

Исследование строения и состава семенной оболочки гледичии и некоторых изменений в ее структуре при набухании

А. А. Балакина¹✉, Е. Э. Нефедьева¹, Ю. С. Ларикова²

¹ Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ E-mail: as.balakina@rambler.ru

Аннотация. Цель – изучить строение и состав семенной кожуры гледичии трехколючковой (*Gleditsia triacanthos* L.) с твердой семенной оболочкой и некоторые изменения в ее структуре при набухании семян. **Методы исследований.** Одной из основных причин твердосемянности является жесткая водонепроницаемая семенная кожура. Строение и состав семенной кожуры были изучены на примере семян гледичии обыкновенной (трехколючковой). На практике перед посевом твердые семена подвергают различным видам обработки (физической или химической), что повышает проницаемость семенной оболочки для воды. Семена обрабатывали ацетоном при условии, что суберин – высокополимерное гидрофобное вещество, входящее в состав оболочки семян с твердым покровом, частично растворяется в применяемом растворе за счет взаимодействия насыщенных и ненасыщенных жирных кислот и жиров – обязательных компонентов суберина. Наличие лигнифицированных элементов, суберина и полисахаридов в семенной оболочке гледичии было подтверждено инфракрасными спектрами поверхности семенной кожуры, а также гистохимическими реакциями. **Результаты.** В семенной коже гледичии было выявлено три основных слоя с разными физико-химическими и механическими свойствами, которые различаются по своим функциям. Клетки эпидермы семенной кожуры гледичии имеют тонкую оболочку с частичной лигнификацией. Гиподерма состоит из клеток, вытянутых параллельно поверхности, клеточная стенка которых пропитана гидрофобным веществом суберином. Паренхима состоит из паренхиматических клеток, рыхло уложенных. **Научная новизна.** Проведенные исследования позволили выяснить особенности отдельных слоев семенной кожуры гледичии, а также проследить изменения в строении семенной кожуры при набухании семени.

Ключевые слова: гледичия трехколючковая, твердосемянность, семенная кожура, строение, предпосевная обработка, проницаемость, набухание семян, ацетон.

Для цитирования: Балакина А. А., Нефедьева Е. Э., Ларикова Ю. С. Исследование строения и состава семенной оболочки гледичии и некоторых изменений в ее структуре при набухании // Аграрный вестник Урала. 2021. № 03 (206). С. 46–52. DOI: ...

Дата поступления статьи: 26.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Серьезные трудности с прорастанием семян – это основная проблема, возникающая при твердосемянности. Этот признак характерен для некоторых видов и даже для некоторых семейств растений. Наиболее широко известно, что семена семейства бобовых имеют непроницаемую твердую оболочку, но и некоторые представители других семейств (*Gramineae*, *Malvaceae*, *Cannaceae*, *Geraniaceae*, *Chenopodiaceae*, *Convallariaceae*, *Convolvulaceae*, *Solanaceae* и другие) также производят такие семена, в том числе и гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos* L.), относящаяся к семейству бобовых (*Fabaceae*), подсемейству цезальпиниевых (*Caesalpinioideae*) [1, с. 159], [5].

Объектом исследования была выбрана гледичия обыкновенная (трехколючковая) – *Gleditsia triacanthos* L.

Это растение родом из средней и восточной части Северной Америки. Гледичия высаживается в парках в качестве декоративного вида, вокруг виноградников, садов и фруктовых рощ в качестве колочей изгороди, вдоль дорог и полей в качестве ветрового барьера, а также как защитные лесные полосы [4, с. 354], [8, с. 165]. В пойменных лесах гледичия встречается как инвазивный вид. Это дерево очень толерантное к промышленным и транспортным выбросам; имеет относительно высокую устойчивость к низкой кислотности почвы (до pH = 5); проявляет исключительную устойчивость к высокой температуре и засухе. Гледичия обладает высокой адаптивностью к различным средам обитания и является агрессивным инвазивным видом.

Gleditsia triacanthos может достигать высоты 20 м. Для этого вида характерны быстрый рост, средняя продолжительность жизни около 120 лет. Листья перисто сложены [2, с. 194]. Листочки 1,5–2,5 см (меньше на двусторчатых листьях) и ярко-зеленые, желтеют осенью. Гледичия распускается относительно поздно весной. Цветы сильно пахнущие, кремовые, в гроздьях, выходящих из основания пазух листьев.

