

Bakı Şəhərinin Müxtəlif Dərəcədə Çirklənmiş Ərazilərində Bitən *Olea europea* L. Bitkisinin Yarpaqlarında Xlorofilin Flüoresensiyası, Fluktə Asimmetriyası Və Element Analizi

A.O. Məmmədova^{1,2*}, B.T. Qafarova¹

¹ Bakı Dövlət Universiteti, akademik Z.Xəlilov küç., 23, Bakı AZ 1148, Azərbaycan;

*E-mail: m.afet@mail.ru

² AMEA Botanika İnstitutu, Badamdar şossesi, 40, Bakı AZ 1003, Azərbaycan

Tədqiqat işi ətraf mühitin qiymətləndirilməsində vacib olan bitki obyektlərinin indikativ və remediativ xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsinə həsr olunmuşdur. Bu məqsədlə Bakı şəhərinin müxtəlif dərəcədə ekoloji çirklənmiş ərazilərində inkişaf etmiş zeytun (*Olea europea* L.) bitkisinin yarpaqlarında paralel olaraq xlorofilin flüoresensiyası, fluktə asimmetriyası tədqiq edilmiş, element analizi aparılmış və onlar arasında korrelyasiya müəyyənləşdirilmişdir. Bitki yarpaqlarının fizioloji halını, morfoloji əlamətin fenotipik dəyişməsini və metal elementlərinin toplanma xüsusiyyətlərini xarakterizə etməklə ekoloji monitoring üçün mühüm məlumatların toplanması mümkün olmuşdur.

Açar sözlər: *Olea europea* L., biomonitorinq, fluktə asimmetriyası, flüoresensiya, xlorofil, element analizi

GİRİŞ

Müasir dövrümüzdə sürətli inkişafı ilə bağlı şəhər mühitinin çirklənməsi daim artmadadır. Bakı şəhərində əhalinin artımı ilə əlaqəli olaraq texnogen çirklənmələrin sürətlə artması cəmiyyətlə təbiət arasında balansın əhəmiyyətli dərəcədə pozulmasına gətirib çıxarır. Urbanizə edilmiş ərazilərin ətraf mühitinin mühafizəsi prioritet məsələlərdəndir.

Ağac bitkilərinin çirklənmiş şəhər mühitinə adaptasiyası zamanı, cavab reaksiyası kimi onlarda müəyyən dəyişikliklər baş verir. Ağac bitkiləri şəhərlərdə mühit yaradan element hesab edilərək, şəhərin landşaft-arkitektura görüntüsünü verir, rekrasiya, sanitariya-gigiyenik və digər əsas funksiyaları yerinə yetirir (Горышина, 1991; Слепых, 2009). Bu funksiyaların əsas əhəmiyyəti antropogen fəaliyyətin nəticələrini proqnoz etməyə imkan verən kompleks monitoring sistemini formalaşdırmağa imkan verməsidir (Абдурахманов и др., 2010).

Bitki obyektləri ekosistemin biokütləsinin çox hissəsini təşkil edərək monitoring xarakterli ekoloji tədqiqatlarda daha əlverişlidir. Bitkilər digər canlı orqanizmlərlə müqayisədə mühitin zərərli amillərinin təsirinə daha çox uğrayır. Ağac bitkiləri biomonitorinqdə indikator kimi illik mövsümü dəyişiklikləri tədqiq etməyə imkan verir (McIver, 2002). Bu zaman bitki orqanizminin ətraf mühitlə daha sıx təmasda olan nisbətən həssas toxumaları və orqan kimi yarpağın morfoloji, struktur və fizioloji dəyişikliklərinin tədqiqi seçilir. Çirklənmiş ətraf mühit şəraitinin öyrənilməsi bitki orqanizmlərinin toxuma səviyyəsində tədqiq edilən əlamətlərinin fenotipik əlamətinin kənarlanmasına, bioindikasiyaya əsaslanır (Məmmədova, 2008). Ali bitkilərin morfoloji

əlamətlərinin kənarlanmasına yarpaqların rənginin dəyişməsi, xloroz, nekroz, yarpağın büzüşməsi (suzlaşma), tökülməsi və s. aiddir. Həmişəyaşıl və yarpağını tökən ağac bitkiləri ekofizioloji tədqiqatlarda xüsusi obyekt kimi özünü göstərir (Кавеленова и др., 2008)

Yarpaqlarda stabil inkişafın keyfiyyətinin kriteriyası kimi (Астауров, 1974) fluktuasiya asimmetriyasının inteqral göstəricilərinin təyini ekoloji monitoringlərdə son illərdə geniş istifadə olunur. Fluktə asimmetriya metodu orqanizmlərin stabil inkişaf keyfiyyətinin makroskopik səviyyədə qiymətləndirilməsində əlverişli testdir. Ədəbiyyatda ot və ağac bitkilərinin yarpaqlarında fluktuasiya asimmetriyası göstəricilərinin risk faktorlarının təsiri altında dəyişməsi haqqında məlumatlar mövcuddur (Гелашвили, 2001; Захаров, 2001; Mammadova, 2008).

