ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

DOI 10.21178/2079–6080.2024.4.68
УДК 615.917

Ингибирующие свойства экстракта лютика едкого (*Ranunculus acris* L.) по отношению к корневой губке (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) и оценка его воздействия на всхожесть семян и рост проростков сосны обыкновенной при проращивании в лабораторных условиях

© И.В. Лыков[1], А.А. Попова[1], О.А. Федорова[1], С.М. Матвеев[1], А.В. Константинов[2]

Inhibitory properties of buttercup extract (*Ranunculus acris* L.) in relation to root sponge (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) and an assessment of its effect on germination seed and the scots pine seedlings growth in laboratory conditions

I.V. Lykov, A.A. Popova, O.A. Fedorova, S.M. Matveev, A.V. Konstantinov (Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov; St. Petersburg Forestry Research Institute)

The toxic effect on fungal and bacterial organisms for a number of plants secondary metabolites has been shown. Studies of their effects on plants or animals will provide information of their toxicity and possibility of using them as fungicidal and antibacterial drugs. Acrid buttercup water extract obtained under laboratory conditions by extraction from fresh plant raw materials to study the it fungicidal properties to pine root sponge, the fungus *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and it toxicity to plants, an and its effect on the scots pine (Pinus sylvestris L.) seeds germination and growth seedlings. Antifungal activity established with a degree of suppression of mycelium growth of 100 % for concentrations of 8 and 16 % of the extract, and 87.8 % for a concentration of 4 %. Phytomass normalization and increase in the germination percentage observed by using the highest studied extract concentration (16 %). Stimulating effect on root growth exposed to all experimental concentrations (for concentrations of 2 and 4 %, the differences with the control are significant). Intensity of stem growth slows down for concentration 16 %, while for concentrations of 8 % there is a significant positive effect.

Would be advisable to use the 16 % extract for the prevention of pathogen infestations and for partial root growth stimulation, because the absence of foreign organisms in the samples is observed at this concentration, and the overall vital signs of scots pine seeds are the most stable.

Keywords: extract, acrid buttercup, root sponge, *Heterobasidion annosum*, antifungal effect, seeds, seedlings of scots pine, germination, extract concentration, protoanemonin

Ингибирующие свойства экстракта лютика едкого (*Ranunculus acris* L.) по отношению к корневой губке (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) и оценка его воздействия на всхожесть семян и рост проростков сосны обыкновенной при проращивании в лабораторных условиях

И.В. Лыков, А.А. Попова, О.А. Федорова, С.М. Матвеев, А.В. Константинов

Для ряда вторичных метаболитов растений показано их токсическое действие на грибные и бактериальные организмы. Исследования их воздействия на растения или животных позволят получить представление об их токсичности и возможности использования в качестве фунгицидных и антибактериальных препаратов. Для изучения фунгицидных свойств экстракта лютика едкого (*Ranunculus acris* L.) и его токсичности по отношению к растениям в лабораторных условиях получен водный экстракт путем экстракции из свежего растительного сырья и изучено его воздействие на возбудителя корневой губки – гриб *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., а также на всхожесть семян и рост проростков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Установлена антифунгальная активность со степенью подавления роста мицелия в 100 % для объемных концентраций 8 и 16 % экстракта, и 87,8 % для концентрации 4 %. При использовании самой высокой исследуемой концентрации экстракта (16 %) наблюдается нормализация фитомассы и увеличение процента всхожести. При воздействии всех опытных концентраций отмечается стимулирующее воздействие на рост корней (для объемной концентрации 2 и 4 % различия с контролем достоверны), а при повышении концентрации до 16 % происходит замедление интенсивности роста стебля, при этом для концентрации 8 % отмечается достоверный положительный эффект.

Для профилактики заражений патогенами и для частичной стимуляции роста корней целесообразным будет использование экстракта в объемной концентрации 16 %, так как именно в данной концентрации наблюдается отсутствие инородных организмов в образцах, а общие жизненные показатели семян сосны обыкновенной являются самыми стабильными.

