

ОЦЕНКА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SALIX* КАК ИСТОЧНИКА ПРИРОДНЫХ ТАНИНОВ

ASSESSMENT OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *SALEX* AS A SOURCE OF NATURAL TANNINS

В. В. Медушевская^{1,2}, О. И. Родькин^{1,2}

V. V. Medushevskaya^{1,2}, O. I. Rodzkin^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь, mver27@mail.ru

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Растения ивы или представители рода *Salix* широко используются в развитых странах не только в целях ландшафтного дизайна, но и в промышленности, биоэнергетике, медицине и других отраслях. В частности кора растений ивы используется в современной медицине как источник салицилатов, обладающих жаропонижающим и противовоспалительным действием. Кроме того, в коре растений ивы, принадлежащих к различным видам рода *Salix* содержатся и другие соединения которые могут быть использованы в различных отраслях деятельности, например танины имеющие промышленное значение. В представленной работе дана оценка потенциала растений ивы, как источника танинов, а также рассмотрены их характеристика, применение и свойства.

Representatives of the genus *Salix* are widely used in developed countries not only for landscape design purposes, but also in industry, bioenergy, medicine and other industries. In particular, the bark of willow plants is used in modern medicine as a source of salicylates with antipyretic and anti-inflammatory effects. In addition, the bark of willow plants belonging to various species of the genus *Salix* contains other compounds that can be used in various industries, for example tannins of industrial importance. In the presented work, the potential of willow plants as a source of tannins is assessed, and their characteristics, application and properties are considered.

Ключевые слова: ива, кора, древесина, танины, дубильные вещества.

Keywords: willow, bark, wood, tannins.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-122-125>

Танины, или дубильная кислота, – это водорастворимые полифенолы (сложные природные органические соединения), которые содержатся во многих растительных продуктах. С французского название переводится как «дубление кожи», что и определяет одно из главных способностей вещества.

Танины представляют собой порошок желто-коричневого цвета. Это вещество часто находят в растениях, преимущественно в корнях, коре деревьев, листьях, некоторых плодах. Высокие концентрации содержатся в коре [2].

Свойства танинов. Дубильная кислота, или танин, легко растворяется в воде, может соединяться со спиртом и плохо взаимодействует с глицерином. Танины могут разводиться щелочной субстанцией, хлороформом и другими веществами. С соединениями железа они приобретают фиолетовый или пурпурный осадок. При высоких температурах танины обугливаются, выделяя пирокатехины и пирогаллол.

Использование танинов. В природе натуральные танины содержатся в двухдольных растениях. В высокой концентрации они содержатся в отдельных частях какао, каштана, дуба, в плодах хурмы. Исследования показали, что в небольших количествах танины есть в шалфее, зверобое, цветах ромашки, в ежевике. Часто их находят в плаунах, папоротниках, хвоще, мхах. Самое большое количество танинов (до 70 %) содержится в наростах на деревьях. Доказано, что показатель содержания танина в растениях не статичен. В разные сезоны концентрация меняется, разная она и на протяжении светового дня. Весной растения содержит максимальное количество дубильной кислоты, также концентрация утром и вечером больше, чем в полдень.

Танины имеют важное эколого-биологическое значение для растений и являются природной защитой от патогенных микроорганизмов, а также от поедания жвачными животными: благодаря танинам растения становятся для животных невкусными хотя и остаются съедобными.

Известность и практическое значение для производства танины получили благодаря способности связываться с биологическими полимерами: белками, полисахаридами, нуклеиновыми кислотами и др. Также танины могут связывать тяжелые металлы и некоторые биологические токсины (не только высокомолекулярные, но

и с низкомолекулярные: например, алкалоиды). С тяжелыми металлами танины образуют прочные комплексы, с биологическими полимерами и алкалоидами - нерастворимые осадки.

Танины оказывают дубящее действие на шкуры животных и обладают антисептическими свойствами. Как и другие полифенолы, танины легко окисляются, поэтому они обладают антиокислительным (антиоксидантным) действием [2].

Как результат, танины применяются в пищевой промышленности, кожевенной промышленности (дубление кож и меха), использовались для крашения тканей и т.д. Благодаря способности связывать тяжелые металлы и биологические яды танины используются в медицине для детоксикации. Дополнительно танины применяются в медицине для лечения ожогов (вяжущие средства) и в качестве средств против диареи.

Дубильная кислота на основе танинов используется во всем мире в качестве осветлителя в алкогольных напитках и в качестве ароматического ингредиента как в алкогольных, так и в безалкогольных напитках или соках. Дубильные вещества различного ботанического происхождения также находят широкое применение в винодельческой промышленности.

