

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI  
BOTANİKA İNSTİTUTU**

---

---

*Əlyazması hüququnda*

**TALİYYƏ YAQUB qızı ORUCOVA**

**AZƏRBAYCAN FLORASINDA YAYILAN BƏZİ CAM VƏ C<sub>4</sub>  
BİTKİLƏRDƏ FOTOSİNTETİK FERMENTLƏRİN  
AKTİVLİKLƏRİNİN GÜNDƏLİK TSİKLİNİN  
TƏNZİMLƏNMƏSİ**

**2406.02 – “Biokimya”**

*Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi  
dərəcəsi almaq üçün təqdim edilən dissertasiyanın*

**AVTOREFERATI**

**Bakı – 2018**

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun Karbonun fotosintetik assimilyasiyasının enzimologiyası laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbərlər:**

**Akademik Cəlal Əlirza oğlu Əliyev**

Biologiya üzrə elmlər doktoru

**Şahniyar Mikayıl oğlu Bayramov**

**Rəsmi opponentlər:**

Əməkdar elm xadimi, kimya üzrə elmlər doktoru, professor

**Siracəddin Vəli oğlu Sərkərov**

Biologiya üzrə elmlər doktoru,

professor **Əhəd Əli oğlu Nəbiyev**

**Aparıcı təşkilat:**

**Bakı Dövlət Universitetinin**

**Biokimya və biotexnologiya kafedrası**

Dissertasiyanın müdafiəsi “29” “iyun” 2018-ci il saat 11<sup>00</sup>-da AMEA Botanika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən D.01.061. Dissertasiya Şurasının yığıncağında aşağıda göstərilən ünvanda keçiriləcəkdir.

**Ünvan:** Bakı şəhəri, AZ1073, Mətbuat prospekti, 2A

Dissertasiya ilə AMEA Botanika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiyanın avtoreferatı “ ” “ ” 2018-ci il tarixində göndərilmişdir.

**Dissertasiya Şurasının elmi katibi,  
biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent**

**X.C.Xəlilova**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** Abiotik stres amilləri ayrı-ayrılıqda və ya kompleks şəkildə bitkilərin böyüməsinə, inkişafına, məhsuldarlığına mənfə təsir göstərərək, müxtəlif biokimyəvi və molekulyar dəyişikliklərə səbəb olur. Yüksək temperatur, quraqlıq, duzluluq və digər ətraf mühit amilləri əsas abiotik stres amillərindən olub, bitki hüceyrələrində ciddi zədələnmələr yaradır [Mickelbart et al., 2015; Mathur et al., 2014]. Məlumdur ki, təbii mühit şəraitində bitkilər böyümə və inkişaf zamanı müxtəlif temperatur dəyişikliklərinin təsirinə məruz qalırlar. Xüsusilə yay mövsümündə temperatur göstəricilərində baş verən dəyişikliklər, hüceyrədə gedən metabolik proseslərə təsir etməklə, bitkinin normal inkişafının pozulmasına səbəb olur. Son dövrlərdə dünyada müşahidə olunan iqlim dəyişiklikləri bitki örtüyünə, növmüxtəlifliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərərək, qlobal miqyasda ərzaq təhlükəsizliyi üçün böyük risklər yaradır [Christensen and Christensen, 2007].

Qida və enerji təhlükəsizliyinin qorunmasında fotosintezin  $C_4$  və CAM yolunun potensialının yüksək olması son illərdə bu sahədə aparılan tədqiqat işlərinin artmasına səbəb olmuşdur [Caemmerer et al., 2017; Borland et al., 2015]. Fotosintezin  $C_4$  və CAM yoluna aid olan bitkilər  $C_3$  bitkilərlə müqayisədə sudan, azotdan daha effektiv istifadə etməklə, yüksək radiasiya, temperatur, quraqlıq, duzluluq müşahidə olunan ərazilərə daha yaxşı adaptasiya olunurlar [Sage, 2014]. Bu mexanizmlərə malik olan bitkilərdə biokimyəvi və adaptasiya mexanizmlərinin öyrənilməsi bitkilərin davamlılıq xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Azərbaycan florasında yayılan çiçəkli bitki fəsilələrinin növləri arasında CAM və  $C_4$  fotosintez həyata keçirən növlərin aşkar edilməsi və onların biokimyəvi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi elmi və praktiki əhəmiyyət daşıyır.

**Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri.** Təqdim olunan dissertasiya işinin əsas məqsədi Azərbaycan florasında yayılmış fotosintezin  $C_4$  və CAM yoluna aid olan bitkilərin aktiv vegetasiya fazalarında bəzi fotosintetik fermentlərin aktivliyinin tənzimlənməsinin öyrənilməsindən ibarət olmuşdur.

Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı tədqiqatların yerinə yetirilməsi planlaşdırılmışdır:

- Azərbaycan florasında təbii şəraitdə yayılan *Sedum* cinsinin bəzi növlərində sutkalıq titirlənən turşuluğun dəyişməsinə əsasən CAM fotosintezə aid olan növlərin aşkar edilməsi;
- *Sedum caucasicum* (*Hylothelephium caucasicum*) növünün fotosintezedici orqanlarında ətraf mühit parametrlərindən asılı olaraq titirlənən turşuluğun sutkalıq dəyişmə dinamikasının və fotosintetik effektivliyinin tədqiqi;
- *S. caucasicum* növündə bəzi fotosintetik fermentlərin aktivliklərinin sutkalıq dəyişməsi və fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi;
- Abşeron florasında təbii yayılmış ikiləpəli *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan C<sub>4</sub> növlərin fotosintezedici orqanlarında bitkilərin aktiv vegetasiya fazalarında C<sub>3</sub> və C<sub>4</sub> tsiklinin bəzi fermentlərinin aktivliklərinin gün ərzində dəyişmə dinamikasının müqayisəli öyrənilməsi;
- *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan bəzi xarakterik C<sub>4</sub> növlərdə fosfoenolpiruvatkarboksilaza, aspartataminotransferaza və alaninaminotransferaza fermentlərinin aktivliklərinin temperaturdan və onların substratlarının qatılığından asılı olaraq kinetik parametrlərinin öyrənilməsi;
- *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan *Atriplex tatarica* və *Salsola dendroides* növlərinin biokimyəvi yarım tipinin müəyyənləşdirilməsi.

**İşin elmi yeniliyi.** İlk dəfə olaraq, Qafqaz florası üçün endemik hesab olan *Sedum caucasicum* (*Hylothelephium caucasicum*) növünün obliqat CAM bitkisi olduğu müəyyən edilmişdir.

*Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan ikiləpəli *Neoe mucranata*, *Suaeda altissima*, *Salsola dendroides* və *Atriplex tatarica* bitkilərində ilk dəfə olaraq, təbii şəraitdə, bitkilərin aktiv vegetasiya fazalarında C<sub>4</sub> fotosintezin ətraf mühit temperaturunun dəyişməsinə biokimyəvi adaptasiyası və ayrı-ayrı yarım tiplərin cavab reaksiyası öyrənilmişdir. Biokimyəvi analizlərin nəticələrinə əsasən *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərinin C<sub>4</sub> fotosintezin NAD-ME yarım tipinə aid olduğu müəyyənləşdirilmişdir.

**İşin praktiki əhəmiyyəti.** Aparılan tədqiqat işi Azərbaycanın müasir bitki örtüyündə fotosintezin C<sub>4</sub> və CAM yoluna aid olan növlərin aşkarlanmasında, struktur, fizioloji və biokimyəvi tədqiqat üsullarından istifadə olunmaqla ətraf mühitin əlverişsiz amillərinə

qarşı bu fotosintetik yollara malik davamlı növlərin seçilməsində biokimyəvi marker kimi istifadə oluna bilər. Eyni zamanda bu növlərin öyrənilməsi təbii ekosistemin qorunması və bərpasına, otların təbii yem bazasının yaxşılaşdırılmasına, xarakterik növlərin təsərrüfat əhəmiyyətinin və ehtiyatının müəyyənəndirilməsinə imkan yarada bilər. Gələcəkdə əkin üçün yararsız olan şoranlaşmış və digər təsirlər nəticəsində degradasiya olunmuş torpaqlarda həmin bitkilərin becərilməsi bitki mənşəli kimyəvi maddələrin alınmasında, potensial bioyanacaq və yem bitkilərinin əldə olunmasında prespektivli ola bilər.

**İşin aprobasiyası.** Dissertasiya işinin əsas nəticələri Bakıda keçirilən “AMEA aspirantlarının elmi konfransı” (2008; 2009), Pekində keçirilən “Photosynthesis Research for Food, Fuel and Future” 15-ci Beynəlxalq konfransında (2010), “Photosynthesis Research for Sustainability” beynəlxalq konfransında (Puşino, 2014), (Krit, 2015), Bakıda keçirilən “Innovative approaches to conservation of biodiversity” beynəlxalq konfransında (2016), Gəncədə keçirilən “21-ci əsrdə dünya elmlərinin inteqrasiya prosesləri” beynəlxalq gənclər forumunda (2016), Bakıda keçirilən “Müasir biologiyanın innovasiya problemləri” VII beynəlxalq elmi konfransında (2017), Gəncədə keçirilən “Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfransında (2017), Minskdə keçirilən “The 3<sup>rd</sup> International symposium on Euroasian biodiversity” beynəlxalq simpoziumunda (2017), “Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability” beynəlxalq konfransında (Heydərabad, 2017) müzakirə olunmuşdur.

