

Key words: *Chamaedaphne calyculata*; flavonoids; natural coenopopulation; high performance liquid chromatography; regional foodstuffs.

About the authors: Vyacheslav Borisovich Ivanov¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor; Elvira Ramilevna Yumagulova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Viktoria Viktorovna Aleksandrova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Ivan Gennadevich Gonchar¹, Postgraduate Student; Arkady Vladimirovich Scherbakov², Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher; Iskander Yusufovich Usmanov^{1,3}, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher.

Place of employment: ¹Nizhnevartovsk State University, ²Bachincom LLC, ³Ufa State Petroleum Technological University.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 18-44-860006.

Усманов И.Ю., Юмагулова Э.Р., Александрова В.В., Гончар И.Г., Щербakov А.В., Иванов В.Б. Комплексы флавоноидов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench олиготрофных болот средней Оби // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 59–71.

Usmanov I.Yu., Yumagulova E.R., Aleksandrova V.V., Gonchar I.G., Scherbakov A.V., Ivanov V.B. Complexes of *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench flavonoids in oligotrophic bogs of the Middle Ob River // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 59–71.

УДК 504.064

А.О. Мамедова, Р.Н. Мамедова
г. Баку, Азербайджан

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОИНДИКАТИВНЫХ СВОЙСТВ *QUERCUS CASTANEIFOLIA* С.А. МЕУ НА ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования индикативных и ремедиативных свойств каштанолистного дуба – *Quercus castaneifolia* С.А. Меу на территории республики Азербайджан. Исследование проводилось с целью оценки перспективности использования данного растения в оценке и управлении качеством окружающей среды в Азербайджане. Для исследования были выбраны 4 пробные площадки, отличающиеся по степени экологического загрязнения. 2 пробные площадки были на территории города Баку – столицы Азербайджанской Республики, где зафиксирован достаточно высокий уровень загрязнения, а 2 другие располагались за пределами города. Оценка индикативных свойств каштанолистного дуба была проведена на основе анализа стабильности развития морфогенеза листьев. Для определения стабильности развития использован метод флуктуирующей асимметрии. Биоаккумулятивные свойства растения были исследованы на основе элементного анализа листьев и почвы. Для этого были использованы методы пробоотбора, пробоподготовки и анализа, соответствующие государственным стандартам Российской Федерации (ГОСТ). Анализ основных химических компонентов в пробах листьев и почв проведен на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой и атомно-абсорбционном спектрометре. Анализ микрокомпонентов проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре. Установлена тесная корреляционная связь между степенью техногенного загрязнения среды и уровнем стабильности развития морфологических признаков листьев *Q. castaneifolia*. Повышение уровня экологического загрязнения среды приводит к увеличению показателя флуктуирующей асимметрии листьев. Также исследование показало, что растение *Q. castaneifolia* обладает ремедиативным свойством. Соответственно, был сделан вывод о том, что каштанолистный дуб может быть использован в комплексной системе экологического мониторинга среды в условиях Азербайджана.

Ключевые слова: биоиндикация; флуктуирующая асимметрия; элементный анализ.

Сведения об авторах: Афет Октай гызы Мамедова¹, доктор биологических наук, профессор, заведующая отделом магистратуры и докторантуры; Роза Назим гызы Мамедова², докторант.

Место работы: ^{1,2}Бакинский государственный университет.

Контактная информация: ^{1,2}AZ 1148, Азербайджан, г. Баку, ул. Захид Халилова, д. 23; ¹тел. +994 50 210 24 45, e-mail: m.afet@mail.ru; ²тел.: +994 55 718 69 48, e-mail: roza2019@mail.ru.

Введение

В настоящее время экологические проблемы являются одними из основных глобальных проблем, стоящих перед современной ци-

вильзацией. Стремясь преобразовать природу в своих интересах, современное индустриальное общество осуществляет невиданное давление на окружающую среду. При таком уровне негативного антропогенного воздействия необхо-

димым для реализации основных принципов устойчивого развития является постоянный контроль и всесторонний анализ состояния окружающей среды. Для этих целей организуется система экологического мониторинга. Перспективным методом экологического мониторинга для интегральной оценки качества среды является биоиндикационный анализ. Надежными биоиндикаторами качества среды считаются растения. Они как неподвижные живые организмы вынуждены для выживания адаптироваться к условиям среды произрастания с помощью определенных перестроек организма. Поэтому оценка стабильности развития растений позволяет нам получить объективную информацию об экологическом состоянии среды их произрастания (Гелашвили 1999; Мамедова 2008).

Наиболее простым, эффективным, и поэтому часто применяемым методом оценки стабильности развития растений является определение величины флуктуирующей асимметрии (ФА) их билатеральных морфологических признаков (Franiel 2008; Hagen 2008; Неверова 2009; Хузина 2010; Беляев 2013; Мамедова 2017).

