

ФЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОКРАСКИ ЛИСТЬЕВ ДЕРЕВЬЕВ НА ПРИМЕРЕ Р. QUERCUS L.

PHENOLOGICAL VARIABILITY OF LEAF COLORATION TREES ON THE EXAMPLE OF R. QUERCUS L.

Дегтярева С. И., кандидат биологических наук,
доцент ФГБОУ ВО " Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф Морозова",
Воронеж, Россия

Дорофеева В. Д., кандидат
сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф Морозова», Воронеж, Россия
Раменская А.С., студентка 1 курса
магистратуры по направлению подготовки
«Ландшафтная архитектура», ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф Морозова», Воронеж, Россия

Degtyareva S. I., Candidate of Biological
Sciences, Associate Professor of the Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after
G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Dorofeeva V. D., candidate of Agricultural
Sciences, Associate Professor of the Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
Ramenskaya A. S., 1th year student of the
Faculty of Forestry on "Landscape
Architecture"
of the Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

Аннотация: Целью своей работы мы поставили изучить фенологическую изменчивость окраски листьев на примере р. *Quercus* L. в течение всего периода вегетации в парках и скверах г.Воронежа в 2024 г. Объектами изучения были выбраны местный вид дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) и десять интродуцированных видов. Понимание сезонных изменений (окраска листвы в нашем случае) в процессе фотосинтеза важно для понимания и моделирования продуктивности растений, оценки декоративности древесных растений. Выяснили, что *Quercus robur* L. в осенний период обладает малой декоративностью листвы, в то время как интродуцированные виды дуба имеют ярко-желтую (д. черепитчатый), ярко-красную (д. красный), либо жёлто-красно-бурую окраску листьев (д. шарлаховый, д. болотный, д. скальный).

Abstract: The purpose of our work was to study the phenological variability of leaf coloration using the example of r. *Quercus* L. during the entire growing season in parks and squares of Voronezh in 2024. The objects of study were the metacarp oak (*Quercus robur* L.) and ten introduced species. Understanding seasonal changes (foliage coloration in our case) during photosynthesis is important for understanding and modeling plant productivity and evaluating the decorative value of woody plants. It was found out that *Quercus robur* L. has little decorative foliage in the autumn period, while introduced oak species have bright yellow (d. tiled), bright red (d. red), or yellow-red-brown leaf color (d. sharlakhovy, d. bolotny, d. skalny).

Ключевые слова: Quercus, интродуценты, фенология, окраска листьев, пигменты.

Keywords: Quercus, introducers, phenology, leaf coloration, pigments.

Известный факт в экологии и биологии, что такие характеристики взрослых деревьев, как толщина и текстура коры, повышают устойчивость к нагреванию и пожарам [7]. Эти сведения часто помогают специалистам по планированию и организации противопожарных мероприятий.

Но, мало что известно о характерных для видов особенностях других структур, таких как диаметр почек, длина, масса, содержание влаги и площадь поверхности листьев, увядание листьев и пигменты листьев, которые могут быть также связаны с устойчивостью к нагреванию и выполняют санитарно-гигиенические функции.

Увядание листьев в конце вегетационного периода – это сложный процесс, стимулируемый изменениями продолжительности светового дня и температуры, который подготавливает листовые деревья к зиме, снижая интенсивность фотосинтеза и мобилизуя питательные вещества.

Изменения продолжительности фотосинтетической активности может иметь важные последствия для перемещения тяжёлых металлов при фиторемедиации загрязнённых участков. Показатели газообмена, флуоресценции хлорофилла и пигментов листьев меняются по-разному у древесных растений. Результаты некоторых исследований показали, что на изменения фотосинтетической активности сильно влияют: фотопериод, температура почвы и воздуха, изменения освещённости и температуры воздуха [9]. Также известно, что к концу вегетационного сезона снижается эффективность фотосинтеза и концентрация хлорофиллов а, b и каротиноидов. Но, конкретные показатели варьируют в зависимости от видовой принадлежности и сорта.

Мы, не претендуя на детальную классификацию пигментов и не подвергая их лабораторному экстрагированию, целью своей работы поставили изучить фенологическую изменчивость окраски листьев на примере деревьев р. *Quercus* L. в течение всего периода вегетации в парках и скверах г. Воронежа в 2024 г.

Объектами изучения явились: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), дуб скальный (*Quercus petraea* Liebe.), дуб каштановый (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.), дуб шарлаховый (*Quercus coccinea* Munchh.), дуб болотный (*Quercus palustris* Munchh.), дуб крупноплодный (*Quercus macrocarpa* Michx.), дуб черепитчатый (*Quercus imbricaria* Michx.), дуб понтийский (*Quercus pontica* K.Koch.), дуб каменный ([*Quercus ilex* L.](#)) и дуб красный (*Quercus rubra* L.).

