменьшение пораженности данным заболеванием отмечено при обработке образцом 5. В этом варианте зараженность уменьшилась на 8%, хотя это статистически не значимо. Близок по требуемому воздействию на пенициллез образец 1, зараженность составила 10%. Всхожесть семян пшеницы данной партии всех опытных вариантов не значимо отличалась от контроля и варьировалась от 90 до 98% (рис. 8).

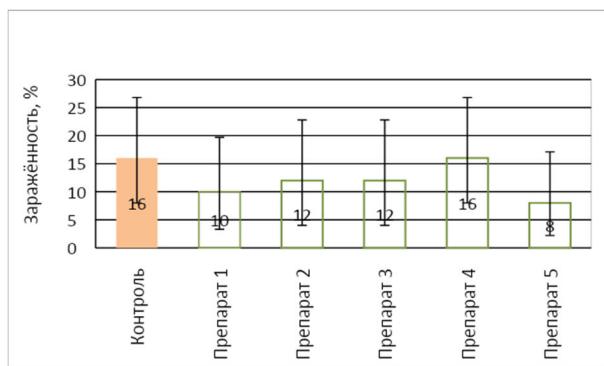


Рис. 7. Влияние препаратов на зараженность семян пшеницы, зараженных пенициллезом

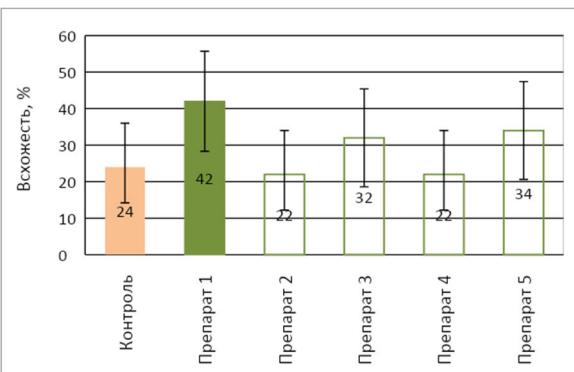


Рис. 6. Влияние образцов на всхожесть семян пшеницы, зараженных фузариозом
Варианты с закрашенными элементами
диаграммы имеют статистически значимые
отличия от контроля при $p < 0.05$

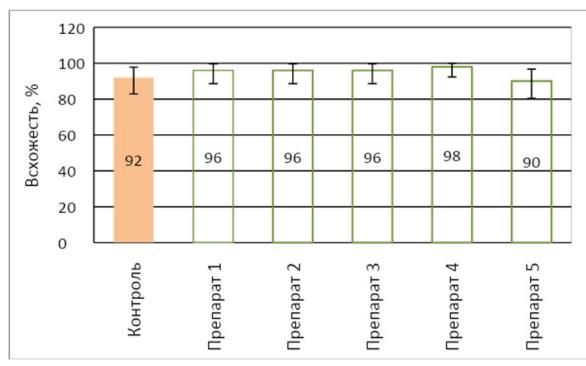


Рис. 8. Влияние препаратов на всхожесть семян пшеницы, зараженных пенициллезом

Выходы

В ходе работы были получены образцы хвойных экстрактов, содержание тритерпеновых кислот в которых достигло 67%. Проведенный фитопатологический анализ показал, что полученные образцы обладают ростостимулирующими свойствами и фунгицидной активностью, подавляя фузариоз семян пшеницы. Статистически значимое уменьшение зараженности мягкой пшеницы сорта «Икар» фузариозом отмечено при обработке образцами 1 и 5. Кроме того, лабораторная всхожесть в опытном варианте при воздействии образцом 1 статистически достоверно выше по сравнению с контролем. Однако из испытанных пяти

опытных препаратов ни один не показал статистически значимого влияния на пенициллез семян мягкой яровой пшеницы сорта «КВС Буран». Наблюдается только тенденция к снижению, наибольшее уменьшение при обработке образцом 5. Лабораторная всхожесть варьировалась на уровне контроля.

Финансирование

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № FSWM-2024-0009 и при поддержке Программы развития Томского государственного университета (Приоритет-2030).

