

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ ОВОДНЕННОСТИ СОЗРЕВАЮЩИХ ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*Hippophae rhamnoides* L.)

© 2025 г. Г. А. Бережная^{1,*}, Г. И. Окунева¹

¹Нижегородский аграрный технический университет
603107 Нижний Новгород, просп. Гагарина, 97, Россия

*E-mail: Berezhnaya-galina@inbox.ru

Изучена динамика изменения степени оводненности плодовой мякоти (гипантии) и семян 2-х сортов (Дуэт, Василиса) и 2-х гибридных форм (Т-50, 8/93) облепихи крушиновидной селекционной разработки В.А. Фефелова в условиях Нижегородской обл. Установлено, что на ранних этапах онтогенеза плода (62-е сут после опыления (ДПО)) уровни влажности каждого из этих органов были соизмеримы и достигали 85–88 и 78–82% соответственно. В процессе созревания плодов динамика этих процессов приобретала различную направленность, которая заключалась в снижении степени гидратации семян на фоне практически неизменной оводненности плодовой мякоти. Различия в скорости изменения влажности тканей этих органов определили уровень их гидратации. К достижению плодами ботанической зрелости (109 ДПО) водообеспеченность гипантия каждого из сортов и форм была максимальной (сорт Дуэт – 88.6, Т-50 – 91.6%, сорт Василиса и форма 8/93 занимали промежуточное положение). К достижению плодами технической зрелости (период с 135 по 144 ДПО) оводненность тканей всех сортов и форм снижалась на 1–2%. В семенах, в отличие от плодовой мякоти, влагообеспеченность тканей снижалась на протяжении всего периода онтогенеза плода. В изменении скорости этого процесса выделялись 3 этапа: первый из них приходился на период с 62 по 87 ДПО, сопровождался формированием тканей семян, твердых семенных покровов и их побурением, второй – на период с 87 до 135 ДПО (фаза ботанической зрелости), характеризовался практически неизменным уровнем оводненности. Третий этап дегидратации наблюдали с 135 по 144 ДПО. В этот период скорость снижения влагообеспеченности тканей семян возрастила в 1.5 раза (с 2.47 до 3.74%/сут). Можно отметить и индивидуальные сортовые особенности количественного содержания воды в тканях семян к 144 ДПО: сорт Дуэт – 28.6, Василиса – 25.6, Т-50 – 22.6%, форма 8/93 превосходила все остальные по этому показателю – 32.5%. Гидратация плодовой мякоти гипантия на протяжении всего периода созревания плодов оставалась практически неизменной и составляла 88.6–91.6%.

Ключевые слова: плоды облепихи крушиновидной, гипантий, семена, оводненность, скорость гидратации и дегидратации.

DOI: 10.31857/S0002188125020082, **EDN:** VBFEZH

ВВЕДЕНИЕ

Водообмен является одним из важнейших процессов жизнедеятельности любого организма. Функции воды многообразны, ее концентрация в тканях растений не постоянна, изменяется на разных этапах их формирования, определяется генетическими факторами, видовыми особенностями и условиями, в которых происходит развитие растения [1].

Несомненный интерес представляет изучение уровня гидратации в плодах с сочными околоплодниками. Механизм высокой степени гидратации тканей плодовой мякоти на фоне физиологического высыхания семян до конца не изучен.

Большинство из имеющихся гипотез связывают процесс обезвоживания семян с накоплением в них питательных веществ и, прежде всего, масла [2–5]. Они не содержат воды, не формируют кристаллы льда, разрушающие клеточные структуры зимующих семян, сохраняют жизнеспособность зародыша при низких зимних температурах, обеспечивают его необходимыми питательными веществами и энергией в форме АТФ, поэтому до 80% растений умеренного пояса запасают в семенах масла [6].

