

ОЦЕНКА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ПОЛУСИБСОВЫХ ПОТОМСТВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Е. Кулаков, С.А. Крюкова

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследований асимметрии листовых пластин полусибсовых потомств дуба черешчатого, собранных в Кирсановском и Уваровском лесничестве Тамбовской области. Установлено, что среди изучаемых показателей наибольшая асимметрия наблюдается у ширины от центральной жилки до четвертой лопасти, длина листа до первой лопасти, угол отклонения жилок с первого по четвертого порядка от центральной оси. Для остальных признаков изменение ФА идет плавно, а сами параметры флуктуации изменяются на значительную величину.

Ключевые слова: дуб черешчатый, лесосеменные плантации, асимметрия листовой пластины

ASSESSMENT OF THE FLUCTUATING ASYMMETRY OF SEMI-SIBERIAN OAK OFFSPRING ON FOREST-SEED PLANTATIONS IN THE TAMBOV REGION

E.E. Kulakov, S.A. Kryukova

Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Genetics, Breeding and Biotechnology", Voronezh, Russia

Abstract. The article presents the results of research on the asymmetry of leaf plates of semi-siberian oak offspring collected in Kirsanovsky and Uvarovsky forestry of the Tambov region. It was found that among the studied indicators, the greatest asymmetry is observed in the width from the central vein to the fourth blade, the length of the leaf to the first blade, and the angle of deviation of the veins from the first to the fourth order from the central axis. For the remaining signs, the FA changes smoothly, and the fluctuation parameters themselves change by a significant amount.

Keywords: oak petiolate, forest-seed plantations, leaf plate asymmetry.

Введение.

Изучение изменчивости формы листовой пластины рода *Quercus* проводилась в различных частях Российской Федерации [1,2]. На основании изучения изменчивости рядом авторов предложен метод, позволяющий оценить уровень стабильности развития по асимметрии билатерально симметричных органов и их частей – флуктуирующая асимметрия (далее ФА). Известно, что ФА не наследуется, детерминируется генотипом и зависит от условий произрастания и оказываемых факторов в процессе онтогенеза растения. Согласно теории Б.Л. Астаурова свойствами флуктуирующей асимметрии являются независимость и случайность. То есть одна половина организма проявляет изменчивость независимо от другой. Обычно величину ФА определяют по нормирующей формуле или формуле, описывающей отношение разности величины билатерально симметричных признаков к их сумме [3,7]. Методические подходы к статистическому анализу ФА обобщены в работах [5,8,9].

Данные показатели дают интегральную характеристику стабильности развития по комплексу некоррелированных параметров. Наибольшее количество работ по ФА растений выполнено на основе листовых пластин. Высокий уровень фитотаксиса, в частности, его разновидности – филлотаксиса – дает серьёзные помехи для определения ФА. Мягкость механических тканей и их деформация под действием физических факторов также вносят определённые трудности в определение ФА, как и выбор размерных и счетных признаков, служащих для анализа. Основная доля исследователей, изучая ФА лиственных пород, используют показатели, оценивающие цельную форму листовой пластинки без учета количества лопастей и степени изрезанности [3]. Дуб же, имея лопастную форму листа, наделен в отношении формы листовой пластинки некоторой долей свободы в формировании признака, что объясняется модификационной изменчивостью признака в зависимости от условий освещения и возрастной стадии.

Цель исследования – оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластин для поиска основных морфометрических критериев, позволяющих проводить идентификацию растений на лесосеменных плантациях.

Материалы и методы исследования. В рамках исследований была проведена оценка значений показателей ФА в семьях потомств плюсовых деревьев в различных условиях произрастания (Кирсановское и Уваровское лесничество). На изучаемых объектах собрано по 20 листьев с 6 семей полусибсовых потомств. Детальная характеристика изучаемых семей представлена в [6].

В качестве наиболее простой системы признаков, удобной для получения большого объема данных и расчета показателя флуктуирующей асимметрии использовалась система промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями. Относительная величина ФА для каждого изучаемого признака вычислялась среди всех листовых пластин, и определялась по формуле Захарова (2000) [4]:

$$\text{ФА} = |П - Л| / |П + Л| \quad (1)$$

где *П*, *Л* – величины правого и левого признаков.

В качестве исходных критериев были выбраны показатели, отражающие основные параметры листовой пластины: ширина каждой лопасти (WCB1 – WCB6), расстояние от черешка до жилки (LB2 – LB6), представленной на изучаемой лопасти, и угол наклона жилки первого (ADV1), второго (ADV2), третьего (ADV3), четвертого (ADV4), пятого (ADV5) и шестого (ADV6) порядка.

