

УДК 630.813

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ КОРЫ ОСИНЫ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ

© С.В. Соболева*, В.М. Воронин, О.А. Есякова

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, пр. им. газеты Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037 (Россия), e-mail: swet.soboleva2011@yandex.ru

Цель данной работы – исследование коры осины, произрастающей в пригородной зоне г. Красноярска, и получение водно-этанольных экстрактов на ее основе, обладающих различной рострегулирующей активностью. В работе рассмотрены вопросы по возможной переработке коры осины с выделением биологически активных веществ фенольной группы. В качестве экстрагента использовали водно-этанольные растворы коры осины различной концентрации. Получены уравнения регрессии и определен оптимальный режим проведения экстракции коры осины с выделением максимального количества экстрактивных веществ. Проведенные исследования показали, что кора осины содержит разнообразные группы биологически активных веществ, в том числе фенольной группы: дубильные вещества (таннины – от 17.0 до 18.0%), полифенолы (гликозиды – 0.71–0.84%), флавоноиды (0.33–0.43%); пигменты (хлорофиллы – от 0.63 до 0.74%); каротиноиды (от 0.52 до 0.55%). Полученные математические модели оказались адекватными изучаемым процессам при доверительной вероятности 95%. Оптимальные значения параметров для максимального извлечения экстрактивных веществ: концентрация этилового спирта – 65%, продолжительность процесса – 3.5 ч, гидромодуль – 15. В оптимальном режиме был получен экстракт коры осины, его характеристики совпадают с требованиями ТУ 9377-162-20680882-10 «Сырье для производства биологически активных добавок «Экстракт коры осины «густой». Установили, что водно-этанольные экстракты коры осины обладают в зависимости от концентрации ростингибирующей или стимулирующей активности. В интервале концентраций от 0.1 до 10 г/л они оказывают ингибирующий эффект, при дальнейшем разбавлении от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ г/л наблюдается стимулирующий эффект. Тенденция увеличения прироста проростков злаковых, %: кукурузы – 30, ячмень – 40 и пшеницы – 35; бобовых, %: горох – 35, фасоль – 45 и чечевица – 25 по сравнению с контролем при концентрации экстрактивных веществ коры осины $1 \cdot 10^{-3}$ г/л. Полученные данные могут быть полезны после соответствующих санитарно-токсикологических исследований для увеличения всхожести и проращиваемости семян бобовых и злаковых культур.

Ключевые слова: кора осины, водно-этанольная экстракция, биологически активные вещества, рострегулирующая активность.

Введение

Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.) – вид лиственных деревьев из рода тополь семейства ивовые. Осиновые леса занимают до 17% от площади лесного фонда территории Красноярского края [1].

Древесина осины является ценным сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, при ее окорке остается ценный компонент – кора, которая составляет до 15% от всей биомассы дерева. Наиболее важным фактором, определяющим свойства и направления использования коры, является ее химический

Соболева Светлана Витальевна – доцент кафедры промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств, e-mail: swet.soboleva2011@yandex.ru

Воронин Валерий Михайлович – заведующий кафедрой промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств, e-mail: voroninvm@sibsau.ru

Есякова Ольга Александровна – доцент кафедры промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств, e-mail: Olga-LA83@mail.ru

состав. Кора отличается от древесины большим разнообразием составляющих компонентов и входящих в нее веществ. Преобладающими компонентами в коре являются экстрактивные вещества, их содержание зависит от времени года, способа выделения образца (ручная или промышленная), природы экстрагента [2]. Высокое содержание в коре

* Автор, с которым следует вести переписку.

осины соединений различных групп позволяет использовать ее как источник биологически активных веществ различного назначения. Группа ученых во главе с д.х.н. В.А. Левданским (Институт химии и химической технологии СО РАН) исследовали накопления основных компонентов в коре лиственных и хвойных древостоев Восточной Сибири (табл. 1) [3].