Поскольку загрязнение среды тяжелыми металлами возрастает с каждым годом, выявление видов растений, способных к биоаккумуляции токсических элементов, изучение их ремедиативных свойств и оценка перспективности их использования в озеленении представляют особый интерес как методы улучшения экологического состояния среды (Tomasevic 2004; Tian 2009; Pourkhabbaz et al. 2010; Ализаде 2011).

В предлагаемой работе были изучены биоиндикационные и фиторемедиационные свойства каштанового дуба – *Q. castaneifolia* с целью оценки перспективности его использования в экологическом мониторинге среды в республике Азербайджан. Исследование проводилось на основе сравнительного анализа результатов комплексного изучения фенотипического изменения морфологического признака листьев и элементного анализа листьев каштановых дубов, произрастающих на территориях, отличающихся по степени загрязнения.

Материал и методика

В качестве объекта исследования были использованы листья растения *Quercus castaneifolia* С. А. Меу – каштанового дуба из семейства Fagaceae – Буковые. Это довольно морозостойкое, устойчивое к засухе и сильным ветрам растение. Ценное дерево для озеленения

населенных пунктов. Вид внесён в Красную книгу Азербайджана и охраняется в Гирканском заповеднике (Флора Азербайджана 1957).

Были выбраны 4 пробные площадки и взяты их географические координаты. В качестве относительно экологически загрязненной урбанизированной зоны произрастания каштанового дуба были выбраны 2 пробные площадки на территории города Баку – столицы Азербайджанской Республики, где зафиксирован достаточно высокий уровень загрязнения, что объясняется населением в 4 млн человек, мощностью транспортного потока и наличием промышленных предприятий. Первая пробная площадка в Баку находилась на территории Центрального Ботанического сада Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА) (40°21'22.4"N 49°48'52.6"E), а вторая – в парке рядом с Бакинским государственным университетом (БГУ) (40°22'24.8"N 49°48'45.0"E). Третьей пробной площадкой был выбран участок придорожной лесной полосы вблизи магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района (40°31'41.4"N 48°47'44.4"E). В качестве четвертой – природной, экологически относительно более чистой пробной площадки была выбрана территория Гирканского Национального Парка (ГНП) (38°45'19.2"N 48°40'44.7"E).

Для анализа стабильности развития морфогенеза листьев был использован метод оценки их показателей ФА. Этот метод прост с точки зрения сбора, хранения и обработки материала, но в то же время позволяет получить интегральную характеристику состояния организма при всем комплексе действующих на него факторов среды (Van Valen 1962; Palmer, Strobeck 1986). Для исследования на каждой пробной площадке было собрано по 200 поврежденных листьев с условно-однолетних деревьев. С каждой дерева было собрано по 20–40 листьев. Листья были собраны в июле 2015 г., по всему периметру кроны с высоты 1,5–2,0 м. У исследуемых листьев измеряли длину главной жилки и максимальную ширину листовой пластинки справа (R) и слева (L) от главной жилки. Измерения проводились под лупой МБС-9, а результаты измерений обрабатывались с использованием специального программного пакета, созданного на основе языка программирования JAVASCRIPT (ECMA Script 6).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась методом ANOVA. На основе этой программы у исследуемых листьев были определены коэффициент ФА, дисперсия и среднее значение билатеральной раз-

ницы исследуемого признака (Van Valen 1962; Palmer, Strobeck 1986; Лакин 1990).

Для оценки биоаккумулятивных свойств каштанового дуба был произведен элементный анализ листьев и почвы. Для этого были использованы методы пробоотбора, пробоподготовки и анализа, соответствующие государственным стандартам Российской Федерации (ГОСТ). Так, с каждой пробной площадки отобрано не менее одной объединенной пробы почвы в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017. Объединенная проба получена путем смешения точечных проб, отобранных методом конверта послойно с глубины 0–5 см и 5–20 см, не менее 0,2 кг каждая.

На каждой пробной площадке проведен отбор проб листьев по всему периметру кроны с высоты 1,5–2,0 м. Количественный анализ микро- и макрокомпонентов образцов почв и растений, определение органического вещества, минералогического состава и pH образцов почв проводились в Центре коллективного использования аналитических приборов и оборудования в Институте геологии и геофизики НАНА. Для подготовки проб к анализу используются автоматический комплекс для измельчения и прессования «Herzog HP-MP» (HERZOG Maschinenfabrik, Германия) и автоклав – микроволновая печь Sineo MBES-86 (SINEO, КНР). Анализ основных химических компонентов в пробах листьев и почв проведен на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой – 7700 e ICP-MS (Agilent Technologies, США) и атомно-абсорбционном спектрометре – Agilent 200 Series AA (Agilent Technologies, США) (Важенина 1974; Хавезов 1983).

Анализ микрокомпонентов в пробах листьев и почв проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре S8 Tiger (Bruker AXSGmbH, Германия) (для растений – с предварительным сухим озонением при температуре 525°C) в соответствии с ГОСТ 33850-2016.