**İşin nəşri.** Dissertasiya işinə aid 9 məqalə və 12 tezis olmaqla, 21 elmi əsər çap edilmişdir.

**Dissertasiyanın quruluşu və həcmi.** Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, yekun, nəticə və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarət olmaqla ümumi həcmi 152 səhifə təşkil edir. İşdə 33 şəkil və 17 cədvəl verilmişdir. Alınan nəticələrin analizi zamanı 238 ədəbiyyat mənbəyinə istinad edilmişdir.

## İŞİN MƏZMUNU

**Ədəbiyyat icmalında** bitkilərdə olan karbon qatlaşdırıcı mexanizmlər, CAM və C<sub>4</sub>-bitkilərin fizioloji-biokimyəvi

xüsusiyyətləri, CAM metabolizmdə karbohidrat ehtiyatının tənzimlənməsi, C<sub>4</sub> fotosintezdə dekarboksilləşmə mexanizmləri və üzvi turşuların daşınma xüsusiyyətləri haqqında olan məlumatlar toplanmış və bu sahədə qarşıya çıxan suallar və problemlər ətraflı analiz olunmuşdur. Həmçinin C<sub>4</sub> fotosintezin müxtəlif yarımtiplərində dekarboksilləşdirici mexanizmlərin energetik dəyərləri haqqında ətraflı məlumat verilmişdir.

## TƏDQIQATIN MATERIAL VƏ METODLARI

Tədqiqat obyektı olaraq fotosintezin CAM yoluna aid olan *Crassulaceae* fəsiləsinin *S. caucasicum* (*H. caucasicum*) növündən və *Chenopodiaceae* fəsiləsinin C<sub>4</sub> fotosintez yoluna aid olan *N. mucranata*, *S. altissima*, *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərindən istifadə olunmuşdur. C<sub>4</sub> və CAM bitkilərin yarpaqlarından ferment preparatının alınması üçün müvafiq olaraq müxtəlif homogeneziya mühitləri seçilmişdir.

**Titirlənən turşuluğun və suyun nisbi miqdarının təyini.** CAM bitkilərdə titirlənən turşuluq və suyun nisbi miqdarı Kastilloya görə təyin edilmişdir [Castillo, 1996].

**Xlorofil flüoresesnsiya analizləri.** Fotosistem II-nin maksimum fotokimyəvi aktivliyi Mini-PAM flüorometerindən (WALZ, Germany) istifadə olunmaqla təyin edilmişdir.

**Fermentlərin aktivliyinin təyini.** Karboanhidraza fermentinin (KA) aktivliyinin təyini Wilbur-Anderson tərəfindən işlənmiş metod ilə [Wilbur-Anderson, 1948], fosfoenolpiruvatkarboksilaza (FEPK), NAD-malatdehidrogenaza (NAD-MDH), NADF-malatdehidrogenaza (NADF-MDH), fruktoza bisfosfotaza (FBPaza) fermentlərinin aktivlikləri Du və əməkdaşlarının metoduna əsasən [Du et al, 1999], NAD-malik enzim (NAD-ME), NADF-malik enzim (NADF-ME), NADF-qliseraldehidfosfat dehidrogenaza (NADF-QAFDH,) fermentlərinin aktivliyi Pyankova görə [Pyankov et al., 2000], aspartatamino-transferaza (AsAT), alaninaminotransferaza (AlAT) və fosfoenolpiruvatkarboksikinaza (FEPKK) fermentlərinin aktivlikləri Alfonso və Brüggemanna görə təyin edilmişdir [Alfonso and Brüggemann, 2012].

**Ümumi zülalların miqdarı** Bradford metodu ilə təyin olunmuşdur [Bradford, 1976].

**Statistik analizlər.** Bütün təcrübələr üç bioloji təkrarda aparılmışdır. Alınan nəticələr Microsoft Excel kompüter proqramının köməyi ilə statistik işlənmişdir.

## NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

**1. *S.caucasicum* növünün fotosintezedici orqanlarında titirlənən turşuluğun və fotosistem II-nin aktivliyinin ətraf mühit parametrlərindən asılı olaraq tədqiqi.** *S.caucasicum* bitkisinde CAM metabolizmin fəaliyyətini yoxlamaq üçün həm təbii, həm də nəzarət olunan şəraitdə bitən bitkinin müxtəlif yaşlı yarpaqlarında, yarpağın müxtəlif hissələrində titirlənən turşuluğun sutkalıq dəyişməsi günün müxtəlif saatlarında ölçülmüşdür. Alınan nəticələr göstərmişdir ki, həm təbii, həm də nəzarət olunan şəraitdə bitən bitkinin yarpaqlarında səhər saatlarında ( $6^{00}$ - $9^{00}$ ) titirlənən turşuluğun miqdarı yüksək olub, gün ərzində azalır və axşam saatlarında ( $16^{00}$ - $18^{00}$ ) turşunun miqdarı ən aşağı qiymət alır. Təbii şəraitdə *S.caucasicum* növünün ilkin əmələ gələn yarpaqlarında, çiçəklərində (açılmış və açılmamış) və gövdəsində titirlənən turşuluğun miqdarı digər yarpaqlarla müqayisədə dəfələrlə az olmuş və onun miqdarı gün ərzində dəyişməmişdir (cədvəl1).

**Cədvəl 1.** Təbii şəraitdə yetişən *S.caucasicum* növünün müxtəlif orqanlarında və yarpaq yaruslarında titirlənən turşuluğun dəyişmə dinamikası

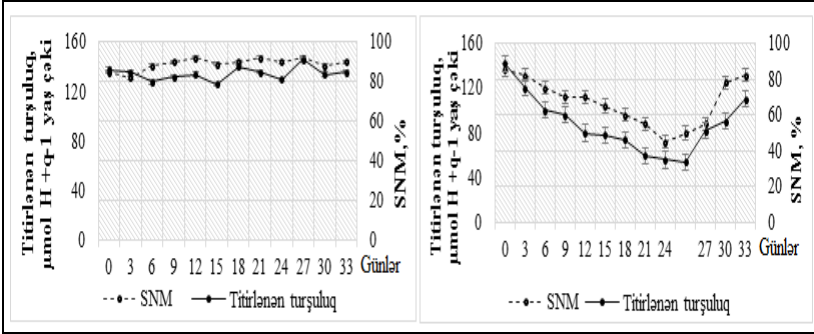
	$8^{00}$	$12^{00}$	$16^{00}$	$20^{00}$	$24^{00}$
İlk yarpaq	44±4,2	42±4,1	38±3,3	40±4,1	44±4,3
1 yarpaq	114±11,3	46±4,2	26±2,5	20±2,2	60±5,9
2 yarpaq	122±12,1	76±7,2	26±2,5	22±2,2	70±7,3
3 yarpaq	126±12,3	88±8,1	24±2,4	20±2,1	70±7,3
4 yarpaq	130±13,1	96±9,3	24±2,4	20±2,2	65±5,9
5 yarpaq	124±12,2	88±8,1	24±2,4	20±2,2	60±5,8
6 yarpaq	124±12,2	60±6,2	22±2,0	18±1,6	60±5,9
Çiçək	40±4,1	38±3,6	38±3,3	40±4,1	40±4,1
Gövdə	36±3,1	36±3,5	36±3,1	40±4,1	40±4,1

*Qeyd: Titirlənən turşuluğun miqdarı  $\mu\text{mol } q^{-1}$  yaş çəkiyə görə ifadə olunmuşdur.*

Bu göstərir ki, *S.caucasicum* növünün çiçək və gövdəsində, həmçinin ilk əmələ gələn yarpaqlarında CAM fotosintez baş vermir.

Suvarılan və quraqlıq stresinə məruz qalmış və yenidən

suvarılmış *S.caucasicum* növünün yarpaqlarında sutka ərzində titirlənən turşuluğun və suyun nisbi miqdarının (SNM) dəyişməsi ölçülmüşdür (şəkil 1).



**Şəkil 1.** Suvarılan və quraqlıq stresinə məruz qalan *S. caucasicum* növünün yarpaqlarında suyun nisbi miqdarının və titirlənən turşuluğun miqdarının vaxtdan asılı olaraq dəyişmə dinamikası.