Ключевые слова: экстракт, лютик едкий, корневая губка, *Heterobasidion annosum*, антифунгальное действие, семена, проростки сосны обыкновенной, всхожесть, рабочая концентрация, протоанемонин

Лыков Игорь Викторович – аспирант, преподаватель кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства
E-mail: likovigorw@yandex.ru

Попова Анна Александровна – заведующая кафедрой лесной генетики, биотехнологии и физиологии растений, д-р с.-х. наук
E-mail: logachevaaa@rambler.ru

Федорова Ольга Анатольевна – старший научный сотрудник лаборатории анализа ПЦР НИИ ИТЛК, канд. биол. наук
E-mail: fed-olga78@mail.ru

Матвеев Сергей Михайлович – заведующий кафедрой лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, д-р биол. наук, профессор
E-mail: lisovod@bk.ru

Константинов Артём Васильевич – заместитель директора по научной работе, д-р биол. наук
E-mail: science@spb-niilh.ru

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

[2]ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»
194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пр., д. 21

Введение

Для задач лесоразведении и лесовосстановлении необходимо использование здорового посевного материала, одним из главных факторов, снижающих качество семян и влияющих на получаемый из них посадочный материал, является поражение плодов и семян микроорганизмами, в том числе опасными фитопатогенными грибами [1]. За период хранения степень зараженности семян увеличивается и при этом снижается их всхожесть [15]. Инфицирование семян, по мнению специалистов, происходит при сборе и переработке шишек, транспортировке и хранении [13].

Мицелий грибов может вызывать как внешнюю, так и внутреннюю инфекцию с проникновением в зародыш или семядоли [7]. Вопросы стерилизации семян, предотвращения заражения являются актуальными. Разработка и применение инкрустации и дражирования семян направлено на нанесение на поверхность семени специальных составов, обладающих фунгицидной активностью и стимулирующими рост растения [21].

Вторичные метаболиты растительного происхождения проявляют биологическую активность и могут воздействовать на живые организмы [4], в том числе обладают фунгицидной и фунгистатической активностями [19].

Сырьём для получения экстрактов являются части растения, содержащие наибольшую концентрацию биологически активных веществ [10].

Для экстрактов лютика едкого и других видов рода *Ranunculus* показана их способность подавлять развитие грибов. Считается, что одним из биологически активных веществ в экстракте лютиков является протеанемонин [1, 2, 8, 10].

Целью исследования является оценка воздействия водного экстракта лютика едкого на возбудителя корневой губки – гриб *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., а также на всхожесть семян, рост и развитие проростков сосны обыкновенной.

Полученные сведения о свойствах экстракта лютика едкого позволят применять данный препарат в лесном и сельском хозяйстве.

Объекты и методы исследования

Для изучения влияния экстракта лютика едкого (*Ranunculus acris* L.) на всхожесть семян, рост и развитие проростков использовали семена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В качестве сырья для приготовления экстракта использовали свежую надземную и подземную биомассы лютика едкого, собранную в фазе цветения растения.

Для приготовление водного экстракта использовался экстрактор Сокслета лабораторный [16] (рис. 1), растворитель – дистил-

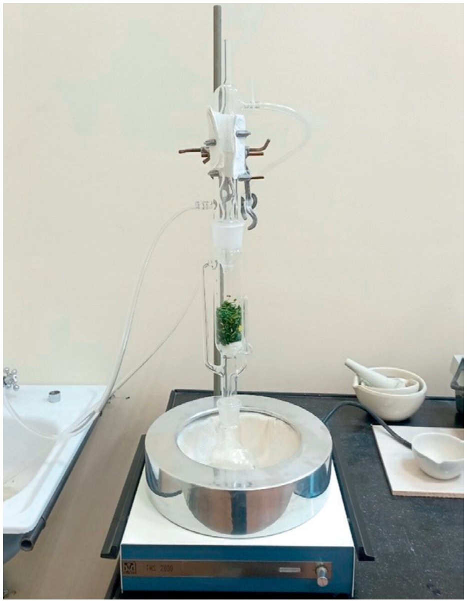

Рис. 1. Лабораторный экстрактор Сокслета в сборе

лированная вода. В камеру экстракции помещали образец: части лютика едкого (корень, стебель, листья, цветок), предварительно измельченные в ступке. Нижнюю колбу экстрактора, объемом 250 мл наполовину заполняли чистым растворителем и устанавливали внутрь нагревательной плитки, имитирующей водяную баню [16]. После остывания до комнатной температуры экстракт разливали по флаконам, объёмом 100 мл, для длительного хранения в холодильнике их хорошо укупоривали.

Использовали семена сосны обыкновенной, собранные в Тамбовской области (Моршанское лесничество, Вяжлинское участковое лесничество, кв. 389, ЛСР-3). Сертификат № 68/32951/2. Селекционная категория и класс семян: нормальные. Фунгицидное действие экстракта изучали в отношении гриба *Heterobasidion annosum*, штамм ВКПМ F-471. Для эксперимента готовили мальт-пептонный агар следующего состава: мальт-экстракт – 30 г, пептон – 1 г, агар – 20 г, вода дистиллированная 1 л. В среду до проведения процесса автоклавирования вносили экстракт лютика едкого в концентрациях 2, 4, 8 и 16 % (здесь и далее – указывается объемная концентрация). В контроле использовали питательную среду того же состава, но без добавления экстракта.