Определение органического вещества почвы проводили гравиметрическим методом в соответствии с ГОСТ 26213-91.

Минералогический состав почвы был определен на рентгеновском дифрактометре Miniflex 600 (Rigaku, Япония). pH водной суспензии в почвенных образцах определяли по ГОСТ 26423-85.

Результаты и их обсуждение

Результаты компьютерной обработки измеренных исследуемых признаков листьев даны на рисунке 1. Согласно полученным результатам коэффициент ФА в выборке листьев из природной лесной зоны на территории ГНП

самые низкие показатели среднего значения билатеральной разницы, коэффициента ФА, и дисперсии. Самые высокие показатели среднего значения билатеральной разницы, коэффициента ФА и дисперсии получены в выборке листьев из придорожной лесной полосы магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района. В целом в выборках листьев из урбанизированных территорий эти параметры выше, чем в природной лесной территории ГНП. Так, в выборке листьев из ботанического сада НАНА показатели среднего значения билатеральной разницы в 1,5 раза, коэффициента ФА в 1,9 раз, а дисперсии в 2,2 раза выше по сравнению с выборкой из лесной зоны ГНП. В парке рядом с БГУ показатели среднего значения билатеральной разницы в 1,5 раза, коэффициента ФА в 2,7 раз, а дисперсии в 2,4 раза выше по сравнению с выборкой из лесной зоны ГНП. А в выборке листьев из придорожной лесной полосы магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района показатели среднего значения билатеральной разницы в 2 раза, коэффициента ФА в 5,5 раз, а дисперсии в 3 раза выше по сравнению с выборкой из природной лесной зоны ГНП. Таким образом, под действием антропогенного прессинга повышается уровень фенотипических изменений морфологического признака в листьях каштанового дуба.

Результаты распределения изменения показателей билатеральной асимметрии изучаемого морфологического признака в пределах выборок листьев с территорий исследования даны на рисунке 2.

Самый высокий показатель билатеральной разницы, равный 1,1, и самое меньшее количество листьев, в которых наблюдается отсутствие асимметрии в исследуемом билатеральном признаке, соответствует выборке листьев из придорожной лесной полосы магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района. Тогда как в выборке листьев из лесной зоны ГНП самый высокий показатель билатеральной разницы равен 0,6, а количество листьев, в которых отсутствует асимметрия в исследуемом билатеральном признаке, равняется 40. Это показывает, что в ходе онтогенетического развития в условиях экологического стресса на урбанизированных территориях в листьях *Q. castaneifolia* повышается уровень нарушения стабильности развития исследуемых билатеральных морфологических признаков.

Результаты анализа минералогического состава проб почв даны на рисунке 3. Согласно полученным результатам, в пробах почв с территорий Ботанического Сада НАНА, придорожной лесной полосы в Гобустанском районе,

природной лесной зоны ГНП содержание кварца выше, чем остальных минералов. А в пробе почвы с территории парка рядом с БГУ содержание кальцита выше, чем остальных минералов.

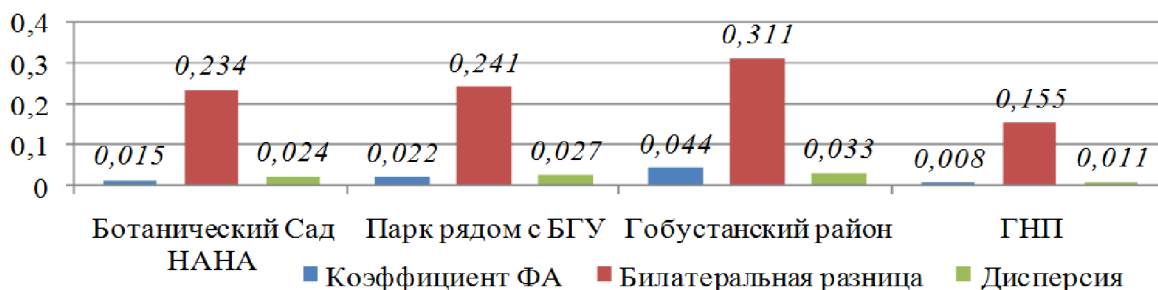


Рис. 1. Показатели коэффициента ФА, дисперсии и среднего значения билатеральной разницы в исследуемых выборках листьев каштанового дуба

