

УДК 633.11«321»:631.811.98(571.15)

ЭКСТРАКТЫ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО КАК РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

© *Е.В. Калюта^{1*}, М.И. Мальцев¹, О.В. Шепелева², Е.В. Исаева²*

¹ *Алтайский государственный аграрный университет, пр. Красноармейский, 98, Барнаул, 656049 (Россия), e-mail: kalyuta75@mail.ru*

² *Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82, Красноярск, 660049 (Россия)*

Изучено влияние различных экстрактов, полученных из листьев и почек тополя бальзамического *Populus balsamifera* (водорастворимых веществ листьев, эфирного масла почек и спиртового экстракта почек), произрастающего в условиях Красноярского края, на рост и развитие яровой мягкой пшеницы сорта Омская 36 в лабораторных и полевых условиях. Водорастворимые вещества листьев выделяли методом экстракции горячей водой, спиртовый экстракт – этиловым спиртом в оптимальных условиях, эфирные масла – методом гидродистилляции. Полученные экстракты из вегетативной части тополя исследовали общепринятыми в химии растительного сырья методами. Установлено, что все приготовленные из экстрактов тополя водные эмульсии влияют на прорастание семян в лабораторных условиях и на начальный рост (полевую всхожесть) и биологическую урожайность яровой мягкой пшеницы сорта Омская 36 в полевых условиях. При этом наибольшее положительное влияние на продуктивность пшеницы в полевых условиях оказала только эмульсия на основе водорастворимых веществ листьев тополя бальзамического с концентрацией 0,5 г/л. Увеличение концентрации препарата в 10 раз ингибировало рост растений. Углеводы, аминокислоты и минеральные компоненты, содержащиеся в экстракте, оказали предположительно суммарное влияние на прорастание семян и проявили регуляторную активность.

Ключевые слова: биомасса тополя, экстрактивные вещества, яровая пшеница, урожайность.

Введение

Тополь является ценной быстрорастущей древесной породой умеренного пояса России. В Западной Сибири защитные насаждения из тополя бальзамического занимают 42% общей площади. С ним связывают надежды на восполнение дефицита древесины. Вегетативная часть тополя является доступным, легко возобновляемым и богатым биологически активными веществами сырьем, комплексной технологии переработки которого не существует.

В настоящее время биомасса тополя бальзамического перерабатывается ограниченно с выделением только эфирных масел из всего комплекса соединений. Препараты, созданные на основе биологически активных веществ почек тополя *Populus balsamifera*, обладают противоопухолевой, противовоспалительной, ранозаживляющей активностью, а также оказывают бактерицидное и росторегулирующее влияние на сельскохозяйственные растения [1–3]. В то же время водные и спиртовые экстракты также богаты биологически активными соединениями [4–6] и могут найти применение в различных областях народного хозяйства.

Калюта Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, e-mail: kalyuta75@mail.ru

Мальцев Михаил Ильич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой общего земледелия, растениеводства и защиты растений, e-mail: uosh@mail.ru

Шепелева Ольга Васильевна – аспирант, e-mail: sonskoe@mail.ru

Исаева Елена Владимировна – доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологи, e-mail: isaevaelena08@mail.ru

Создание технологий ресурсосберегающей комплексной переработки вегетативной части тополя бальзамического облегчит проблему утилизации ценных отходов: коры, веток, почек и листьев [7].

Задачей нашего исследования было изучение влияния различных экстрактов, полученных из листьев и почек тополя бальзамического, произрастающего в условиях Красноярского края, на рост и развитие мягкой яровой пшеницы Омская 36.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

Для исследования были отобраны листья и почки тополя бальзамического *Populus balsamifera*, из которых получены следующие экстракты: водорастворимые вещества листьев (ВР), эфирное масло почек (ЭМ) и спиртовой экстракт почек (СЭ).

Этанольный экстракт из почек тополя был получен в оптимальных условиях [8], содержание экстрактивных веществ в котором определяли по общепринятым методикам [9, 10].