Согласно данным таблицы 1, из изученных видов кора осины содержит наибольшее количество экстрактивных веществ. Для изучения химического состава коры успешно применяется метод выделения экстрактивных веществ растворителями возрастающей полярности [4]. При таком способе устраняется влияние на результаты анализа специфических веществ, входящих в состав коры, но при этом возможно перекрытие классов соединений для различных растворителей (табл. 2) [5].

Состав коры осины как промышленного отхода исследовал д.х.н., профессор Б.Н. Кузнецов, используя при этом три группы растворителей различной полярности (ацетон, 2-пропанол, вода). Сумма веществ, экстрагируемых одинаковыми полярными растворителями в первом случае (22.3%), больше, чем во втором (18.2%), почти на 4%. Содержание щелочерастворимых веществ выше во втором случае в 2.5 раза [6]. Содержание в коре осины таких веществ как суберин (смесь сложных полиэфиров, состоящая в основном из длинноцепных жирных кислот и гидроксикислот) – от 2.1 до 6.3%, отмечено такими авторами, как С.Я. Долгодворова, Р.Ф. Бурлакова и Г.Н. Черняева [7].

Минеральный состав коры осины характеризуется количеством в ней золы. В зависимости от возраста и сезона кора осины может содержать 1.21–2.56% (от а.с.с.) кальция, 0.34–0.7% калия, 0.23–0.57% магния, а также 0.03–0.12% фосфора. Наибольшее количество кальция для коры осины характерно в мае-июне, магния – в июле, калия – в декабре и мае. У фосфора отмечено два максимума разной интенсивности – с сентября по декабрь (0.10–0.12%) и в июне-июле (0.08–0.07%) [8].

Немаловажную роль в липидном обмене веществ коры осины играют фосфолипиды и гликолипиды, являясь структурными компонентами мембран, они распределяются по всему растению, тем самым увеличивают его устойчивость к воздействию низких температур, а также являются эффективными регуляторами внутриклеточных биохимических реакций и межклеточных взаимодействий [9, 10].

К другой, не менее значимой группе биоактивных веществ относятся фенолы. Механизм воздействия фенольных соединений на процессы роста связан с их влиянием на гормональный обмен, в том числе на образование 3-индолилуксусной кислоты (ИУК). Например, дифенольные соединения с орто-гидроксильной группой стимулируют образование ИУК из триптофана, а монофенолы и дифенолы с мета-гидроксильной группой, наоборот, ускоряют разрушение этого гормона, угнетая этим рост растений [11].

Перспективным направлением фундаментальных и прикладных исследований является изучение регулирующей активности растений и предпосевной обработки семян с помощью природных и синтетических физиологически активных веществ [12]. Эти соединения участвуют в окрашивании кроны и стволовой части древесных растений. Они дают оттенки от оранжевого и красного до голубого, включая желтый и белый цвет. Состав коры разных пород и их экстрактивные вещества представлены в таблицах 1 и 2 [11].

Таблица 1. Содержание основных компонентов в древесной коре

Вид древесной коры	Состав, % от а.с.к.					зола
	целлюлоза	лигнин	экстрактивные вещества	полисахариды		
				ЛГП*	ТГП**	
Лиственница сибирская	25.3	38.8	19.6	13.2	24.7	2.8
Пихта сибирская	23.7	37.2	18.0	17.2	22.6	1.9
Осина обыкновенная	17.1	23.7	30.3	26.6	16.6	3.3
Береза повислая, кора	22.7	34.6	26.65	17.7	21.8	1.8
Луб	24.5	34.8	13.7	23.3	22.4	3.4

Примечание. ЛГП* – легкогидролизуемые полисахариды; ТГП** – трудногидролизуемые полисахариды.

