
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 615.322: 547.458: 582.635.1: 599.735.31

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПОЛИСАХАРИДОВ
В КОРЕ *ULMUS LACINIATA* (TRAUTV.) MAYR В АСПЕКТЕ ПИТАНИЯ
CERVUS ELAPHUS XANTHOPYGUS (MILNE-EDWARDS)
НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

© 2025 г. О. Г. Зорикова, А. Ю. Маняхин[®], М. В. Маслов, Т. О. Маркова

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022 Россия

[®]e-mail: tma84@mail.ru

Поступила в редакцию 01.02.2024 г.

После доработки 07.04.2024 г.

Принята к публикации 07.04.2024 г.

Ильм лопастной является стратегическим пищевым ресурсом изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*), особенно в осенний и весенний периоды. В статье приводятся результаты исследования сезонного содержания водорастворимых полисахаридов, извлеченных из коры и луба *Ulmus laciniata*, и их моносахаридный состав. Выявлены два максимума содержания водорастворимых полисахаридов: в период роста побегов (июнь) и несколько меньший в период подготовки к зимнему покою (октябрь). Минимальное содержание отмечается в период начала вегетации (апрель–май). Содержание пектиновых веществ, в отличие от водорастворимых полисахаридов, в течение года изменялось незначительно. Изучаемые группы веществ относят к наиболее биодоступным полисахаридам, обладающим широким спектром физиологической активности. Кроме того, полученные данные могут стать объяснением пищевого поведения изюбря, обитающего в Приморском крае.

Ключевые слова: *Ulmus laciniata*, водорастворимые полисахариды, пектин, сезонная динамика, изюбрь, Дальний Восток России

DOI: 10.31857/S1026347025010113

Большая часть органической материи планеты приходится на углеводы, среди которых полисахариды образуют основную сухую массу растений. Полисахариды – высокомолекулярные углеводы, состоящие из одинаковых или различных моносахаридных остатков, соединенных гликозидной связью. По функциональным свойствам выделяют следующие группы полисахаридов: водорастворимые – высокогидратированы и предохраняют от высыхания клетки и ткани; резервные – служат энергетическим ресурсом; структурные – придают клеткам и тканям организма механическую прочность (Горшкова и др., 2013). Большинство полисахаридов растворимы в воде и практически не растворимы в этиловом спирте. На этом свойстве основан метод выделения полисахаридов (ПС) из растительного сырья водной экстракцией с последующим их осаждением 96%-ным этиловым спиртом.

Сложный комплекс химических соединений, содержащихся в растениях, проявляет широкий спектр физиологической активности, оказывая многогранное действие на организм человека и животных.

Биологическая активность полисахаридов растений зависит от состава, строения и молекулярной массы. Водорастворимые полисахариды (ВРПС) и пектиновые вещества (ПВ) относят к наиболее биодоступным полисахаридам, обладающим гепатопротекторной, антигипоксической и сорбционной активностями. Упомянутые соединения также проявляют иммуномодулирующие, гиполипидемические, противовоспалительные свойства, оказывают противоопухолевое и пробиотическое действие, при этом отмечен очень низкий уровень токсичности либо отсутствие такового (Сычев, 2008; Зуева и др., 2010).

Особое внимание среди этой обширной группы соединений уделяется пектиновым полисахаридам – одной из самых сложных и динамичных по структуре групп биополимеров. Пектиновые вещества являются структурным компонентом внутриклеточного матрикса высших растений, также обнаружены в некоторых водных растениях (*Zostera marina* L.). Обуславливая прочность и растяжимость клеточных стенок, пектиновые вещества определяют устойчивость растения к абиотическим стрессорам, обеспечивают водно-солевой

баланс, характеризуются высокой гелеобразующей способностью, играют важную роль, как запасной энергетический субстрат (Paulsen, Barsett, 2005; Оводов, 2009; Зуева и др., 2010). Накопление растениями полисахаридов в качестве запасных питательных веществ не только обеспечивает собственное существование, но является залогом выживания целого ряда животных в холодный период года.