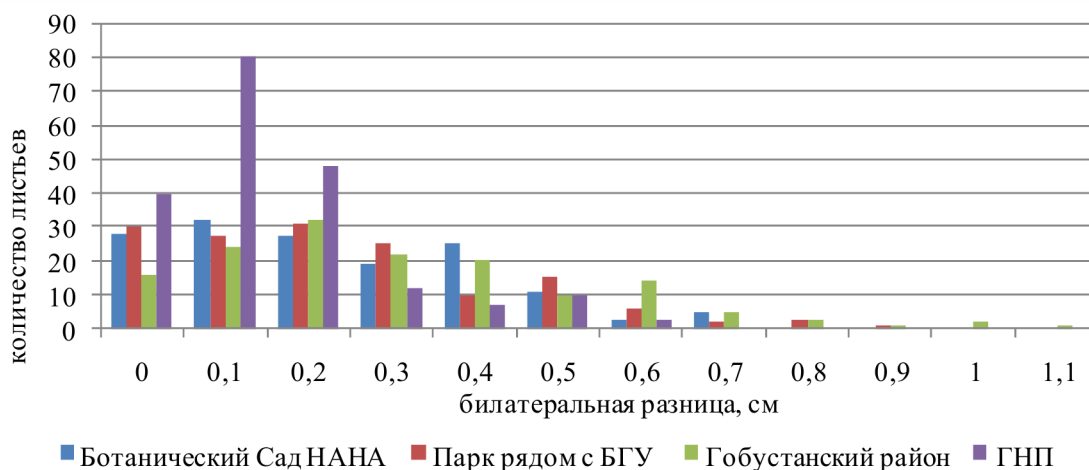


Рис. 2. Изменение показателей билатеральной асимметрии изучаемого морфологического признака в пределах выборок листьев с территорий исследования

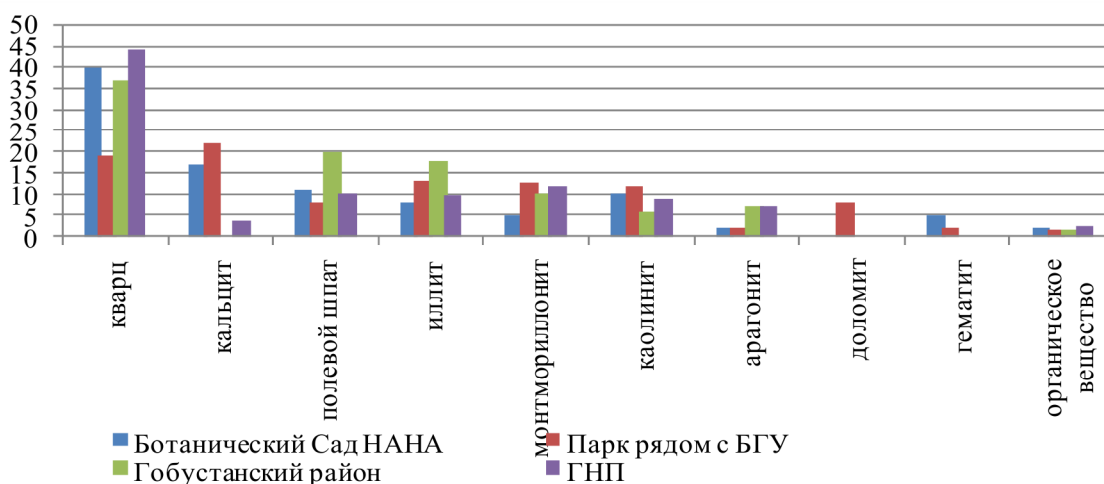


Рис. 3. Минералогический состав проб почв с пробных площадок в %

Реакция почвенных растворов из Ботанического Сада НАНА (рН 6,9), придорожной лес-

ной зоны ГНП (рН 6,9) и в придорожной лесной полосе в Гобустанском районе (рН 6,7)

слабокислая, а в парке рядом с БГУ (рН 7,4) – слабощелочная.

Был произведен сравнительный анализ микроэлементов в пробах почв с территорий

исследования с содержанием микроэлементов в пробах листьев растений, произрастающих на той же территории. Результаты анализа микроэлементов почвы и листьев даны в таблице 1.

Таблица 1

Микроэлементный состав проб почв и листьев

| Микроэлементы мг/кг (ppm) | Класс опасности (в почве) ГОСТ 17.4.1.02-83 | Зона исследования | | | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|------|
| | | Ботанический Сад НАНА | | Парк рядом с БГУ | | Гобустанский район | | ГНП | |
| | | Почва | Лист | Почва | Лист | Почва | Лист | Почва | Лист |
| Cr | II | 154 | 2.14 | 194.1 | 1.62 | 194.3 | 2.76 | 113.5 | 1.17 |
| Ba | III | 484 | 10.62 | 469.2 | 4.16 | 560.2 | 12.21 | 496.3 | 9.35 |
| Zn | I | 65.5 | 9.45 | 200.2 | 11.73 | 181.6 | 19.34 | 93.2 | 7.05 |
| Zr | – | 194.5 | 1.2 | 298.4 | 1.1 | 290.7 | 2.1 | 193.8 | 1.1 |
| Sr | III | 253 | 1.1 | 385.6 | 2.8 | 186.4 | 1.9 | 276.4 | 1.2 |
| Cu | II | 32 | 8.65 | 93.7 | 6.1 | 91.2 | 16.3 | 38.4 | 7.43 |
| Pb | I | 9.5 | 0.45 | 11.8 | 0.39 | 12.5 | 0.84 | 4.9 | 0.34 |
| Ni | II | 42 | 1.03 | 96.5 | 1.18 | 90.4 | 1.64 | 46 | 0.93 |