Таблица 2. Разделение компонентов коры при последовательной экстракции растворителями возрастающей полярности

Растворитель	Основные классы соединений, найденные в экстракте
Неполярный растворитель (петролейный, диэтиловый эфир, гексан)	Воска, жирные кислоты, фитостерины, терпены, жирорастворимые витамины
Этанол	Флавоноиды, фенолы
Горячая вода	Конденсированные таниды, водорастворимые углеводы, витамины
1%-ный раствор NaOH	Фенолокислоты, гемицеллюлозы, мономеры суберина

Группой ученых под руководством В.Е. Тарабанько обнаружены стимулирующие свойства водных экстрактов коры сосны для укоренения черенков фасоли. Ими исследованы биологически активные вещества (БАВ) водных экстрактов коры сосны, стимулирующие ризогенез черенков растений фасоли, тем самым увеличивая общую биомассу корней. Прибавки к контролю от общей биомассы корней варьируют от 143 до 186% соответственно [13]. В связи с этим представляет интерес изучить рострегулирующую способность экстрактов на основе коры осины. При характеристике рострегулирующей активности водно-этанольных экстрактов коры осины следует учитывать все группы веществ, как водорастворимые, так и органорастворимые. Согласно литературным данным, спиртовой экстракт коры осины за счет высокого содержания в нем фенольных компонентов может обладать как ростингибирующими, так и ростстимулирующими свойствами [14].

Цель данной работы – исследование коры осины, произрастающей на территории Красноярского края, и получение водно-этанольных экстрактов на ее основе, обладающих различной рострегулирующей активностью. Эксперимент состоял из двух частей:

– определение содержания экстрактивных веществ при проведении двухступенчатого экстрагирования с использованием в качестве экстрагента на первой ступени – гексана; на второй – этилового спирта различной концентрации;

– исследование ростингибирующей или стимулирующей активности водно-этанольных экстрактов коры осины различной концентрации на примере бобовых и злаковых.

Объектом исследования являлась кора осины (*Populus tremula L.*), отобранная в сентябре 2017 г. в пригороде г. Красноярска. Содержание экстрактивных веществ определяли по убыли массы коры после двух ступенчатой экстракции. Кора осины содержит комплекс биологически активных веществ: фенольные гликозиды (салицин, саликортин, тремулоидин), дубильные вещества, органические кислоты (олеиновую, линолевую, пальмитиновую, каприновую, лауриновую, арахидоновую, бегеновую), тритерпеноиды, пектин, глицин-бетаин, флавоноиды, воск, стерины, каротиноиды, полисахариды, антоцианы, гликолипиды и фосфолипиды.

Экспериментальная часть

Основным технологическим приемом для выделения БАВ из растительного сырья служит процесс экстракции. Перед экстракцией сырье сортировали методом квартования и измельчали на полупромышленной установке шнекового типа. Измельчение позволяет разрушить клетки растения и обеспечить доступ растворителя к биологически активным веществам, увеличив тем самым поверхность контакта между экстрагентом и растительной массой. Объектом исследования являлся послеэкстракционный остаток, полученный в результате двухступенчатой экстракции коры осины: гексаном в течение 6 ч на аппарате Сокслета; затем 40–60% этанолом (3 ч) при кипении растворителя. Перед определением лигнина кору обрабатывали 1% раствором щелочи (NaOH). Химический состав исходной коры и полученного продукта определяли методами, общепринятыми в химии древесины [15]. Содержание экстрактивных веществ определяли по убыли массы коры после экстракции. Химический состав исходного сырья и экстрактов определяли методами, общепринятыми в химии древесины, определение лигнина в исходной коре проводили с 72% серной кислотой в модификации Комарова [16, 17].