Аналогами танинов, но с гораздо большей молекулярной массой, можно считать гумусовые вещества: гуминовые кислоты, фульвокислоты и т.п. Это еще более конденсированные продукты, чем танины. Гуминовые и фульвокислоты образуются при разложении растений. Они распространены, как в грунте, так и в природных водах и также могут прочно связывать переходные металлы («тяжелые металлы») в комплексы[5].

Рынок танинов. Производство танинов началось в начале 19-го века с промышленной революцией для производства дубильного материала, необходимого для увеличения количества кожи. До этого в процессах использовался растительный материал и они были длительными (до шести месяцев).

В 1950–1960-х годах на рынке растительных танинов произошел коллапс из-за появления синтетических танинов, которые были изобретены в ответ на дефицит растительных танинов во время Второй мировой войны. В то время многие небольшие предприятия по производству танинов были закрыты. По оценкам, растительные дубильные вещества используются для производства 10–20 % мирового производства кожи [2].

Тем не менее интерес к производству и спрос на растительные танины возрастает. Одним из наиболее перспективных направлений их использования является защита от коррозии металлов. Недостатками синтетических преобразователей ржавчины является их недостаточно высокая эффективность и токсичность для окружающей среды. Синтетические растворы после обработки металла необходимо удалять с поверхности иначе вновь быстро появляется ржавчина. Процесс удаления требует использования дополнительных агрессивных к окружающей среде и человеку растворителей, таких как уайт-спирит, диоксид кремния, различные синтетические масла и т.д. Они негативно воздействуют на компоненты окружающей среды, вызывают раздражение кожи, слизистых оболочек, дыхательных путей. Этих недостатков лишены преобразователи ржавчины, производимые из растительных танинов. Стоимость производства конечного продукта (танина) зависит от метода, используемого для извлечения дубильных веществ, и их содержания в растениях. При высоком содержании танинов в растении наиболее экономически эффективным методом является экстракция горячей водой.

Источники растительных танинов. В настоящее время танины растительного происхождения приобретаются за рубежом. Основным источником танинов считается сладкое каштановое дерево *Castanea sativa* которое не встречается в естественных фитоценозах Беларуси. Почти все органы каштана содержат танины, в том числе древесина 8–18 %, кора – 10 %.

Тем не менее, в флоре Беларуси есть собственные древесные виды с большим содержанием танинов перспективные для их производства. Например, ива, дуб, ель. Содержание танинов в коре ивы может достигать 10 и более процентов. Преимущество использования ивы заключается в возможности создания постоянных короткоцикловых плантаций. Такие плантации остаются на одном месте более 20 лет, с периодом уборки 3–4 года. Таким образом, можно получать 7-8 урожаев биомассы ивы с плантации представленной молодыми прутьями с диаметром 5–7 см и высоким содержанием танинов. При этом выход биомассы достигает 15 и более тонн с гектара в расчете на год.

Содержание танинов в коре ивы составляет от 8 до 20 %. Содержание дубильных веществ в ивовой коре изменяется в широких пределах, в зависимости от вида растений рода *Salix*. Ивовая кора от различных видов ивы (козьей (*Salix caprea*), пепельной (*Salix cinerea*), трёхтычинковой (*Salix triandra*), чернеющей (*Salix myrsinifolia*) применяется часто на кожевенных заводах, а для некоторых сортов кожевенного производства даже предпочитается традиционной дубовой коре.

Ива (лат. *Salix*) – род древесных растений семейства Ивовые (*Salicaceae*). С ботанической точки зрения, ивы (*Salix* L. 1753) - это двудомные листопадные фанерофиты с симподиальным типом нарастания побегов. Род представлен самыми разными жизненными формами: деревьями, кустарниками, кустарничками. В роду есть 40-метровые великаны и лилипуты, доросшие лишь до трех сантиметров в высоту. Наряду с листопадными, есть и вечнозеленые растения[1].

Большинство видов ив любят влажность и произрастают в сырых местах, в сухих же местах (на склонах, песках и т. п.) и на болотах растут сравнительно немногие виды. Встречается ива и в лесах, как подмесь к другим деревьям. На территории Республики Беларусь часто встречаются такие виды как: Ива остролистная, Шелюга красная, пепельная, пятитычинковая, корзиночная, белая и многие другие.

История изучения ивы. Ботаническая история ивы начинается с I века. Плиний Старший, автор знаменитой «Естественной истории» в 37 книгах, первым из учёных описал восемь видов ивы. Известный ботаник Карл Линней установил двадцать девять видов ив. Наиболее полно систематику ив изложил русский учёный Алексей Константинович Скворцов в своей книге «Ивы СССР», вышедшей в 1968 г. Им была проведена критическая ревизия всех накопившихся данных. Уточнён видовой состав во флоре СССР. Изучена номенклатура всех таксонов, осуществлена типификация, выбраны приоритетные названия. Уточнены диагностические признаки видов, выделены подвиды, составлены определительные ключи[1].