Места проведения наблюдений: дендрарий ФГБОУ ВО ВГЛТУ, площадь 4,2 га (ул. Тимирязева, 8), Кольцовский сквер площадь, 1,9 га (пл. Ленина), парк Победы, примерно 7,1 га (бульвар Победы, 23Д и ул. Генерала Лизюкова, 42В).

Обследование окраски листовой пластинки производилось по методике А.И. Колесникова [4].

Естественным ареалом большинства изучаемых видов р. *Quercus* являются регионы Северного полушария с умеренным, субтропическим и тропическим климатом.

Южной границей распространения считаются тропические высокогорья, по которым, в частности, несколько видов дуба пересекают экватор и незначительно заходят в Южное полушарие (Южная Америка и острова Индонезии) [1].

Морфологические показатели листьев дуба характеризуются высокой генотипической обусловленностью и часто используются в популяционных исследованиях в качестве фенотипических маркеров.

В Европейской части России доминантом в растительном покрове и хозяйственно ценным в лесном хозяйстве является дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). На черноморском побережье Кавказа встречается весьма распространённый, как и в Европе, дуб скальный (*Quercus petraea* Liebm.). На Кавказе можно встретить ещё два вида – дуб крупнопильниковый (*Quercus macranthera* Fisch.), дуб Гартвиса (*Quercus hartwissiana* Steven.).

В Приамурье и на Дальнем Востоке произрастают дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch.), реже дуб зубчатый (*Quercus dentata* Thunb.), последний встречается на юге Приморского края и Южных Курилах и внесён в Красную книгу РФ.

Подавляющая часть обследованных нами дубов являются индуцированными и родиной вышеперечисленных дубов являются Северная Америка либо Средиземноморье [3].

Растительные пигменты – это крупные органические молекулы, поглощающие свет определенной длины волны. В растительных клетках чаще всего встречаются зеленые пигменты – хлорофиллы, красные и синие – антоцианы, желтые – флавоны и флавонолы, желто-оранжевые – каротиноиды и темные – меланины. Каждая из этих групп представлена несколькими отличающимися по химическому строению, и, следовательно, по поглощению света и окраске пигментами [2].

Главным пигментом растений является хлорофилл (от 0,6 % до 1,2 % от массы сухого листа), который является индикатором состояния растений.

Разрушение хлорофилла идет более быстрыми темпами на ярком свете в солнечную погоду. В пасмурную дождливую осень листья дольше сохраняют зеленую окраску, соответственно и окраска деревьев изменяется от наиболее освещаемых мест (верхушка, периферия) до теневых мест середины кроны.

С приближением осени понижается температура, ослабевают жизненные процессы и быстрее всего разрушается хлорофилл. В это время растение переносит все питательные вещества из отмирающих листьев в другие органы — ствол и корни, запасая энергию на долгую зиму [8].

Пигменты, способные придать клетке желтый, желто-оранжевый цвет называются каротиноидами (находятся во внутренних мембранах хлоропластов), флавонами, а также флавонолами. Обычно растения содержат не один, а несколько различных каротиноидов – каротин, ксантофилл и ликопин.

Каротиноиды, наоборот, устойчивы к пониженным температурам и защищают растения от пагубного действия солнечного света, принимая УФ-излучения солнца на себя, трансформируя в энергию и передавая её хлорофиллу.

Известно около 70 жёлтых пигментов, несколько различающихся по химическому строению, также интенсивно поглощающих ультрафиолет. Богаты этими пигментами цветки и листья тропических и высокогорных растений.

Третья группа пигментов – антоцианы, придают растениям окраску в диапазоне от розовой, красной, сиреневой до синей и тёмно-фиолетовой. Чаще всего они растворены в клеточном соке, значительно реже – в клеточных оболочках, иногда встречаются в виде мелких кристаллов бронзового цвета (в этом случае они токсичны для клеток растений). Усиленное образование антоцианов в клетках растений происходит, как правило, при снижении температур окружающей среды, при остановках синтеза хлорофилла, при интенсивном освещении УФ-лучами, при недостатке фосфора, необходимого для ввязывания гидролизированных крахмалом сахаров.

Согласно другой точке зрения, всё дело в почве. Там, где почва беднее, листья более яркие. То есть антоцианы синтезируются в ответ на стресс: избыточный свет, нехватку воды или недостаток минеральных веществ.

Листья немногих видов дубов (чаще всего д. черешчатого и д. монгольского) осенью невыразительно буреют или коричневеют (фото 1. *Quercus mongolica* Fisch.), дендрарий ВГЛТУ), некоторые могут не опадать всю зиму.



Фото 1. *Q. mongolica* Fisch.