Благородные олени по всему ареалу поедают кору более 20 видов деревьев, часто нанося значительный ущерб лесному хозяйству. Авторами многих публикаций отмечены факты поедания коры *Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr и *Ulmus japonica* (Rehder) Sarg. двумя видами оленевых (Cervidae) – изюбрем *Cervus elaphus xanthopygus* (Milne-Edwards) и пятнистым оленем *Cervus nippon* Temminck на юге Дальнего Востока России (Капланов, 1948; Михайловский, 1975; Бромлей, Кучеренко, 1983; Данилкин, 1999; Маковкин, 1999; Гапонов, 1991; 2006). Показано, что поедание коры *U. laciniata* преобладает в пищевом поведении *C. elaphus xanthopygus* на территории Приморского края во вневегетационный период. Например, Л.Г. Капланов (1948) отмечал это явление в Сихотэ-Алинском государственном природном биосферном заповеднике, а В.В. Гапонов (1991) – в Чугуевском муниципальном районе.

На протяжении многих лет авторы неоднократно сталкивались с характерным повреждением *U. laciniata* изюбрем в пределах Уссурийского государственного природного заповедника (территория национального парка “Земля леопарда”), что подтверждалось данными фотоловушек, установленных на зимовках животных (рис. 1). Деревья *U. laciniata* с ободранной корой отмечены также в Национальном парке “Удэгейская легенда” в долине реки Большая Уссурка (Красноармейский

район) ($45^{\circ}45'52''$ N, $135^{\circ}28'35''$ E), в верховьях реки Перевозная (Надеждинский район) ($43^{\circ}32'88''$ N; $132^{\circ}05'99''$ E), а также в Шкотовском и Михайловском районах. С 2021 г. проводятся постоянные наблюдения в Уссурийском городском округе (УГО) на территории лесного участка Приморского государственного аграрно-технологического университета в окрестностях с. Каменушка ($43^{\circ}37'23''$ N, $132^{\circ}13'50''$ E) (Belyaev, Maslov, 2022). Важным аспектом изучения характера пищевого поведения *C. elaphus xanthopygus* в Приморском крае является определение динамики накопления метаболитов в коре *U. laciniata*, представляющих пищевую ценность для животных.

Кора древесных растений состоит из внешнего элемента – корки и внутреннего – луба. Корка – покровная ткань, выполняет защитную и газообменную функции; луб, или флоэма, являясь, в частности, проводящей и запасающей тканью, реализует транспортную и запасающую функции, обеспечивая нисходящий транспорт органических веществ из фотосинтезирующих или запасающих тканей растения. Клетки флоэмной паренхимы обеспечивают реакции обмена и накапливают различные соединения: полисахариды, жиры, белки, танины, смолы, кристаллы (Зитте и др., 2007). Фитохимическое изучение *U. laciniata* проводилось в 70–80 годах прошлого века, в основном японскими исследователями. В древесине были обнаружены такие группы веществ, как: сесквитерпеноиды, фенолкарбоновые кислоты, кумарины, липиды, в листьях обнаружены флавоноиды (Растительные ресурсы..., 2008). Данных об изучении полисахаридов *U. laciniata* нами не обнаружено.

Целью настоящей работы является анализ динамики содержания водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ в коре и лубе *U. laciniata* в течение года.