Водорастворимые вещества листьев получали методом экстракции горячей водой [10]. Фракционирование углеводов проводили по методике, предложенной А.Р. Кизилем [11]. Массовую концентрацию элементов в составе водоэкстрактивных веществ листьев определяли методом рентгеновского флуоресцентного анализа на спектрометре «Спектроскан». Для анализа водоэкстрактивные вещества упаривали досуха на водяной бане, остаток помещали в кювету и подвергали рентгеновскому облучению в диапазоне длин волн 900–2800 мÅ. Время экспозиции составляло 3 с. Концентрацию химических элементов определяли по интенсивности излучения образцов, содержание рассчитывали в пересчете на массу абсолютно сухого остатка пробы (а.с.о.) [12].

Гидролиз белков и подготовку образцов для аминокислотного анализа проводили по методикам, приведенным в работах [13, 14]. Аминокислотный состав белков определяли на аминокислотном анализаторе AMINOACIDANALYZERT 339 M (MIKROTECHNA-PRAHA, Чехия).

Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции. Выход летучих компонентов определен волюмометрическим методом по их объему и плотности. Анализ летучих компонентов осуществляли на хромато-масс-спектрометре HP6890 с MSD 5972 (США) с капиллярной колонкой HP-5 (кварц, 30 м × 0,25 мм, толщина пленки 0,25 мкм); газ-носитель – гелий (постоянный поток 1 мл/мин) [15].

Изучение активности прорастания семян пшеницы в лабораторных условиях. Исследование проводили по методике определения всхожести семян [16]. Для проведения эксперимента готовили водные эмульсии экстрактов с концентрацией 0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 г/л. В чашках Петри на фильтровальную бумагу раскладывали по 20 зерен пшеницы, заливали 20 мл приготовленной эмульсии и наблюдали за прорастанием семян в течение 4 суток. В качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Изучение росторегулирующей активности экстрактов вегетативной части тополя в полевых условиях [17]. Из полученных экстрактов готовили препараты в виде водных эмульсий с концентрацией 0,5 и 5,0 г/л. Изучали действия препаратов, внесенных в почву при посеве пшеницы в рядок с дозой внесения 15 мл на 0,15 м². Для проведения эксперимента использовали яровую мягкую пшеницу Омская 36. Норма посева пшеницы – 5 млн всхожих зерен на 1 га. Расположение вариантов систематическое в трехкратной повторности. Площадь делянок 1 м².

Схема полевого опыта

1. Контроль
2. Спиртовой экстракт почек СЭ (0,5 г/л)
3. Спиртовой экстракт почек СЭ (5,0 г/л)
4. Эфирное масло ЭМ (0,5 г/л)
5. Эфирное масло ЭМ (5,0 г/л)
6. Водорастворимые вещества ВР (0,5 г/л)
7. Водорастворимые вещества ВР (5,0 г/л)

Эксперимент проводили в полевых условиях Первомайского района Алтайского края. Росторегулирующую активность экстрактов оценивали по полевой всхожести и биологической урожайности пшеницы.

Биологическую урожайность определяли по формуле

$$У_{\text{биол}} = \Gamma \times M / 10,$$

где $У_{\text{биол}}$ – биологический урожай, ц/га; Γ – густота продуктивного стеблестоя, шт/м²; M – масса зерна с одного колоса, г; 10 – коэффициент перерасчета.

Обсуждение результатов

Химический состав спиртового экстракта почек. Основной группой соединений спиртового экстракта почек являются нейтральные вещества, более 60% которых составляют ацилглицериды и эфиры

стеринов. С использованием метода ВЭЖХ был изучен жирно-кислотный состав липидов почек тополя бальзамического. Результаты идентификации эфиров жирных кислот свидетельствуют о том, что основными в липидах являются кислоты ряда пальмитиновой и стеариновой кислот, значительную долю ненасыщенных жирных кислот нейтральных и фосфолипидов представляют диеновые (более 60% от суммы ненасыщенных жирных кислот), в гликолипидах – триеновые (около 42%) кислоты. В составе спиртового экстракта обнаружены также сесквитерпеновые углеводороды (2,8–3,8%), флавоноиды (3,3–4,8%), пигменты: хлорофилл (6–9 мг%) и каротин (1,6–3,1 мг% от а.с.с.) [18].