Ədəbiyyat məlumatlarına görə, müxtəlif stres hallarında bitkilərin yarpaqlarında baş verən fizioloji dəyişiklikləri, xüsusilə, fotosintez zamanı olan dəyişiklikləri xlorofil flüoresensiya spektrləri vasitəsilə aşkar etmək olar (Artur et al., 2010; Agati, 1998).

Ətraf mühitin müxtəlif təbiətli çirkləndiricilərinin təsirindən canlı orqanizmlərin fizioloji xüsusiyyətlərinin dəyişmə səviyyəsinin tədqiqi, qiymətləndirmə prosesində daha dəqiq məlumatların toplanması ilə nəticələnir (Thach et al., 2007; Volgusheva et al., 2009). Tədqiqat işində Bakı şəhərinin müxtəlif dərəcədə çirklənmiş ərazilərində inkişaf edən zeytun ağacı bitkisinin populyasiyalarında morfo-fizioloji dəyişmələrin təzahürü kimi, yarpaqlarda xlorofilin flüoresensiya spektri və fluktə asimmetriyasının göstəriciləri öyrənilmişdir.

Eyni zamanda, bitki yarpaqlarında akkumulyasiya xüsusiyyətini aydınlaşdırmaq, çirkləndirici metalların toplanmasını müəyyən etmək üçün metal elementlərinin analizi də aparılmışdır (Али-заде, 2011; Bargagli, 1998; Tomasevic et al., 2004). Aparılan analizlər Bakı şəhərində geniş yayılmış zeytun ağacı bitkisinin ekoloji monitorinqdə əhəmiyyətli istifadəsi üçün fitoindikativ və fitoremediativ xüsusiyyətlərini xarakterizə etməyə imkan verir.

MATERIAL VƏ METODLAR

Təcrübələrdə tədqiqat obyektini kimi, zeytun (*Olea europea* L.) bitkisinin yarpaqlarından istifadə edilmişdir. *Olea europea* L. hündürlüyü 4-6 m və bəzən də daha çox olan yığcam çətirli həmişəyaşıl bitkidir (Флора Азербайджана, 1957). Zeytun ağacının lansetə oxşar yarpaqları boz-yaşıl rəngdə olur. Zeytun ağacı kontinental iqlim şəraitində yaxşı böyüyən, quraqlığa, zəif şoranlığa və güclü küləklərə davamlı, quru subtropik zonaların xarakterik bitkisidir. Bu baxımdan, Azərbaycanın bir sıra zonalarında, xüsusilə də Abşeron yarımadasında zeytun ağacları geniş yayılmışdır. Bu bitki uzunömürlü və davamlı olmasına baxmayaraq, eyni zamanda biomonitorinq obyektini kimi istifadə edilmək imkanına malikdir (Məmmədova, 2008). Hazırda Abşeron ərazisində zeytunun 20-dən çox növü becərilir. Odur ki, Abşeron yarımadası ərazilərində, şəhər parklarında və yol kənarlarında salınmış zeytun bağlarının fərdi ağaclarının ekoloji vəziyyətin qiymətləndirilməsində və monitorinqində istifadə edilməsi məqsədəuyğundur.

Tədqiqatlar Bakı şəhərinin çirklənmə dərəcəsinə görə fərqli iki ərazisi üzrə aparılmışdır. Tədqiqat üçün ərazilər Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin hesabatlarına və BDU və AMEA Geologiya İnstitutunun müvafiq laboratoriyalarında torpaq və atmosfer havasının analizinin nəticələrinə əsaslanaraq seçilmişdir. Nisbətən ekoloji təmiz-optimum hesab edilən sahə kimi Yasamal rayonu Nəbatət bağının ərazisində olan zeytun ağacı bitkilərinin yarpaqları, nisbətən ekoloji çirklənmiş sahə kimi, Bakı şəhəri mərkəzi hissəsinin intensiv avtonəqliyyat çirklənməsi olan yolətrafi ərazilərin sahələrində olan zeytun ağaclarının yarpaqları tədqiq edilmişdir.