Интерес к изучению водообмена в плодах облепихи крушиновидной определяется и тем, что она занимает особое место как лекарственное, пищевое, противоэрозийное и декоративное

растение [7]. Высокое содержание масла, водо- и жирорастворимых витаминов, каротиноидов и других биологически активных веществ делает ее объектом постоянного изучения на протяжении десятилетий [4, 5, 7].

Цель работы – изучение динамики гидратации тканей плодовой мякоти и семян в процессе созревания плодов облепихи разных сортов и гибридных форм, характеризующихся различной липидозапасающей функцией в каждом из этих органов в различных условиях водообеспеченности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования служили созревающие и зрелые плоды облепихи крушиновидной 2-х сортов (Дуэт, Василиса) и двух гибридных форм – Т-50 и 8/93 (селекционные разработки В.А. Фефелова), полученных от скрещивания женских растений, выращиваемых в условиях Нижегородской обл., и семянца одного мужского растения сорта Катунская-24 (К-24 – р. Карагал, Южный Казахстан). Сеянцы мужских растений опытного образца были выращены из семян после их облучения в 50 тыс. рентген.

Пробы отбирали с 62-х по 144-е сут после опыления (**ДПО**). По изменению окраски плодов было выделено 5 фаз зрелости: 1 – зеленые (62 ДПО), 2 – начало побурения (82 ДПО), 3 – побурение плодов (87 ДПО), 4 – ботаническая зрелость (109 ДПО) и 5 – техническая зрелость (144 ДПО). Плоды разделяли на гипантый и семена, составляли средние пробы из каждой части плода по отдельности, помещали в стеклянные бюксы, предварительно высушенные до постоянной массы, взвешивали с точностью до 4-го знака и высушивали в термостате при 90°C.

Определение средней сырой массы гипантия и семян проводили по формуле: $C_n = A_n/X_n$, где n – число повторностей, равное 3, A_n – масса навески сырого гипантия (семени) для n -й повторности, X_n – число плодов в навеске, C_n – сырая масса гипантия (семени) в одной из повторностей, C – средняя сырая масса гипантия (семени). Сухую массу каждой из частей плода определяли взвешиванием после высушивания по формуле: $D = (D_1 + D_2 + D_3) : 3 = \sum D_n : n$, где D – средняя сухая масса, n – число повторностей. Влажность (**Вл**) устанавливали по формуле: $100\% - (D : C) \times 100\%$ [2, 8].

Полученные экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения особенностей изменения водообмена тканей плодовой мякоти и семян облепихи представлены на рис. 1.

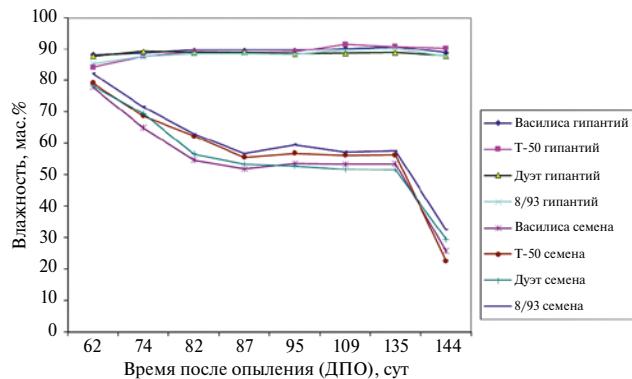


Рис. 1. Динамика изменения оводненности в созревающих плодах облепихи.

Установлено, что на ранних этапах онтогенеза плода (62 ДПО) оводненность этих органов была соизмерима и достигала 88–85% и 78–82% соответственно. По мере созревания плодов, наблюдали снижение уровня влажности семян на фоне практически неизменной оводненности тканей плодовой мякоти, которая незначительно снижалась к периоду побурения плодов (87–95 ДПО) и сопровождалась уменьшением скорости этого процесса. При этом наиболее значительное уменьшение наблюдали у гибрида Т-50 (с 0.3 %/сут до 0.1%/сут); у гибрида 8/93 – с 0.18%/сут до 0.