Водные экстракты коры осины получали методом настаивания в течение 48 ч при температуре 25 °С. Рострегулирующую активность экстрактов коры осины различной концентрации от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 мг/мл изучали на проростках пшеницы озимой «Иркутская», ячменя «Омский 96», чечевицы сорта «Веховская», фасоли «Зеленостручковая 517», кукурузы сахарной «Тройная сладость» и гороха «Хавский жемчуг», пригодных для выращивания в Сибири. Качество семян соответствовало ГОСТ Р 52171-2003.П 8242. Семенной материал стерилизовался один раз в течение 5 мин 0.1% раствором $KMnO_4$ и замачивался в воде на 2 сут. при температуре 25 °С. Перед замачиванием чашки Петри с фильтровальной бумагой ошпаривали кипящей водой. Для экспериментов использовали проростки с длиной корней от 1 до 2 см. Проростки выдерживали в 50 мл растворах экстрактивных веществ коры осины с различной концентрацией в течение одного часа. Затем семена раскладывали в чашки Петри на фильтровальной бумаге, добавляли 10 мл дистиллированной воды и инкубировали в термостате при температуре 26 °С в течение 1.5 сут. По окончании экспозиции измеряли длину корней, рассчитывали разницу по сравнению с начальной длиной. В качестве контроля семена замачивали в дистиллированной воде. Опыт повторяли не менее двух раз, для каждого разведения использовали 8–10 семян [18].

Обсуждение результатов

Как известно, содержание основных компонентов коры в первую очередь зависит от места произрастания, во вторую – от сезона заготовки сырья, в третью очередь – от условий хранения. В работе использовали кору осины, заготовленную в осенний период в пригороде г. Красноярск – Роев Ручей, удаленность от г. Красноярск 15 км. Для сравнения брали кору осины, произрастающую в Емельяновском районе – ст. Рябино, удаленность от г. Красноярск 30 км. Установленный состав сырья представлен в таблице 3.

Согласно полученным данным компонентного состава, установлено, что в пригородной зоне количество целлюлозы в коре немного меньше чем в коре осины, произрастающей на ст. Рябино, в то же время количество лигнина немногим больше (0.5%). Сумма экстрактивных веществ изменяется в интервале от 27.5% (Роев Ручей) до 30% (ст. Рябино), а содержание трудно- и легкогидролизуемых полисахаридов колеблется в пределах (16.3–17.5)% и (25.0–26.0)% соответственно, что согласуется с литературными данными для этой породы. Зольность варьируется от 3.5 до 4.5%, что несколько выше нормы согласно литературным данным [17]. Влажность коры осины, произрастающей на территории Роева Ручья и ст. Рябино, отличается незначительно и составляет от 8.5 до 9.5% соответственно.

Для определения содержания органорастворимой группы экстрактивных веществ кору подвергали двухступенчатому экстрагированию: первая ступень – гексан, вторая – этиловый спирт различной концентрации. Результаты экстрагирования коры осины представлены в таблице 4.

Проведенные исследования показали, что в водно-этанольных экстрактах коры осины присутствуют дубильные вещества (таннины – от 17.0 до 18.0%), полифенолы (гликозиды – 0.71–0.84%), флавоноиды (0.33–0.43%), пигменты (хлорофиллы – от 0.63 до 0.74% и каротиноиды – от 0.52 до 0.55%).

Для получения оптимального режима выделения экстрактивных веществ из коры осины была составлена матрица планирования эксперимента. Для определения влияния каждого фактора на выход экстрактивных веществ был использован план Бокса-Бенкена 2-го порядка.

В качестве независимых переменных были выбраны: X_1 – продолжительность экстракции, ч; X_2 – концентрация этанола в смеси; X_3 – гидромодуль; Y_1 – выход полифенольных гликозидов, за Y_2 – суммарный выход экстрактивных веществ. Концентрацию этанола в смеси спирт–вода варьировали 60±20%. Процесс экстракции осуществляли при кипении растворителя при атмосферном давлении, гидромодуль выдерживали 20±10. Продолжительность экстракции, согласно предварительным исследованиям, составила от 3 до 5 ч с шагом варьирования 1 ч. Эти данные хорошо согласуются с полученными ранее авторами С.В. Соболевой, Л.И. Ченцовой, В.М. Ворониным [14].

Таблица 3. Сравнительная характеристика основных компонентов коры осины в пересчете на абсолютно сухое сырье (а.с.с.)