В Парке Победы нами были зафиксированы два вида – дуб красный (*Quercus rubra* L., фото 2.) и дуб черешчатый (*Quercus robur* L., фото 3.), обладающие ало-бурой окраской благодаря антоцианам. В то же время как д. черешчатый на данной территории был зелёно-жёлто-бурым (преобладали пигменты хлорофилл и каротиноиды).



Фото 2. *Q. rubra* L.



Фото 3. *Q. robur* L.

В Кольцовском сквере были обнаружены следующие виды: дуб шарлаховый (*Quercus coccinea* Munchh.), дуб болотный (*Quercus palustris* Munchh.), дуб крупноплодный (*Quercus macrocarpa* Michx.), дуб скальный (*Quercus petraea* Liebe.) и дуб черепитчатый (*Quercus imbricaria* Michx.), фото 4-8.



Фото 4. *Q. coccinea* Munchh.



Фото 5. *Q. palustris* Munchh.



Фото 6. *Q. macrocarpa* Michx.

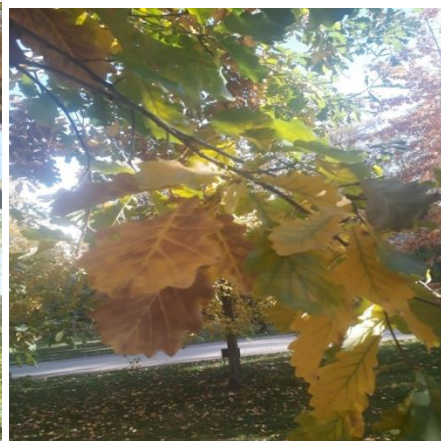


Фото 7. *Q. petraea* Liebe.

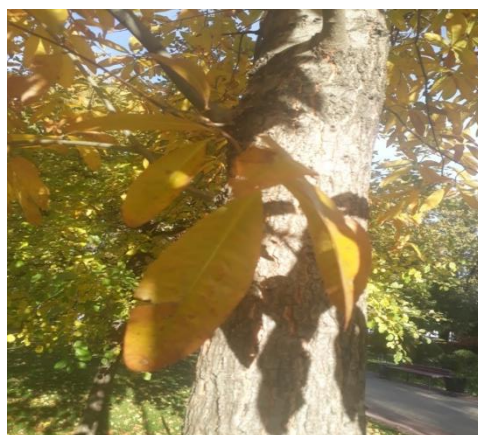


Фото 8. *Q. imbricaria* Michx.

Как видно из сфотографированных снимков листва д. шарлахового (фото 4) имеет в составе листовой пластинки красные антоцианы и желтые каротиноиды; д. болотного (фото 5) имеет листву жёлто-бурого цвета (присутствует большое содержание танинов); д. крупноплодного (фото 6) имеет в своем окрасе пигменты хлорофилла, флавоны и буро окрашенную часть; д. скального (фото 7) окраска аналогична д. крупноплодному, а у д. черепитчатого (фото 8) присутствует в окрасе ровный жёлтый цвет, характерный для каротиноидов.

В этой работе мы использовали знания о пигментах листа и выборочную фотосъёмку, чтобы понять физиологические, структурные и спектральные характеристики листьев аборигенного вида (*Quercus robur* L.) и интродуцированных видов р. *Quercus* L. в течение всего вегетационного периода.

Дуб черешчатый в осенний период обладает малой декоративностью листвы, в то время как интродуцированные виды дуба имеют ярко-жёлтую (д. черепитчатый), ярко-красную (д. красный), либо жёлто-красно-бурую окраску листьев (д. шарлаховый, д. болотный, д. скальный). Подобные выводы подтверждают возможность озеленения городов данными видами дуба, что мы и видим на примере г. Воронежа. Понимание сезонных изменений (окраска листвы в нашем случае) в процессе фотосинтеза важно для понимания и моделирования продуктивности растений, оценки декоративности древесных растений [5].

Чтобы понять сезонные тенденции, необходимо изучить механизмы, лежащие в основе физиологических изменений, но очевидно, что в конце вегетационного сезона интенсивность и скорость фотосинтеза достигают максимума перед ожидаемым резким снижением в начале старения.