Zeytun bitkisinin yarpaqlarında fluktə asimmetriya göstəricilərinin analizi üçün hər ağacdən 20 sayda olmaqla 250-300 yarpaq toplanmışdır. Zeytun ağacının dörd tərəfindən yer səthindən 1,3-1,7 m hündürlükdə olmaqla, eyni tipli, bitkiyə xarakterik olan yarpaqlar yığılmışdır. Hər bir yarpağın maksimal eni çərçivəsində orta ana damarından sağ və sol tərəfə olan məsafə (R və L) və

yarpağın uzunluq (l) parametrləri ölçülmüşdür. Ölçmə zamanı mm-lik ölçü okulyarlı MBS-9 lupasından istifadə edilmişdir (VanValen, 1962; Palmer, Strobeck, 1986). Nəticələr JavaScript əsasında yaradılmış xüsusi paket proqramla işlənmişdir. Yarpaqlarda fluktə asimmetriyasının göstəriciləri - bilateral fərq, orta kvadratik kənarlanma, dispersiya, fluktə asimmetriya əmsalı, variasiya əmsalı, xətti kənarlaşma və bilateral fərqi yayılması qrafiki göstərilmiş, sıralar arasında fərq və ehtimallıq müəyyən edilmişdir (Həsənlı, 2014; Лакин, 1990).

Qeyd edilən ərazilərdə bitən zeytun ağacının yarpaq nümunələrində xlorofilin flüoressensiya spektrləri (həyəcanlandırma 487 nm) otaq temperaturunda Cary Eclipse spektroflüometri vasitəsilə (Varian Inc., Les Ulis, France) ölçülmüşdür (Bidel, 2007). Spektrlər bütün yarpaqlarda onların adaksial tərəfindən təxminən 6 mm diametr səthdə yarpaqların ağaclardan yığılmasından bir gün sonra çəkilmişdir.

Zeytun bitkisinin yarpaqlarından və inkişaf etdiyi torpaqdan nümunələr götürülərək, JEOL7600F skanedici elektron mikroskopunda (SEM) xarakterik şüalar əsasında element analiz edilmişdir. Tədqiq olunan ərazi sahələrinin beş nöqtəsindən torpaq nümunələri götürülmüşdür. Analizlərin aparılması üçün yuyulmamış yarpaqlardan 1 sm disk formasında kəsiklər hazırlanmış, onlar heç bir təsirə və təzyiqa məruz qalmadan təmiz mühitdə qurudulmuşdur. SEM altında kəsiklər ikiqat kömür stikerin üzərində xüsusi saxlayıcı ilə fiksə edilmiş, daha sonra hazırlanmış nümunələr ion püskürdücü ilə vakuumda qızıl və palladiumla örtülmüşdür. Təcrübələrin variantları üzrə hazırlanmış nümunələrinin SEM vasitəsilə fiksə edilmiş çoxqatlı təsviri və xəritələnməsi verilmişdir.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Bakı şəhərində kontrol kimi nisbətən ekoloji təmiz, sənaye istehsalı olmayan, nəqliyyatın demək olar ki, olmadığı, nisbətən təmiz ekosistem - şərti olaraq ekoloji optimum ərazi kimi adlandırılmış, digər sahə sutkalıq nəqliyyatın çox intensiv olduğu, sənaye istehsalına yaxın ərazi - şərti olaraq ekoloji riskli sahə adlandırılmışdır. Ekoloji optimum və riskli sahənin zeytun ağaclarından yığılan yarpaqların fluktə asimmetriya göstəricilərinin nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Zeytun ağacının yarpaqlarında fluktə asimmetriya göstəricilərinin dəyişmələri aydın gözə çarpır. Belə ki, şərti "ekoloji riskli" adlanan sahədə inkişaf edən zeytun ağaclarının yarpaqlarında bilateral fərqi mütləq qiyməti 2,3 dəfə artmışdır. Ekoloji təmiz sahədə tədqiq olunan əlamətin variasiya əmsalı 40, ekoloji çirklənmiş sahədə isə qeyd edilən əlamətin

variasiya əmsalı 62 olmuşdur. Bu da variasiya sırasında əlamətlərin bilateral fərqi mütəlak qiymətlərinin ekoloji təmiz sahədə çirklə sahəyə nisbətən 1,5 dəfədən artıq bircins olduğunu göstərir. Variasiya sırasında ekoloji optimum sahədə bitkinin yarpaqlarında bilateral asimmetriyanın dominant fərqi (Mod) 0,4, ekoloji çirklə sahədə bitən bitkinin yarpaqlarında isə bu göstərici 0,9-a bərabərdir. Variasiya daxilində bilateral asimmetriyanın mütəlak minimum ilə maksimum fərqi arasında qiymət optimum variantda - 2, riskli variantda isə 3,5-ə bərabər olmuşdur. Analiz edilən parametrlərə əsasən Bakı şəhərinin nisbətən təmiz ekoloji ərazisi kontrol kimi 100 balla qiymətləndirilərsə, nəticələrə və statistik hesablamalara əsasən tədqiq olunan çirklə ekoloji ərazi 61 balla qiymətləndirilir. Bu göstəricilər çirklənmə şəraitində canlı orqanizmlərin məhv olmamış orqanizm daxilində ilkin dəyişikliklərə əsaslanaraq ekoloji vəziyyəti test etməyə imkan verir. Prosesi daha aydın təsvir etmək üçün bilateral fərqi mütəlak qiymətinin yayılma ehtimalını göstərən əyriyə diqqət edək (Şəkil 1). Şəkildən görüldüyü kimi, ekoloji riskli sahədə yarpaqlarla aparılan analiz nəticəsində alınan nəticələrin qrafik əyrisi kontrol variantdan fərqli olaraq, öz formasını dəyişir və üç sayda pik sərhədlər əmələ gətirir.