Результаты исследования и их обсуждение. На лесосеменной плантации Кирсановского лесничества, среди показателей, характеризующих лопасти различного порядка наибольшая величина флуктуирующей асимметрии установлена на лопастях шестого порядка (WCB6 0,185 – 0,392). Для лопасти первого порядка исследуемая величина колеблется в интервале 0,024 – 0,074. У лопастей второго порядка наиболее низкие значения ФА в семье № 4 (0,019), № 3 (0,022), № 13 (0,028). Для остальных семей полусибсовых потомств наблюдается значительное варьирование показателей (ФА 0,077 – 0,120). Исследуя лопасти третьего порядка достоверно установлена достаточно высокие значения ФА: № 3 – 0,111, № 4 – 0,007, № 7 – 0,089, № 8 – 0,063, № 9 – 0,020, № 13 – 0,140. Оценка флуктуирующей асимметрии для лопастей четвертого порядка позволила установить наиболее низкие значения в семьях № 3 (ФА = 0,011), 4 (ФА = 0,003), 7 (ФА = 0,010), 9 (ФА = 0,011). Для остальных изучаемых семей наблюдается достаточно высокие значения – 0,112 (семья № 8) и 0,092 (семья № 13) соответственно. Оценивая значения у лопастей пятого порядка отмечена сходная динамика изменчивости величины ФА с лопастями третьего и четвертого порядков. Наиболее изменчивой представляют собой лопасти шестого порядка, где величина ФА может достигать 0,392 (семья № 4). Таким образом, комплексно оценивая величины всех лопастей, стоит отметить, что наблюдается значительная изменчивость на всех лопастях, при этом в семье № 7 наблюдаются стабильно низкие значения, предположительно указывая на стабильность роста растения вне зависимости от природно-климатических факторов.

Среди Уваровских популяций полусибсовых потомств оценивая значения величины ФА по ширине пластинок установлено, что наименьшая величина наблюдается среди листовых пластин семьи № 1 (ФА = 0,047), 3 (ФА = 0,041) и 9 (ФА = 0,036). Для остальных семей величины изменяются незначительно и составляют от 0,067 (семья № 4) до 0,109 (семья № 8). Для лопастей второго порядка характерна низкая величина ФА в семьях № 1 (ФА = 0,020), 3 (ФА = 0,025), 9 (ФА = 0,030), при этом в семьях № 4 и 8 искомая величина достигает 0,123. У лопастей третьего и четвертого порядка наблюдается сходная динамика величины ФА с лопастями первого и второго порядка. Для лопастей шестого порядка наиболее высокие величины ФА наблюдаются среди листовых пластин в семье № 4 (ФА = 0,377). Наиболее низкие значения выявлены в семьях № 3 (ФА = 0,038), 7 (ФА = 0,016) и 8 (ФА = 0,031). Таким образом, подводя итоги исследования ширины листовых пластин на лесосеменной плантации Уваровского лесничества отмечены семьи с наиболее низкими показателями флуктуирующей асимметрии, что позволяет говорить о высокой приспособительной способности растений.

Оценивая длину листа до лопастей различного порядка на ЛСП Кирсановского лесничества отмечены семьи с низкими значениями ФА. В семье № 7 установлены следующие значения ФА: LB 1 – 0,005, LB2 – 0,046, LB3 – 0,032, LB4 – 0,031, LB5 – 0,024.

Для остальных семей характерны высокие значения ФА по длине до первой (Семья № 13), второй (семьи № 3, 13), третьей (семья № 8), пятой (семья № 8). Оценивая длину листа до четвертой лопасти достоверно установлены низкие значения флуктуирующей асимметрии.

Рассматривая величины флуктуирующей асимметрии в семьях Уваровского лесничества по длине листа, стоит отметить, что среди показателей LB1 наибольшая величина установлена в семье № 4 (ФА = 0,083) и 7 (ФА = 0,066). Для LB2 среди изучаемых листовых пластин отмечена значительная вариация изучаемого признака: для семьи № 1 значения ФА составляют 0,041, семьи № 3 – 0,030, семьи № 4 – 0,105, № 7 – 0,063, № 8 0,038, и № 9 – 0,019. По показателю LB3 наибольшие значения установлены в семье № 4, наименьшие в семьях № 3 и 9. Среди показателей, оценивающих длину листа до четвертой и пятой лопасти отмечены достаточно низкие значения изучаемого признака. Следовательно, довольно стабильными значениями величинами флуктуирующей асимметрии наблюдаются LB5 и LB5.

Заключение.

Таким образом, изучение коэффициентов вариации листовой пластинки полусибсовых потомств плюсовых деревьев на изучаемых лесосеменных плантациях, показало, что все признаки характеризуются в основном средними (11-25%) значениями коэффициента вариации, что свидетельствует о низком уровне их изменчивости.