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Артемкина Н.А., Рошин В.И. «Полярные» экстрактивные вещества хвои и побегов ели европейской *Picea abies* (L.) Karst // Раствительные ресурсы. 2004. Т. 40, №3. С. 77–86.
2. Васильев С.Н., Рошин В.И., Фелеке С. Экстрактивные вещества древесной зелени *Picea abies* (L.) Karst // Раствительные ресурсы. 1996. №1-2. С. 151–175.
3. Теренжев Д.А., Белов Т.Г., Никитин Е.Н., Синяшин К.О. Влияние солей живицы отдела хвойные на качество и урожайность ремонтантной клубники // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. 2021. С. 122–124.
4. Ожимкова Е.В., Сидоров А.И., Короткова Е.М. Исследование влияния экстрактов хвои *picea abies* на ранние этапы онтогенеза различных сортов *Linum usitatissimum* // Актуальная биотехнология. 2019. №3. С. 239–240.
5. Широких И.Г., Абубакирова Р.И., Карпова Е.М., Кучин А.В. Оценка Na-солей суммы тритерпеновых кислот *Abies sibirica* L. в качестве регулятора роста и стресспротектора яровой пшеницы // Агрохимия. 2007. №1. С. 52–56.
6. Стеценко С.К., Андреева Е.М., Терехов Г.Г., Хуршкайнен Т.В., Кучин А.В. Изучение влияния эмульсионного экстракта ели на рост хвойных сеянцев // Химия и технология растительных веществ. 2022. С. 184–184.
7. du Jardin P. Plants Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulations // Scientia Horticulturae. 2015. Vol. 196. Pp. 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
8. Патент №2704455 (РФ). Способ получения стимулятора роста растений из растительного сырья / М.Г. Сульман, Е.В. Ожимкова, В.В. Орлов, Э.М. Сульман. – 2019.
9. Патент №2298327 (РФ). Регулятор роста растений с фунгицидным действием «Вэрва» / А.В. Кучин, Т.В. Хуршкайнен, В.А. Кучин, Н.Н. Скрипова. – 2006.
10. Патент №2244426 (РФ). Препарат, содержащий водорастворимые соли тритерпеновых кислот, и способ его получения / К.Г. Королёв, О.И. Ломовский. – 2005.
11. Боева О.П. Исследование биологического действия фитонцидов различного происхождения на инфицированные семена сельскохозяйственных культур // Вестник аграрной науки. 2020. №1 (82). С. 154–159. <https://doi.org/10.15217/48484>.
12. Graskova I.A., Kuznetsova E.V., Zhivetiev M.A., Chekurov V.M., Voinikov V.K. Effect of coniferous extract on potato plants // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2009. Vol. 5, no. 1–2. Pp. 38–44.
13. Пилипенко Н.Г., Андреева О.Т. Влияние проправливания семян на развитие корневой гнили и продуктивность яровой пшеницы // Кормопроизводство. 2018. №12. С. 36–40.
14. Пересыпкин Е.О. Сельскохозяйственная фитопатология. М., 1989. 294 с.
15. Смиронова Т.А., Кострова Е.И. Микробиология зерна и продуктов его переработки: учебное пособие для вузов. М., 1989. 159 с.
16. Chappell J. Biochemistry and Molecular Biology of the Isoprenoid Biosynthetic Pathway in Plants // Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 1995. Vol. 46. Pp. 521–547. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.46.060195.002513>.
17. Bohlmann J., Keeling C. Terpenoid biomaterials // Plant Journal. 2008. Vol. 54, no. 4. Pp. 656–659. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03449.x>.
18. Патент №2049808 (РФ). Экстрактор для древесной зелени / Г.М. Островский, Е.Г. Аксенова, Р.Ш. Абиев, В.И. Рошин, С.Н. Васильев, В.И. Ягодин. – 1993.
19. ГОСТ 26713-85. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка. М., 1986. 6 с.
20. ГОСТ 21802-84. Паста хвойная хлорофилло-каротиновая технические условия. М., 1984. 13 с.