Химический состав водорастворимых веществ листьев. Основной группой соединений водорастворимых веществ листьев являются углеводы – 22,8% от а.с.с. или ~66% от а.с.в. экстракта (выход составляет 34,6% от а.с.с.). Концентрация редуцирующих веществ в экстракте 1,6 мг/мл. Фракционирование углеводов дало следующие результаты: 55% приходится на кристаллизующиеся моно-, ди- и трисахариды, 23% – коллоидные полисахариды, переходящие в раствор при извлечении водой (декстрины, инулин и другие легкогидролизуемые полисахариды, слизи и часть пектиновых веществ), 22% от суммы углеводов – крахмал. В составе минеральных компонентов водного экстракта листьев тополя присутствуют микроэлементы: марганец – 52; железо – 115; медь – 45; цинк – 36; кальций 30, никель – 3,9 мкг/г а.с.о. Содержание водорастворимого белка в листьях тополя составляет от 5,8 (июль) до 12% а.с.с. (август). Исследования аминокислотного состава показали, что на долю незаменимых аминокислот в водорастворимом белке приходится 18%. Преобладающими аминокислотами является глютаминовая и аспарагиновая кислоты, глицин, аланин (65,6% от суммы аминокислот) [19].

Химический состав эфирного масла почек. Основной группой соединений эфирного масла почек тополя бальзамического являются сесквитерпеновые углеводороды, на долю которых приходится в среднем по году 94,4% от суммарного масла, в составе которых основными компонентами являются α , β , γ -эвдесмол, α , β -бизаболол, 2-фенил-этил 2-метилбутаноат [15].

Изучение активности прорастания семян пшеницы в лабораторных условиях. Наши исследования в лабораторных условиях показали, что действие изучаемых препаратов на активность прорастания семян пшеницы проявлялось уже на 36 час проведения опыта (рис. 1). В контрольном варианте, с использованием воды, на данный период не было обнаружено признаков прорастания зерна (количество проросших зерен КПЗ = 0), в остальных вариантах прослеживалась определенная зависимость прорастания семян от концентрации изучаемых препаратов. При этом максимальный эффект наблюдался при концентрации 0,4–0,6 г/л. Так, активность прорастания при обработке семян пшеницы водным экстрактом листьев и спирторастворимых веществ почек тополя составила 30%.

Наибольшее влияние на прорастание семян пшеницы на 4 сутки проведения эксперимента оказывают водорастворимые вещества листьев тополя, наименьшее – эфирное масло почек (рис. 2). На 4 сутки опыта наибольшее количество проросших зерен отмечалось при концентрации веществ водного экстракта 0,6 г/л и концентрации веществ спиртового экстракта почек 0,8 г/л. Активность прорастания семян составила 70%, что в 2 раза выше по сравнению с контролем.

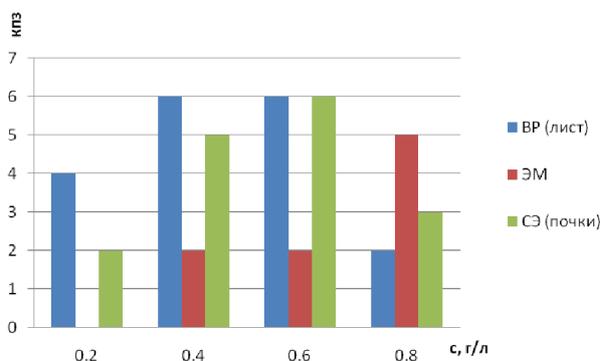


Рис. 1. Влияние вида экстракта тополя и его концентрации на прорастание семян пшеницы на 2 сутки (контроль КПЗ=0)

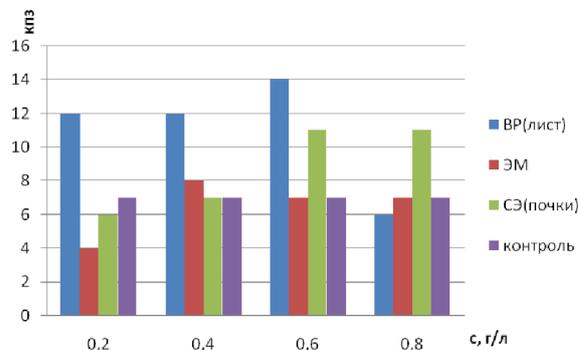


Рис. 2. Влияние вида экстракта тополя и его концентрации на прорастание семян пшеницы на 4 сутки