Şəkil 1-də səhər saatlarında yarpaqda ölçülmüş SNM və titirlənən turşuluğun miqdarı göstərilmişdir. Alınan nəticələr göstərmişdir ki, normal suvarılan bitkilərin yarpaqlarında SNM və titirlənən turşuluğun miqdarı 1 ay müddətində çox cüzi kənarlanmalar müşahidə olunmaqla demək olar ki, dəyişməyərək yüksək qalmışdır. Quraqlıq stresinin davam etmə müddəti artdıqca, yarpaqlarda həm SNM, həm də titirlənən turşuluğun miqdarı azalmış, 24-cü gündən sonra təkrar suvarma zamanı SNM və titirlənən turşuluğun miqdarı yenidən artmışdır. Bu həmin bitkilərdə yenidən suvarma zamanı bərpa prosesinin sürətlə getdiyini göstərir.

Sutka ərzində titirlənən turşuluğun dəyişmə dinamikasına, həmçinin quraqlıq stresinin təsirindən yarpaqda suyun nisbi miqdarının və titirlənən turşuluğun dəyişmə dinamikasına əsasən *S.caucasicum* növünün obliqat CAM fotosintez həyata keçirdiyini söyləmək olar. Belə ki, obliqat CAM bitkilərdən fərqli olaraq, əlverişli mühitdə  $C_3$  fotosintez həyata keçirən fakultativ CAM bitkilərdə quraqlıq stresinin təsirindən CAM metabolizmin induksiyası baş verir. Yenidən suvarmadan sonra SNM və titirlənən turşuluğun miqdarının artması bitkidə plastikliyin yüksək səviyyədə olmasını göstərir.

*S. caucasicum* növünün yarpaqlarında gün ərzində işıq və kölgə şəraitində FS II-nin fotokimyəvi effektivliyinin ətraf mühitin



temperaturundan və Günəş işığının intensivliyindən asılı olaraq dəyişmə dinamikası ölçülmüşdür (cədvəl 2).

**Cədvəl 2.** İşıqda və kölgədə *S. caucasicum* növünün yarpaqlarında fotosistem II-nin fotokimyəvi effektivliyinin dəyişmə dinamikası

Saat	İşıq				Kölgə			
	T, °C	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	Y	T, °C	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	Y
8 <sup>00</sup>	27,6	621	2422	740	27,0	666	3104	785
9 <sup>00</sup>	32,0	623	2429	743	32,0	710	3277	783
10 <sup>00</sup>	34,5	566	1574	640	30,0	591	3056	806
11 <sup>00</sup>	35,2	697	1597	563	31,1	645	3113	792
12 <sup>00</sup>	34,1	604	1973	600	31,9	597	3332	820
13 <sup>00</sup>	37,1	502	1168	570	31,2	522	2629	801
14 <sup>00</sup>	38,4	483	1130	572	31,4	354	1721	794
15 <sup>00</sup>	34,8	407	462	570	30,5	301	1509	800
16 <sup>00</sup>	34,0	590	1372	569	30,5	517	2645	804
17 <sup>00</sup>	33,4	505	2293	744	30,0	637	3365	810
18 <sup>00</sup>	30,3	584	2695	783	29,6	644	3282	803

*Qeyd: Y, (F<sub>m</sub>-F<sub>0</sub>)/F<sub>m</sub> - Fotosistem II-nin maksimal fotokimyəvi effektivliyi*

Kölgə şəraitində saxlanılan *S. caucasicum* növünün yarpaqlarında FS II-nin fotokimyəvi effektivliyinin qiymətləri bir-birinə yaxın olub demək olar ki, dəyişməz qalır. Lakin təbii gün işığı altında saxlanılan bitkilərdə onun qiyməti işıq intensivliyinin artması ilə paralel olaraq günorta saatlarına qədər azalır. Sonrakı saatlarda isə stabil qalır. Ətraf mühitdə işıq intensivliyinin azalmasına paralel olaraq, FS II-nin aktivliyinin yenidən bərpa olunması axşama doğru baş verir. Alınan nəticələr onu söyləməyə əsas verir ki, ətraf mühitin işıq intensivliyinin artması FS II-nin zədələnməsinə və nəticədə bitkinin yarpaqlarında fotoinhibirləşməyə səbəb olur. Lakin axşam saatlarına doğru işıq intensivliyinin və ətraf mühitin temperaturunun azalmasına uyğun olaraq onun qiyməti səhər saatlarında olan vəziyyətə qayıdır. Bu isə CAM bitkilərdə bərpa proseslərinin sürətlə getdiyini və onlarda plastikliyin yüksək səviyyədə olmasını bir daha təsdiq edir.