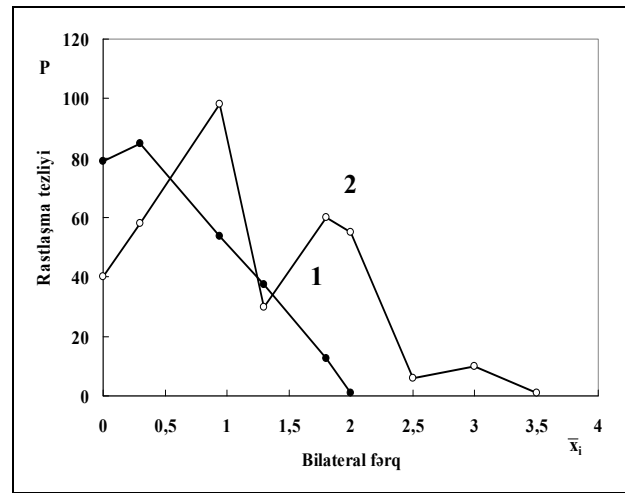
Cədvəl 1. *Olea europea* L. bitkisinin yarpaqlarının fluktə asimmetriya göstəriciləri

Sahə	Bilateral fərq	F.A.Ə.	V	D.	Mod	R	Eb.
Ekoloji optim.	0,51±0,03	0,007	40	0,11	0,4	2	100
Ekoloji riskli	1,15±0,04	0,03	62	0,36	0,9	3,5	61

$p < 0,01$

Beləliklə, Bakı şəhərinin nisbətən ekoloji çirklə hesab edilən ərazisində zeytun bitkisinin yarpaqlarında fluktəasiya asimmetriyasının parametrlərinin səviyyəsi daha yüksəkdir.

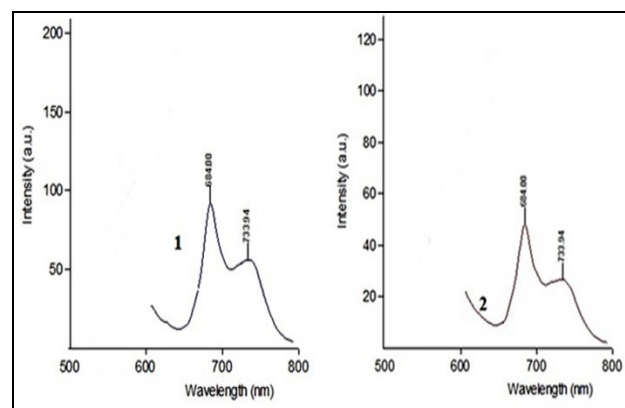
Tilakoid membranlarında, xloroplastlarda, bitki toxumalarında və nəhayət, nativ yarpaqlarda təbii halda xlorofilin flüorssensiyası fotokimyəvi prosesləri öyrənmək üçün həssas bir vasitədir. Müxtəlif stres hallar bitkilərdə xlorofilin flüorssensiyasına təsir edir. Xlorofilin qırmızı dalğalı flüorssensiya şüalanması ətraf mühitin ekoloji vəziyyətində yaranan anomaliyaların monitorinqində əhəmiyyətli parametrlər kimi götürülə bilər (Рубин, 2005; Казимирко, 2006; Thach et al., 2007).



Şəkil 1. Ekoloji optimum və ekoloji riskli sahələrdə *Olea europea* L. bitkisinin yarpaqlarında bilateral fərqi mütəlak qiymətinin yayılma qrafiki. 1- ekoloji optimum, 2- ekoloji riskli

Bakı şəhərinin ekoloji vəziyyətinin müxtəlifliyinin bu ağacların inkişafına təsirini müəyyən etmək üçün, ekoloji monitorinq apararaq riskin qiymətləndirilməsi üçün xlorofilin flüorssensiya spektrləri öyrənilmişdir.