Плод гледичии – это плоский боб (стручок), созревающий ранней осенью [2, с. 195]. Длина стручка обычно находится в пределах 15–20 см. Семена рассеиваются пасущимися травоядными животными, такими как крупный рогатый скот и лошади, которые едят мякоть стручка и выделывают семена в помете.

Гледичия обычно имеет шипы длиной 3–10 см, растущие из ветвей, некоторые достигают длины более 20 см; они могут быть одиночными или разветвленными в несколько точек и обычно образуют плотные скопления [2, с. 195]. Молодые шипы довольно мягкие и зеленые. По мере старения они твердеют и становятся красными, изменяясь до пепельно-серого цвета и приобретая хрупкость к моменту созревания.

Сорта гледичии являются популярными декоративными растениями, где немногие другие деревья могут выжить и процветать. Это растение хорошо переносит городские условия, уплотненную почву, дорожную соль, щелочную почву, жару и засуху. Быстрые темпы роста и терпимость к плохим условиям делают это растение ценным в районах, где тень требуется быстро, таких как новые парки или жилые комплексы, а также в нарушенных и рекультивированных средах. Многие культивируемые сорта не имеют шипов [15, с. 158].

Мякоть на внутренней стороне стручков съедобна и потребляется дикими животными и домашним скотом [8, с. 166].

Длинные стручки, которые высыхают и созревают до коричневого или темно-бордового цвета, окружены жесткой кожистой оболочкой, которая прочно прилипает к мякоти внутри. Мякоть ярко-зеленого окраса в незрелых стручках, в спелых – сильно сладкая, хрустящая и сочная. Темно-коричневые бобы богаты танином.

Несмотря на высокую хозяйственную ценность этого растения, его выращивание затруднено по причине того, что семена имеют твердую оболочку, из-за чего они плохо прорастают [8, с. 167].

Целью данной работы было изучение строения и состава семенной кожуры гледичии и некоторых изменений ее строения при набухании семян.

Одним из пусковых факторов прорастания любого растения является поглощение воды семенами. Это становится возможным за счет увеличения проницаемости семенных оболочек для воды за счет гидратации биополимеров в клетках, в результате чего развивается онкотическое давление и семенные оболочки разрываются [14, с. 310].

Кроме того, раннее прорастание семян может быть стимулировано повышением концентрации кислорода. Влияние кислорода на прорастание семян проявляется в следующем: с одной стороны, кислород необходим для поддержания дыхательных процессов в достаточном объ-

еме, а с другой – для окисления веществ, тормозящих процесс прорастания [9, с. 607].

А. В. Попцов называет твердосемянность особым видом покоя, указывая, что все ростовые процессы, а также поступление воды полностью прекращаются в семенах [7, с. 87]. У представителей семейства бобовых в семенах плотно упакованный слой палисадных клеток, пропитанных водоотталкивающими соединениями, вызывает механическое сопротивление семенной оболочке. Семя становится проницаемым для воды только тогда, когда оболочка каким-то образом разрушается, особенно в области рубчика, который обычно является физически самой слабой частью оболочки семени [11, с. 171].

Был выявлен широкий спектр факторов, которые потенциально могут нарушить состояние покоя семян в естественных условиях, с различными последствиями для динамики банка семян и закономерностей появления всходов. Например, высокие температуры, механическое истирание частицами почвы, разложение семенной оболочки под действием микробов, а также дым или тепловой удар от огня [6, с. 54].

Что касается искусственного воздействия на семена, то известны следующие методы: скарификация, химическое (ацетон, кислоты) [2, с. 195], [3, с. 64] и физическое (импульсное давление [7, с. 116], [10, с. 1165], плазменная обработка с высокочастотным разрядом и ударно-волновая нагрузка [1, с. 161]) воздействие на семена.

Методология и методы исследования (Methods)

В качестве исследовательского материала использовались семена с твердой семенной оболочкой гледичии трехколючковой (*Gleditsia triacanthos*).

Для изучения явления твердосемянности была исследована семенная кожура гледичии с помощью электронного сканирующего микроскопа FEI Versa 3D LoVac. Элементный анализ был проведен с помощью сканирующего электронного микроскопа с энергодисперсионным детектором EDAX Apollo X для микрорентгеноспектрального анализа [1, с. 161]. Кожуру исследовали в нативном состоянии после замачивания в воде в течение 2 суток, а также в результате обработки в ацетоне продолжительностью 30 минут и дальнейшего набухания в воде. Для приготовления поперечных срезов семенной кожуры обработку материала проводили по стандартной анатомической методике.