Окончание таблицы 1

| Микроэлементы мг/кг (ppm) | Класс опасности (в почве) ГОСТ 17.4.1.02-83 | Зона исследования | | | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|-------|------------------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| | | Ботанический Сад НАНА | | Парк рядом с БГУ | | Гобустанский район | | ГНП | |
| | | Почва | Лист | Почва | Лист | Почва | Лист | Почва | Лист |
| Rb | – | 58.3 | 1.16 | 97.4 | 1.94 | 99.3 | 2.04 | 43.6 | 0.79 |
| Mo | II | 0.6 | – | 0.9 | – | 1.2 | – | 0.5 | – |
| Nb | – | 8.6 | – | 10.5 | – | 17.6 | – | 5.9 | – |
| V | III | 81.5 | 0.86 | 101.2 | 0.94 | 87.6 | 1.29 | 84.6 | 0.91 |
| Ga | – | 0.91 | – | 1.2 | – | 1.4 | – | 0.95 | – |
| Cd | I | 0.97 | 0.016 | 1.7 | 0.011 | 3.1 | 0.029 | 1.62 | 0.024 |
| As | I | 1.97 | 0.13 | 10.6 | 0.28 | 12.8 | 0.37 | 1.29 | 0.09 |
| Co | II | 5.4 | 0.94 | 9.2 | 0.64 | 10.4 | 1.23 | 6.4 | 1.02 |
| Se | I | – | 0.13 | – | 0.12 | – | 0.14 | – | 0.09 |

В пробе почвы из парка рядом с БГУ концентрация цинка, меди, никеля, ванадия, стронция и циркония выше, чем в пробах из трех остальных зон исследования. Концентрации бария, свинца, рубидия, молибдена, ниобия, галлия, кадмия, мышьяка, кобальта в пробе почвы из придорожной лесной полосы в Гобустанском районе выше, чем в остальных зонах.

Содержание хрома в пробах почв из придорожной лесной полосы в Гобустанском районе и из парка рядом с БГУ почти одинаковое и выше, чем в пробах почв из Ботанического Сада НАНА в 1,2, а из природной лесной зоны ГНП в 1,7 раза. Но листья с территории Гобустанского района и Ботанического Сада НАНА аккумулируют больше хрома, чем листья из парка рядом с БГУ и ГНП.

В пробе листьев из парка рядом с БГУ аккумулируется в 1,4 раза больше стронция, чем в Гобустанском районе и примерно в 2 раза больше, чем в ботаническом саду НАНА и ГНП.

Концентрация бария в почве из Гобустанского района выше, чем в остальных зонах исследования. Также и содержание бария в пробах листьев из придорожной лесной полосы Гобустанского района выше, чем у остальных.

Цинка в пробе почвы из Ботанического сада НАНА в 3 раза, из природной лесной зоны ГНП в 2,1 раза и с территории Гобустанского района в 1,1 раза меньше, чем в почве из парка рядом с БГУ. Но аккумулируют больше цинка в листьях из зоны Гобустанского района.

В целом в пробе листьев из придорожной лесной полосы в Гобустанском районе концентрации хрома, бария, свинца, рубидия, кадмия, мышьяка, кобальта, ванадия, цинка, меди, циркония и селена выше по сравнению с пробами листьев с других пробных площадок.

Данные валового химического состава проб почв и листьев с территорий исследования показаны в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

| Макроэлементы поч- вы, % | Валовый химический состав почв, % | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------|------|
| | Территории исследования | | | |
| | Ботанический сад НАНА | Парк рядом с БГУ | Гобустанский рай- он | ГНП |
| Na ₂ O | 0.81 | 0.75 | 0.83 | 0.85 |
| MgO | 1.84 | 1.90 | 2.28 | 1.95 |
| Al ₂ O ₃ | 8.2 | 9.74 | 15.42 | 8.12 |
| Si O ₂ | 52.74 | 39.74 | 58.68 | 55.8 |
| P ₂ O ₅ | 0.26 | 0.40 | 0.11 | 0.31 |
| SO ₃ | 0.24 | 0.42 | 0.15 | 0.25 |
| K ₂ O | 1.96 | 1.75 | 3.31 | 1.87 |
| CaO | 14.43 | 20.12 | 2.07 | 11.3 |
| TiO ₂ | 0.41 | 0.55 | 0.92 | 0.29 |
| MnO | 0.22 | 0.13 | 0.16 | 0.21 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.03 | 4.62 | 7.42 | 3.48 |
| П.П.П. | 13.6 | 20.61 | 8.42 | 15.8 |