Приготовленные варианты сред стерилизовали в автоклаве 20 мин при 121 °С, после чего разливали в Чашки Петри. Из 7-суточной культуры гриба вырезали диски активного мицелиального роста диаметром 0,5 см, которые помещали на мальт-пептонный агар, содержащий различные концентрации экстракта лютика едкого. Засеянные чашки затем были инкубированы при 24 °С в течение 7 дней. Через 3, 5, 7 дней ведения наблюдений оценивали диаметр роста колонии грибов в каждой засеянной чашке. Эксперимент проводили в трехкратной повторности.

Фунгицидное действие лютика едкого рассчитывали по уровню ингибирования роста гриба по формуле [17]:

$$\text{Уровень ингибирования (\%)} = [(D - d) / D] \times 100$$

где D – диаметр колонии гриба в контрольном варианте, мм;

d – диаметр колонии гриба в опытном варианте с экстрактом лютика едкого, мм.

Оценка воздействия экстракта на проращивание семян

Семена обрабатывались экстрактом лютика едкого различных концентраций (2, 4, 8 и 16 %). Контрольные семена замачивали в дистиллированной воде [11]. Для каждой концентрации брали по 25 семян, повторность опыта – четырехкратная.

Проращивание проводили по модифицированной методике, приведенной в ГОСТ 12038–84 [11]. По этой методике семена сосны размещают рядами с интервалом в 1,5–2 см между ними на листе фильтровальной бумаги формата А3, предварительно смоченного дистиллированной водой. После чего лист бумаги складывали вдоль, накрывая семена сосны вторым слоем, затем скручивали в неплотные трубочки (при этом семена располагаются в верхней ее части, не погруженной в жидкость) и помещали в стеклянные банки, предварительно заполненные на 70–80 % дистиллированной водой в контроле и экстрактом в опыте (рис. 2).

Банки с проращиваемым материалом на 3 недели помещали в теплое, хорошо освещённое место. Уровень воды в банках поддерживали на протяжении всего опыта [11].

Спустя три недели проращивания образцы извлекали из банок, подсчитывали число проросших семян, измеряли длину корня и надземной части (стебель с хвоей), а также фитомассу (вес 100 растений).

Рис. 2. Образцы по проращиванию семян с использованием экстракта лютика едкого

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения действия экстракта лютика едкого в различных концентрациях в составе среды культивирования на степень подавления роста гриба *Heterobasidion annosum* представлены на рисунке 3.

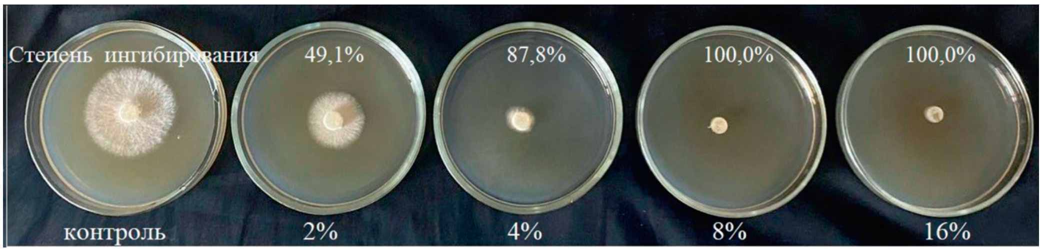

Рис. 3. Степень подавления роста штамма Heterobasidion annosum ВКПМ F-471 на средах с экстрактом лютика едкого в разных концентрациях на 7-е сутки роста

Как видно из приведенных данных, экстракт лютика едкого обладает значительным фунгицидным действием при всех изученных концентрациях. При выращивании патогена на средах с экстрактом степень подавления роста носит дозозависимый характер. Так, на 7-е сутки наибольшее значение данного показателя отмечено при добавлении в состав среды 8 и 16 % экстракта – роста гриба не наблюдается. При уменьшении концентрации до 4 и 2 % средний показатель ингибирования снижается до 87,8 и 49,1 %.

Поскольку водный экстракт лютика едкого в эксперименте добавляли перед автоклавированием, можно говорить о том, что вещества, ответственные за проявление фунгицидных свойств в отношении возбудителя корневой губки являются термостабильными, выдерживая воздействие температуры 121 °С в течение 20 мин, необходимых для стерилизации. Данный факт открывает перспективы применения высоких температур для снижения количества микрофлоры и увеличения срока хранения экстракта.

С целью установления возможности использования экстракта лютика едкого в качестве биоконтролирующего агента при заболевании растений сосны корневой губкой необходимо установить его влияние на растение. С этой целью была определена всхожесть семян в лабораторных условиях при обработке водным экстрактом (табл.).