Təcrübələrdə Bakı şəhərinin çirklə ərazilərində və nəqliyyatın intensiv olduğu yol kənarlarında bitən zeytun ağacının yarpaqları toplanmış və onların flüorssensiya spektrləri çəkilərək normal şəraitdə bitən ağacların yarpaqları ilə müqayisə edilmişdir. Şəkil 2-də Bakı şəhərində ekoloji optimum və nisbətən ekoloji çirklənmə şəraitində inkişaf etmiş zeytun ağaclarından toplanmış identik yarpaqlarda otaq temperaturunda xlorofilin flüorssensiya spektrləri verilmişdir.



Şəkil 2. Ekoloji optimum şəraitdə (1) və ekoloji riskli ərazidə (2) bitən *O. europea* L. bitkisinin yarpaqlarında xlorofilin flüorssensiya spektrləri.

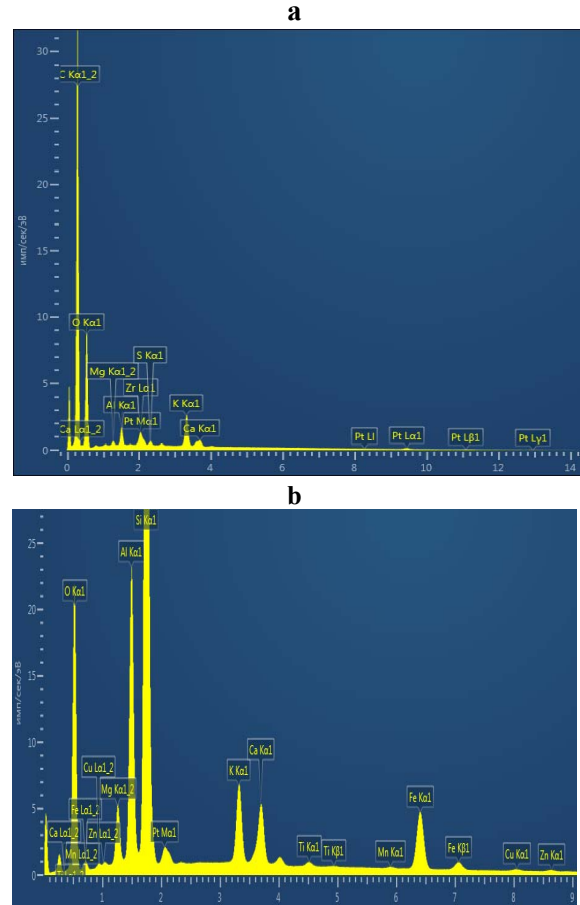
Flüorssensiya spektrləri spektrin qırmızı sahəsində 684 nm maksimumlu qısdalğalı və 734 nm maksimumlu nisbətən zəif uzundalğalı zolaqla xarakterizə olunur. Hər iki spektr eyni lokallaşmış

maksimumlara malikdir. Bu ətraf mühitin qeyri-əlverişli şəraitinin onların vəziyyətinə zəif təsirdən xəbər verir. Ekoloji optimum hesab edilən ərazidə olan zeytun ağacının yarpaqlarının flüoresensiya zolaqlarının intensivliyi ekoloji çirкли hesab edilən ərazidə bitən zeytun ağacına nisbətən nəzərə çarpacaq dərəcədə yüksəkdir. Bu fərq, işıq toplayan xlorofil-zülal kompleksinin sintezinin ləngiməsi və müvafiq olaraq çirklənmiş ərazilərdə yarpaqlarda fotosintetik flüoresensiya mərkəzinin ölçüsü ilə bağlı ola bilər. Ədəbiyyat məlumatlarından məlumdur ki, xlorofil flüoresensiyasının qısa dalğalı maksimal intensivliyinin uzun dalğalı maksimum intensivliyinə nisbəti (685/730) fotosintetik aparatın əsas göstəricisidir (Казимирко, 2006) Belə ki, bizim halda kontrolda bu nisbət 0,65, müvafiq olaraq təcrübə variantında 0,55-ə bərabər olmuşdur. Məlumdur ki, qısa dalğalı flüoresensiya zolağı müəyyən dərəcədə tilakoid membranda 2-ci fotosistemin nüvə antenasının şüalanması ilə bağlıdır (Baker, 2008). Həmçinin məlumdur ki, 2-ci fotosistem fotosintetik aparatın ətraf mühitin zərərli amillərinə təsirinə daha həssas hissəsidir. F 685/F 730 nisbətində az da olsa, fərqin olması, çirklənmiş ərazidə bitən ağacların yarpaqlarında fotosistemin reaksiya mərkəzinin fəaliyyətinin zəifləməsindən xəbər verir. Beləliklə, çirкли ərazilərdə bitən zeytun ağaclarında xlorofilin flüoresensiya spektri normal ərazilərdə bitənlərlə müqayisədə az fərqlənir ki, bu da zeytun ağaclarının çirklənmə şəraitində öz xlorofil kompozisiyasını normal saxlaya bilər və mühüm dəyişikliyə uğramır.