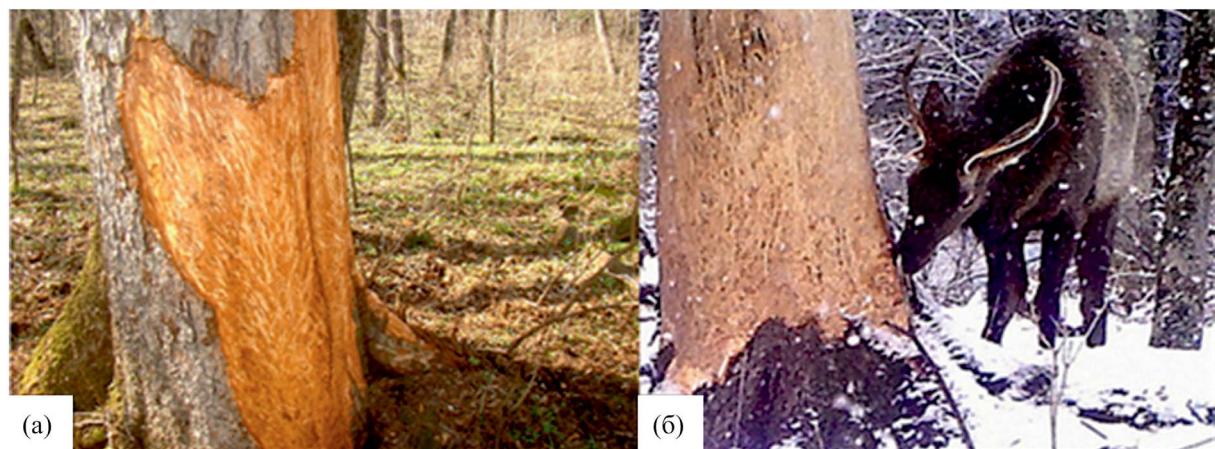


Рис. 1. Питание *Cervus elaphus xanthopygus* корой *Ulmus laciniata*: (а) – повреждение ствола крупного ильма лопастного после снятия коры. Пробная площадь, УГО. 21.IV.2022. Фото М. Маслова; (б) – молодой самец изюбря поедает камбий крупного ильма лопастного. Уссурийский заповедник. 21.III.2021. Фотоловушка Bushnell.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является сырье коры и луба *U. laciniata*, заготовленное в окрестностях села Каменушка Уссурийского района Приморского края (территория национального парка “Земля леопарда” ($43^{\circ}37'49''$ N; $132^{\circ}13'49''$ E)). *U. laciniata* – дальневосточный вид, летнезеленое дерево выше 10 м, прогрессирующий реликт, произрастает в смешанных лесах по склонам гор и предгорьям, в долинных лесах редок. Деревья достигают 25 м высоты и 55 см в диаметре ствола. Доживает до 200–230 лет (Безделев, Безделева, 2006; Усенко, 2009). Образцы растений определены д.б.н. Безделевой Т.А., хранятся в гербарии ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (VLA 93599, VLA 93824).

С целью минимизации повреждения коры объектов, сезонную динамику содержания полисахаридов изучали на объединенных образцах с 5 разных деревьев примерно одного возраста, произрастающих в однотипных биотопах, сходных по составу древесно-кустарниковой растительности. Пробы сырья отбирались авторами исследования во второй декаде каждого месяца в период с мая 2021 года по апрель 2022 года с помощью металлического пробоотборника с регулируемым уровнем глубины среза от 0.5 мм до 2.5 мм на высоте 100–150 см от основания ствола. Вхождение деревьев в фенологические фазы оценивалось по совокупности характерных признаков (Зайцев, 1981). Сушку сырья проводили воздушно–теневым методом с последующим досушиванием до 12% влажности с помощью конвективной электросушки при $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$ (Kitfort KT-1912, Китай). Воздушно–сухое сырье измельчали на лабораторной мельнице VLM-6 (“Вилитек”, Россия) до размера частиц 1–2 мм.

Для отделения спирторастворимых веществ сырье двукратно экстрагировали 70%-ным этиловым спиртом в соотношении 1:10 при комнатной температуре в течение 120 мин (мацерация). После предварительной экстракции полифенольных соединений из воздушно–сухого шрота (воздушно–теневая сушка) получали комплекс водорастворимых полисахаридов (ВРПС). Навеску 5 г воздушно–сухого шрота экстрагировали 100 мл очищенной воды при 80°C в течение 90 минут при постоянном перемешивании. Исчерпывающее извлечение полисахаридов проводили двукратно в соотношении 1:20. Растворительный материал отделяли центрифугированием. Объединенные экстракты упаривали до 1/3 первоначального объема. Полисахариды осаждали трехкратным, по отношению к извлечению, объемом 96%-ного этилового спирта при комнатной температуре. Осадок отфильтровывали, промывали этанолом, ацетоном, затем высушивали и взвешивали. Низкомолекулярные примеси, осаждаемые вместе с ВРПС, удаляются путем очистки последних

методом промывки осадка ВРПС этанолом, ацетоном и фильтрацией. Анализ проводился в 3-кратной аналитической повторности, результаты представлены как среднее значение из 3 повторностей.

Шрот, полученный после извлечения ВРПС, использовали для выделения пектиновых веществ (ПВ). ПВ шрота экстрагировали смесью 0.5% растворов щавелевой кислоты и оксалата аммония (1:1) в соотношении 1:20 при 85°C в течение 120 минут. Исчерпывающее извлечение ПВ проводили двукратно, с последующим центрифугированием и осаждением их 96%-ным этанолом. Полученный осадок обрабатывали вышеуказанным методом (Бубенчикова, Кондратова, 2008).