21. Патент №2810636 (РФ). Способ полу количественного определения тритерпеновых кислот в экстрактах древесной зелени пихты сибирской методом жидкостной хромато-масс-спектрометрии / К.И. Казанцева, Е.А. Горн, А.Е. Мудрикова. – 2023.
22. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., 2011. 64 с.
23. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М., 2011. 55 с.

Поступила в редакцию 9 сентября 2024 г.

После переработки 26 сентября 2025 г.

Принята к публикации 26 сентября 2025 г.

Poddubnyak A.N.¹, Nuzhnykh S.A.², Surnina E.N.², Zakharkiva A.M.^{2}, Mudrikova A.E.², Kazantseva K.I.², Kurzina I.A.²*
OBTAINING PLANT GROWTH REGULATORS BASED ON CONIFEROUS EXTRACTS OF *ABIES SIBIRICA* AND
STUDYING THEIR FUNGICIDAL PROPERTIES TO IMPROVE THE SOWING QUALITIES OF WHEAT SEEDS

¹ *Solagift LLC, ave. Razvitiya, 8, Tomsk, 634055, Russia*

² *Tomsk State University, ave. Lenina, 36, Tomsk, 634050, Russia, alex.zakharkiva@gmail.com*

Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) is one of the main forest-forming species of Siberia. At the same time, wood greens (WG) of fir, being a rich source of valuable biologically active substances, is a waste product of the woodworking industry. The article presents the results of obtaining samples of coniferous extracts isolated from fir wood greens for use in agriculture. The obtained coniferous extracts contain such extractive components as complex of triterpenic acids (TAs) and a number of other associated biologically active substances. The composition of the obtained samples was analyzed by HPLC-MS, according to the procedure that was developed for sample preparation and analysis of coniferous extracts samples. The content of TAs in the samples reaches 67%. The fungicidal and growth-regulating properties of the obtained samples were studied on the seeds of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties "Ikar" and "KVS Buran". The results of the effect of five samples on laboratory germination and on microorganisms causing fusarium and penicilliosis present on wheat seeds are shown. It was found that from two fungal diseases, fusariosis was better suppressed with the application of the obtained samples. Statistically significant reduction in seed infestation was found with the treatment of samples 1 and 5, the infestation decreased by 20 and 24% respectively. Laboratory germination increased in the experimental variant under the influence of sample 1 statistically significantly compared to the control by 20%.

Keywords: *Abies sibirica*, Siberian fir, extraction, triterpenic acids, germination, wheat.

For citing: Poddubnyak A.N., Nuzhnykh S.A., Surnina E.N., Zakharkiva A.M., Mudrikova A.E., Kazantseva K.I., Kurzina I.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 3, pp. 396–405. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250316158>.

References

1. Artemkina N.A., Roshchin V.I. *Rastitel'nyye resursy*, 2004, vol. 40, no. 3, pp. 77–86. (in Russ.).
2. Vasil'yev S.N., Roshchin V.I., Feleke S. *Rastitel'nyye resursy*, 1996, no. 1-2, pp. 151–175. (in Russ.).
3. Terenzhev D.A., Belov T.G., Nikitin Ye.N., Sinyashin K.O. *Perspektivy ispol'zovaniya innovatsionnykh form udobreniy, sredstv zashchity i regulyatorov rosta rasteniy v agrotehnologiyakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*, 2021, pp. 122–124. (in Russ.).
4. Ozhimkova Ye.V., Sidorov A.I., Korotkova Ye.M. *Aktual'naya biotekhnologiya*, 2019, no. 3, pp. 239–240. (in Russ.).
5. Shirokikh I.G., Abubakirova R.I., Karpova Ye.M., Kuchin A.V. *Agrokhimiya*, 2007, no. 1, pp. 52–56. (in Russ.).
6. Stetsenko S.K., Andreyeva Ye.M., Terekhov G.G., Khurshkaynen T.V., Kuchin A.V. *Khimiya i tekhnologiya rastitel'nykh veshchestv*, 2022, pp. 184–184. (in Russ.).
7. du Jardin P. *Scientia Horticulturae*, 2015, vol. 196, pp. 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
8. Patent 2704455 (RU). 2019. (in Russ.).
9. Patent 2298327 (RU). 2006. (in Russ.).
10. Patent 2244426 (RU). 2005. (in Russ.).
11. Boyeva O.P. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2020, no. 1 (82), pp. 154–159. <https://doi.org/10.15217/48484>. (in Russ.).
12. Graskova I.A., Kuznetsova E.V., Zhivetiev M.A., Chekurov V.M., Voinikov V.K. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 2009, vol. 5, no. 1–2, pp. 38–44.