Таблица

Всхожесть семян сосны обыкновенной в лабораторных условиях
при обработке экстрактом лютика едкого в разных концентрациях

Вариант обработки семян	Всхожесть семян, %
5 мл экстракта на 250 мл воды (2 %)	40
10 мл экстракта на 250 мл воды (4 %)	38
20 мл экстракта на 250 мл воды (8 %)	25
40 мл экстракта на 250 мл воды (16 %)	57
Контроль	48

Обработка семян растворами испытанных концентраций вызвала снижение их всхожести. Так, в контрольном варианте всхожесть составила 48 %, тогда как при использовании даже минимальной концентрации экстракта 2 %, она снизилась на 8 %. Самыми низкими показателями всхожести отличаются семена сосны, обработанные растворами лютика едкого в концентрациях 4 и 8 %. Однако для концентрации 16 % выявлен эффект стимуляции прорастания.

При наблюдении за развитием проростков в лабораторных условиях в вариантах с низкими концентрациями экстракта и в контроле в рулонах фильтровальной бумаги обнаружены следы грибного поражения, что может приводить к ингибированию процесса их прорастания. Вероятно, это связано с незначительным фунгицидным эффектом более низких концентраций экстракта лютика едкого в отношении семенной и ростковой инфекций [5], что требует расширения исследования по изучению ингибирования гриба разными концентраций экстракта лютика едкого и возможности его применения для обработки как субстратов выращивания, так и семян и сеянцев хвойных пород.

Анализ интенсивности роста проростков сосны обыкновенной в лабораторных условиях в зависимости от концентрации экстракта лютика едкого

Анализ роста стебля и корня у проростков сосны обыкновенной после обработки семян экстрактом выявил увеличение размеров корневой системы в концентрациях 2 % (42,8 ± 2,75 мм) и 4 % (42,6 ± 1,39 мм) в сравнении с контролем (32,7 ± 1,87 мм) (рис. 4). Зафиксировано увеличение размера корня в среднем на 10 мм. При повышении концентрации экстракта до 8 и 16 % рост корня менее интенсивен, но превышает контрольные значения (37,7 ± 3,47).

Рис. 4. Интенсивность развития корня и побега у проростков сосны
в зависимости от концентрации экстракта

Показатели роста стебля при замачивании семян в растворе экстракта, в сравнении с контролем, выше для концентраций 2, 4, 8 %. Максимальное отличие зафиксировано при концентрации раствора 8 % и составляет 5,3 мм. Однако при 16 % высота стебля у проростков ниже контрольных на 3,4 мм и составляет 23,8 ± 1,26 мм. Достоверные отличия в опыте после обработки семян от контроля зафиксированы для параметра длина корневой системы при концентрации экстракта 2 % ($p \leq 0{,}01$) и 4 % ($p \leq 0{,}001$) и высоты стебля при концентрации 8 % ($p \leq 0{,}01$).

Полученные значения размеров корня и стебля для проростков сосны обыкновенной при обработке семян экстрактом лютика едкого показывают отсутствие эффекта угнетения роста при концентрациях ниже 16 %, в некоторых вариантах обработки доказано его стимулирующее воздействие. Стимуляция роста корня наблюдается при всех концентрациях, а для стебля – при концентрациях до 8 %, после ее увеличения наблюдается резкое снижение прироста.

Примечательно, что проростки в варианте опыта обработки семян раствором с концентрацией 16 %, несмотря на наименьшую высоту среди опытных и контрольных проростков (см. рис. 4), имели более здоровый внешний вид.

После измерений размеров корней и стеблей у проростков проводилось измерение массы полностью проросших семян. Установлена зависимость фитомассы проростка от концентрации экстракта (рис. 5).