Статистический анализ параметров флуктуации для семей из Кирсановского лесничества показывает наибольшие значения ФА у таких показателей, как ADV6 (0,144), WCB5 (0,097), LB6 (0,090), WCB6 (0,080), ADV1 (0,060). Среди показателей, оцениваемых в условиях Уваровского лесничества, высокие значения ФА отмечаются у WCB6 (0,108), LB6 (0,057) и WCB5 (0,052). Динамика флуктуации расстояний от первой до пятой лопасти (LB1-LB5), ширины от первой до пятой лопастей и центральной жилки (WCB1-WCB5) в правой и левой частях листа дуба черешчатого напрямую связано с функциональным значением поверхности листа, выполняющей функцию улавливания солнечной радиации для фотосинтеза. Изменение этих признаков в условиях Кирсановского и Уваровского лесничеств идет плавно, а сами параметры флуктуации изменяются на значительную величину. Отмечено, что морфологические параметры левой и правой сторон листьев растений отличаются друг от друга и постоянно изменяются. Об этом свидетельствует стандартное отклонение (σ), которые также имели значительные различия и были больше нуля. Предположительно асимметрия может быть вызвана особенностями морфологического строения каждого отдельно взятого растения и воздействия климатических параметров.

Таким образом, для района исследований на основании полученных результатов исследований возможна разработка региональной шкалы оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для полусибсовых потомств на лесосеменных плантациях.

Список литературы

1. Баранов, С.Г. Изучение факторов, влияющих на стабильность развития дуба черешчатого с использованием регрессионного анализа /С.Г. Баранов, И.Е. Зыков, Л.В. Федорова// Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 1-8.
2. Гераськина, Н.П. Оценка стабильности развития дуба черешчатого на территории национального парка «Орловское Полесье» / Н.П. Гераськина // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – №3. – С. 240-244.
3. Захаров, В.М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) / В.М. Захаров // Экология. – 2001. – № 3. – С. 177-191.
4. Захаров, В.М. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое руководство для заповедников / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили. – М., 2000. – 318.
5. Кожара, А.В. 1985. Структура показателя флуктуирующей асимметрии и его пригодность для популяционных исследований / А.В. Кожара. – Биологические науки. – Вып. 6. – С.100-103.
6. Кулаков, Е.Е. Изменчивость листовых пластин потомств плюсовых деревьев дуба черешчатого в Тамбовской области / Е.Е. Кулаков, С.А. Крюкова. – Воронеж: Кварта, 2024. – 176 с.
7. Su W Leaf morphological characteristics of section *Quercus* based on geometric morphometric analysis / W. Su, YG. Song, M. Qi, F. DU. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2021 Jul; 32(7):2309-2315. – English. – DOI: 10.13287/j.1001-9332.202107.001.
8. Kenefic, L.S. Leaf area prediction models for *Tsuga canadensis* in Maine / L.S. Kenefic, R.S. Seymour // Canad. J. Forest. Res. 1999. – Vol. 29. – N.11. – P.1574-1582
9. Nuche, P. Developmental instability as an index of adaptation to drought stress in a Mediterranean oak / P. Nuche, B. Komac, J.J. Camarer, C.L. Alados // Ecological Indicators. – 2014. – V. 40. – P. 68-75.

References

1. Baranov S.G., Zыkov I.E., Fedorova L.V. The study of factors influencing the stability of the development of the black oak using regression analysis// Modern problems of science and education. 2015. No. 3. pp. 1-8.
2. Geraskina N.P. Assessment of the stability of the development of the black oak in the territory of the OrlovskoyePolesie National Park / N.P. Geraskina // Samara Onion: problems of regional and global ecology. - 2009. – No. 3. – pp. 240-244.
3. Zakharov V.M. Ontogenesis and population (stability of development and population variability) / V.M. Zakharov // Ecology. 2001. No. 3. pp. 177-191.
4. Zakharov V.M. Environmental health: assessment methodology. Assessment of the state of natural populations by development stability: a methodological guide for nature reserves /

V.M. Zakharov, A.S. Baranov, V.I. Borisov, A.V. Valetsky, N.G. Kryazheva, E.K. Chistyakova, A.T. Chubinishvili. – M., 2000. – 318.

5. Kozhara A.V. 1985. The structure of the indicator of fluctuating asymmetry and its suitability for population studies / A.V. Kozhara. – Biological sciences. – Vol. 6. pp.100-103.

6. Kulakov E.E. Variability of leaf plates of offspring of black oak trees in the Tambov region / E.E. Kulakov, S.A. Kryukova. Voronezh: Kvarta Publ., 2024. 176 p.

7. Su W Leaf morphological characteristics of section *Quercus* based on geometric morphometric analysis / W. Su, YG. Song, M. Qi, F. DU. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2021 Jul; 32(7):2309-2315. – English. – DOI: 10.13287/j.1001-9332.202107.001.

8. Kenefic L.S. Leaf area prediction models for *Tsuga canadensis* in Maine / L.S. Kenefic, R.S. Seymour // Canad. J. Forest. Res. 1999. – Vol. 29. – N.11. – P.1574-1582

9. Nuche P. Developmental instability as an index of adaptation to drought stress in a Mediterranean oak / P. Nuche, B. Komac, J.J. Camarer, C.L. Alados // Ecological Indicators. – 2014. – V. 40. – P. 68-75.