* Corresponding author.

13. Pilipenko N.G., Andreyeva O.T. *Kormoproizvodstvo*, 2018, no. 12, pp. 36–40. (in Russ.).
14. Peresypkin Ye.O. *Sel'skokhozyaystvennaya fitopatologiya*. [Agricultural phytopathology]. Moscow, 1989, 294 p. (in Russ.).
15. Smironova T.A., Kostrova Ye.I. *Mikrobiologiya zerna i produktov yego pererabotki: uchebnoye posobiye dlya vuzov*. [Microbiology of grain and its processed products: a textbook for universities]. Moscow, 1989, 159 p. (in Russ.).
16. Chappell J. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 1995, vol. 46, pp. 521–547. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.46.060195.002513>.
17. Bohlmann J., Keeling C. *Plant Journal*, 2008, vol. 54, no. 4, pp. 656–659. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03449.x>.
18. Patent 2049808 (RU). 1993. (in Russ.).
19. *GOST 26713-85. Udobreniya organicheskiye. Metod opredeleniya vлаги i sukhogo ostatka*. [GOST 26713-85. Organic fertilizers. Method for determination of moisture and dry residue]. Moscow, 1986, 6 p. (in Russ.).
20. *GOST 21802-84. Pasta khvoynaya khlorofillo-karotinovaya tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 21802-84. Technical conditions for pine chlorophyll-carotene paste]. Moscow, 1984, 13 p. (in Russ.).
21. Patent 2810636 (RU). 2023. (in Russ.).
22. *GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti*. [GOST 12038-84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination]. Moscow, 2011, 64 p. (in Russ.).
23. *GOST 12044-93. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami*. [GOST 12044-93. Seeds of agricultural crops. Methods for determining disease infestation]. Moscow, 2011, 55 p. (in Russ.).

Received September 9, 2024

Revised September 26, 2025

Accepted September 26, 2025

Сведения об авторах

Поддубняк Александр Николаевич – заместитель директора по производству, apoddubnyak@solagift.ru
Нужных Светлана Анатольевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории защиты растений, zuzelica20@gmail.com

Сурнина Елена Николаевна – старший лаборант кафедры сельскохозяйственной биологии, ensurnina@mail.ru
Захаркива Александра Михайловна – аспирант, младший научный сотрудник центра исследований в области материалов и технологий, alex.zakharkiva@gmail.com
Мудрикова Алена Евгеньевна – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории физико-химических методов анализа, alena.mudrikova@mail.ru
Казанцева Ксения Игоревна – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории физико-химических методов анализа, xenia.caz@yandex.ru
Курзина Ирина Александровна – доктор физико-математических наук, заведующая кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии, kurzina99@mail.ru

Information about authors

Poddubnyak Aleksandr Nikolaevich – Deputy Director of Production, apoddubnyak@solagift.ru

Nuzhnykh Svetlana Anatolyevna – Candidate of Biological Sciences, Research Associate, Plant Protection Laboratory, zuzelica20@gmail.com

Surnina Elena Nikolaevna – Senior Laboratory Assistant, Department of Agricultural Biology, ensurnina@mail.ru

Zakharkiva Aleksandra Mikhaylovna – Postgraduate Student, Junior Research Associate, Center for Materials and Technology Research, alex.zakharkiva@gmail.com

Mudrikova Alena Evgenyevna – Postgraduate Student, Junior Research Associate, Laboratory of Physicochemical Methods of Analysis, alena.mudrikova@mail.ru

Kazantseva Ksenia Igorevna – Postgraduate Student, Junior Research Associate, Laboratory of Physicochemical Methods of Analysis, xenia.caz@yandex.ru

Kurzina Irina Aleksandrovna – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Natural Compounds, Pharmaceutical and Medicinal Chemistry, kurzina99@mail.ru