Для подготовки поперечных срезов семенной кожуры материал обрабатывали по стандартной анатомической методике. Срезы были выполнены вручную лезвием безопасной бритвы. Обнаружение одревесневших (лигнифицированных) элементов в растительных клетках проводили с помощью флороглюциновой реакции, для определения жиров и липидов препараты окрашивали Суданом, а для обнаружения крахмала – раствором Люголя. Для фотографий использовали микроскоп «Микмед-5», цифровую камеру DCM 900 и программу Score Photo 3.0.

В данном исследовании ацетон был использован из-за его воздействия на суберин – высокополимерное гидрофобное вещество, обязательным компонентом которого являются насыщенные и ненасыщенные жирные

кислоты и жиры [7, с. 105]. Суберин входит в состав семенной оболочки с твердым покровом и, вероятно, частично растворяется в растворе ацетоне, что повышает проницаемость оболочки семян для воды.

Результаты (Results)

В результате проведенного исследования были выявлены некоторые закономерности строения семенной кожуры.

Твердая семенная оболочка многих бобовых семян обусловлена частоклообразным эпидермальным слоем толстостенных клеток. Таким образом, структура семенной оболочки представлена кутикулой и палисадным слоем, составляющим наружный покров, за которым следует слой гиподермы и измельченный паренхиматозный слой, образующий внутренний покров.

На электронной микрофотографии (рис. 1) показано, что для семенной оболочки *Gleditsia triacanthos* характерны три основных слоя, различающихся по своей структуре.

Эпидермальний слой гледичии двухрядный, клетки плотно прилегают друг к другу, имеют призматическую

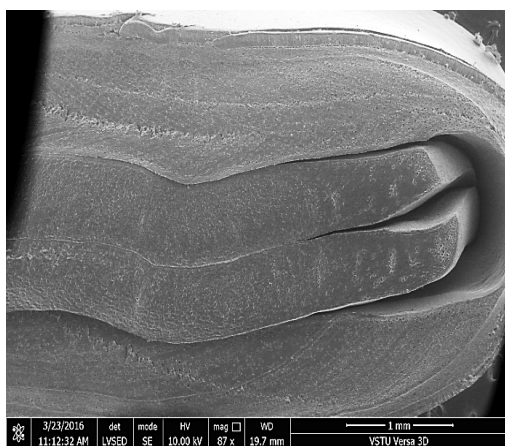
форму, радиально вытянутую. Периклиналильные стенки клеток этого слоя образуют светлую линию.

Поверх эпидермы, на поверхности семени, имеется тонкий, плотный слой кутикулы с восковыми включениями, имеется скульптурный рисунок – неглубокие четкие трещины (рис. 1) размером 1,2–1,9 мкм [14].

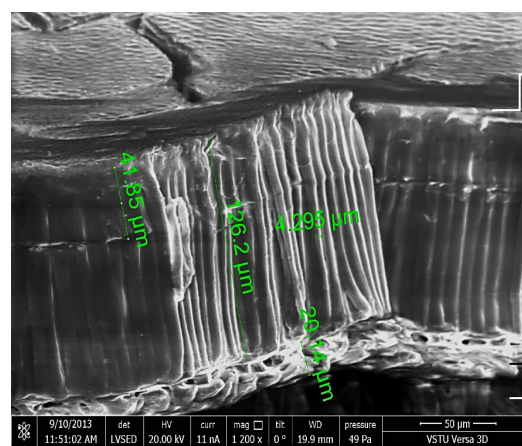
Слой гиподермы многорядный плотно уложенный. Клетки толстостенные, гантелевидной формы, вытянуты параллельно поверхности семенной оболочки, имеются большие межклетники (рис. 1).

Слой паренхимы многорядный, клетки имеют округлую форму, с межклетниками, уложены рыхло (рис. 1). Паренхимный слой наиболее утолщен в дорсальной и вентральной частях, истончаясь в апикальной части семени.

При замачивании семян в ацетоне в течение 2 часов размер трещин на поверхности семени увеличивается (рис. 2). Это происходит в результате частичного растворения в ацетоне воскоподобных веществ в тонком слое кутикулы (воск, суберин).