В условиях проведенного эксперимента результаты влияние эфирного масла на прорастание семян пшеницы могут быть связаны с тем, что в составе этого экстракта присутствует значительная доля сесквитерпеновых спиртов (до 55%) [15], которые ингибируют рост растений на стадии прорастания. Спиртовой экстракт почек тополя бальзамического содержит больше всего липидов (более 60%). Известно, что препараты из этиловых эфиров жирных кислот, полученных на основе липидов гриба *Mortierella alpine* ГР1, оказывают положительное биологическое действие на растения (прорастание семян и устойчивость к грибковым заболеваниям) [20]. Наиболее разнообразный химический состав имеет препарат на основе водорастворимых веществ листьев тополя. Основной группой соединений являются углеводы, преимущественно относящиеся к моно- и олигосахаридам (до 15% от сухих веществ экстракта), которые в условиях проведенного опыта могли проявить регуляторную активность. Такие соединения имеют тривиальное название «олигосахарины» [21]. Они регулируют растяжение клеток растений, стимулированное ростовыми гормонами, контролируют процессы морфогенеза, индукцию этилена, вызывают быстрые изменения в ионных потоках и проницаемости плазматической мембраны, индуцируют *in vitro* фосфорилирование белков. Полисахариды служат источником энергии, способствуют проникновению питательных веществ и воды в клетки растений и входят в состав некоторых коммерческих препаратов (например, Мегафола) для стимулирования роста растений. Аминокислоты стимулируют метаболические процессы, усвоение питательных веществ и сами являются готовым энергетическим резервом для биологического процесса роста и развития. Установлено, что экзогенные аминокислоты способны влиять на самые начальные темпы роста растений пшеницы, когда питание проростков осуществляется по гетеротрофному типу, за счет питательных веществ эндосперма. Предпосевная обработка семян растворами аминокислот положительно влияет на начальные этапы роста и оказывает влияние на программу дальнейшего развития растений [22]. Содержащиеся в водорастворимых веществах листьев минеральные компоненты также могли оказать влияние на рост и развитие растений. Так, железо относится к макроэлементам питания растений, его роль велика в ферментативных процессах. Участие микроэлементов в структурных компонентах клетки служит основой интенсивности биохимических реакций клеточного метаболизма. Присутствие никеля усиливает питательную ценность экстракта, так как наличие железа и никеля даже в небольших количествах, чрезвычайно сильно активизирует жизнедеятельность микроорганизмов, а также имеет значение для стартово-пусковых механизмов прорастания семян [23].

Изучение росторегулирующей активности экстрактов вегетативной части тополя бальзамического в полевых условиях. Исследования по изучению водных эмульсий из экстрактов вегетативной части тополя бальзамического в полевых условиях показали, что все препараты оказали влияние как на начальный рост (полевую всхожесть или густоту продуктивного стеблестоя) (табл. 1), так и на биологическую урожайность яровой пшеницы (табл. 2).

Таблица 1. Влияние экстрактивных веществ вегетативной части тополя бальзамического на полевую всхожесть яровой пшеницы

Концентрация препарата, г/л	Полевая всхожесть, %		
	ВР	СЭ	ЭФ
контроль	86,7	86,7	86,7
0,5	92,0	89,3	86,7
5,0	89,3	89,3	84,0

Таблица 2. Влияние экстрактивных веществ вегетативной части тополя бальзамического на биологическую урожайность яровой пшеницы

Варианты	Концентрация препарата, г/л							
	0,5				5,0			
	Г, шт/м ²	М, г	У _{биол.} , ц/га	± к контролю, %	Г, шт/м ²	М, г	У _{биол.} , ц/га	± к контролю, %
Контроль	433	1,12	48,6	–	433	1,12	48,6	–
ВР	467	1,30	60,7	+24,8	460	1,29	59,3	+22,0
СЭ	460	1,05	48,3	-0,6	460	1,05	48,3	-0,6
ЭФ	433	1,10	47,6	-2,1	420	1,05	44,1	-9,3