**1.2. *S. caucasicum* növündə karboanhidraza fermentinin aktivliyinin reaksiya mühitinin pH-dan, temperaturdan asılı olaraq dəyişmə dinamikası.** C<sub>4</sub> və CAM bitkilərdə CO<sub>2</sub> qazının ilkin fiksasiyasını həyata keçirən fosfoenolpiruvatkarboksilaza fermenti, onu yalnız bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-1</sup>) şəkilində mənimsəyə bilir. CO<sub>2</sub> qazının bikarbonata çevrilmə reaksiyası karboanhidraza fermenti

tərəfindən həyata keçirilir və bu ferment CAM bitkilərdə çox az öyrənilmişdir. Məlumdur ki, fermentlərin aktivliyi mühitin pH-dan və temperaturdan asılı olaraq dəyişir. Bu məqsədlə *S. caucasicum* növündə karboanhidraza fermentinin maksimal aktivliyinin təyini üçün homogenizasiya və aktivlik mühitinin pH-ı və fermentin temperatur optimumu müəyyənləşdirilmişdir. Fermentin maksimal aktivlik göstərməsi üçün homogeneziya buferi üçün optimal pH 8.2, aktivlik buferi üçün isə pH 7.8 olduğu müəyyən edilmişdir. *S. caucasicum* növündə isə karboanhidraza fermentinin aktivliyi üçün temperatur optimumunun 25-30°C intervalında olduğu aşkar edilmişdir.

**1.3. *S. caucasicum* növünün yarpaqlarından ayrılmış karboanhidraza fermentinin aktivliyinə 1,10 ortofenontrolinin və oksidləşdirici reagentlərin təsirinin tədqiqi.** Məlumdur ki, karboanhidraza fermenti tərkibində sink saxlayan metalofermentdir. Sink atomlarının fermentin katalitik aktivliyində və onun nativ quruluşunun saxlanmasında rolunu tədqiq etmək üçün onunla kompleks əmələ gətirən 1,10 ortofenontrolindən istifadə olunmuşdur. *S. caucasicum* növündə mühitin pH-dan və temperaturundan asılı olaraq karboanhidraza fermentinin aktivliyinə 2 mM 1,10 ortofenontrolinin təsiri göstərmişdir ki, 30°C-dən yüksək temperaturda, vaxtdan asılı olaraq fermentin aktivliyində kəskin azalma baş verir, 60°C-də isə ferment tamamilə inaktivləşir. Görünür ki, fermentin daha yüksək temperaturalarda inaktivləşməsi, temperaturun denaturasiyaedici təsiri ilə bağlıdır. Neytral və zəif qələvi mühitdə (pH 7,0-7,4), 1,10 ortofenontrolin 2-4 saat müddətində fermentin tamamilə inaktivləşməsinə səbəb olsa da, pH-ın qiyməti 7,6-8,3 arasında dəyişdikdə fermentin aktivliyinin itməsi üçün daha uzun müddət tələb olunur.

*S. caucasicum* növünün yarpaqlarından ayrılmış karboanhidraza fermentinin aktivliyinə reduksiyaedici reagentlərin təsiri müxtəlif olmuşdur. Fermentinin aktivliyinə 30 dəqiqə müddətində 0,5-2,0 mM DTNB ilə təsir etdikdə fermentin aktivliyi 20-40%, 3,0-4,0 mM DTNB-nin təsirindən isə 60-70% azalmışdır. 1 saat müddətində isə DTNB-nin aşağı qatılığında fermentin aktivliyi 50-60% azalmış, yüksək qatılıqda isə ferment tamamilə inaktivləşmişdir. Fermentin aktivliyinə müxtəlif qatılıqlı hidrogen peroksid (10-50 mM) və oksidləşdirici qlütation (5-10 mM) ilə təsir etdikdə onun aktivliyi

dəyişməmişdir.