A



B

Рис. 1. Сканирующая электронная микрофотография семенной оболочки *Gleditsia triacanthos*: А – 87-кратное увеличение; В – 1200-кратное увеличение. Слои семенной оболочки: 1 – эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – паренхима
 Fig. 1. Scanning electron microphotograph of the seed coat of *Gleditsia triacanthos*: А – the 87-fold increase; В – The 1200-fold increase. Layers of the seed coat: 1 – epidermis, 2 – hypoderm, 3 – parenchyma

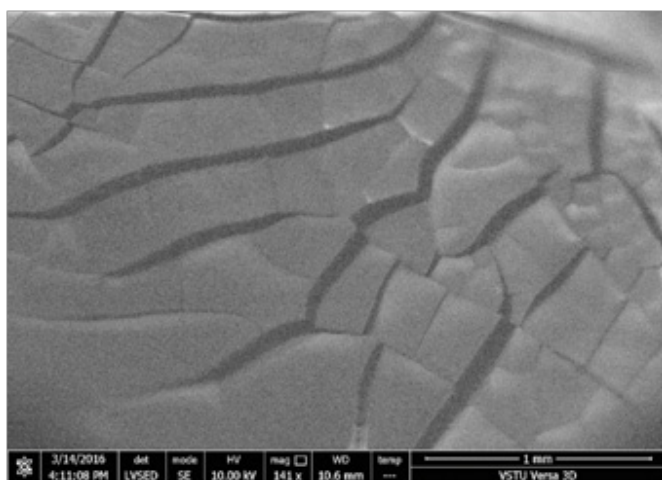


Рис. 2. Препарат с поверхности семенной кожуры гледичии при обработке ацетоном в течение 2 часов, 141-кратное увеличение
 Fig. 2. The drug from the surface of the seed coat of honey-locust when handling acetone for 2 hours, the 141-fold increase

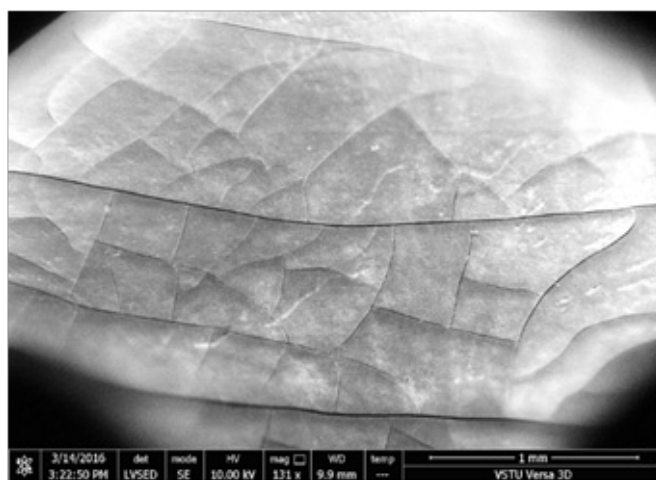
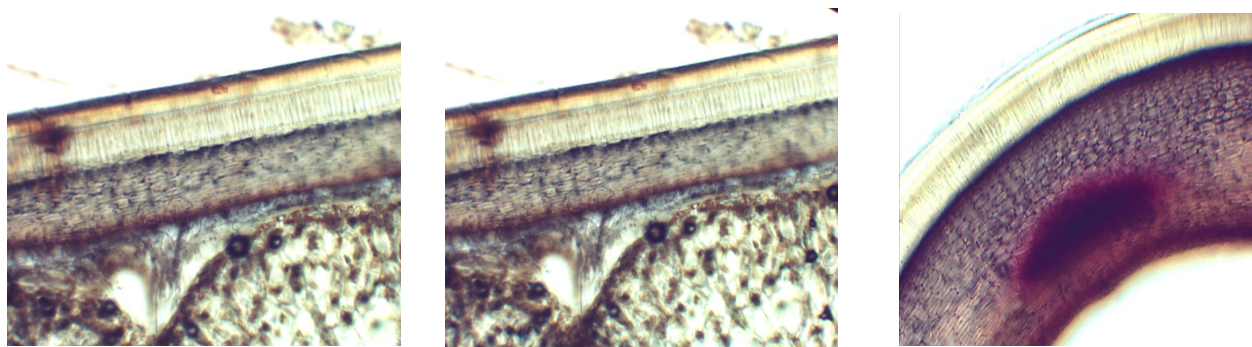


Рис. 3. Внешний вид семенной кожуры гледичии при набухании в течение 2 суток, 131-кратное увеличение
 Fig. 3. The drug from the surface of the seed coat of honey-locust at swelling for 2 days, the 131-fold increase



А

В

С

Рис. 4. Окрашивание семенной кожуры гледичии: А – суданом; В – раствором Люголя; С – флороглюцином
 Fig. 4. Staining of the seed coat of gleditsia: A – by sudan B – by Lugol's solution; C – by phloroglucinol