Список литературы

1. Бугаев, В.А. Дубравы европейской части России // В.А. Бугаев, А.Л. Мусиевский, В.В. Царалунга. – Лесной вестник. – 2004. – № 2. – С. 7–13.
2. Глазко, В.И. Словарь-справочник по сельскохозяйственной экологии // В.И. Глазко, Д.И. Иванов. – 2006. – 368 с.
3. Дегтярева, С.И. Систематический анализ видов рода *Quercus* L. в дендрологическом гербарии вуза // С.И. Дегтярева, В.Д. Дорофеева, Ю.В. Чекменева. – Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 3 (43). – С. 5-15.
4. Кабашникова, Л.С. Хлорофилл – зеленое вещество жизни // Л.С. Кабашникова. – Наука и инновации. – 2018. – №1 (179). – С. 65-70.
4. Колесников, А. И. Декоративная дендрология // А. И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 704 с.
5. Путенихин, В.П. Фенотипическая изменчивость *Quercus robur* L. в южном Приуралье // В.П. Путенихин, Г.Г. Фарукшина. – Вестник ОГУ. – 2011. – №12 (131). – С. 122-125.
6. Сидельников, В.А. Некоторые особенности акклиматизации дуба красного (*Q. rubra* L.) в пригородном лесничестве г. Воронежа // В.А., Сидельников, М.Е., Сидельникова, С.И. Дегтярева // Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Биоразнообразие и устойчивость естественных и искусственных растительных сообществ». – Воронеж, 2022. – С. 124-128.
7. Adam B. McClure, T. Adam Coates, J. Kevin Hiers, John R. Seiler, Joseph J. O'Brien, Chad M. Hoffman. Estimating heat tolerance of buds in southeastern US trees in fire-prone forests // Fire Ecology, 2022. – V. 8 – P. 2243. DOI: // <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00160-5>
8. Angela C. Burnett, Shawn P. Serbin, Julien Lamour, Jeremiah Anderson, Kenneth J. Davidson, Dedi Yang, Alistair Rogers. Seasonal trends in photosynthesis and leaf traits in scarlet oak

// Tree Physiology, 2021. – V. 41– Issue 8. – P. 1413-1424. DOI: // <https://doi.org/10.1093/treephys/tpab015>.

9. Emily Palm, Werther Guidi Nissim, Daphné Gagnon-Fee, Michel Labrecque. Photosynthetic patterns during autumn in three different Salix cultivars grown on a brownfield site // Photosynthesis Research, 2022 – V. 154. – P. 155-167. DOI: // <https://doi.org/10.1007/s11120-022-00958-z>.

References

1. Bugaev, V.A. Dubravy` evropejskoj chasti Rossii // V.A. Bugaev, A.L. Musievskij, V.V. Czaralunga. – Lesnoj vestnik. – 2004. – № 2. – S. 7–13.

2. Glazko, V.I. Slovar`-spravochnik po sel'skoxozyajstvennoje`kologii // V.I. Glazko, D.I. Ivanov. – 2006. – 368 s.

3. Degtyareva, S.I. Sistematcheskij analiz vidov roda Quercus L. v dendrologicheskom gerbarii vuza // S.I. Degtyareva, V.D. Dorofeeva, Yu.V. Chekmeneva. – Lesotexnicheskij zhurnal. – 2021. – T. 11. – № 3 (43). – S. 5-15.

4. Kabashnikova, L.S. Xlorofill – zelenoe veshhestvo zhizni // L.S. Kabashnikova. – Nauka i innovacii. – 2018. – №1 (179). – S 65-70.

4. Kolesnikov, A. I. Dekorativnaya dendrologiya // A. I. Kolesnikov. – M.: Lesnaya promy`shlennost`, 1974. – 704 s.

5. Putenixin, V.P. Fenotipicheskaya izmenchivost` Quercus robur L. v yuzhnom Priural'e // V.P. Putenixin, G.G. Farukshina. – Vestnik OGU. – 2011. – №12 (131). – S. 122-125.

6. Sidel`nikov, V.A. Nekotory`e osobennosti akklimatizacii duba krasnogo (Q. rubra L.) v prigorodnom lesnichestve g. Voronezha // V.A., Sidel`nikov, M.E., Sidel`nikova, S.I. Degtyareva // Materialy` Vserossijskoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Bioraznoobrazie i ustojchivost` estestvenny`x i iskusstvenny`x rastitel`ny`x soobshhestv». – Voronezh, 2022. – S. 124-128.

7. Adam B. McClure, T. Adam Coates, J. Kevin Hiers, John R. Seiler, Joseph J. O'Brien, Chad M. Hoffman. Estimating heat tolerance of buds in southeastern US trees in fire-prone forests // Fire Ecology, 2022. – V. 8 – P. 2243. DOI: // <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00160-5/>

8. Angela C. Burnett, Shawn P. Serbin, Julien Lamour, Jeremiah Anderson, Kenneth J. Davidson, Dedi Yang, Alistair Rogers. Seasonal trends in photosynthesis and leaf traits in scarlet oak // Tree Physiology, 2021. – V. 41– Issue 8. – P. 1413-1424. DOI: // <https://doi.org/10.1093/treephys/tpab015>.

9. Emily Palm, Werther Guidi Nissim, Daphné Gagnon-Fee, Michel Labrecque. Photosynthetic patterns during autumn in three different Salix cultivars grown on a brownfield site // Photosynthesis Research, 2022 – V. 154. – P. 155-167. DOI: // <https://doi.org/10.1007/s11120-022-00958-z>.