Процесс гидратации заканчивался к достижению плодами ботанической зрелости у всех сортов и форм, характеризовался разным уровнем оводненности гипантия каждого из них к этому периоду созревания плодов. Наибольший уровень влажности был отмечен у сорта Дуэт (88.6%) и формы Т-50 (91.6%), сорт Василиса и форма 8/93 занимали промежуточное положение с показателями 90.2 и 89.7% соответственно.

На завершающих этапах созревания плодов (период с 135 по 144 ДПО) и достижения технической зрелости содержание воды в плодовой мякоти всех сортов и форм уменьшалось на 1–2%.

В семенах, в отличие от гипантия, процесс созревания сопровождался постоянным снижением оводненности тканей. В ходе этого процесса можно выделить 3 этапа дегидратации, каждый из которых определялся степенью сформированности зародыша семени и его покровов. Первый находился на период с 62 до 87 ДПО, характеризовался снижением влажности с высокой скоростью (с 0.7 до 1.6%/сут) и сопровождался формированием зародыша семян, твердых семенных покровов и их побурением. На втором этапе, с 87 до 135 ДПО (фаза ботанической зрелости), скорость оводненности тканей практически не изменялась. Третий этап дегидратации наблюдали с 135 по 144 ДПО. В этот период скорость снижения влагообеспеченности тканей семян была

максимальной и увеличивалась в 1.5 раза (с 2.47 до 3.74 %/сут). Можно отметить, что изученные сорта и формы имели индивидуальные особенности содержания воды в тканях зрелых семян к 144 ДПО: Т-50 – 22.6, Василиса – 25.6, Дуэт – 28.6%, а форма 8/93 превосходила все остальные, ее оводненность составила 32.5%.

Сравнивая результаты настоящей работы по динамике гидратации гипантия с полученными нами ранее для плодов дикорастущих форм облепихи 4-х климатиков (Балтийского, Среднеазиатского, Кавказского и Сибирского), интродуцированных в Нижегородскую обл. [3], можно видеть, что они сходны. Показано, что ткани околовплодников сочных плодов, в отличие от семян, всегда достигали высокого уровня гидратации (88–90%) на ранних этапах онтогенеза плода [2, 10–12] и сохраняли его до полного созревания плодов на фоне обезвоживания семян до 21–23% [4, 13]. В соответствии с имеющимися данными, оводненность сочных околовплодников зрелых плодов различных растений соизмеримы с гипантием облепихи. Например, влажность плодовой мякоти лимонника, кабачка и смородины составляет 85–91 [10, 11, 14, 15], томата – 94–95 [16], хурмы – 83.2 [17], айвы – 73.3–75.0 [18], клюквы болотной – 84.2–92.0 [19], лимонника китайского – 84–85% [10].

В отличие от сочных околовплодников, обезвоживание семян происходило на протяжении всего периода их созревания. Сравнивая результаты настоящей работы по исследованию процесса дегидратации семян облепихи с полученными нами ранее, можно видеть, что они были соизмеримы, за исключением представителей среднеазиатского климатика, оводненность семян которого не превышала 16% [20]. Зрелые семена облепихи, как и семена других растений, имеют видовые различия по степени оводненности тканей этого органа, которая определяется генотипическими факторами и степенью изоляции семени от околовплодника. Например, в зрелых семенах кабачка концентрация воды достигала 39–49 [11–13], огурца и томата – 43–44 [21], лимонника китайского – 30–37% [10]. В семенах подсолнечника, слабо изолированных от внешней среды, содержание воды было меньше и не превышало 11.4–23.0%, влажность семян мака, относящихся к высыхающим плодам, была еще меньше и составляла 10–12% [12, 13].

Таким образом, степень гидратации семян, окруженных сочными околовплодниками, может снижаться до разного уровня (от 40 до 10%), зависит от степени изоляции семян от внешней среды и контролируется генетически.