Наименование компонента	Состав, % а.с.с.	
	Роев Ручей (15 км от городской черты)	ст. Рябино (30 км от городской черты)
Целлюлоза	16.5±0.2	17.1±0.1
Лигнин	23.0±0.3	22.5±0.2
Сумма экстрактивных веществ	27.5±0.4	30.0±0.5
Полисахариды:		
ЛГП	25.0±0.4	26.0±0.2
ТГП	17.5±0.2	16.3±0.4
Зольность	4.5±0.3	3.5±0.1

Таблица 4. Содержание отдельных групп экстрактивных веществ коры осины водно-этанольных экстрактов, % на а.с.с.

Наименование компонента	Концентрация этилового спирта	
	40%	60%
Сумма экстрактивных веществ, % в пересчете на экстракт, в том числе:	22.0±0.09	30.0±0.08
таннины	17.0±0.05	18.0±0.05
полифенольные гликозиды	0.71±0.03	0.84±0.04
Флавоноиды	0.33±0.01	0.43±0.03
Пигменты:		
хлорофиллы	0.74±0.01	0.63±0.03
каротиноиды	0.55±0.02	0.52±0.02

На основании результатов реализации матрицы планирования эксперимента было получено уравнение регрессии и определен оптимальный режим проведения экстракции коры осины с выделением максимального количества экстрактивных веществ. Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y_2=38.4+1.69 \cdot X_1+2.75 \cdot X_2+1.15 \cdot X_3-1.62 \cdot X_1^2-9.13 \cdot X_1 \cdot X_2-3.75 \cdot X_1 \cdot X_3+2.25 \cdot X_2^2-5.62 \cdot X_2 \cdot X_3-8.63 \cdot X_3^2.$$

Полученные математические модели оказались адекватными изучаемым процессам при доверительной вероятности 95%. Оптимальные значения параметров для максимального извлечения экстрактивных веществ: концентрация этилового спирта – 65%; продолжительность процесса – 3.5 ч, гидромодуль – 15. Суммарное количество экстрактивных веществ $Y_2=32.0\%$, что согласуется с экспериментальными данными (31.5%) [19]. В оптимальном режиме был получен экстракт коры осины, его характеристики совпадают с требованиями ТУ 9377-162-20680882-10 «Сырье для производства биологически активных добавок «Экстракт коры осины «густой», согласно данным таблицы 4 для 60% водно-этанольного экстракта.

Нами было изучено влияние экстрактивных веществ коры осины на рост проростков пшеницы, кукурузы и гороха. За 100% принимали контрольный образец. В интервале концентраций от 0.1 до 10 г/л экстрактивные вещества коры осины оказывают ингибирующий эффект. При дальнейшем разбавлении от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ г/л, наблюдается стимулирующий эффект. Результаты проращивания проростков представлены в таблице 5.

На основании литературных данных о механизме воздействия фенольных соединений на процессы роста выявлена взаимосвязь проращивания с гормональным обменом внутри клетки, в том числе с образованием 3-индолилуксусной кислоты (ИУК) [8]. Предполагается, что обработка семян водно-этанольными экстрактами коры осины стимулируют образование ИУК из триптофана, а монофенолы и дифенолы с метгидроксильной группой, наоборот, ускоряют разрушение этого гормона, угнетая при этом рост растений. Полученные результаты будут полезны в растениеводстве и тепличном хозяйстве при укоренении черенков.

Таблица 5. Зависимость прироста злаковых и бобовых, %, от концентрации экстрактивных веществ коры осины

Наименование культуры	Концентрации экстрактивных веществ, г/л							Контроль
	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$	1	10	
Кукуруза	110	125	150	120	110	95	95	100
Ячмень	120	133	140	135	120	82	80	100
Пшеница	128	130	137	122	117	85	85	100
Фасоль	120	130	140	130	110	90	82	100
Чечевица	115	125	130	120	110	82	80	100
Горох	115	130	135	122	118	90	85	100