Определение моносахаридного состава ВРПС проводили в объединенных пробах по фазам вегетативного состояния растения путем кислотного гидролиза фракции 2н серной кислотой в пробирке с обратным холодильником на кипящей водяной бане в течение 6 часов. Моносахариды в гидролизатах определяли методом хроматографии на бумаге в сравнении со стандартными образцами моносахаридов в системе растворителей: н-бутанол–пирдин–вода (6:4:3) и этилацетат–уксусная кислота–муравьиная кислота–вода (18:3:1:4) (Дроздова, 2004). Хроматограммы после высушивания равномерно обрабатывали раствором 0.86 г сульфаниламида и 0.83 г о-фталевой кислоты в 50 мл этанола и высушивали при $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 5 мин. Моносахариды проявлялись в виде пятен красновато-коричневого и лилово-коричневого цвета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сезонное наблюдение за динамикой накопления ВРПС и ПВ выявило изменение содержания метаболитов в коре *U. laciniata*. В накоплении ВРПС (рис. 2) в течение года наблюдается два максимума, летний и осенний, и один минимум, в апреле–мае. Весенний минимум мы объясняем началом роста и развития листьев. Известно, что синтезируемые полисахариды остаются в листе до достижения им размера не менее $\frac{1}{2}$ от полной площади листа (Хелдт, 2011). По мере развития листа отток ВРПС усиливается и до половины синтезируемых углеводов транспортируется к органам, нуждающимся в продуктах фотосинтеза, через флоэму, что подтверждает наблюдаемый максимум ВРПС в коре в июне – 21.15%. Далее по сезону отмечается снижение содержания ВРПС до 16.45% в сентябре, что, вероятно, объясняется замедлением ростовых процессов. В октябре отмечается возрастание ВРПС до 18.3%, что, вероятно, связано с подготовкой растительного организма к фазе зимнего покоя и приобретением морозоустойчивости. В период зимнего покоя количество ВРПС фиксируется в пределах от 16.9% в ноябре до 16.2% в феврале. В весенний

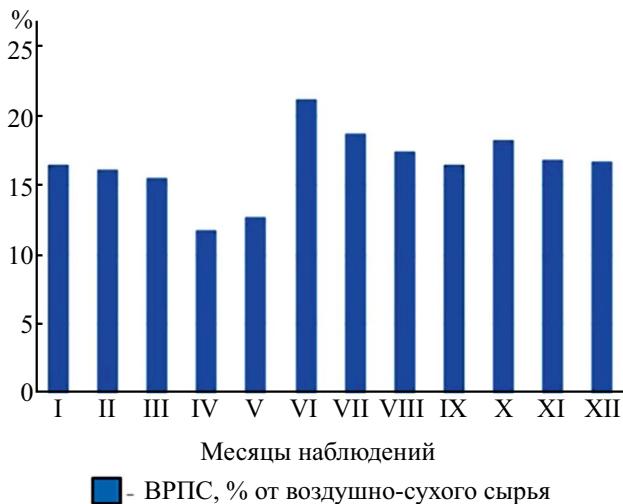


Рис. 2. Накопление водорастворимых полисахаридов в лубе и коре *U. laciniata* в течение года.

период, с началом активной жизнедеятельности: набухания почек, интенсификации дыхания, сокодвижения – наблюдается снижение ВРПС до годового минимума – 11.85% в апреле.

Необходимо отметить, что содержание легкоусвояемых полисахаридов в коре и лубе *U. laciniata* в течение всего сезона достаточно высоко. Тем самым кора и луб потенциально могут являться значимым источником легкоусвояемых полисахаридов в пищевом балансе изюбрея, особенно в зимний период.

Сезонная изменчивость содержания пектиновых веществ (рис. 3) в коре *U. laciniata* также носит колебательный характер, хотя и более сглаженный. Наблюдается один выраженный минимум в начале вегетации (апрель–май), когда содержание ПВ снижается до 12.4%, в период роста и развития побегов (июнь–июль) содержание ПВ увеличивается, достигая максимальных показаний к концу периода скрытого роста – 14.85% (сентябрь).