П.П.П. – потери при прокаливании при температуре 950°C

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что содержание MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O и Fe₂O₃ выше в пробе почвы из придорожной лесной полосы Гобустанского района, чем в пробах почв с остальных пробных площадок. В пробе почвы из парка рядом с БГУ содержание P₂O₅, SO₃, CaO, TiO₂ выше, чем в пробах почв из Ботанического сада НАНА, Гобустанского района и ГНП. В пробе почв из Ботанического сада НАНА содержание MnO выше, чем в других зонах исследования. А в пробе почвы из природной лесной зоны ГНП содержание Na₂O выше по сравнению с остальными зонами исследования. В пробах почв из Ботанического сада НАНА, природной лесной зоны ГНП и парка рядом с БГУ несколько повышенное содержание SiO₂ и CaO по сравнению с другими

макроэлементами. А в почве из придорожной лесной полосы Гобустанского района наблюдается несколько повышенное содержание SiO₂ и Al₂O₃ по сравнению с другими макроэлементами.

В пробе листьев из Ботанического сада НАНА содержание Mg, в пробе листьев из парка рядом с БГУ содержание S, Ca, Ti, Fe, Cl, а в пробе листьев из придорожной лесной полосы Гобустанского района содержание Si, P, K, Mn, Na выше по сравнению с остальными пробными площадками. Содержание Al в пробах листьев из Ботанического сада НАНА и придорожной лесной полосы Гобустанского района одинаковое и выше, чем в парке рядом с БГУ и в природной лесной зоне ГНП в 1,5 раза.

Таблица 3

| Химические элементы в листьях (%) | Химический состав проб листьев, % | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|--------|
| | Территории исследования | | | |
| | Ботаниче- ский сад НАНА | Парк рядом с БГУ | Гобустан- ский район | ГНП |
| Na | 0.0063 | 0.0065 | 0.0084 | 0.0062 |
| Mg | 0.12 | 0.08 | 0.11 | 0.13 |
| Al | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| Si | 0.13 | 0.17 | 0.18 | 0.13 |
| P | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.06 |
| S | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| K | 0.45 | 0.42 | 0.46 | 0.43 |
| Ca | 0.23 | 0.63 | 0.31 | 0.25 |
| Ti | 0.0008 | 0.0010 | 0.0007 | 0.0006 |
| Mn | 0.0008 | 0.0009 | 0.0024 | 0.0007 |
| Fe | 0.0086 | 0.0097 | 0.0073 | 0.0081 |
| Cl- | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 |
| П.П.П. | 98.9 | 98.3 | 98.7 | 98.8 |

П.П.П. – потери при прокаливании при температуре 950°C

В целом в пробах листьев из ботанического сада НАНА, из придорожной лесной полосы Гобустанского района и природной лесной зоны ГНП содержание Mg, Si, Ca и K – выше по сравнению с другими макроэлементами. В листьях из парка рядом с БГУ из всех макроэлементов содержание Si, Ca и K более высокое. Содержание Ca в пробе листьев из Ботанического сада НАНА в 2,7, из придорожной лесной полосы Гобустанского района в 2, а из природной лесной зоны ГНП в 2,5 раза меньше, чем в листьях из парка рядом с БГУ. Также и CaO в пробе почвы из парка рядом с БГУ выше, чем в других зонах исследования. Содержание Cl в пробе листьев из парка рядом с БГУ в 4 раза больше, чем на других площадках. Содержание Mn в пробе листьев из Ботанического Сада НАНА в 3, из парка рядом с БГУ в 2,6, а из лесной зоны ГНП в 3,4 раза меньше, чем в пробе листьев из придорожной

лесной полосы Гобустанского района. Хотя содержание MnO в пробе почвы из Гобустанского района в 1,3 раза меньше, чем в Ботаническом саду НАНА и ГНП.

Выводы

Сравнительный анализ стабильности развития листьев *Q. castaneifolia* показал, что в условиях Азербайджана в урбоэкосистемах древесное растение *Q. castaneifolia* может быть использовано как активный биоиндикатор в биомониторинге на основе изменения показателей ФА листьев.

Установлено, что *Q. castaneifolia* также обладает ремедиативным свойством. Так, в пробах почв и листьев *Q. castaneifolia* из парка рядом с БГУ и из Гобустанского района вблизи магистральной дороги концентрация металлических элементов оказалась выше по сравнению с другими территориями.