Выводы

Проведенные исследования показали, что кора осины содержит разнообразные группы биологически активных веществ, в том числе фенольной группы: дубильные вещества (таннины – от 17.0 до 18.0%), полифенолы (гликозиды – 0.71–0.84%), флавоноиды (0.33–0.43%), пигменты (хлорофиллы – от 0.63 до 0.74% и каротиноиды – от 0.52 до 0.55%). Установлено, что исследуемые водно-этанольные экстракты коры осины концентрацией от 2 до 10 мг/мл обладают ростингибирующей или стимулирующей активностью. В интервале концентраций от 0.1 до 10 г/л водорастворимые веществ коры осины проявляют ингибирующие свойства, при дальнейшем разбавлении от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ г/л наблюдается стимулирующий эффект. Выявлена тенденция увеличения прироста проростков злаковых: кукурузы – 30%, ячменя – 40% и пшеницы – 35% и бобовых культур: гороха – 35%, фасоли – 45% и чечевицы – 25% по сравнению с контролем при концентрации экстрактивных веществ коры осины $1 \cdot 10^{-3}$ г/л. Полученные данные могут быть использованы после соответствующих санитарно-токсикологических исследований с целью увеличения всхожести и проращиваемости семян бобовых и злаковых культур.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2017 году» / Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. Красноярск, 2018. 301 с.

2. Рейсер Г.В., Исаева Е.В. Сезонные изменения группового состава нейтральных липидов *Populus balsamifera* // Непрерывное экологическое образование и экологические проблемы. Красноярск: СибГТУ, 2004. Т. 3. С. 99–103.
3. Левданский В.А., Полежаева Н.И., Макиевская А.И., Петухова Н.Н., Кузнецов Б.Н. Биологически активные вещества из коры сибирских пород древесины // Концепция гомеостаза: теоретические, экспериментальные и прикладные аспекты: сборник трудов X международного симпозиума. Новосибирск, 2002. С. 60–64.
4. Deinefco L.P., Faustova N.M. The chemical composition of aspen bark // 12th International Symposium on Wood and Pulp Chemistry. Madison, 2003. Pp. 189–191.
5. Zaks P.E. Chemistry of Bark // Wood and cellulose chemistry. New York, 1991. Pp. 253–330.
6. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кедрова Л.П., Еськин А.П., Полежаева Н.И. и др. Выделение и изучение экстрактивных продуктов коры осины // Химия растительного сырья. 1998. №3. С. 5–12.
7. Долгодворова С.Я., Бурлакова Р.Ф., Черняева Г.Н. Содержание фенольных соединений в древесине и коре осины (*Populus tremula* L.) // Химия древесины. 1990. №5. С. 79–82.
8. Фаустова Н.М. Химический состав коры и древесины осины: дисс. ... канд. хим. наук. СПб., 2005. 208 с.
9. Бурлакова Р.Ф., Долгодворова С.Я., Черняева Г.Н. Экстрактивные вещества осины // Экстрактивные вещества древесных растений: тезисы докладов. Новосибирск, 1986. С. 107–109.
10. Дейнеко И.П., Фаустова Н.М. Элементный и групповой состав коры и древесины осины // Химия растительного сырья. 2015. №1. С. 51–62.
11. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 272 с.
12. Козлов Ю.В., Лякина О.А., Самсонова Н.Е., Кузьминская В.А. Влияние предпосевной обработки семян кукурузы на показатели начального развития растений и накопление биомассы // Агрехимия и экология: история и современность: материалы Международной научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2008. Т. 2. С. 109–113.
13. Тарабанько В.Е., Ульянова О.А., Калачева Г.С. Исследование динамики содержания терпеновых соединений в компостах на основе сосновой коры и их ростстимулирующей активности // Химия растительного сырья. 2010. №1. С. 121–126.
14. Соболева С.В., Ченцова Л.И., Воронин В.М. Переработка коры осины с получением биологически активных веществ и кормовых продуктов: монография. Красноярск, 2013. 77 с.
15. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учебное пособие. М., 1991. 320 с.
16. Рязанова Т.В., Чупрова Н.А., Исаева Е.В. Химия древесины. Красноярск, 1996. 358 с.
17. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. Ч. 3: Исследование химического состава растительного сырья. Красноярск, 2004. 360 с.
18. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., 2011. 15 с.
19. Соболева С.В., Ченцова Л.И., Почекутов И.С. Оптимизация получения биологически активных веществ водно-спиртовых экстрактов коры осины // Вестник КрасГАУ. 2012. №9. С. 215–218.