Трещины на наружном слое (эпидерме) семенной кожуры образуются в результате разломов между столбчатыми клетками. При набухании семени трещины увеличиваются и удлиняются из-за растягивания этих клеток в длину, что в свою очередь позволяет воде проникать в другие слои. На рис. 1 приведено фото семенной кожуры после набухания в течение 1 суток, длина столбчатых клеток составляет 126,2 мкм. На рис. 3 приведено фото семенной кожуры при набухании в течение 2 суток после стратификации, длина столбчатых клеток составляет уже 150,9 мкм, размер трещин на поверхности кожуры – 71–200 мкм (рис. 3).

Для определения состава семени срезы окрашивали красителями и исследовали в световой микроскоп (рис. 4).

При проведении реакции с суданом на срезе семени гледичии гиподерма и часть паренхимы окрасились в оранжево-красноватый цвет. Это свидетельствует о положительной реакции на суберин, который обычно откладывается в виде пластинки, покрывающей внутреннюю часть целлюлозной оболочки пробковых клеток. Так как в зрелом состоянии эти клетки мертвы, они обычно заполнены воздухом и не пропускают воду. Небольшое количество суберина также присутствует и в нижней части клеток эпидермы.

Обработка семян раствором Люголя была проведена для выявления полисахаридов в клетках. Часть клеток, расположенная под эпидермальными столбчатыми клетками, приобрела сине-фиолетовую окраску, что говорит о присутствии крахмала в клетках семени гледичии трехколючковой. Помимо этого, в эндосперме также присутствуют полисахариды, окрасившиеся в коричневатый цвет.

С помощью флороглюцина в семенной коже были выявлены клетки, подверженные лигнификации. Она способствует формированию твердой семенной оболочки, препятствующей проникновению воды и воздуха внутрь семени. Лигнифицированные элементы, окрашенные в темно-малиновый цвет, были обнаружены в гиподерме и паренхиме, которые включает в себя семенная кожура гледичии. Анализ семенной оболочки с помощью ИК-Фурье также подтвердил наличие в ее составе суберина, лигнина и целлюлозы.

В ИК-спектр семенной кожуры гледичии входят интенсивные полосы поглощения в диапазоне с максимумом 3303, 2918, 2860, 1640, 1606, 1420, 1368, 1246, 1010 см^{-1} , а также полосы средней и слабой интенсивности: 740, 1706, 1515, 1460, 1160, 960, 896 см^{-1} . Анализируя полученные данные и сравнивая их с известными результатами ИК спектральных исследований древесины, можно сделать вывод, что основу кожуры гледичии составляют целлюлоза и лигнин.

Между тем в спектре присутствует широкая полоса поглощения валентных колебаний О–Н-связей ассоциированных гидроксильных групп с максимумом 3303 см^{-1} . Полосы поглощения – 2918, 2860, 1420, 1368, 896 см^{-1} – соответствуют валентным и деформационным колебаниям С–Н-связей в метильных, метиленовых и метиновых группах целлюлозы. Сильное поглощение в области 1000–1050 см^{-1} (максимум 1010 см^{-1}) и 1160 см^{-1} связано с высокой концентрацией эфирных и спиртовых фрагментов (поглощение С–О-связей) в структуре исследуемых образцов.

Наличие лигнина в составе кожуры гледичии подтверждается присутствием в спектре характерных полос поглощения фенилпропановых фрагментов, составляющих основу структуры лигнина. К ним относятся полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям ароматических и этиленовых углерод-углеродных связей (1640–1593 см^{-1}), скелетным валентным колебаниям бензольных колец (1495–1515 см^{-1}), деформационным колебаниям С–Н-связей в CH_2 - и CH_3 -группах (1460–1470 см^{-1}).