В фазе подготовки к покоя количества пектинов снижается (13.9%), возможно, за счет повышения в клеточных оболочках фракции липидов, связанных с процессом формирования морозустойчивости (Трунова, 2007; Петров и др., 2011), принимая значения 13.5–13.6% в фазе покоя (ноябрь–февраль). Гидрофильные свойства пектинов в период роста растений, вероятно, играют важную роль в водном обмене. Связанная пектиновыми веществами вода не замерзает и трудно испаряется, поэтому пектинги придают молодым растениям и тканям устойчивость к замерзанию и засухе (Фенгел, 1988). В марте, в период выхода из покоя, содержание ПВ в коре возрастает до 14.5%, возможно, в результате оттока ВРПС к пробуждающимся органам.

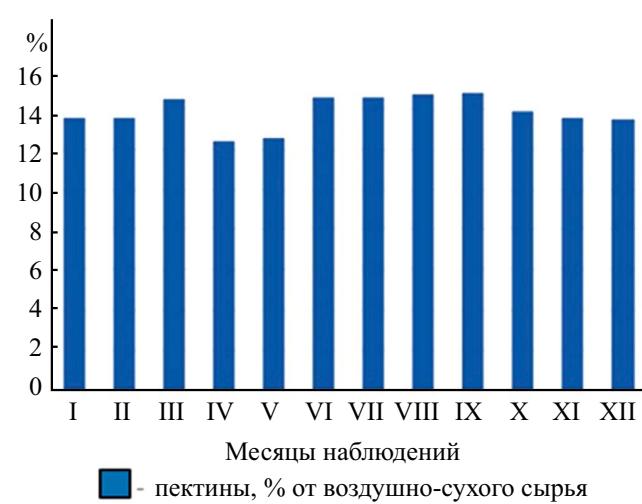


Рис. 3. Накопление пектиновых веществ в лубе и коре *U. laciniata* в течение года.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Известно, что действие низких температур вызывает ряд эффектов на клеточном уровне: повышение вязкости мембран, замедление метаболизма, увеличение концентрации клеточных растворов, что обеспечивается комплексом адаптивных реакций, в которых существенную роль играют неструктурные углеводы (моносахариды и ВРПС) (John *et al.*, 2016; Николаева и др., 2017; Bhandari, 2018; Dong, Beckles, 2019; Chen, Yang, 2020). Можно предположить, что изменения содержания ВРПС и ПВ регулируются физиологическими закономерностями (метаболизма) годового цикла *U. laciniata*. Коэффициент вариации сезонной динамики для ВРПС CV, % = 16.27, для ПВ CV, % = 5.92, что соответствует средней (ВРПС) и очень низкой (ПВ) степеням изменчивости (Мамаев, 1972). Учитывая роль ВРПС как пластических и энергетических элементов в физиологии растений, можно предположить, что среди общего пула полисахаридов растворимые ПС несут функцию “быстрого реагирования”, что отражает более высокий коэффициент вариации.

Исследование фракции моносахаридного состава ВРПС (табл. 1, рис. 4) выявило наличие глюкозы (Glc), фруктозы (Fru), галактозы (Gal), рамнозы (Rha) и ксилозы (Xyl). Данные количественного анализа гидролизатов комплексов ВРПС, определенные денситометрически, представлены в табл. 1.

Анализ показал, что моносахаридный состав ВРПС коры и луба *U. laciniata* по мере прохождения годового физиологического цикла изменяется как количественно, так и качественно. В период роста побегов (VI) во флюэме фиксируется два моносахарида, Fru и Glc, почти в равном соотношении: 52.95% и 47.05% соответственно. В пробах периода

Таблица 1. Содержание моносахаридов, % к комплексу ВРПС

Фаза	Месяц	Моносахара, %				
		Xyl	Rha	Gal	Fru	Glc
Вынужденный покой	I–III	5.53	12.58	1.80	8.75	5.47
Начало вегетации	IV–V	—	4.35	—	9.82	4.05
Рост побегов	VI	—	—	—	15.06	13.38
Период скрытого роста	VII–IX	—	—	—	9.35	5.15
Подготовка к покою	X	4.85	13.78	1.84	9.46	7.66
Глубокий покой	XI–XII	6.1	13.06	1.86	8.18	6.12

скрытого роста (VII–IX) пул моносахаров пополняется рамнозой (Rha), количество которой приближается к трети (31.34%) от общего количества выявленных моносахаров, при этом содержание Fru (44.27%) значительно превосходит Glc (24.38%).