Поступила в редакцию 22 сентября 2018 г.

После переработки 10 октября 2019 г.

Принята к публикации 10 октября 2019 г.

Для цитирования: Соболева С.В., Воронин В.М., Есякова О.А. Содержание биологически активных веществ водно-этанольных экстрактов из коры осины и изучение их рострегулирующей активности // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 373–380. DOI: 10.14258/jcrpm.2020014442.

*Soboleva S.V.**, *Voronin V.M.*, *Esyakova O.A.* THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES WATER-ALCOHOL EXTRACTS OF ASPEN BARK

Reshetnev Siberian state University of Science and Technology 31, ul. imeni gazety Krasnoyarskiy rabochiy, Krasnoyarsk, 660037 (Russia), e-mail: swet.soboleva2011@yandex.ru

The aim of this work was to study the bark of aspen growing in the suburban area of Krasnoyarsk and obtain water-ethanol extracts based on it, with different growth-regulating activity. The paper deals with the possible processing of aspen bark with the release of biologically active substances of the phenolic group. Water-ethanol solutions of aspen bark of different concentrations were used as an extractant. The regression equations and the optimum conditions of extraction of the bark of aspen with the allocation of the maximum amount of extractives. Studies have shown that aspen bark contains a variety of groups of biologically active substances, including phenolic group: tannins (tannins from 17.0 to 18.0%) polyphenols (glycosides – 0.71–0.84%), flavonoids – 0.33–0.43%; pigments: (chlorophylls from 0.63 to 0.74%; carotenoids (from 0.52 to 0.55%). The obtained mathematical models were adequate to the studied processes at 95% confidence probability. The optimal values for maximum extraction of extractive substances: the concentration of ethanol was 65%; the duration of the process – 3.5 hours, hydro – 15. In the optimal mode was obtained aspen bark extract, its characteristics coincide with the requirements of TU 9377-162-20680882-10 "raw Materials for the production of biologically active additives "aspen bark Extract "thick". It was established that water-ethanol extracts of aspen bark have depending on the concentration of growth-inhibiting or stimulating activity. In the range of concentrations from 0.1 to 10 g/l, they have an inhibitory effect, with further dilution from $1 \cdot 10^{-2}$ to $1 \cdot 10^{-4}$ g/l, a stimulating effect is observed. The tendency of increasing the growth of seedlings of cereals, %: corn – 30, barley – 40 and wheat – 35; legumes, %: peas – 35, beans – 45 and lentils – 25 compared with the control at a concentration of extractive substances of aspen bark $1 \cdot 10^{-3}$ g/l. The Data obtained may be useful after appropriate sanitary-toxicological studies to increase the germination and germination of seeds of legumes and cereals.

Keywords: aspen bark, water-ethanol extraction, biologically active substances, growth-regulating activity.