Nəticə olaraq onu qeyd etmək olar ki, zeytun ağacı dözümlü bitki olmasına baxmayaraq onun yarpaqlarında flüoresensiya şüalanmasının parametrləri ətraf mühitin ekoloji monitorinqində bir komponent kimi istifadə oluna bilər və riskin qiymətləndirilməsində faydalı ola bilər.

Tədqiqat işinin üçüncü mərhələsi zeytun ağacı bitkisinin yarpaqlarında metal elementlərin toplama xüsusiyyətinin SEM vasitəsi ilə analiz edilməsindən ibarət olmuşdur. Tədqiqatda öncə təmiz və nisbi ekoloji riskli sahələrdən torpaq nümunələri götürülərək element tərkibi SEM vasitəsi ilə analiz edilmişdir. Analizin nəticələri şəkil 3-də göstərilmişdir. Torpaqların element tərkibinin xəritələnməsindən görünür ki, tədqiq edilən sahələrdən götürülən torpaq nümunələrində elementlərin miqdarı fərqlidir. Belə ki, nisbətən təmiz ekoloji mühitin beş müxtəlif nöqtələrindən torpaq nümunələri götürülərək SEM mikroskopunda analiz edilmiş və nəticələr qrafiki olaraq şəkil 3-də verilmişdir. Göründüyü kimi, ekoloji çirкли mühitin torpaqlarında metal elementlərin miqdarı kontrol hesab edilən mühitlə müqayisədə daha çoxdur. Belə ki, ekoloji çirкли hesab edilən, ekoloji riskli mühitdə Al-un miqdarı 11 dəfə, Mg - 6 dəfə, Zn və Cu - 1,5 dəfə artıq

müəyyən edilmişdir. Həmçinin Mn, Ti elementlərinin də kifayət qədər miqdarı aşkar olunmuşdur. Bu elementlər ekoloji təmiz mühitin torpaqlarında müəyyən edilməmişdir. Ekoloji təmiz mühitdə doza həddi səviyyəsində K, Ca, Fe elementləri demək olar ki, eyni miqdarda müəyyən olunmuşdur.



Şəkil 3. Çirklənmə dərəcəsi müxtəlif olan torpaq nümunələrinin SEM vasitəsilə element tərkibinin xəritələnməsi: a) ekoloji optimum, b) ekoloji çirкли hesab edilən ərazilərdə torpaq nümunələrinin element analizi.

Yarpaqları analiz olunan zeytun ağacının inkişaf etdiyi mühitin torpaq tərkibinin element analizinin nəticələri ilə yarpaqlarda SEM element analizinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Yarpaqların SEM vasitəsi ilə element analizinin qrafik təsviri şəkil 4-də verilmişdir. Müqayisəli təhlil apardıqda ekoloji çirкли mühitdə inkişaf etmiş zeytun ağacının yarpaqlarında toplanmış metal elementlərinin miqdarı kontrol mühitdə inkişaf etmiş bitkilərin yarpaqlarında toplanmış elementlərlə müqayisədə daha artıq miqdarda aşkarlanmışdır.

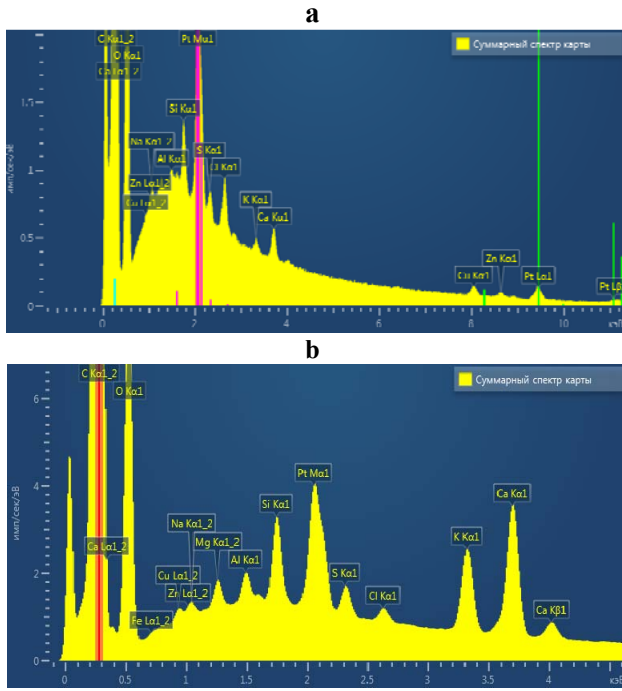
Ekoloji çirкли mühitdə inkişaf edən zeytun ağacı bitkisinin yarpaqlarında Cu - 1,7, Al - 2,2, Si - 2,4, Zn - 1,5, Cl - 1,7, Na - 1,6 dəfə və S - 1,4 dəfədən çox toplanmışdır. Mn, Mg və Fe elementləri kontrol mühitin yarpaqlarının analizi zamanı aşkarlanmamışdır.