ЛИТЕРАТУРА

- Али-заде В. М., Ширвани Т. С., Алирзаева Э. Г. 2011. Устойчивость растений к токсичности металлов и нефтяных углеводородов. Подходы к фиторемедиации. Баку: Элм.
- Беляев Ю. В. 2013. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth. в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольятти) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук 15:3(7), 2196–2200.
- Важенина Н. Э. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах. М.: Колос.
- Гелашвили Д. Б., Мокров И. В. 1999. Некоторые статистические закономерности стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на заповедной и урбанизированной территориях // Геоботаника XXI века: Материалы Всероссийской научной конференции. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 136–138.
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
- ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
- ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
- ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
- ГОСТ 33850-2016. Почвы. Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии.
- Лакин Г. Ф. 1974. Биометрия. М.: Высшая школа.
- Неверова О. А. 2009. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера. Т. 1. № 1, 82–92.
- Флора Азербайджана. 1957. Баку: Изд-во Акад. наук АзССР. Т. VII, 105–106.
- Хавезов И., Цалев Д. 1983. Атомно-абсорбционный анализ. Л.: Химия.
- Хузина Г. Р. 2010. Влияние урбано среды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Вестник Удмурского университета 3, 53–57.
- Franiel J. 2008. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. Leaves – an index of environment quality // Biodiv. Ros. Conserv 9-10, 7–10.
- Hagen S. B., Ims R. A., Yoccoz N. G., Sorlibraten O. 2008. Fluctuating asymmetry as an indicator of elevation stress and distribution limits in mountain birch (*Betula pubescens*) // Plant ecology 195:2, 157–163.
- Mammadova A. O. 2008. Bioindications of plants and assessment environment. Baku.
- Mammadova A. O., Farzaliyeva N. M., Abdallah Yo. N. 2017. *Platanus Orientalis* L. As a bioindicator And Quality Criterion Of Ecological Conditions Of Auto Transport Roadside Areas // Ciência e Técnica. Vitivinícola 32 (8), 355–365.
- Palmer A. R., Strobeck C. 1992. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests // Acta Zool. Fenn. 191, 57–72.
- Pourkhabbaz A., Rastin N., Olbrich A. et al. 2010. Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, *Platanus orientalis* L. // Bull Environ Contam Toxicol 85, 251. DOI:10.1007/s00128-010-0047-4.

Tian D., Zhu F., Yan W., Fang X., Xiang W., Deng X., Wang G., Peng C. 2009. Heavy Metal Accumulation by Panicked Goldenrain Tree (*Koelreuteria paniculata*) and Common Elaeocarpus (*Elaeocarpus decipens*) in Abandoned Mine Soils in Southern China. *J. Environ. Sci.* 21, 340–345.

Tomašević M. Z., Vukmirović Z., Rajšić S. M., Tasić M., Stevanovic B. 2004. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area // *Chem.* 61, 753–760.

Van Valen L. 1962. A study of fluctuating asymmetry // *Evolution.* 16:2, 125–142.

REFERENCES

Ali-zade, V.M., Shirvani, T.S., & Alirzayeva, E.G. Ustoychivost rasteniy k toksichnosti metallov i neftyanykh uglevodorodov. Podkhody k fitoremediatsii [Plant resistance to toxicity of metals and petroleum hydrocarbons. Approaches to phytoremediation]. Baku: Elm, 2011. 276 p. (In Russian).

Belyaev, Yu. V. Pokazateli fluktuiruyushchey assimetrii Betulapendula Roth. v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya (na primere g.o. Tolyatti) [Indicators of fluctuating asymmetry of Betulapendula Roth. in the conditions of anthropogenic impact (on the example of Togliatti)]. In: *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2013 (15), issue 3(7), pp. 2196–2200. (In Russian).

Gelashvili, D.B., & Mokrov, I.V. Nekotoryye statisticheskiye zakonomernosti stabilnosti razvitiya berezy povisloy (Betula pendula Roth.) na zapovednoy i urbanizirovannoy territoriyakh [Some statistical regularities of development stability of birch (Betulapendula Roth.) in protected and urban areas]. In: *Geobotanika KHKHI veka: materialy Vseros. nauch. konf.* [Geobotany of the 21st century: Proceedings of All-Russian Scientific Conference]. Voronezh: Izdatelstvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1999, pp. 136–138. (In Russian).

GOST 17.4.1.02-83. Nature Protection. Soils. Classification of chemicals for pollution control. (In Russian).

GOST 26423-85. Soil. Methods for determination of specific electrical conductivity, pH and denser residue of aqueous extract. (In Russian).

GOST 26213-91. Soils. Methods for the determination of organic matter. (In Russian).

GOST 33850-2016. Soil. Determination of chemical composition by x-ray fluorescence spectrometry. (In Russian).

GOST 17.4.4.02-2017. Nature Protection. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. (In Russian).

Lakin, T.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 349 p. (In Russian).

Neverova, O.A. Primeneniye fitoindikatsii v otsenke zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Application of phytointication in environmental pollution assessment]. In: *Biosfera*, 2009 (1), issue 1, pp. 82–92. (In Russian).

Flora Azerbaydzhana [Flora of Azerbaijan], Vol VII. Baku: Izdatelstvo Akademii nauk AzSSR, 1957, pp. 105–106. (In Russian).