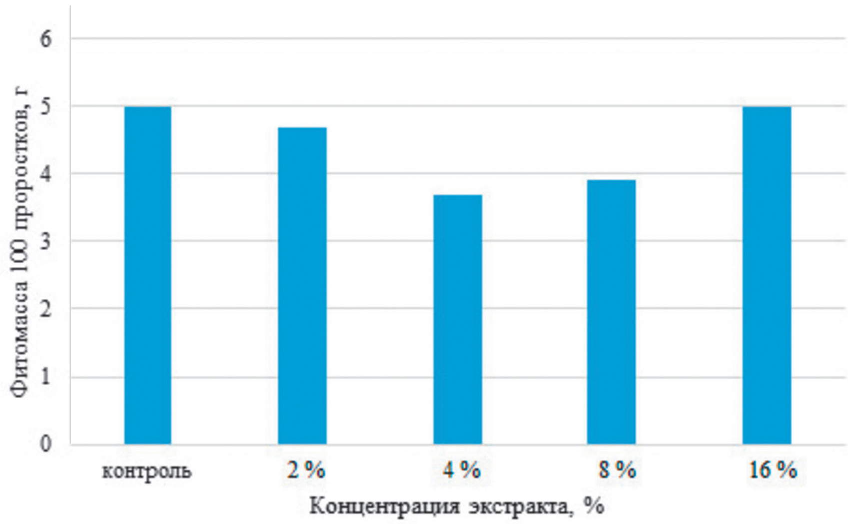

Рис. 5. Общая фитомасса 100 проростков при различных концентрациях экстракта

Характер этой зависимости носит квадратичный (параболический) характер – сначала происходит незначительное снижение массы, затем – её резкое повышение. Самыми низкими показателями (3,7 г) по сравнению с контрольными (5,0 г) массы обладают образцы с концентрацией 4 % Затем, при повышении концентрации, происходит экспоненциальное повышение фитомассы, сначала до 3,9 (при 8 %), а затем, при достижении концентрации экстракта 16 % масса становится равной контрольной. Таким образом, наибольшая из изучаемых концентраций экстракта 16 % приводит к снижению роста стебля, но при этом – к увеличению фитомассы, что говорит о снижении апикального доминирования у проростков и интенсивности роста не за счет общего угнетения растения, а об изменении в соотношении деления латеральных и апикальных меристем. Для промежуточных концентраций, при видимом стимулирующем эффекте на рост стебля и корневой системы, фитомасса уменьшается, что может свидетельствовать о вытягивании проростков. Основными соединениями – регуляторами роста растений являются фитогормоны, обладающие немедленной реакцией как на биотические, так и на абиотические стрессы [28]. Возможно, что компоненты экстракта могут выступать в качестве абиотического стрессового фактора, либо непосредственно влиять на синтез фитогормонов, что будет проявляться в изменении роста растения.

Факт максимальной фунгицидной активности (см. табл.) в опыте с наибольшей концентрацией экстракта и мог стать причиной такого резкого увеличения всхожести (до 57,3 %): в контроле патогены могли способствовать затруднению прорастания семян, тогда как в образцах с экстрактом такие патогены не развивались. Также установлено, что высокие концентрации экстракта способствуют развитию корня, которое под воздействием данного экстракта было выше, чем у контрольных образцов.

Выводы

В лабораторных условиях установлен значительный фунгицидный эффект экстракта лютика едкого в отношении штамма *Heterobasidion annosum* ВКПМ F-471. Степень подавления роста патогена носит дозозависимый характер. Наибольшая степень подавления роста гриба наблюдалась при добавлении в питательную среду 8 % и более водного экстракта.

Обработка семян экстрактом перед проращиванием оказалась эффективной.

При использовании экстракта наблюдается стимуляция роста корня у семян сосны обыкновенной. При добавлении экстракта до 16 % концентрации происходит снижение интенсивности роста стебля, но наблюдается возрастание показателя всхожести семян и фитомассы проростков.

Для профилактики заражений патогенами и для частичной стимуляции роста корней целесообразным будет использование экстракта в концентрации 16 % (40 мл на 250 мл дистиллированной воды), так как именно в данной концентрации наблюдается отсутствие инородных организмов в образцах, а общие жизненные показатели семян сосны обыкновенной являются самыми стабильными.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24–26–20120, https://rscf.ru/project/24–26–20120/.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойко, Т.А. Фитопатогенные грибы – контаминанты семян лесных растений / Т.А. Бойко, И.О. Крылова, К.С. Люк // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2012. – № 33. – С. 66–69. – EDN TAUSQB.
2. Волков, Я.А. Эффективность фунгицидного действия растительных экстрактов в отношении фитопатогенов винограда / Я.А. Волков, Е.А. Матвейкина, Е.П. Странишевская, А.А. Колосова // Русский виноград. – 2017. – Т. 5. – С. 127–133. – EDN ZBQDSB.
3. Губанова, И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России : в 3 т. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные) / И.А. Губанова, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров // М. : Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. – 665 с.
4. Загоскина, Н.В. Вторичные метаболиты растений: распространение, история изучения, практическое применение / Н.В. Загоскина, Л.В. Назаренко // Вестник МГПУ. Серия : Естественные науки. – 2019. – № 2 (34). – С. 8–19. – DOI: 10.25688/2076-9091.2019.34.2.1. – EDN BVLIRR.
5. Зуев, Д.А. Плесень в нашей жизни / Д.А. Зуев, Л.И. Сысоева // Юный ученый. – 2023. – № 3 (66). – С. 166–169. – URL: https://moluch.ru/young/archive/66/3468/ (дата обращения: 17.07.2024).
6. Овсянникова, Е.А. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов / Е.А. Овсянникова, Т.Ф. Киселева, А.Н. Потапов, А.В. Дюжев // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4 (27). – С. 110–114. – EDN PILQLD.
7. Пентелькина, Н.В. Инкрустация – способ защиты лесных семян от грибных инфекций при длительном хранении / Н.В. Пентелькина // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2013. – № 1. – С. 150–154. – EDN RIYBKJ.