MİNNƏTDARLIQ

Bitki yarpaq nümunələrinin fluorensensiya spektrlərinin çəkilməsinə və yarpaqların element analizinin aparılmasına görə prof. M. Ramazanovun rəhbərliyi ilə BDU-nun Nanoaraşdırmalar laboratoriyasının əməkdaşlarına təşəkkür edirik.

ƏDƏBİYYAT

- Həsənlı Y.** (2014) Statistika, Bakı, 674 s.
- Məmmədova A.O.** (2008) Bitki bioindikatorları və ətraf mühitin qiymətləndirilməsi. Bakı: BDU Nəşriyyatı, 176 s.
- Али-заде В.М., Ширвани Т.С., Алирзаева Э.Г.** (2011) Устойчивость растений к токсичности металлов и нефтяных углеводородов. Подходы к фиторемедиации. Баку: Элм, 276 с.
- Астауров Б.Л.** (1974) Исследование наследственных нарушений билатеральной асимметрии в связи с изменчивостью одинаковых структур в группах организмов. *Наследственность и развитие*. М.:Наука, 4 с.
- Гелашвили Д.Б., Краснов А.К., Логинов В.В., Мокров И.В., Радаев А.А., Силькин А.А., Слепов А.П., Чупрунов Е.В.** (2001) Методологические и методические аспекты мониторинга здоровья среды государственного природного заповедника «Керженский». *Труды Гос. Пр. Зап. «Кержинский»* (Н. Новгород), **1**: 287-325.
- Захаров В.М.** (2001) Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость). *Экология*, **3**: 177-191.
- Кавеленова Л.М., Малыгина Е.В., Розно С.А., Смирнов Ю.Б.** (2008) К методологии экофизиологических исследований листьев древесных растений. *Поволожский экологический журнал*, **3**: 200-210.
- Казимирко Ю.В.** (2006) Разработка флуориметрических методов оценки состояния фотосинтетического аппарата для биоиндикации среды. *Автореф. дисс. канд. биол. наук*. Москва.
- Лакин Т.Ф.** (1990) Биометрия. Москва: Высшая школа, 349 с.
- Флора Азербайджана** (1957) Баку, изд. АН Азерб., **VII**: 75, 78 с.
- Рубин А.Б.** (2005) Биофизика фотосинтеза и методы экологического мониторинга. *Технология живых систем*, **2**: 47-68.
- Gouveia N.A.S., Silva Jr. E.A., Costa E.B., Bueno L.A., Silva L.M.H., Granja M.M.C., Medeiros M.J.L., Câmara T.J.R., Willadino L.G.** (2010) Abiotic stress diagnosis via laser induced chlorophyll fluorescence analysis in plants for biofuel <http://cdn.intechopen.com/>.



Şəkil 4. Müxtəlif dərəcədə çirklənmə şəraitində inkişaf etmiş *Olea europea L.* bitkisinin yarpaqlarında SEM vasitəsilə element tərkibini: a) ekoloji optimum ərazidən, b) ekoloji çirklənmə ərazidən yarpaq nümunələrində analizi.

Beləliklə, zeytun ağacı bitkisinin ontogenezdə stabil inkişafının dəyişməsinə müəyyən etməklə, ekoloji monitorinqdə ətraf mühitin qiymətləndirilməsi üçün məlumat toplamaq və buna əsaslanaraq ətraf mühitin idarə edilməsini planlaşdırmaqla təmin etmək mümkündür.

Zeytun bitkisi qeyri-əlvərişli mühit şəraitinə dözümlü bitki olmasına baxmayaraq, stresli, riskli mühitlərdə cavab reaksiyası göstərərək, yarpaqlarında fenotipik dəyişənliyin təzahürü kimi morfoloji əlamətlərin və fizoloji prosesin dəyişməsinə səbəb olur. Yarpaqlarda əlamətin morfometrik dəyişməsi yarpağın daxilində fizioloji vəziyyətin həssaslığı ilə korrelyativ dəyişir. Daha doğrusu, yarpaqda fluktə asimetriya göstəricilərinin dəyişməsi əsasında orqanizmdaxili daha kiçik strukturlarda dəyişmə qanunauyğunluqlarını müəyyən etmək olar. Təcrübələrdə zeytun bitkisinin fitoindikativ, həmçinin remediativ xüsusiyyətlərə də malik olduğunu müəyyən edərək biomonitorinqdə tədqiqat işlərinin aparılmasına imkan yaratmış olur. Tədqiqatlar zamanı eyni yaşlı bitkinin daha çox çirklənmə şəraitində yarpaqlarında yarpaq çəkisinin miqdarına görə daha çox metal elementləri toplanmışdır. Bu da biomonitorinqdə bərpa işlərində Bakı şəhərində Abşeron rayonunda geniş yayılmış zeytun bitkisinin fitoremediativ xüsusiyyətlərindən istifadə etməyə imkanlar yaradır.