ВЫВОДЫ

1. Плоды облепихи крушиновидной изученных сортов и форм различались между собой не только по динамике оводненности тканей гипантия и семян, но и скорости этого процесса.

2. Максимальный уровень гидратации гипантия составлял 88.6–91.6% на ранних этапах онтогенеза плода (62 ДПО) на фоне постоянного снижения влажности семян до 25–33%.

3. Процесс дегидратации семян можно разделить на 3 этапа, зависящих от степени зрелости тканей этого органа. Первый (62 до 87) и второй (87 до 135 ДПО) этапы характеризовались высокой и соизмеримой скоростью обезвоживания (0.7–1.6%/сут), сопровождались формированием тканей семян, их покровов и побурением. Третий этап приходился на период достижения технической зрелости (с 135 по 144 ДПО), характеризовался увеличением скорости обезвоживания в 1.5 раза (с 2.47 до 3.74%/сут).

4. По степени оводненности зрелые семена (144 ДПО) изученных сортов и форм различались между собой: сорт Дуэт – 28.6, Василиса – 25.6, форма Т-50 – 22.6%, форма 8/93 превосходила все остальные (32.5%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жученко А.А. Генетическая природа адаптивного потенциала возделываемых растений // Идентификационный генофонд растений и селекция. СПб.: ВИР, 2005. С. 36–101.
2. Бережная Г.А. Особенности изменения биомассы и степени оводненности в созревающих плодах облепихи // Вопросы физиологии и биохимии культурных растений / Под ред. Елисеева И.П. Н. Новгород: НСХА, 1994. С. 80–87.
3. Бережная Г.А., Калье А.И. Динамика содержания липидов в созревающих плодах облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*), интродуцированной в Нижегородской области // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. Н. Новгород, 2012. № 2(3). С. 113–118.
4. Буглаева Т.Л., Шишкина Е.Е. Изучение взаимосвязи между масличностью, С-витаминностью и содержанием каротиноидов в плодах облепихи // Сибир. вестн. с.-х. наук. Барнаул, 1979. № 3. С. 95–104.
5. Малинкина Е.В., Кислухина О.В., Румянцев В.Ю. Сочные плоды дикорастущих и культурных растений как сырье для получения витаминизированных масел // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: тр. IV Международ. симп. М.: РУДН, 2001. С. 532–534.
6. Сафина Г.Ф. Влияние низких и сверхнизких температур на жизнеспособность семян плодовых

- и ягодных растений // Вестн. ВОГиС. 2008. Т. 12. № 4. С. 541–547.
7. Букиштынов А.Д., Трофимов Т.Т., Ермаков Б.С. Облепиха. М.: Лесн. пром-ть, 1985. 183 с.
 8. Ермаков А.И., Арасимович М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. 456 с.
 9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основой статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 357 с.
 10. Наумова О.А., Бережная Г.А. Динамика оводненности и масличности созревающих плодов лимонника китайского (*Shisandra chinensis* Turcz.) // Масл. культуры. 2018. Вып. 3(175). С. 72–75.
 11. Нечипоренко Г.А., Рыбалова Б.А. Водообмен плодов кабачка при созревании // Физиология растений. 1983. Т. 30. Вып. 2. С. 286–298.
 12. Прокофьев А.А., Холодова В.П. Закономерности изменения содержания воды в созревающих семенах // Физиология растений. 1959. Т. 15. Вып. 6. С. 1022–1138.
 13. Прокофьев А.А., Рыбалова Б.А., Нечипоренко Г.А. Водообмен созревающих сухих и сочных плодов мака масличного и кабачка // Физиология растений. 1983. Т. 30. Вып. 6. С. 1135–1143.
 14. Бережная Г.А., Мухина О.В., Григорьева Н.Н., Скрапедова М.Г. Комплексная оценка хозяйственно ценных показателей и адаптивных возможностей перспективных сортов смородины черной в условиях Нижегородской области // Агрохимия. 2021. № 12. С. 82–87.
 15. Куликов Е.П., Жидехина Т.В. Смородина. Харьков: Фолио; М.: ООО АСТ, 2003. 255 с.
 16. Шишкина Е.В., Одекрова Е.В., Жаркова С.В. Результаты многолетней научно-исследовательской работы по селекции томата в условиях юга Западной Сибири // Вестн. Алтай. гос. ун-та. 2022. № 5(211). С. 27–32.
 17. Пасенков А.К. Итоги сортоизучения восточной хурмы в Никитском ботаническом саду // Итоги сортоизучения восточной хурмы и маслины на Южном берегу Крыма. Харьков, 1970. С. 5–92.
 18. Горин Т.И. Айва. Изд. 2-е испр. и доп. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, журн. и плакатов. 1961. 182 с.
 19. Черкасов А.Ф., Буткус В.Ф., Горбунов А.Б. Клюква. М.: Лесн. пром-ть, 1981. 214 с.
 20. Бережная Г.А., Калье А.И. Динамика изменения степени оводненности семян облепихи 4-х климатиков, интродуцированных в условиях Нижегородской области // Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. заслуж. деятеля наук РФ, д-ра с.-х. наук, проф. В.П. Нарциссова. Н. Новгород, 2007 г., 6–7 июня.
 21. McIlrath W. J., Abrol Y.P. Dehydration of tomato seeds during fruit development // Plant Physiol. 1963. V. 38. P. 54–98.