8. Попова, Е.А. Семейство Лютиковые (Ranunculaceae) / Е.А. Попова, К.А. Киенко // Научный электронный архив. – URL: http://econf.rae.ru/article/5236 (дата обращения: 17.07.2024).
9. Потапов, А.Н. Разработка экстракторов для системы "твердое тело–жидкость" / А.Н. Потапов, М.В. Просин, А.М. Магилина, М.В. Понамарева // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3 (30). – С. 80–84. – EDN RBDIRX.
10. Привалова, Е.Г. Основы фитотоксикологии : учебное пособие / Е.Г. Привалова, В.И. Мирович // ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, кафедра фармакогнозии и фармацевтической технологи. – Иркутск : ИГМУ, 2018. – 96 с.
11. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Межгосударственный стандарт : дата введ. 1986-07-01 / разраб. Министерством сельского хозяйства СССР. – М. : Изд-во Стандартинформ, 2011. 30 с.
12. Сергиевская, Л.П. Род *Ranunculus* L. В 12 т. / Л.П. Сергиевская // Флора Западной Сибири. – Томск : Изд-во ТГУ, 1964. – Т. 12. Ч. 2. – 344 с.
13. Соколова, Э.С. Грибные болезни хвойных пород в питомниках и молодняках / Э.С. Соколова, Т.В. Галасьева. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 43 с.
14. Федоренко, Б.Н. Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / Б.Н. Федоренко, Д.М. Бородулин, М.В. Просин [и др.] Шафрай А.В., Лобасенко Б.А., Головачева Я.С. // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 115–123. – DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123. – EDN SRKBPZ.
15. Холявко В.С. Дендрология и основы зеленого строительства / В.С. Холявко, Д.А. Глоба-Михайленко. 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1988. – 287 с.
16. Экстрактор Сокслета. – URL: https://ascience.ru/statiy/apparat-soksleta/ (дата обращения: 26.07.2024).
17. Banik, S. *In vitro* effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants / S. Banik, A.P. Luque // Spanish journal of agricultural research. – 2017. – № 15 (2). – P. 23. – DOI: 10.5424/sjar/2017152-10305.
18. Hanif, M.K. Growth stimulatory effect of AHL producing *Serratia* spp. from potato on homologous and non-homologous host plants / M.K. Hanif, K.A. Malik, S. Hameed [et al.] // Microbiol. Res. – 2020. – N 238. – 126506. – DOI: 10.1016/j.micres.2020.126506.
19. Khan, A. Antifungal activity of plant secondary metabolites on *Candida albicans*: an updated review / A. Khan, S.S. Moni, M. Ali [et al.] // Curr. Mol. Pharmacol. – 2023. – № 16 (1). – P. 15–42. – DOI: 10.2174/1874467215666220304143332. PMID: 35249516.
20. Lazarova, I. Appraisals on the chemical characterization and biological potentials of *Ranunculus constantinopolitanus* extracts using chromatographic, computational, and molecular network approaches / I. Lazarova, G. Zengin, D. Piatt [et al.] // Food Chem. Toxicol. – 2023. – № 181. – P. 114064. DOI: 10.1016/j.fct.2023.114064.
21. Ma, Y. Seed coating with beneficial microorganisms for precision agriculture / Y. Ma // Biotechnol. Adv. – 2019. – № 37 (7). – P. 107423. – DOI 10.1016/j.biotechadv.2019.107423.
22. Mares, D. Antimicrobial activity of protoanemonin, a lactone from ranunculaceous plants / D. Mares // Mycopathologia. – 1987. – № 98 (3). – P. 133–140. – DOI: 10.1007/BF00437648.
23. Misra, S.B. Antifungal properties of leaf extract of *Ranunculus sceleratus* L. / S.B. Misra, S.N. Dixit // Experientia. – 1978. – November 15, N 34 (11). – P. 1442–3. DOI: 10.1007/BF01932338.
24. Tian, S.L. Effects of chlorella extracts on growth of *Capsicum annuum* L. seedlings / S.L. Tian, A. Khan, W.N. Zheng [et al.] // Sci. Rep. – 2022. – November 14, N 12N (1). – P. 15455. – DOI: 10.1038/s41598-022-19846-6.
25. Wang, K. Antifungal activity of phenolic monoterpenes and structure-related compounds against plant pathogenic fungi / K. Wang, S. Jiang, T. Pu [et al.] // Nat. Prod. Res. –2019. – № 33 (10). – P. 1423–1430. – DOI: 10.1080/14786419.2017.1419232.
26. Wang, X. The effects of leaf extracts of four tree species on *Amygdalus pedunculata* seedlings growth / X. Wang, R. Zhang, J. Di [et al.] // Front Plant Sci. – 2021. – Nov. 13, N 11. – P. 587579. – DOI: 10.3389/fpls.2020.587579.
27. Zheng, S. Effect of kelp waste extracts on the growth and development of pakchoi (*Brassica chinensis* L.) / S. Zheng, J. Jiang, M. He [et al.] // Sci. Rep. – 2016. – Nov. 9, N 6. – P. 38683. – DOI: 10.1038/srep38683.
28. Santner, A. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth / A. Santner, L.&E.M. Calderon-Villalobos // Nat. Chem. Biol. – 2009. – № 5. – P. 301–307. – DOI: 10.1038/nchembio.165.