- Agati G.** (1998) Response of the *in vivo* chlorophyll fluorescence spectrum to environmental factors and laser excitation wavelength. *Pure and Applied Optics*, **7(4)**: 797-807 0963-9659.
- Bargagli R.** (1998) Trace elements in terrestrial plants: An ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery. Berlin, Heidelberg, NY: Springer-Verlag, 243 p.
- Bidel L., Meyer S., Goulas Y., Cadot Y., Cerovic Z.G.** (2007) Responses of epidermal phenolic compounds to light acclimation: *in vivo* qualitative and quantitative assessment using chlorophyll fluorescence excitation spectra in leaves of three woody species. *Journal of Photochemistry and Photobiology, B - Biology*, **88**: 163-179.
- Baker N.R.** (2008) Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo*. *Annual Review of Plant Biology*, **59**: 89-113.
- Lichtenthaler H.K.** (1990) Applications of chlorophyll fluorescence in stress physiology and remote sensing. *Applications of Remote Sensing in Agriculture*, 287-305.
- Markert, B., Wuenschmann, S., Fraenzle, S., Figueiredo, A.M., Riberio, A.P., and Wang, M.** (2011) Bioindication of atmospheric trace metals - with special reference to megacities. *Environmental Pollution*, **159**: 1991-1995.
- McIver D.C., Fenesh A.** (2002) Biodiversity monitoring. *Proceedings of the Euro MAB 2002 Meeting*, Roma: 84-85.
- Palmer A.R., Strobeck C.** (1986) Fluctuating asymmetrically measurement, analysis, patterns. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **17**: 391-421.
- Thach L.B., Shapcott A., Schmidt S., Critchley C.** (2007) The OJIP fast fluorescence rise characterizes *Cryptophyllum* species and their stress responses. *Photosynthesis Research*, **94(2)**: 423-436.
- Tomasevic M.Z., Vukmirovic Z., Rajsic S.M., Tasic 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
- Volgusheva A.A., Yakovleva O.V., Konyukhov I.V.** (2009) Analysis of the chlorophyll fluorescence parameters in the bark chloroplast of poplar from different areas of Ulan Bator. *MCE*, **2**: 180-197.

**Флуоресценция Хлорофилла, Флуктуирующая Асимметрия И Элементный Анализ
В Листьях Растения *Olea europea* L. На Территориях Города Баку
Различной Степени Экологической Загрязненности**

А.О. Мамедова^{1,2}, Б.Т. Гафарова¹

¹Бакинский государственный университет

²Институт ботаники НАНА

Работа посвящена определению индикативных и ремедиативных особенностей растительного объекта, имеющего важное значение при оценке окружающей среды. С этой целью были исследованы спектры флуоресценции хлорофилла, флуктуирующая асимметрия, проведен элементный анализ, а также определена корреляция между ними в листьях растений *Olea europea* L., произрастающих на территориях города Баку, характеризующихся различной степенью экологической загрязненности. Благодаря изучению физиологического состояния, фенотипического изменения морфологического признака и способности накопления элементов металлов в листьях растений, возможно получить ценную для экологического мониторинга информацию.

Ключевые слова: *Olea europea* L., биомониторинг, флуктуирующая асимметрия, билатеральная разница, спектр флуоресценции, хлорофилл, элементный анализ

**Chlorophyll Fluorescence, Fluctuation Asymmetry Parameters And Elemental Analysis
In The Leaves Of *Olea europea* L. Plants in territories Of Baku characterized
by various degrees of pollution**

A.O. Mammadova^{1,2}, B.T. Gafarova¹

¹*Baku State University*

²*Institute of Botany, ANAS*

The study is dedicated to the definition of indicative and remedative features of plants, which are of great importance for the environmental assessment. For this purpose, chlorophyll fluorescence, fluctuation asymmetry and elemental analysis have been performed in parallel, and correlation among them has been defined in the leaves of *Olea europea* L. olive plants grown in territories of Baku characterized by various degrees of pollution. The study of the physiological state, phenotypic changes in morphological characters and the ability to accumulate metal elements in the plant leaves may provide valuable information for the environmental monitoring.

Key words: *Olea europea* L., biomonitoring, fluctuating asymmetry (FA), bilateral difference, fluorescence spectra, chlorophyll, elemental analysis