Биологические и экологические особенности ивы. Условия местопроизрастания ив весьма разнообразны, и это обстоятельство, естественно, налагает своеобразный отпечаток на организм растения. Преобладающее большинство ив – и по видовому составу, и по занимаемой площади – произрастает в поймах рек. Но пойма различна в разных частях. Поэтому и видовой состав ив здесь не везде одинаков.

Экологические требования ив определяют и их морфологические особенности. Листья у одних видов ив густая, курчавая, зелёного цвета, у других более редкая сквозистая, серо-зелёного или серо-белого цвета. Листья очерёдные, черешчатые; листовая пластинка у одних видов широкая, эллиптическая, у других довольно узкая и длинная; край пластинки только у немногих видов цельный, у большинства же мелко или крупно зубчатый. Пластинка бывает или блестящего, ярко-зелёного цвета на обеих поверхностях, или только на верхней; нижняя же поверхность у таких ив от волосков и от сизого налёта бывает серого или голубоватого цвета. Цилиндрический черешок довольно короткий; у основания его находятся два прилистника, большей частью зубчатых, широких, или узких; они сохраняются или только до полного развития листа, или всё лето. Прилистники служат хорошим признаком для различения разных видов ив; один вид, носящий название Ива ушастая (*Salix aurita*) имеет прилистники большие, торчащие в виде ушей. Весьма любопытно то, что прилистники наиболее развиваются на молодой поросли, вырастающей от ствола или от корней.

Стебель ветвистый; ветви тонкие, прутьевидные, гибкие, ломкие, с матовой или блестящей корой, пурпурового, зелёного и других цветов. Почki также различного цвета, тёмно-бурые, красно-жёлтые и т. п.; наружные покровные чешуйки их взаимно срastaются своими краями в цельный колпачок, или чехлик, отделяющийся, при разрастании почек, у своего основания и спадающий тогда целиком. Верхушечная почка на ветвях обыкновенно отмирает, а соседняя к ней боковая даёт наиболее сильный побег и, так сказать, заменяет собою отмершую верхушечную почку.

Цветут некоторые из ив ранней весной до распускания листьев (например, *Salix daphnoides*), другие – в начале лета, одновременно с появлением листьев или даже позже (например, *Salix pentandra*).

Цветки раздельнополые, весьма мелкие и сами по себе мало заметные; только благодаря тому, что они бывают собраны в густые соцветия (серёжки), отыскивать их нетрудно, а у ив, цветущих до распускания листьев, соцветия резко заметны. Серёжки однополые, или только с мужскими, или только с женскими цветками; мужские и женские серёжки появляются на различных особях: ива в полном смысле слова растения двудомные. Строение цветков в общем однотипно: в мужских по две тычинки, в женских по одному пестику, в тех и других имеются нектарники [1].

Плод – коробочка, вскрывающаяся двумя створками. Семя весьма мелкое, покрытое белым пушком, довольно лёгкое, свободно переносимое ветром на далёкие расстояния. На воздухе семена ивы сохраняют свою всхожесть в продолжение только нескольких дней; попав же в воду, на дно водных бассейнов, они сохраняют свою всхожесть в продолжение нескольких лет. В этом причина того, что высохшие каналы, пруды, илистая грязь, вычерпанная при очистке пруда или речки, иногда обильно покрываются в короткое сравнительно время ивовыми всходами. Молодой росток ивы очень слаб и легко заглушается травой, но растёт он очень быстро; древесные же ивы вообще в первые годы своей жизни растут необыкновенно быстро. В природе ивы размножаются семенами, в культуре же, главным образом – черенками и отводками; живая веточка ивы, кол, вбитый в землю, быстро укореняется.

Хозяйственное значение и применение. Корни ивы отличаются обильным развитием и многочисленными разветвлениями и потому особенно пригодны для укрепления рыхлых почв и песков (Шелюга, Ива каспийская). Разведением ивы с успехом пользуются при регулировании горных потоков, закреплении берегов каналов и рек, откосов плотин (ива белая, ива ломкая), обрывов и скатов. В противоэрозионных насаждениях в лесостепных и степных районах (ива белая, ива ломкая, ива прутьевидная), для полезащитных и придорожных лесных полос на более влажных почвах, для задержания передвижения летучих материковых песков[3].