С началом похолодания и переходом к периоду подготовки к покою (X) отмечается снижение количества Glc и Fru до 20.38% и 25.17%, в составе появляются Gal (4.9%) и Xyl (12.9%), уровень Rha возрастает до 36.66% от фракции выявленных моносахаридов. При переходе к периоду глубокого покоя в комплексе ВРПС коры и луба *U. laciniata* наблюдается некоторое увеличение Xyl до 17.27%, Rha до 36.98% и Gal до 5.27%, тогда как доля Glc и Fru продолжает снижаться до 17.33% и 23.16% соответственно. Практически на том же уровне соотношение моносахаров сохраняется в период вынужденного покоя (16.2%, 36.86%, 5.27%, 16.03%, 25.64% соответственно). Таким образом, по мере вхождения растения в период зимнего покоя (X) спектр моносахаров расширяется за счет ксилозы

(Xyl) и галактозы (Gal), при этом, если количество Xyl несколько возрастает к фазам глубокого (XI–XII) и вынужденного покоя (I–III), количество Gal остается практически постоянным.

Можно предполагать, что выявленные моносахара частично являются продуктами гидролиза олигосахаридов, предположительно раффинозы и сахарозы. Для развития морозоустойчивости обязательным условием является накопление в тканях растения достаточного количества растворимых углеводов, как моно-, так и олигосахаров (Ding *et al.*, 2019, Белявская и др., 2020). Известно, что Gal является продуктом гидролиза раффинозы, при этом дисахариды и олигосахариды семейства раффиноз относятся к группе углеводов, участвующих в реакциях акклиматации растений к холоду. При температурах, близких к 0°C, в растительной клетке в больших количествах вырабатываются энерго- и материалоемкие вещества, в частности сахара, что, в свою очередь, является важной составляющей адаптации травоядных животных к холодному сезону (Петров и др., 2011; Wang *et al.*, 2018; Leuendorf *et al.*, 2020; Белявская и др., 2020).

С началом вегетации (IV–V) состав гидролизованной фракции ВРПС значительно изменяется: не выявлены Xyl и Gal; 53.16% от общего количества моносахаров составляет Fru; 22.34% – Glc; Rha обнаружено в количестве 23.87%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно исследованиям роли коры ильма лопастного в питании *C. elaphus xanthopygus*, она является стратегически важным пищевым ресурсом, особенно в осенний и весенний периоды. Исследование содержания и состава водорастворимых полисахаридов коры и луба *U. laciniata*, произрастающего на юге Дальнего Востока России, показало, что наблюдается два максимума накопления ВРПС: в период роста побегов (июнь) и несколько меньший в период подготовки к зимнему покою (октябрь). Минимальное содержание ВРПС отмечается в период начала вегетации (апрель–май). Во фракции

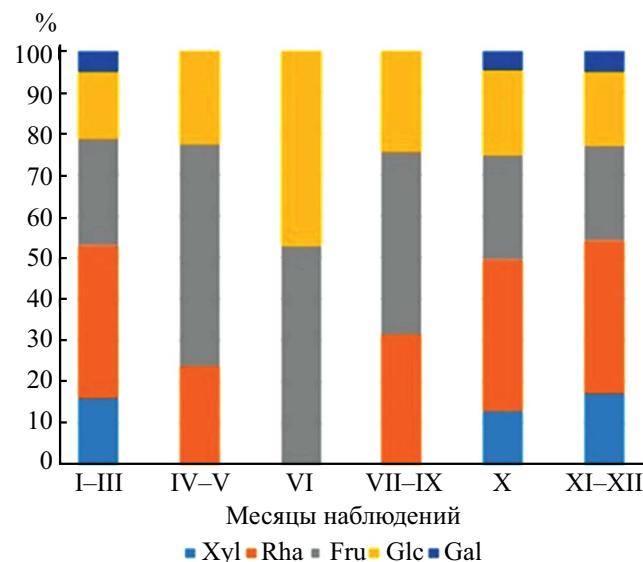


Рис 4. Качественное соотношение отдельных сахаридов в комплексе ВРПС *U. laciniata*, % пула моносахаридного комплекса коры и луба.