References

1. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy v Krasnoyarskom kraye v 2017 godu».* Ministerstvo ekologii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraya. [State report "On the State and Environmental Protection in the Krasnoyarsk Territory in 2017: the Ministry of Ecology and Environmental Management of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk, 2018, 301 p. (in Russ.).
2. Reysler, G.V., Isayeva Ye.V. *Nepreryvnoye ekologicheskoye obrazovaniye i ekologicheskiye problemy.* [Continuing Environmental Education and Environmental Issues]. Krasnoyarsk, 2004, vol. 3, pp. 99–103. (in Russ.).
3. Levdanskiy V.A., Polezhayeva N.I., Makiyevskaya A.I., Petukhova N.N., Kuznetsov B.N. *Kontseptsiya gomeostaza: teoreticheskiye, eksperimental'nyye i prikladnyye aspekty: sbornik trudov X mezhdunarodnogo Simpoziuma.* [The concept of homeostasis: theoretical, experimental and applied aspects: a collection of works of the X International Symposium]. Novosibirsk, 2002, pp. 60–64. (in Russ.).
4. Deinefco L.P., Faustova N.M. *12th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry.* Madison, 2003, pp. 189–191.
5. Zaks P.E. *Wood and cellulose chemistry.* New York, 1991, pp. 253–330.
6. Kuznetsov B.N., Levdanskiy V.A., Kedrova L.P., Yes'kin A.P., Polezhayeva N.I. et al *Khimiya rastitel'nogo syr'ya,* 1998, no. 3, pp. 5–12. (in Russ.).
7. Dolgodvorova S.Ya., Burlakova R.F., Chernyayeva G.N. *Khimiya drevesiny,* 1990, no. 5, pp. 79–82. (in Russ.).
8. Faustova N.M. *Khimicheskyy sostav kory i drevesiny osiny: diss. ... kand. khim. nauk.* [The chemical composition of bark and wood of aspen: Diss. ... cand. Chem. of sciences]. St. Petersburg, 2005, 208 p.
9. Burlakova R.F., Dolgodvorova S.YA., Chernyayeva G.N. *Ekstraktivnyye veshchestva drevesnykh rasteniy: tezisy dokladov.* [Extractives of woody plants: abstracts]. Novosibirsk, 1986, pp. 107–109 (in Russ.).
10. Deyneko I.P., Faustova N.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya,* 2015, no. 1, pp. 51–62 (in Russ.).
11. Zaprometov M.N. *Fenol'nyye soyedineniya: rasprostraneniye, metabolizm i funktsii v rasteniyakh.* [Phenolic compounds: distribution, metabolism and functions in plants]. Moscow, 1993, 272 p. (in Russ.).
12. Kozlov Yu.V., Lyakina O.A., Samsonova N.Ye., Kuz'minskaya V.A. *Agrokhimiya i ekologiya: istoriya i sovremennost': materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* [Agricultural chemistry and ecology: history and modernity: materials of the International scientific-practical conference]. Nizhny Novgorod, 2008, vol. 2, pp. 109–113 (in Russ.).
13. Taraban'ko V.Ye., Ul'yanova O.A., Kalacheva G.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya,* 2010, no. 1, pp. 121–126. (in Russ.).
14. Soboleva S.V., Chentsova L.I., Voronin V.M. *Pererabotka kory osiny s polucheniyem biologicheskii aktivnykh veshchestv i kormovykh produktov: monografiya.* [Processing aspen bark to produce biologically active substances and feed products: monograph]. Krasnoyarsk, 2013, 77 p. (in Russ.).
15. Obolenskaya A.V., Yel'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornyye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy: uchebnoye posobiye.* [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose: a training manual]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.).
16. Ryazanova T.V., Chuprova N.A., Isayeva Ye.V. *Khimiya drevesiny.* [Wood chemistry]. Krasnoyarsk, 1996, 358 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

17. Ushanova V.M., Lebedeva O.I., Devyatlovskaya A.N. *Osnovy nauchnykh issledovaniy: uchebnoye posobiye. Ch. 3: Issledovaniye khimicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ya*. [Fundamentals of research: a training manual. Part 3: Study of the chemical composition of plant materials]. Krasnoyarsk, 2004, 360 p. (in Russ.).
18. *GOST 12038-84 Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti*. [GOST 12038-84 Seeds of crops. Germination Methods]. Moscow, 2011, 15 p. (in Russ.).
19. Soboleva S.V., Chentsova L.I., Pochekutov I.S. *Vestnik KrasGAU*, 2012, no. 9, pp. 215–218 (in Russ.).

Received September 22, 2018

Revised October 10, 2019

Accepted October 10, 2019

For citing: Soboleva S.V., Voronin V.M., Esyakova O.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 373–380. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020014442.