Промышленное значение как источник «ивового корья» имеют и многие другие ивы, в том числе ива трёхтычинковая (*Salix triandra* L.), ива пяти тычинковая (*Salix pentandra* L.), ива ушастая (*Salix aurita* L.), ива росистая (*Salix rorida* LACKSCH.), ива мириколистная (*Salix myrsinifolia* SALISB.) и др.

Кроме танинов кора ивы содержит ряд других ценных соединений, которые могут быть использованы в хозяйственных целях:

Кора ивы белой содержит химический предшественник ацетилсалициловой кислоты – салицин, с которым связан ряд ее свойств: жаропонижающее, обезболивающее, потогонное и препятствующее тромбообразованию. Салициловая кислота была впервые обнаружена именно в иве, отсюда происходит и её название.

Кроме того, в коре ивы содержатся флавоноиды, смолы, витамин С и др.

В листьях некоторых видов содержатся салидрозид, флавоноиды, дубильные вещества. Из флавоноидов преобладают производные лютеолина, обладающие противовирусным действием. В медицинской практике используют листья ивы остролистной (*Salix acutifolia* Willd.) для получения лютеолина-стандарта и лютеолин-7-глюкозида-стандарта¹. Известно, что количественное содержание БАВ (биологически активных веществ) в коре и листьях ивы может меняться в различные фазы вегетации и зависит от условий их произрастания [4].

Быстрорастущие древесные культуры семейства Ивовые (*Salicaceae*) получают большое распространение на плантациях Мира. В Европе и США они используются на энергетические цели, а также находят применение и в качестве строительных материалов, медоносов, мелиорантов, для проведения фитореабилитации загрязненных и нарушенных территорий и т.д. Внедрение энергетических плантаций на основе быстрорастущих древесных культур позволяет снизить нагрузку на окружающую среду, в том числе внести вклад в решение одной из ключевых экологических проблем – борьбе с изменением климата.

Закключение. Таким образом, результаты наших исследований позволяют сделать следующие выводы:

– Природные растительные соединения, несмотря на активное производство синтетических материалов являются перспективным сырьем для различных отраслей экономики, что определяется не только экологическими, но и экономическими и технологическими причинами. В частности природные танины имеют ряд преимуществ при использовании их для производства препаратов для борьбы с ржавчиной;

– Перспективным источником танинов в наших условиях являются растения ивы. Это обуславливается значительным содержанием танинов в биомассе ивы и высокой продуктивностью культуры, прежде всего на короткоцикловых плантациях;

– Представленный в статье обзор экологических и биологических особенностей разных видов ивы доказывают высокую пластичность культуры. Это значит, что биомассу ивы и следовательно танины и другие полезные соединения можно получать в широком ареале, в различных экологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://ru.wikipedia.org>. – Дата доступа: 15.02.2023.
2. Исламбеков, Ш.Ю. Растительные дубильные вещества / Ш.Ю. Исламбеков, С.М. Каримджанов, А.К. Мавлянов // Химия природных соединений. – 1990. – № 3. – С. 293–307.
3. Копица, В. Н. Вредители промышленных энергетических плантаций быстрорастущей ивы в условиях Республики Беларусь / В. Н. Копица, О. И. Родькин, О. А. Шкутник. – Минск, журнал Экологический вестник. – № 7. – 2020.
4. Правдин, Л. Ф. Ива, ее культура и использование / Л. Ф. Правдин. – М.: Москва-Логас. – 1952. – 384 с.
5. Родькин, О. И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О. И. Родькин. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 22 с.

ОБЪЕКТИВНЫЕ И СУБЪЕКТИВНЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЁМАХ OBJECTIVE AND SUBJECTIVE ASPECTS OF WATER QUALITY ESTIMATION IN SURFACE WATER BODIES

Б. В. Адамович¹, Г. Бабаян²
B. V. Adamovich¹, G. Babayan²

¹Белорусский государственный университет, г.Минск, Беларусь,
belqualab@gmail.com
Belarusian State University, Minsk, Belarus

²Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА, Ереван, Армения
Center for Ecological-Noosphere Studies NAS, Yerevan, Armenia
gayane.babayan@cens.am

На примере Нарочанских озер (Беларусь) проведены исследования по оценке качества воды для водоемов Беларуси, учитывающей заинтересованность различных пользователей. Анализ многолетних изменений качества воды, показывает, что в последний 15-летний период качество воды является наиболее приемлемым с точки зрения критериев, обозначенных группой экспертов. Это период может рассматриваться как «эталонный» (reference state). Отмечено, что качество воды более широкое понятие, чем трофический статус, и должно учитывать особенности водопользования в каждом озере и приоритеты развития его экосистемы.

The water quality of the Naroch Lakes (Belarus) is assessed. The assessment is the example, taking into account the interest of various users. An analysis of long-term changes of water quality shows that the last 15-year