Changes in Water Content in Ripening Fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)

G. A. Berezhnaya^{a, #}, G. I. Okuneva^a

^aNizhny Novgorod Agrarian Technical University,
prosp. Gagarina 97, Nizhny Novgorod 603107, Russia
[#]E-mail: Berezhnaya-galina@inbox.ru

The dynamics of changes in the degree of hydration of fruit pulp (hypanthia) and seeds of 2 varieties (Duet, Vasilisa) and 2 hybrid forms (T-50, 8/93) of sea buckthorn bred by V.A. Fefelov in the conditions of the Nizhny Novgorod region are studied. It was found that at the early stages of fetal ontogenesis (62nd day after pollination (DAP)), the humidity levels of each of these organs were commensurate and reached 85–88 and 78–82%, respectively. In the process of fruit maturation, the dynamics of these processes acquired a different orientation, which consisted in reducing the degree of seed hydration against the background of practically constant hydration of the fruit pulp. Differences in the rate of change in the moisture content of the tissues of these organs determined the level of their hydration. By the time the botanical maturity fruits of (109 DAP) was reached, the water availability of each of the varieties and forms was maximum (Duet variety – 88.6, T-50 – 91.6%, with Vasilisa variety and form 8/93 values were within these limits). By the time the fruits reached technical maturity (the period from 135 to 144 DAP), the hydration of tissues of all varieties and shapes decreased by 1–2%. In seeds, unlike fruit pulp, the moisture content of tissues decreased throughout the entire period of fetal ontogenesis. There were 3 stages in changing of the speed of this process: the first of them occurred in the period from 62 to 87 DAP, was accompanied by the formation of seed tissues, hard seed coats and their browning, the second – from 87 to 135 DAP (the phase of botanical maturity) – was characterized by an almost unchanged level of hydration. The third stage of dehydration was observed from 135 to 144 DAP. During this period, the rate of decrease in the moisture content of seed tissues increased by 1.5 times (from 2.47 to 3.74%/day). Some individual varietal features of the quantitative water content in the tissues of seeds by 144 DAP were registered: Duet variety – 28.6, Vasilisa – 25.6, T-50 – 22.6%, form 8/93 exceeded all others and reached 32.5%. The hydration of the fruit pulp of hypanthium remained practically unchanged throughout the entire period of fruit ripening and amounted to 88.6–91.6%.

Keywords: sea buckthorn fruits, hypanthium, seeds, hydration, rate of hydration and dehydration.