REFERENCES

1. Boyko T.A., Krylova I.O., Lyuk K.S. Phytopathogenic fungi – contaminants of forest plant seeds. *Current problems of the forestry complex [Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa]*, 2012, no. 33, pp. 66–69. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fitopatogennye-griby-kontaminanty-semyan-lesnyh-rasteniy (date of access 26.07.2024). (In Russian).
2. Volkov Ya.A., Matveikina E.A., Stranishevskaya E.P., Kolosova A.A. Efficiency of the fungicidal action of plant extracts against grape phytopathogens. *Russian grapes [Russkij vinograd]*, 2017, vol. 5, pp. 127–133. EDN ZBQDSB. (In Russian).
3. Gubanova I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. Illustrated guide to plants of Central Russia: in 3 vol. Vol. 2. Angiosperms (dicotyledonous: dipetalous). Moscow, T-vo scientific publications KMK, Institute of Technological Research, 2003, 665 p. (In Russian).
4. Zagoskina N.V., Nazarenko L.V. Secondary metabolites of plants: distribution, history of study, practical application. *Bulletin of Moscow State Pedagogical Univ. Series : Natural Sciences [Vestnik MGPU. Seriya : Yestestvennyye nauki]*, 2019, no. 2 (34), pp. 8–19. DOI 10.25688/2076-9091.2019.34.2.1. EDN BVLIRR. (In Russian).
5. Zuev D.A., Sysoeva L.I. Mold in our life. *Young scientist. [Yunyj uchenyj]*, 2023, no. 3 (66), pp. 166–169. URL: https://moluch.ru/young/archive/66/3468/ (date of application: 17/07/2024). (In Russian).
6. Ovsyannikova E.A., Ovsyannikova E.A., Kiseleva T.F., Potapov A.N., Dyuzhev A.V. Study of the extraction process of wild berries of Siberia using biocatalytic methods. *Equipment and technology of food production [Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv],* 2012, no. 4 (27), pp. 110–114, EDN PILQLD. (In Russian).
7. Pentelkina N.V. Incrustation – a method of protecting forest seeds from fungal infections during long-term storage. *Agricultural sciences and agro-industrial complex at the turn of the century [Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov]*, 2013, no. 1, pp. 150–154. EDN RIYBKJ. (In Russian).
8. Popova E.A., Kienko K.A. Family Buttercup (Ranunculaceae). *Scientific Electronic Archive*. URL: http://econf.rae.ru/article/5236 (date of application: 17.07.2024). (In Russian).
9. Potapov A.N., Potapov A.N., Prosin M.V., Magilina A.M., Ponamareva M.V. Development of extractors for the solid-liquid system. *Equipment and technology of food production [Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv]*, 2013, vol. 30, no. 3, pp. 80–84. EDN RBDIRX. (In Russian).
10. Privalova E.G., Mirovich V.I. Fundamentals of Phytotoxicology : A Textbook. Irkutsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Department of Pharmacognosy and Pharmaceutical Technology, Irkutsk : Irkutsk State Medical University, 2018, 96 p. (In Russian).
11. GOSt 12038–84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination: Interstate standard. Date of introduction 1986-07-01, developed. by the Ministry of Agriculture of the USSR. Moscow, Publishing House Standartinform, 2011, 30 p. (In Russian).
12. Sergievskaya L.P. Genus *Ranunculus* L. In 12 vol. *Flora of Western Siberia [Flora Zapadnoy Sibiri]*. Tomsk, Tomsk State University Publishing House, 1964, vol. 12. (In Russian).
13. Sokolova E.S., Galasyeva T.V. Fungal diseases of coniferous trees in nurseries and young stands. Moscow, Moscow State University of Forestry, 2005, 43 p. (In Russian).
14. Fedorenko B.N., Borodulin D.M., Prosin M.V., Shafrai A.V., Lobasenko B.A., Golovacheva Ya.S. Determination of rational technological parameters of the Soxhlet extractor operation in obtaining alcohol tincture from cranberries. *Equipment and technology of food production [Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv],* 2020, vol. 50, no. 1, pp. 115–123. DOI 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123. EDN SRKBPZ. (In Russian).
15. Kholyavko V.S., Globa-Mikhailenko D.A. Dendrology and the Basics of Green Building. 3rd edition, Revised and expanded, Moscow, Agropromizdat, 1988, 287 p. (In Russian).
16. Soxhlet extractor. URL: https://ascience.ru/statiy/apparat-soksleta/ (date of application: 26/07/2024). (In Russian).
17. Banik S., Luque A.P. *In vitro* effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants. *Spanish journal of agricultural research*, 2017, no. 15 (2), p. 23. DOI 10.5424/sjar/2017152-10305.
18. Hanif M.K., Malik K.A., Hameed S., Saddique M.J., Ayesha F.K., Naqqash T., Majeed A., Iqbal M.J., Imran A. Growth stimulatory effect of AHL producing Serratia spp. from potato on homologous and non-homologous host plants. *Microbiol. Res.*, 2020, no. 238. – 126506. DOI 10.1016/j.micres.2020.126506.
19. Khan A., Moni S.S., Ali M., Mohan S., Jan H., Rasool S., Kamal M.A., Alshahrani S., Halawi M., Alhazmi H.A. Antifungal activity of plant secondary metabolites on *Candida albicans*: an updated review.