Havezov, I., & Tsalev, D. Atomic Absorption Analysis. Trans. from Bulgarian G.A. Sheinina. Leningrad: Khimiya, 1983. 144 p. (In Russian).

Huzina, G.R. Vliyaniye urbanosredy na morfometricheskiye pokazateli lista berezy povisloy (Betula pendula Roth.) [Influence of urban environments on morphometric indicators of birch (Betulapendula Roth) leaves]. In: *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya Biologicheskaya*, 2010 (3), pp. 53–57. (In Russian).

Mammadova, A.O., Farzaliyeva, N.M., & Abdallah, Y.N. Platanus Orientalis L. as a bioindicator and quality criterion of ecological conditions of auto transport roadside areas. In: *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 2017 (32), issue 8, pp. 355–365.

Franiel, J. Fluctuating asymmetry of Betulapendula Roth. Leaves – an index of environment quality. In: *Biodiversity: Research and Conservation*, 2008 (9-10), pp. 7–10.

Hagen, S.B., Ims, R.A., Yoccoz, N.G., & Sorlibraten, O. Fluctuating asymmetry as an indicator of elevation stress and distribution limits in mountain birch (Betula pubescens). In: *Plant Ecology*, 2008 (195), issue 2, pp. 157–163.

Mammadova, A.O. *Bioindications of Plants and Assessment Environment*. Baku, 2008. 176 p.

Palmer, A.R., & Strobeck, C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of nonnormal distributions and power of statistical tests. In: *Acta Zoologica Fennica*, 1992 (191), pp. 57–72.

Tian, D., Zhu, F., Yan, W., Fang, X., Xiang, W., Deng, X., Wang, G., & Peng, C. Heavy Metal Accumulation by Panicked Goldenrain Tree (*Koelreuteria paniculata*) and Common Elaeocarpus (*Elaeocarpus decipens*) in Abandoned Mine Soils in Southern China. In: *Journal of Environmental Sciences*, 2009 (21), pp. 340–345.

Tomašević, M.Z., Vukmirović, Z., Rajšić, S.M., Tasić, M., & Stevanovic, B. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. In: *Chemosphere*, 2004 (61), pp. 753–760.

Van Valen, L. A study of fluctuating asymmetry. In: *Evolution*, 1962 (16), issue 2, pp. 125–142.

Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., et al. Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. In: *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2010 (85), pp. 251–255. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s00128-010-0047-4>.

A. O. Mammadova, R. N. Mammadova
Baku, Azerbaijan

A STUDY OF BIOINDICATIVE PROPERTIES OF *QUERCUS CASTANEIFOLIA* C.A.MEY IN NATURALAND URBANIZED SITES IN AZERBAIJAN

Abstract. The paper presents a study of indicative and remediative properties of chestnut-leaved oak *Quercus-castaneifolia* C.A.Mey found in the Republic of Azerbaijan. The study aimed to assess the prospects of using this plant in the management of environmental quality in Azerbaijan. Four test sites, which differ in the degree of environmental pollution, were selected for the study. Two test sites are located in Baku, the capital city that has a rather high level of pollution. The other two test sites are located in the country. The bioindicative properties of chestnut-leaved oak were investigated by analyzing the developmental stability of leaves morphogenesis. To determine the developmental stability of leaves, the method of fluctuating asymmetry was used. The bioaccumulative properties of the plant were investigated by elemental analysis of leaves and soil. For this, the methods of sampling, sample preparation and sample were used according to GOST RF. The analysis of the main chemical components in the leaf and soil samples was carried out using an inductively coupled plasma mass spectrometer and an atomic absorption spectrometer. The analysis of micro-components in the leaf and soil samples was carried out using an X-ray fluorescence spectrometer. It was found that there is a strong correlation between the degree of environmental pollution and the level of developmental stability of morphological characters of *Quercus castaneifolia* C.A.Mey. Environmental pollution increases the fluctuating asymmetry of the leaves. The results also showed that *Quercus castaneifolia* C.A.Mey has remediative properties. Therefore, chestnut-leaved oak can be a monitored species in the integrated environmental monitoring system in Azerbaijan.

Key words: bioindication; fluctuating asymmetry; elemental analysis.

About the authors: Afat Oktaygyzy Mammadova¹, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Masters and Doctors Department; Roza Nazim gyzy Mammadova, Doctoral Student.

Place of employment: Baku State University.

Мамедова А.О., Мамедова Р.Н. Исследование биоиндикативных свойств *Quercus castaneifolia* C.A.Mey на природных и урбанизированных территориях республики Азербайджан // Вестник Нижнеартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 71–79.

Mammadova A. O., Mammadova R. N. A study of bioindicative properties of *Quercus castaneifolia* C.A.Mey in naturaland urbanized sites in azerbaijan // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 71–79.