Поглощение малой интенсивности в диапазоне 1740 и 1706 см^{-1} , соответствующих валентным колебаниям карбонильных групп, может свидетельствовать о присутствии в составе целлюлозы небольших количеств суберина, гемилцеллюлоз, а также продуктов окисления целлюлозы и лигнина.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования позволяют предположить функции отдельных слоев семенной кожуры гледичии. Так, клетки эпидермы имеют тонкую оболочку с частичной лигнификацией. Предположительно, лигнин расположен кольцами или спирально вдоль длинных стенок, поэтому при поглощении воды клетки не утолщаются, а удлиняются. За счет удлинения клеток трещины в семенной коже расширяются, что дает возможность воде

проникать в следующие слои семенной кожуры. Однако средний слой – гиподерма – состоит из клеток, пропитанных гидрофобным веществом суберином, что замедляет прохождение воды. Форма ее клеток, вытянутая параллельно поверхности, обеспечивает плотное сцепление между собой. Такая структура, соответственно, механически устойчива к растяжению, и при деструкции в процессе набухания этот слой не подвержен мацерации. Дополнительно механическую прочность семенной кожуре

придают лигнифицированные элементы в паренхиме. Но паренхиматозные клетки в нижнем слое семенной кожуры способны набухать и ослизняться, вследствие чего создается дополнительный контролируемый путь поступления воды в зародыш. ИК-спектр также подтвердил наличие в составе семенной кожуры гледичии лигнина, небольших количеств суберина, гемицеллюлоз, а также продуктов окисления целлюлозы и лигнина.

Библиографический список

1. Булгакова Е. В., Нефедьева Е. Э. Влияние абиотических факторов на прорастание семян гледичии. с твёрдыми покровами // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сб. материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых. В 2 ч. Ч. 1. Иркутск, 2018. С. 159–162.
2. Голованова М. А., Нефедьева Е. Э., Байбакова Е. В., Фридланд С. В., Павлова Т. П., Рощина О. С. Влияние биопрепаратов Аммофос-ф, Гуанибифос-ф, Амидофос-ф на прорастание семян и рост проростков рапса // Вестник Казанского технологического университета. 2016. № 11. С. 194–197.
3. Коношина С. Н., Хилкова Н. Л., Прудникова Е. Г. Роль фенольных соединений древесных растений в формировании биоценоза // Вклад современных молодых ученых в науку будущего: материалы Международной молодежной мультидисциплинарной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2015. С. 62–66.
4. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений: учебник для академического бакалавриата. В 2 т. Т. 1. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт, 2016. 437 с. Серия: Бакалавр. Академический курс.
5. Нефедьева Е. Э., Отрошенко К. В., Байбакова Е. В., Барамыкова Т. П., Фридланд С. В. Действие биопрепаратов Этафос-ф и Гуанибифос-ф на прорастание семян и рост проростков базилика // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Вып. 5. С. 143–146.
6. Павлова Т. А., Лысак В. И., Нефедьева Е. Э., Булгакова Е. В., Шайхиев И. Г. Влияние параметров ударно-волнового нагружения на состояние биополимеров и поглощение воды семенами гречихи // Вестник технологического университета. 2015. № 10. С. 79–84.
7. Попцов А. В. Биология твердосемянности. Москва: Наука, 1976. 136 с.
8. Fernandez R., Ceballos S., Malizia A., Aragón R. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: A review of its invasion // Australian Journal of Botany. 2017. No. 40. Pp. 163–169. DOI: 10.1007/978-3-319-50009-6_67-1.
9. Kim Y., Koh J. H., Ahn Y. J., Oh S., Kim S. H. The Synergic Anti-inflammatory Impact of *Gleditsiasinensis* Lam. and *Lactobacillus brevis* KY21 on Intestinal Epithelial Cells in a DSS-induced Colitis Model // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 2015. No. 35 (5). Pp. 604–610. DOI: 10.5851/kosfa.2015.35.5.604.
10. Moreschi E., Funes G., Zeballos S., Tecco P. Post-burning germination responses of woody invaders in a fire-prone ecosystem // Austral Ecology. 2019. No. 40. Pp. 1163–1173. DOI: 10.1111/aec.12787.
11. Riha M., Bezdek J. Checklist of Slovak seed-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), with the first record of invasive *Megabruchidius dorsalis* (Fahraeus, 1839) // Studies and Reports. Taxonomical Series. 2015. Vol. 11. No. 1. Pp. 167–173.
12. Sabina P. D., Dorin C. Research regarding the influence of the preparing methods on seed germination on *Gleditsia triacanthos* L. // Romanian Biotechnological Letters. 2015. Vol. 20. No. 6. Pp. 11035–11040.
13. Saleh D. O., Kassem I., Melek F. R. Analgesic activity of *Gleditsia triacanthos* methanolic fruit extract and its saponin-containing fraction // Pharmaceutical Biology. 2016. No. 54 (4). Pp. 576–580. DOI: 10.3109/13880209.2015.1064450.
14. Tognetti P., Mazia N., Ibáñez G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes // Annals of botany. 2019. No. 124. Pp. 307–318. DOI: 10.1093/aob/mcz077.
15. Zhang J. P., Tian X. H., Yang Y. X., Liu Q. X., Wang Q., Chen L. P., Li H. L., Zhang W. D. *Gleditsia* species: An ethnomedical, phytochemical and pharmacological review // Journal of Ethnopharmacology. 2016. No. 47. Pp. 155–171. DOI: 10.1016/j.jep.2015.11.044.