Curr. Mol. Pharmacol, 2023, no. 16 (1), pp. 15–42. DOI 10.2174/1874467215666220304143332. PMID: 35249516.

20. Lazarova I., Zengin G., Piatti D., Uba A.I., Sagratini G., Caprioli G., Emre G., Ponniya S.K.M., Rengasamy K.R., Paradis N.J., Koyuncu I., Şeker F., Wu C.N., Flores G.A., Cusumano G., Angelini P., Venanzoni R. Appraisals on the chemical characterization and biological potentials of *Ranunculus constantinopolitanus* extracts using chromatographic, computational, and molecular network approaches. *Food Chem. Toxicol*., 2023, no. 181, p. 114064. DOI 10.1016/j.fct.2023.114064.
21. Ma Y. Seed coating with beneficial microorganisms for precision agriculture. *Biotechnol. Adv.*, 2019, no. 37 (7), p. 107423. DOI 10.1016/j.biotechadv.2019.107423.
22. Mares D. Antimicrobial activity of protoanemonin, a lactone from ranunculaceous plants. *Mycopathologia*, 1987, no. 98 (3), pp. 133–140. DOI 10.1007/BF00437648.
23. Misra S.B., Dixit S.N. Antifungal properties of leaf extract of *Ranunculus sceleratus* L. *Experientia*, 1978, Nov. 15, no. 34 (11), p. 1442-3. DOI 10.1007/BF01932338.
24. Tian S.L., Khan A., Zheng W.N., Song L., Liu J.H., Wang X.Q., Li L. Effects of chlorella extracts on growth of *Capsicum annuum* L. seedlings. *Sci. Rep*., 2022, Nov. 14, no. 12 (1), p. 15455. DOI 10.1038/s41598-022-19846-6.
25. Wang K., Jiang S., Pu T., Fan L., Su F., Ye M. Antifungal activity of phenolic monoterpenes and structure-related compounds against plant pathogenic fungi. *Nat. Prod. Res*., 2019, no. 33 (10), pp. 1423–1430. DOI 10.1080/14786419.2017.1419232.
26. Wang X., Zhang R., Di J., Wang L., Wang H., Sikdar A. The effects of leaf extracts of four tree species on *Amygdalus pedunculata* seedlings growth. *Front Plant Sci*., 2021, Nov. 13, no. 11, p. 587579. DOI 10.3389/fpls.2020.587579.
27. Zheng S., Jiang J., He M., Zou S., Wang C. Effect of kelp waste extracts on the growth and development of pakchoi (*Brassica chinensis* L.). *Sci. Rep*., 2016, Nov. 9, no. 6, p. 38683. DOI 10.1038/srep38683.
28. Santner A., L.&E.M. Calderon-Villalobos Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nat. Chem. Biol.*, 2009, no. 5, pp. 301–307. DOI 10.1038/nchembio.165.

Статья поступила в редакцию 17.09.2024