В результате эксперимента установлено, что эмульсии на основе водорастворимых веществ листьев тополя бальзамического оказали наибольшее положительное влияние на продуктивность пшеницы. Максимальный эффект отмечался на варианте с концентрацией 0,5 г/л, прибавка урожайности составила 24,8%. При увеличении дозы в 10 раз изучаемые эмульсии ингибировали рост яровой пшеницы. Различие в действии экстрактов тополя бальзамического на урожайность яровой пшеницы связано с их химическим составом. В изучаемых эмульсиях содержатся вещества, относящиеся к разным классам соединений, которые оказали предположительно суммарное влияние на прорастание семян.

Заключение

Таким образом, экстракты, полученные из листьев и почек тополя бальзамического *Populus balsamifera* (водорастворимых веществ листьев, эфирного масла почек и спиртового экстракта почек), произрастающего в условиях Красноярского края, являются регуляторами роста. В условиях проведенного эксперимента они оказали влияние как на начальный рост (полевую всхожесть), так и на биологическую урожайность яровой мягкой пшеницы сорта Омская 36. При этом наибольшее положительное влияние на продуктивность пшеницы в полевых условиях оказала только эмульсия на основе водорастворимых веществ листьев тополя бальзамического с концентрацией 0,5 г/л. Увеличение концентрации препарата в 10 раз ингибировало рост растений, что согласуется с общепринятой теорией применения регуляторов роста. Углеводы, аминокислоты и минеральные компоненты, содержащиеся в экстракте, оказали предположительно суммарное влияние на прорастание семян и проявили регуляторную активность. Результаты исследования дают основания для продолжения и углубления изучения препаратов, полученных из листьев и почек тополя бальзамического, в качестве веществ, регулирующих рост сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Поляков В.В. Масло тополя бальзамического (*Populus balsamifera*) и производные мирицетина, обладающие биологической активностью: автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Караганда, 1999. 55 с.
2. Wollenweber E., Asarawa U., Scnillo D. A natural caffeic acid derivatives and other constituents of *Populus* buds excretion and propolis (bee-glue) // Z. Naturforschung. 1987. Vol. 42. N9/10. Pp. 1030–1034.
3. Scaysbrook T., Greenway W., Whatley F.R. Relation of antimicrobial compounds present in poplar bud exudates to disease resistance by poplars // Z. Naturforsch. 1992. Vol. 47. Pp. 197–200.
4. Ионова В.А., Батырханов Е.Е., Имашева Н.М., Щепетова Е.В. Фитохимическое исследование растительных экстрактов из почек и листьев *Populus nigral* // Естественные науки. 2013. №1 (42). С. 99–104.
5. Ложкина Г.А., Литовка Ю.А., Рязанова Т.В. Биологическая активность экстрактов и эфирных масел почек тополя бальзамического Красноярского края // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 67–72.
6. Исаева Е.В., Рейсер Г.А., Бурдейная Т.М. К вопросу о комплексном использовании вегетативной части тополя // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50, вып. 6. С. 53–56.
7. Патент № 2322501 (РФ). Способ комплексной переработки вегетативной части тополя бальзамического / Г.А. Ложкина, Е.В. Исаева / 2008.
8. Ложкина Г.А., Исаева Е.В., Рязанова Т.В. Влияние различных факторов на процесс экстракции почек тополя бальзамического // Химия растительного сырья. 2007. №2. С. 51–54.
9. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 320 с.
10. Рязанова Т.В., Чупрова Н.А., Исаева Е.В. Химия древесины: в 2-х ч. Красноярск, 2011. Ч. 1. 159 с.; Ч. 2. 229 с.
11. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М., 1985. 255 с.
12. Отто М. Современные методы аналитической химии: в 2-х т. М., 2003. Т. 1. 416 с.; Т. 2. 288 с.
13. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.Н. Основы научных исследований: в 3 ч. Красноярск, 2004. Ч. 3. 360 с.
14. Галимова В.И. Динамика белков в тканях сосны обыкновенной, лиственницы Сукачева и тополя бальзамического // Сезонные структурно-метаболические ритмы и адаптация древесных растений. Уфа, 1977. С. 64–75.
15. Исаева Е.В., Ложкина Г.А., Рязанова Т.В., Вялков А.И., Домрачев Д.В., Ткачев А.В. Хромато-масс-спектрометрическое исследование летучих компонентов вегетативной части тополя бальзамического // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 63–66.
16. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями № 1, 2, с Поправкой). М., 2011. 30 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2011. 352 с.
18. Ложкина Г.А., Исаева Е.В., Рязанова Т.В. Исследование спиртового экстракта почек тополя бальзамического // Химия растительного сырья. 2009. №1. С. 83–87.