ВРПС в течение года фиксируется 5 моносахаров: для периодов, характеризующихся положительными температурами, отмечается ограниченный моносахаридный состав (Fru, Glc, Rha), Xyl и Gal выявлены в периоды с отрицательными температурами. Количество содержание пектинов также изменяется в течение года: фиксируется минимум в период начала вегетации и невыраженный максимум в период скрытого роста. Необходимо отметить, что минимальные и максимальные показатели содержания пектинов близки, что отражает коэффициент вариации, соответствующий очень низкой степени изменчивости. Проведенные исследования динамики накопления и содержания ВРПС и ПВ в коре ильма лопастного могут стать объяснением пищевого поведения изюбря, обитающего в лесах Приморского края.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012200183-8).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИОЭТИКА

Работа не содержит каких-либо экспериментальных исследований с участием человека или животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бездедев А.В., Бездедева Т.А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 296 с.
- Белявская Н.А., Федюк О.М., Золотарева Е.К. Растворимые углеводы и холодовая акклиматизация растений // Вісн. Харк. нац. аграр. унів. Сер. біо. 2020. Вип. 2(50). С. 6–34.
<https://doi.org/10.35550/yb102020.02.006>
- Бромлей Г.Ф., Кучеренко С.П. Копытные юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983. 305 с.
- Бубенчикова В.Н., Кондратова Ю.А. Изучение полисахаридного и минерального состава травы шалфея мутовчатого (*Salvia verticillata* L.) // Хим. раст. сырья. 2008. № 3. С. 185–186.
- Гапонов В. В. Оптимальная численность изюбря в Уссурийских лесах // Лесное хозяйство. 1991. Вып. 5. С. 44–45.
- Гапонов В.В. Научные основы увеличения числа копытных на юге Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 52 с.
- Горшкова Т.А., Козлова Л.В., Микишина П.В. Пространственная структура полисахаридов растительных клеточных стенок и ее функциональная значимость (обзор) / В кн.: Биохимия. ФГУП: Наука, 2013. Т. 78. Вып. 7. С. 1068–1088.
- Данилкин А.А. Олены (*Cervidae*). М.: ГЕОС, 1999. 552 с.
- Дроздова И.Л. Выделение и химическое изучение полисахаридов травы донника рослого (*Melilotus latissimus* Thull.) // Вест. ВГУ. Сер. Хим. Биол. Фарм. 2004. № 1. С. 173–175.
- Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 120 с.
- Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В., Брезински А., Кернер К. Ботаника: Учебник для вузов. В 4 тт. (на основе учебника Э. Страсбургера [и др.]). Т. 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология / Пер. с нем. Н.В. Хмелевской, К.Л. Тарасова, К.П. Глазуновой, А.П. Сухорукова. Под ред. А.К. Тимонина, В.В. Чуба. М.: Академия, 2007. 366 с.
- Зуева Е.П., Лопатина К.А., Разина Т.Г., Гурьев А.М. Полисахариды в онкологии. Томск: Печатная мануфактура, 2010. 108 с.
- Капланов Л.Г. Тигр. Изюбрь. Лось. М.: Московское общество издательства “Натуралисты”, 1948. 125 с.
- Маковкин Л.И. Дикий пятнистый олень Лазовского заповедника и сопредельных территорий. Владивосток: Русский остров, 1999. 133 с.
- Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.
- Михайловский Б.А. Осенне-зимние корма изюбря на Среднем Сихотэ-Алине // Сб. науч. техн. инф. Охота, пушнина, дичь. 1975. Вып. 49–50. С. 71–78.
- Николаева М.К., Маевская С.Н., Воронин П.Ю. Фотосинтетический СО/НО-газообмен и динамика содержания углеводов в листьях кукурузы при засухе // Физиол. раст. 2017. Т. 64. № 4. С. 277–284. <https://doi.org/10.7868/S0015330317030113>
- Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // Биоорг. хим. 2009. Т. 35. № 3. С. 293–310.
- Петров К.А., Софронова В.Е., Бубякина В.В., Перк А.А., Татаринова Т.Д., Пономарев А.Г., Чепалов В.А., Охлопкова Ж.М., Васильева И.В., Максимов Т.Х. Древесные растения Якутии и низкотемпературный стресс // Физиол. раст. 2011. Т. 58. № 6. С. 866–874. <https://doi.org/10.1134/S1021443711060148>
- Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1. Семейства Magnoliaceae – Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae / Отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 421 с.
- Сычев И.А. Механизм повышения резистентности организма животных под действием растительных