Об авторах:

Анастасия Андреевна Балакина¹, аспирант, ORCID 0000-0002-6551-0533, AuthorID 1079361; +7 904 754-82-76, as.balakina@rambler.ru

Елена Эдуардовна Нефедьева¹, доктор биологических наук, профессор, ORCID 0000-0002-4782-3835, AuthorID 110361
Юлия Сергеевна Ларикина², кандидат биологических наук, доцент, ORCID 0000-0002-7692-8433, AuthorID 893426

¹ Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

The research of the structure and content of the seed coat of *Gleditsia* and some changes in its structure during the swelling

A. A. Balakina^{1✉}, E. E. Nefedieva¹, Yu. S. Larikova²

¹ Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

² Russian State Agrarian University – MAA named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

✉ E-mail: as.balakina@rambler.ru

Abstract. The goal is to study the structure and content of the seed coat of *Gleditsia triacanthos* L. with a hard seed coat, and some changes in its structure when this seeds swell. **Research methods.** One of the main reasons for hard-seeding is the hard, waterproof seed skin. In practice, before sowing, solid seeds are subjected to various types of treatments: physical or chemical, which increases the permeability of the seed shell to water. The seeds were treated with acetone, provided that the suberin, which is part of the seed shell with a solid cover, is a highly polymer hydrophobic substance with mandatory component – saturated and unsaturated acidic triglycerides and triglycerides, and partially dissolves in a solution of acetone. The presence of lignified elements, suberin and polysaccharides in the seed coat of honey-locust was confirmed by IR spectra of the surface of the seed coat, as well as histochemical reactions. The structure and composition of the seed coat were studied on the example of seeds of honey-locust. **The results.** In the coat of the seed of honey-locust there are identified three major layers with different physical-chemical and mechanical properties that vary with their functions. The cells of the epidermis of the seed coat of honey-locust have a thin shell with partial lignification. The hypoderm consists of cells impregnated with the hydrophobic substance suberin, whose shape is elongated parallel to the surface and provides a tight coupling between them. The parenchyma is the most powerful layer, consisting of parenchymal cells that are laid loosely. **Scientific novelty.** The research made it possible to find out the functions of individual layers of the *Gleditsia* seed coat, as well as to track changes in the structure of the seed coat when this seed swells.

Keywords: *Gleditsia triacanthos* L., hard-seeding, seed coat, structure, presowing treatment, permeability, seed swelling, acetone.

For citation: Balakina A. A., Nefedieva E. E., Larikova Yu. S. Issledovanie stroeniya i sostava semennoy obolochki gledichii i nekotorykh izmeneniy v ee strukture pri nabukhanii [The research of the structure and content of the seed coat of *Gleditsia* and some changes in its structure during the swelling] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 03 (206). Pp. 46–52. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 26.05.2020.