19. Шепелева О.В., Исаева Е.В. Аминокислотный состав белков листьев тополя бальзамического // Лесной и химо-лесной комплексы – проблемы и решения. Красноярск, 2014. С. 191–194.
20. Петухова Н.И., Ландер О.В., Щербакова Д.В., Зорин В.В. Стимулирование роста и антистрессовой устойчивости растений с помощью производных полиненасыщенных липидов гриба *Mortierella alpina* ГР-1 // Башкирский химический журнал. 2013. Т. 20. №1. С. 75–78.
21. Озерецковская О.Л., Роменская И.Г. Олигосахарины как регуляторные молекулы растений // Физиология растений. 1996. №5. С. 743–752.
22. Лищенковский М.Ю., Федулов Ю.П., Подушин Ю.В. Влияние экзогенных аминокислот на начальные этапы роста растений озимой пшеницы // Анапа-2016. Анапа, 2016. С. 96–98.
23. Власюк И.А. Значение микроэлементов для стартово-пусковых механизмов прорастания семян // Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. М., 1974. С. 41–47.

Поступило в редакцию 22 января 2017 г.

После переработки 1 октября 2017 г.

Kalyuta E.V.^{1}, Maltsev M.I.¹, Shepeleva O.V.², Isayeva E.V.²* EXTRACTS OF POPLARS BALSAMIC AS GROWTH REGULATORS OF SPRING WHEAT

¹ *Altai State Agricultural University, pr. Krasnoarmeyskiy, 98, Barnaul, 656049 (Russia), e-mail: kalyuta75@mail.ru*

² *Siberian state technological University, pr. Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049 (Russia)*

The influence of different extracts obtained from leaves and buds of the poplars balsamic *Populus balsamifera* (water-soluble substances of the leaves, essential oil kidney and alcoholic extract of the kidneys), growing in the Krasnoyarsk territory, on the growth and development of spring wheat varieties Omskaya 36 in laboratory and field conditions is studied. Water-soluble substances leaves was isolated by the method of hot water extraction, alcoholic extract – ethyl alcohol under optimum conditions, the essential oil is by steam distillation. The obtained extracts from the vegetative parts of poplar researched generally accepted in chemistry of vegetable raw materials methods. Found that all prepared from extracts of poplar water emulsions affect the germination of seeds in laboratory conditions and on the initial growth (germination), and biological yield of spring wheat varieties Omskaya 36 in the field. The greatest positive impact on the productivity of wheat in the field had only emulsion based water-soluble substances leaves of the poplars balsamic with a concentration of 0,5 g/L. Increasing the drug concentration 10 times inhibited plant growth. Carbohydrates, amino acids and mineral components contained in the extract, presumably had a cumulative effect on seed germination and showed regulatory activity.

Keywords: biomass poplar, extractives, spring wheat, yield.

* Corresponding author.

References

1. Poliakov V.V. *Maslo topolia bal'zamicheskogo (Populus balsamifera) i proizvodnye miritsetina, obladaiushchie biologicheskoi aktivnost'iu: avtoref. dis. ...d-ra khim. nauk.* [Balsamic poplar oil (Populus balsamifera) and myricetin derivatives with biological activity: author's abstract. dis. ... Dr. Chem. sciences]. Karaganda, 1999, 55 p. (in Russ.).
2. Wollenweber E., Asarawa U., Scnillo D. Z. *Naturforschung*, 1987, vol. 42, no. 9/10, pp. 1030–1034.
3. Scaysbrook T., Greenway W., Whatley F.R. Z. *Naturforsch.*, 1992, vol. 47, pp. 197–200.
4. Ionova V.A., Batyrkhanov E.E., Imasheva N.M., Shchepetova E.V. *Estestvennye nauki*, 2013, no. 1 (42), pp. 99–104. (in Russ.).
5. Lozhkina G.A., Litovka Iu.A., Riazanova T.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2008, no. 1, pp. 67–72. (in Russ.).
6. Isaeva E.V., Reiser G.A., Burdeinaia T.M. *Izvestiia VUZov. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia*, 2007, vol. 50, no. 6, pp. 53–56. (in Russ.).
7. Patent 2322501 (RU). 2008. (in Russ.).
8. Lozhkina G.A., Isaeva E.V., Riazanova T.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2007, no. 2, pp. 51–54. (in Russ.).
9. Obolenskaia A.V., El'nitskaia Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tsellulozy.* [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.).
10. Riazanova T.V., Chuprova N.A., Isaeva E.V. *Khimiia drevesiny: v 2-kh ch.* [Wood chemistry: in 2 parts]. Krasnoarsk, 2011, part 1, 159 p.; part 2, 229 p. (in Russ.).
11. Pleshkov B.P. *Praktikum po biokhimiі rastenii.* [Workshop on Plant Biochemistry]. Moscow, 1985, 255 p. (in Russ.).
12. Otto M. *Sovremennye metody analiticheskoi khimii: v 2-kh t.* [Modern methods of analytical chemistry: in 2 volumes]. Moscow, 2003, vol. 1, 416 p.; vol. 2, 288 p. (in Russ.).
13. Ushanova V.M., Lebedeva O.I., Deviatlovskaiia A.N. *Osnovy nauchnykh issledovaniı.* [Fundamentals of Scientific Research]. Krasnoarsk, 2004, part 3, 360 p. (in Russ.).
14. Galimova V.I. *Sezonnye strukturno-metabolicheskie ritmy i adaptatsiia drevesnykh rastenii.* [Seasonal structural and metabolic rhythms and adaptation of woody plants]. Ufa, 1977, pp. 64–75. (in Russ.).
15. Isaeva E.V., Lozhkina G.A., Riazanova T.V., Vialkov A.I., Domrachev D.V., Tkachev A.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2008, no. 1, pp. 63–66. (in Russ.).
16. *GOST 12038-84. Semena sel'skokhoziaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniia vskhozhesti (s Izmeneniami N 1, 2, s Popravkoi).* [GOST 12038-84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination (with Changes N 1, 2, with Amendment)]. Moscow, 2011, 30 p. (in Russ.).
17. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniı).* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 2011, 352 p. (in Russ.).
18. Lozhkina G.A., Isaeva E.V., Riazanova T.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2009, no. 1, pp. 83–87. (in Russ.).
19. Shepeleva O.V., Isaeva E.V. *Lesnoi i khimiko-lesnoi kompleksy – problemy i resheniia.* [Forest and chemical-forest complexes – problems and solutions]. Krasnoarsk, 2014, pp. 191–194. (in Russ.).
20. Petukhova N.I., Lander O.V., Shcherbakova D.V., Zorin V.V. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal*, 2013, vol. 20, no. 1, pp. 75–78. (in Russ.).
21. Ozeretskovskaia O.L., Romenskaia I.G. *Fiziologiia rastenii*, 1996, no. 5, pp. 743–752. (in Russ.).
22. Lishchenovskii M.Iu., Fedulov Iu.P., Podushin Iu.V. *Anapa-2016.* Anapa, 2016, pp. 96–98. (in Russ.).
23. Vlasiuk I.A. *Biologicheskaiia rol' mikroelementov i ikh primenenie v sel'skom khoziaistve i meditsine.* [Biological role of microelements and their application in agriculture and medicine]. Moscow, 1974, pp. 41–47. (in Russ.).

Received January 22, 2017

Revised October 1, 2017