- полисахаридов в норме и при патологии: Автoref. дис. док. биол. наук. Рязань: Изд-во Рязанского областного института развития образования, 2008. 35с.
- Трунова Т.И. Растения и низкотемпературный стресс. 64-е Тимирязевское чтение. М.: Наука, 2007. 54 с.
- Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: Справочная книга. Хабаровск: Приамурские ведомости, 2009. 272 с.
- Фенгел Д. Древесина (химия, ультраструктура, реакции) / Пер. с англ. А.В. Оболенской, З.П. Ельницкой. Под ред. А.А. Леоновича. М.: Лесная промышленность, 1988. 512 с.
- Хелдт Г.В. Биохимия растений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 471 с.
- Belyaev D.A., Maslov M.V. Bark of *Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr in the diet of *Cervus elaphus xanthopygus* (Milne—Edwards) // Amur. Zool. J. 2022. V. 14. № 2. P. 345–357.
<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2022-14-2-345-357>
- Bhandari K. Chilling stress: how it affects the plants and its alleviation strategies // Int. J. Pharm. Sci. Res. 2018. V. 9. Iss. 6. P. 2197–2200.
[https://www.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9\(6\).2197-00](https://www.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(6).2197-00)
- Chen Q., Yang G. Signal function studies of ROS, especially RBOH—dependent ROS, in plant growth, development and environmental stress // J. Plant Growth Regul. 2020. V. 39. P. 157–171.
<https://doi.org/10.1007/s00344-019-09971-4>
- Ding Y., Shi Y., Yang S. Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants // New Phytol. 2019. V. 222. №. 4. P. 1690–1704.
<https://doi.org/10.1111/nph.15696>
- Dong S., Beckles D.M. Dynamic changes in the starch-sugar interconversion within plant source and sink tissues promote a better abiotic stress response // J. Plant Physiol. 2019. V. 234. P. 80–93.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.01.007>
- John R., Anjum N.A., Sopory S.K., Akram N.A., Ashraf M. Some key physiological and molecular processes of cold acclimation // Biol. Plant. 2016. V. 60. P. 603–618.
<https://doi.org/10.1007/s10535-016-0648-9>
- Leuendorf J.E., Fran M., Schmülling T.A. Acclimation, priming and memory in the response of *Arabidopsis thaliana* seedlings to cold stress // Sci. Rep. 2020. V. 10. P. 689.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-56797-x>
- Paulsen B.S., Barsett H. Bioactive pectic polysaccharides. Heinze T. (eds). Polysaccharides // I. Adv. Polym. Sci. 2005. V. 186. P. 69–101.
<https://doi.org/10.1007/b136817>
- Wang L., Yao L., Hao X., Li H., Qian W., Yue C., Wang H. Tea plant SWEET transporters: expression profiling, sugar transport, and the involvement of CsSWEET 16 in modifying cold tolerance in *Arabidopsis* // Plant Mol. Biol. 2018. V. 96. P. 577–592.
<https://doi.org/10.1007/s11103-018-0716-y>

Seasonal dynamics of polysaccharides in bark of *Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr in nutritional aspect of *Cervus elaphus xanthopygus* (Milne—edwards) in the south of the Russian Far East (Primorsky Territory)

O. G. Zorikova, A. Yu. Manyakhin[#], M. V. Maslov, T. O. Markova

Federal Research Center for Biodiversity of Terrestrial Biota of East Asia,
 Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 1
⁵⁹, 100th Anniversary of Vladivostok Ave., Vladivostok, 690022 Russia
[#]e-mail: mau84@mail.ru

Ulmus laciniata is a strategic food resource for *Cervus elaphus xanthopygus*, especially in autumn and spring. The article presents the results of a study of the seasonal content of water-soluble polysaccharides, their monosaccharide composition, extracted from the bark and bast of *U. laciniata*. Two maxima in content of water-soluble polysaccharides were revealed: during the shoot growth period (June) and a slightly lower one during the preparation for winter dormancy (October). The minimum content is observed during the beginning of the growing season (April–May). Content of pectin substances, unlike water-soluble polysaccharides, changed slightly during the year. The studied groups of substances are classified as the most bioavailable polysaccharides with extensive physiological activity. In addition, the data obtained may explain the feeding behavior of the *C. elaphus xanthopygus*, which lives in the Primorsky Territory.

Keywords: *Ulmus laciniata*, water-soluble polysaccharides, pectins, seasonal dynamics, *Cervus elaphus xanthopygus*, Far East of Russia