References

1. Bulgakova E. V., Nefed'yeva E. E. Vliyaniye abioticheskikh faktorov. na prorstaniye semyan gledichii. s tverdymi pokrovami [The influence of abiotic factors on the germination of gledichia seeds with hard covers] // Mekhanizmy us-toychivosti rasteniy i mikroorganizmov k neblagopriyatnym usloviyam sredy: sbornik materialov Godichnogo sobraniya Obshchestva fiziologov rasteniy Rossii: materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem i shkoly molodykh uchenykh. V 2 ch. Ch. 1. Irkutsk, 2018. Pp. 159–162. (In Russian.)
2. Golovanova M. A., Nefed'yeva E. E., Baybakova E. V., Fridland S. V., Pavlova T. P., Roshchina O. S. Vliyaniye biopreparatov Ammofos-f, Guanibifos-f, Amidofos-f na prorstaniye semyan i rost prorstkov rapsa [Effect of biological preparations Ammofos-f, Guanibifos-f, Amidofos-f on seed germination and growth of rapeseed seedlings] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. No. 11. Pp. 194–197. (In Russian.)
3. Konoshina S. N., Khilkova N. L., Prudnikova E. G. Rol' fenol'nykh soyedineniy drevesnykh rasteniy v formirovani biotsenoza [The role of phenolic compounds of woody plants in the formation of biocenosis] // Vklad sovremennykh molodykh uchenykh v nauku budushchego: materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy mul'tidistsiplinarnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rostov-on-Don, 2015. Pp. 62–66. (In Russian.)
4. Kuznetsov V. V., Dmitriyeva G. A. Fiziologiya rasteniy: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata. V 2 t. T. 1 [The plant physiology: textbook for academic bachelor's degree. In 2 volumes. Vol. 1]. 4th edition, revised and enlarged. Moscow: Yurayt, 2016. 437 p. Seriya: Bakalavr. Akademicheskii kurs. (In Russian.)
5. Nefed'yeva E. E., Otroschenko K. V., Baybakova E. V., Baramykova T. P., Fridland S. V. Deystvie biopreparatov Etafos-f i Guanibifos-f na prorstanie semyan i rost prorstkov bazilika [Effect of biopreparations Etafos-f and Guanibifos-f on seeds growth and growth of basil sprouts] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2017. No. 13. Pp. 143–146. (In Russian.)
6. Pavlova V. A., Lysak V. I., Nefed'yeva E. E., Bulgakova E. V., Shaykhiyev I. G. Vliyanie parametrov udarno-volnogo nagruzheniya na sostoyanie biopolimerov i pogloshchenie vody semenami grechikhi [Influence of parameters of shock-wave loading on the state of biopolymers and water absorption by buckwheat seeds] // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2015. No. 10. Pp. 79–84. (In Russian.)

7. Poptsov A. V. *Biologiya tverdosemyannosti*. [Biology of hard-seeding]. Moscow: Nauka, 1976. 136 p. (In Russian.)
8. Fernandez R., Ceballos S., Malizia A., Aragón R. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: A review of its invasion // *Australian Journal of Botany*. 2017. No. 40. Pp. 163–169. DOI: 10.1007/978-3-319-50009-6_67-1.
9. Kim Y., Koh J. H., Ahn Y. J., Oh S., Kim S. H. The Synergic Anti-inflammatory Impact of *Gleditsiasinensis* Lam. and *Lactobacillus brevis* KY21 on Intestinal Epithelial Cells in a DSS-induced Colitis Model // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2015. No. 35 (5). Pp. 604–610. DOI: 10.5851/kosfa.2015.35.5.604.
10. Moreschi E., Funes G., Zeballos S., Tecco P. Post-burning germination responses of woody invaders in a fire-prone ecosystem // *Austral Ecology*. 2019. No. 40. Pp. 1163–1173. DOI: 10.1111/aec.12787.
11. Riha M., Bezdek J. Checklist of Slovak seed-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), with the first record of invasive *Megabruchidius dorsalis* (Fahraeus, 1839) // *Studies and Reports. Taxonomical Series*. 2015. Vol. 11. No. 1. Pp. 167–173.
12. Sabina P. D., Dorin C. Research regarding the influence of the preparing methods on seed germination on *Gleditsia triacanthos* L. // *Romanian Biotechnological Letters*. 2015. Vol. 20. No. 6. Pp. 11035–11040.
13. Saleh D. O., Kassem I., Melek F. R. Analgesic activity of *Gleditsia triacanthos* methanolic fruit extract and its saponin-containing fraction // *Pharmaceutical Biology*. 2016. No. 54 (4). Pp. 576–580. DOI: 10.3109/13880209.2015.1064450.
14. Tognetti P., Mazia N., Ibáñez G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes // *Annals of botany*. 2019. No. 124. Pp. 307–318. DOI: 10.1093/aob/mcz077.
15. Zhang J. P., Tian X. H., Yang Y. X., Liu Q. X., Wang Q., Chen L. P., Li H. L., Zhang W. D. *Gleditsia* species: An ethnomedical, phytochemical and pharmacological review // *Journal of Ethnopharmacology*. 2016. No. 47. Pp. 155–171. DOI: 10.1016/j.jep.2015.11.044.

Authors' information:

Anastasiya A. Balakina¹, postgraduate, ORCID 0000-0002-6551-0533, AuthorID 1079361; +7 904 754-82 76, as.balakina@rambler.ru

Elena E. Nefedieva¹, doctor of biological sciences, professor, ORCID 0000-0002-4782-3835, AuthorID 110361

Yulia S. Larikova², candidate of biological sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-7692-8433, AuthorID 893426

¹ Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

² Russian State Agrarian University – MAA named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia