

В. Т. Бакулин, Т. А. Кукушкина, Г. И. Высочина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090, Россия

E-mail: vysochina_galina@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОРЕ *POPULUS ALBA* L.

Впервые приведены данные о содержании биологически активных веществ (БАВ) в коре тополя белого, произрастающего в поймах рек Западной Сибири на северо-восточной границе его ареала. Показана изменчивость содержания БАВ в зависимости от возраста деревьев и высоты ствола, с которой взят образец коры.

Ключевые слова: тополь белый, кора, флавонолы, катехины, дубильные вещества, протопектины, пектины.

Тополь белый или *Populus alba* L. (*Salicaceae*) занимает обширный ареал. В Западной Сибири северные популяции этого вида расположены в пойме Оби, где он проникает до 58°15' с. ш. О белотопольниках этого региона имеются лишь краткие сведения. Исследования последних лет показали, что тополь белый в Западной Сибири обладает широким спектром хозяйственно-полезных признаков и свойств. Растет быстро, устойчив к сердцевинной гнили и морозобою ствола [1]. Листья и масляные экстракты его почек проявляют хорошо выраженную антимикробную активность и могут быть использованы для получения новых лекарственных препаратов [2; 3].

В народной медицине кора тополя белого применяется при перемежающейся лихорадке, подагре, ревматизме, ишиасе, а в ветеринарии – как антигельминтное средство при аскаридозе [4; 5]. При исследовании химического состава коры обнаружены углеводы, лигнаны, фенолгликозиды, флавоноиды, дубильные вещества [6]. Кора тополя белого из районов Западной Сибири на содержание биологически активных веществ (БАВ) не изучена.

Цель исследования – изучить содержание биологически активных веществ – флавонолов, катехинов, дубильных веществ, протопектинов и пектинов – в коре тополя белого, произрастающего в Западной Сиби-

ри, в зависимости от возраста деревьев и высоты ствола.

Материал и методы

Материал собран в высокополнотных естественных насаждениях, произрастающих в поймах рек Алей, Бобровка и Обь. На выделенных участках леса заложены пробные площади, на каждой из которых было свалено среднее модельное дерево. Спилены древесины вместе с корой произведены с высоты ствола, равной 1,3 м от поверхности почвы, а также с $\frac{1}{2}$ и $\frac{3}{4}$ его высоты [1]. Приводим краткую характеристику модельных деревьев (табл. 1). Нумерация пробных площадей приведена по мере сбора полевого материала, однако в таблице пробные площади размещены с учетом увеличения возраста модельных деревьев.

Флавонолы определяли спектрофотометрическим методом В. В. Беликова и М. С. Шрайбер [7], в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. На кипящей водяной бане экстрагировали 1 г сырья 70 % этанолом с обратным холодильником в течение 30 мин. Фильтровали в мерную колбу на 200 мл. Извлечение повторяли несколько раз. Объединенный экстракт доводили этанолом до метки. В мерную колбу на 25 мл помещали 2 мл извлечения, прибавляли

Таблица 1

Место сбора полевого материала и характеристика модельных деревьев

Место сбора полевого материала	Модельное дерево			
	Номер модельного дерева	Возраст, лет	Диаметр ствола, см	Высота, м
Томская обл., о. Никольский на р. Обь	18	11	7,0	7,5
Новосибирская обл., левый берег Оби напротив о. Таловый	13	19	12,0	14,4
Алтайский край, пойма р. Бобровки	6Б	32	29,0	20,0
Новосибирская обл., г. Новосибирск, пойма р. Иня	6И	35	29,0	22,6
Алтайский край, окр. с. Шипуново, пойма р. Алей	10	40	34,0	22,7
Томская обл., о. Орлов на р. Обь	17	48	20,0	24,0
Томская обл., правый берег р. Обь, напротив с. Кожевниково	19	49	38,5	24,0
Алтайский край, окр. с. Локоть, пойма р. Алей	7	50	36,0	23,8
Новосибирская обл., окр. с. Дубровино, пойма р. Обь	14	56	32,5	28,0
Алтайский край, г. Камень-на-Оби, правый берег р. Обь	22	56	40,0	29,3
Алтайский край, окр. с. Рыбное, пойма р. Обь	4	60	43,5	28,6
Новосибирская обл., окр. с. Кругликово, пойма р. Обь	11	61	32,5	22,8

2 мл 2 % раствора хлористого алюминия и доводили этанолом до метки. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре при длине волны 415 нм. Для сравнения применяли раствор, состоящий из 2 мл извлечения, 1 мл 3 % раствора уксусной кислоты, доводили объем до 25 мл этанолом. Концентрацию флавонолов определяли по графику, построенному по рутину.

Содержание катехинов определяли спектрофотометрическим методом, основанном на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. В две мерные пробирки переносили по 0,8 мл этанольного извлечения, в одну из них прибавляли 4 мл 1 % раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте. Обе пробирки доводили до 5 мл концентрированной соляной кислотой. Вторая пробирка содержала раствор сравнения. Плотность раствора измеряли на спектрофотометре при длине волны 504 нм. Пересчетный коэффициент рассчитывали по катехину [8].

Количественное определение дубильных веществ (танинов) проводили по следующей

методике [9]. Навеску сырья 2 г помещали в колбу и добавляли 250 мл воды очищенной. Экстрагировали при умеренном кипячении в течение 30 мин. Охлаждали, переносили в мерную колбу на 250 мл и доводили водой до метки. В предварительных исследованиях установлено, что указанный режим экстракции обеспечивает достаточно полное извлечение танинов из коры тополя, что согласуется с данными по другим растительным объектам. После экстракции часть извлечения (20 мл) центрифугировали в течение 5 мин при 3 000 об./мин. В мерную колбу на 100 мл переносили 10 мл центрифугата, добавляли 10 мл 2 % водного раствора аммония молибденовокислого. Содержимое колбы доводили до метки водой, оставляли на 15 мин. Интенсивность образовавшейся окраски измеряли на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Расчет танинов производили по стандартному образцу. В качестве стандартного образца использовали ГСО танина.

Пектиновые вещества (протопектины и пектины) определяли карбазольным мето-

дом, основанным на получении специфического фиолетово-розового окрашивания уруновых кислот с карбазолом в сернокислой среде [10]. Плотность раствора определяли на спектрофотометре. График строили по галактуроновой кислоте.

Результаты исследования и обсуждение

Флавонолы, катехины и дубильные вещества, обнаруженные в коре тополя белого, относятся к классу фенольных соединений, широко распространенных в растительном мире. Вероятно, эти вещества выполняют в коре ряд физиологически важных функций: участвуют в образовании лигнина, в защите фотосинтетического и генетического аппарата от вредного воздействия УФ-облучения, действуют как регуляторы в процессах роста и развития, выступают в роли специфических защитных агентов в патогенезе растения и т. д. [11; 12].

Флавонолы – желтые пигменты растений – благодаря высокой биологической активности подвергаются различным биохимическим превращениям и принимают участие в растительных тканях в ряде физиологических процессов. В противоположность флавонолам катехины являются наиболее восстановленными фенольными соединениями, их реактивность еще более высокая. Флавонолы и катехины – это крайние звенья в цепочке фенольных соединений, связанных с окислительно-восстановительными реакциями растений [12].

Количество флавонолов в коре в нижней части ствола у моделей из разных районов колебалось в пределах 0,45–1,85 % (табл. 2). На середине ствола этот показатель резко и устойчиво снижался в несколько раз и по мере продвижения к кроне оставался примерно на том же уровне. Исключением являлось 11-летнее модельное дерево с о. Никольский.

На высоте 1,3 м в коре содержалось 0,28–1,04 % катехинов. На середине ствола эти показатели оказались в 1,7–5,8 раза меньше, чем в нижней его части, и существенно не менялись к $\frac{3}{4}$ высоты. В целом, динамика изменения содержания катехинов и флавонолов по высоте ствола аналогична.

Наличие высоко реактивных веществ в коре тополя белого представляет опреде-

ленный интерес. Вероятно, защищаясь от негативного воздействия больших доз природного УФ-излучения, растения вырабатывают ряд приспособительных механизмов. Одним из них является синтез фенольных соединений, обладающих способностью поглощать коротковолновую часть спектра солнечной радиации. Не исключается вероятность того, что их наличие связано с формированием устойчивости растений к поражению патогенными грибами [12].

У представителей семейства ивовых наибольшая концентрация дубильных веществ сосредоточена в коре [13]. По сообщению Л. И. Поповой [14], в коре тополя белого из Узбекистана содержится от 5 до 9 % дубильных веществ. Аналогичные данные для этого вида приводит Н. В. Павлов (1947) для Южного Казахстана (цит. по [13]). По другим сведениям, танинов у тополя белого только 2,4 % [13]. Роль дубильных веществ в жизни растений окончательно не выяснена. Предполагают, что они являются запасными веществами (накапливаются в подземных частях многих растений), а также препятствуют гниению древесины, обладая бактерицидными и фунгицидными свойствами и выполняя защитную функцию в отношении возбудителей патогенных заболеваний. В районе наших исследований кора тополя белого на высоте ствола 1,3 м содержала в среднем 4,30 % дубильных веществ. Минимальное их количество обнаружено в образце коры модельного дерева из с. Рыбное – 2,57 %, а максимальное – 5,95 % – из с. Дубровино. На $\frac{1}{2}$ высоты ствола среднее значение меньше – 3,39 %, однако у нескольких деревьев отмечено повышение содержания дубильных веществ. В кроне дерева, на высоте $\frac{3}{4}$ ствола, эти показатели динамичны, меняются в пределах от 2,10 до 4,66 %, в некоторых деревьях уменьшаясь, в других – увеличиваясь. Таким образом, в пределах ствола дерева наиболее высокие показатели демонстрировала кора нижней его части, как и в случае флавонолов и катехинов. Следует отметить, что максимальное содержание дубильных веществ обнаружено у образцов из Томской области и северной части Новосибирской области, а минимальное – из более южных районов Алтайского края. Зависимость между возрастом дерева и содержанием флавонолов, катехинов и дубильных веществ не обнаружена.

Таблица 2

Содержание биологически активных веществ в коре тополя белого, %

Номер мод. дерева	Возраст, лет	Высота, м	Содержание БАВ														
			Флавонолы			Катехины			Дубильные вещества			Пектины			Протопектины		
			1,3	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1,3	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1,3	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1,3	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1,3	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
18	11	7,5	0,45	0,50	–	0,31	0,18	–	3,87	3,41	–	нет	нет	–	4,71	10,88	–
13	19	14,4	1,02	–	0,40	0,61	–	0,11	4,43	–	4,27	нет	–	нет	2,81	–	6,03
6Б	32	20,0	1,78	0,44	0,16	1,04	0,18	0,12	5,18	2,84	2,10	нет	нет	нет	1,68	–	5,88
6И	35	22,6	1,00	0,25	0,22	0,49	0,12	0,13	3,86	3,30	3,79	нет	–	–	1,22	6,66	5,67
10	40	22,7	0,93	0,12	0,14	0,36	0,08	0,07	3,86	2,06	2,28	нет	нет	нет	1,33	6,20	5,74
17	48	24,0	1,01	0,26	0,28	0,28	0,10	0,07	3,64	5,32	4,47	нет	0,11	0,17	2,48	6,42	5,12
19	49	24,0	1,24	0,25	0,27	0,29	0,08	0,10	5,16	4,04	4,66	нет	0,09	0,14	1,39	5,80	5,53
7	50	23,8	1,12	0,18	0,10	–	0,07	0,09	3,93	2,98	3,12	нет	0,11	0,16	1,02	5,08	4,69
14	56	28,0	1,85	0,25	0,16	0,48	0,14	0,16	5,95	2,95	3,46	нет	0,08	0,11	0,66	5,07	4,85
22	56	29,3	0,97	0,27	0,25	0,54	0,14	0,11	3,40	3,54	4,21	нет	0,10	0,15	0,63	4,12	4,54
4	60	28,6	0,70	0,25	0,20	0,37	0,11	0,14	2,57	4,16	3,73	нет	0,09	0,13	0,96	5,57	5,92
11	61	22,8	1,67	0,19	0,18	0,36	0,16	0,09	5,73	2,69	3,45	нет	0,10	0,12	2,15	4,24	3,60

Примечание. Высота ствола, с которой взят образец коры: 1,3 – 1,3 м; $\frac{1}{2}$ – середина ствола; $\frac{3}{4}$ – три четверти высоты ствола; «нет» – не обнаружено; «–» – не определялось.

Пектиновые вещества находятся в растительных клетках в двух основных формах – растворимый гидропектин и нерастворимый протопектин, представляющий собою прочное соединение пектина с целлюлозой. При расщеплении протопектина образуется пектин, т. е. протопектин является дополнительным источником получения пектина. В качестве структурных элементов пектиновые вещества выполняют функции связывающих и упрочняющих компонентов, а также регулируют водный обмен на основе своей способности к набуханию и коллоидальной природы. Пектин входит в состав структурных элементов клеточной ткани всех земных растений. Наибольшее количество пектина находится в кожуре, ламелях и сердцевине [15]. Изменение содержания протопектинов в коре тополя белого наблюдалось как в зависимости от возраста дерева, так и по высоте ствола. У исследованных образцов коры по мере продвижения по стволу снизу вверх до его середины происходило резкое увеличение количества протопектинов в 2,0–7,7 раз. Максимальное значение протопектинов (10,88 %) было у молодого дерева в возрасте 7,5 лет. С увеличением возраста их количество снижалось, хотя эта тенденция не ярко выражена. У всех обследованных деревьев пектины в коре на высоте 1,3 м не обнаружены. Встречались они в коре деревьев в возрасте 48–61 лет в середине ствола (0,08–0,11 %) и при этом устойчиво увеличивались по направлению к кроне.

Заключение

В результате исследования коры тополя белого в поймах рек Западной Сибири выявлено содержание в ней биологически активных веществ: флавонолов, катехинов, дубильных веществ, протопектинов и пектинов. Обнаружена тенденция уменьшения флавонолов, катехинов и дубильных веществ по мере продвижения по стволу от нижней его части к середине. По содержанию протопектинов, наоборот, наблюдалось резкое увеличение их в направлении от нижней части ствола к кроне. Прослежена некоторая связь уменьшения содержания протопектинов с повышением возраста дерева.

Список литературы

1. Бакулин В. Т. Интенсивность роста тополя белого в Западной Сибири и возможность использования его в зеленом строительстве и селекции // Науч. ведомости Белорусского гос. ун-та. Серия: Естественные науки. 2011. № 3 (98), вып. 14/1. С. 177–182.
2. Бакулин В. Т., Чиндяева Л. Н., Цыбуля Н. В. Антимикробная активность листьев тополей и ив (*Salicaceae*) в Сибири // Проблемы региональной экологии. 2010. № 6. С. 60–64.
3. Цыбуля Н. В., Якимова Ю. Л., Бакулин В. Т. Антимикробная активность масляных экстрактов почек некоторых видов и форм тополя // Вестн. Иркут. гос. с.-х. акад. 2011. Вып. 44, ч. 4. С. 136–140.
4. Верецагин В. И., Соболевская К. А., Якубова А. И. Полезные растения Западной Сибири. М.; Л., 1959.
5. Золотницкая С. Я. Лекарственные ресурсы флоры Армении. Ереван, 1965. Т. 2.
6. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Raeoniaceae* – *Thymelaeaceae*. Л., 1986.
7. Беликов В. В., Шрайбер М. С. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
8. Кукушкина Т. А., Зыков А. А., Обухова Л. А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: Материалы VII Междунар. съезда. СПб.; Пушкин, 2003. С. 64–69.
9. Хворост О. П., Беликов В. В., Сербин А. Г., Комиссаренко Н. Ф. Сравнительная количественная оценка содержания дубильных веществ у *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. // Растительные ресурсы. 1986. Т. 22, вып. 2. С. 258–262.
10. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П., Перуанский Ю. В., Луковникова Г. А., Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987.
11. Запрометов М. Н. О функциональной роли фенольных соединений в растениях // Физиология растений. 1992. Т. 39, № 6. С. 1197–1207.

12. Запрометов М. Н. Основы биохимии фенольных соединений. М., 1974.

13. Чеврениди С. Х. Дубильные растения Средней Азии. Ташкент, 1965.

14. Попова Л. И. Дубильные растения // Сырьевые ресурсы Узбекистана. Ташкент, 1942. Т. 2, вып. 1. С. 60–67.

15. Овдов Ю. С. Современные представления о пектиновых веществах // Биоорганическая химия. 2009. Т. 35, № 3. С. 293–310.

Материал поступил в редколлегию 25.05.2012

V. T. Bakulin, T. A. Kukushkina, G. I. Vysochina

**THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES
IN *POPULUS ALBA* L. BARK**

For the first time data on the content of biologically active substances (BAS) in a bark of a poplar white growing in flood plains of the rivers of Western Siberia on northeast border of its area. are provided. Variability of the maintenance of BAS depending on age of trees and trunk height from which the bark sample was taken is shown.

Keywords: *Populus alba* L., bark, flavonols, catechins, tanins, protopectins, pectins.