**1.4. *S. caucasicum* növündə FEPK və NAD-MDH aktivliklərinin dəyişmə dinamikasının və FEPK fermentinin bəzi kinetik parametrlərinin tədqiqi.** *S. caucasicum* bitkisinin yarpaqlarından ayrılmış FEPK fermentinin aktivliyinin gün ərzində dəyişmə dinamikasına əsasən müəyyən edilmişdir ki, səhər saatlarında ferment aşağı aktivlik göstərsə də, günün ikinci yarısından etibarən onun aktivliyi artaraq gecə saatlarında maksimum olmuşdur. Gününü ikinci yarısından başlayaraq fermentin aktivliyinin tədricən artması, onun zülal miqdarının artması ilə əlaqəli ola bilər. CAM bitkilərdən ayrılmış FEPK fermenti gecə və gündüz vaxtı malatla inhibirləşməyə qarşı fərqli həssaslıq nümayiş etdirir. *S. caucasicum* növündən günün müxtəlif saatlarında ekstraksiya edilmiş FEPK fermentinin aktivliyinə 2 mM malatın inhibirləşdirici təsiri daha çox günorta və axşam saatlarında müşahidə olunmuşdur. Gecə saatlarında ayrılmış fermentin aktivliyinə isə malat daha az təsir etmişdir. Malata qarşı həssaslıq çox güman ki, fermentin fosforlaşma vəziyyəti ilə bağlıdır. Güman edilir ki, qaranlıq periodu müddətində fermentin fosforlaşması fermentin malata qarşı həssaslığının azalmasına səbəb olur. *S. caucasicum* növündə malatın çevrilməsində iştirak edən NAD-MDH fermentinin aktivliyinin dəyişmə dinamikası göstərmişdir ki, gün ərzində yoxlanılan saatlarda NAD-MDH və FEPK fermentinin aktivliklərinin dəyişmə dinamikası arasında müsbət korrelyasiya mövcuddur. Bu isə hər iki fermentin qarşılıqlı işlədiyini göstərir.

**2. *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan *Neoe mucranata*, *Suaeda altissima*, *Salsola dendroides* və *Atriplex tatarica* bitkilərində fotosintetik fermentlərin aktivliklərinin dəyişmə dinamikasının tədqiqi.** İkiləpəllilər sinfinin *Chenopodiaceae* fəsiləsinin C<sub>4</sub> fotosintez yoluna aid olan *N. mucranata*, *S. altissima*, *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərində onların aktiv vegetasiya fazalarında (iyul-avqust ayları) fotosintetik fermentlərin aktivliklərinin dəyişmə dinamikası günün işıq fazasında vaxtdan asılı olaraq ölçülmüşdür. Müəyyən olunmuşdur ki, tədqiq olunan növlərdə Kalvin-Benson tsikli fermentlərindən olan NADF-qliseraldehid-3-fosfat-dehidrogenaza (NADF-QAFDH) və fruktoza-1,6-bisfosfataza (FBP-aza) fermentlərinin daha yüksək aktivliyi günorta saatlarında müşahidə edilmişdir (cədvəl 3).

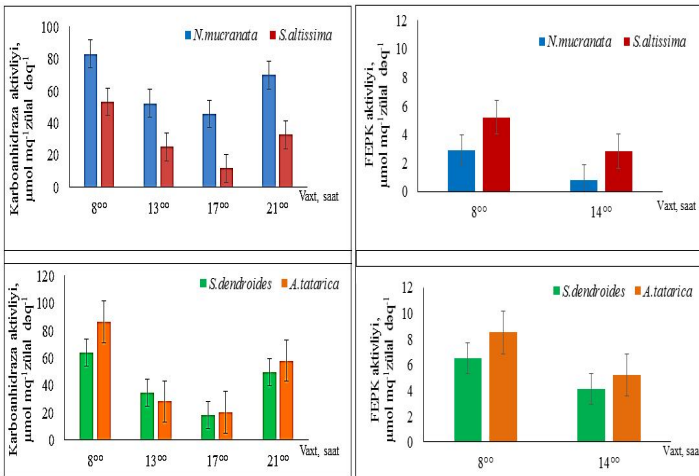
*N. mucranata*, *S. altissima*, *S. dendroidie* və *A. tatarica* növlərində

ətraf mühitin parametrlərindən asılı olaraq gün ərzində C<sub>4</sub> fotosintezdə CO<sub>2</sub> qazının ilkin fiksasiyasında iştirak edən karboanhidraza və FEPK fermentlərinin aktivliklərinin dəyişmə dinamikası şəkil 2-də təsvir edilmişdir.

**Cədvəl 3.** *N.mucranata*, *S.altissima*, *S.dendroides* və *A.tatarica* bitkilərində FBP-aza və NADF-QAFDH fermentlərinin aktivliklərinin vaxtdan asılı olaraq dəyişmə dinamikası

Bitkilər	Vaxt	FBP-aza		NADF-QAFDH
		ilkin	maksimal	
<i>N.mucranata</i>	8 <sup>00</sup>	0,04±0,002	0,21±0,01	1,30±0,1
	13 <sup>00</sup>	0,07±0,003	0,21±0,01	1,9±0,09
	20 <sup>00</sup>	0,02±0,001	0,26±0,02	2,4±0,22
<i>S.altissima</i>	8 <sup>00</sup>	0,10±0,010	0,60±0,05	0,70±0,03
	13 <sup>00</sup>	1,33±0,100	3,30 ±0,26	3,21±0,16
	20 <sup>00</sup>	0,06±0,003	0,36 ±0,03	2,4±0,12
<i>S.dendroides</i>	8 <sup>00</sup>	0,06±0,003	0,16±0,01	3,0±0,17
	13 <sup>00</sup>	0,14±0,007	0,03±0,005	3,2±0,18
	20 <sup>00</sup>	0,03±0,002	0,12±0,02	2,3±0,11
<i>A.tatarica</i>	8 <sup>00</sup>	0,14±0,007	0,13±0,02	4,45±0,42
	13 <sup>00</sup>	0,20±0,010	0,17±0,06	5,3±0,50
	20 <sup>00</sup>	0,09±0,004	0,16±0,06	5,3±0,50

*Qeyd: Fermentlərin aktivliyi μmol mq<sup>-1</sup> zülal dəq<sup>-1</sup> ifadə edilmişdir.*



**Şəkil 2.** Günün müxtəlif saatlarında *N. mucranata*, *S. altissima*, *S.dendroid* və *A.tatarica* bitkilərində KA və FEPK aktivliyinin dəyişmə dinamikası.

Müəyyən edilmişdir ki, hər iki fermentin aktivliyi səhər saatları ilə müqayisədə günorta saatlarında azalır. Günorta saatlarında fermentin aktivliyində baş verən azalma çox güman ki, yüksək temperatur və işıq intensivliyinin təsirindən baş verən deqradasiya prosesindən sonra ferment molekulunda baş verən dəyişikliklərin yenidən bərpa olunmaması ilə əlaqədardır.

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ikiləpəli *Chenopodiaceae* fəsiləsinin tədqiq olunan  $C_4$  növlərində Calvin-Benson tsikli fermentlərindən olan NADF-QAFDH və FBP-aza fermentlərinin daha yüksək aktivlikləri günorta saatlarında,  $C_4$  tsiklində  $CO_2$  qazının ilkin fiksasiyasında iştirak edən FEPK və karboanhidraza fermentlərinin daha yüksək aktivlikləri isə səhər saatlarında müşahidə olunur.

**2.1 *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan *N. mucranata*, *S. altissima*, *S. dendroides* və *A. tatarica* bitkilərində NAD-ME, NADF-ME, AsAT, AIAT, NAD-MDH fermentlərinin aktivliklərinin dəyişmə dinamikası.** *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan  $C_4$  növlər əsasən NAD-ME və NADF-ME yarım tipinə aid olub, quruluşuna və biokimyəvi xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən fərqlənirlər (Voznesenskaya et al., 2013). Lakin bu fəsiləyə aid bəzi  $C_4$  növlərin hansı yarımqrupa (NAD-ME və ya NADF-ME) aid olması hələ də mübahisəli olaraq qalır (Voznesenskaya et al., 2013). Tədqiqat işində öyrənilən növlər arasında *N. mucranata* NADF-ME yarım tipinə, *S. altissima* isə NAD-ME yarım tipinə aiddir.  $C_4$  fotosintezin hansı yarım tipə aid olması mübahisəli olan *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərində fotosintetik fermentlərin aktivlikləri *N. mucranata* və *S. altissima* növləri ilə müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir.

Malatın dekarboksilləşməsində iştirak edən NAD-ME və NADF-ME fermentlərinin aktivliklərinin dəyişmə dinamikası tədqiq olunmuş  $C_4$  növlərdə günün müxtəlif saatlarında ölçülmüşdür. Müəyyən olunmuşdur ki, tədqiq olunan bütün növlərdə həm NAD-ME, həm də NADF-ME aktivliyi müşahidə olunur. Lakin *N. mucranata* bitkisinin NADF-ME fermentinin aktivliyi daha yüksək, NAD-ME fermentinin aktivliyi isə çox zəif olmuşdur. Digər üç növdə isə bu nəticələrin əksi müşahidə edilmişdir. Beləki, həm *S. altissima*, həm də *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərində NAD-ME fermenti NADF-ME fermenti ilə müqayisədə daha yüksək aktivlik göstərmişdir (cədvəl 4).

$C_4$  fotosintezin NAD-ME yarım tipinə aid olan növlərdə çox

mühüm əhəmiyyət daşıyan aspartataminotransferaza və alaninamino-transferaza fermentlərinin aktivliklərinin dəyişmə dinamikası bütün öyrənilən növlərdə tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunmuş hər dörd bitkidə AsAT və AlAT fermentlərinin aktivlikləri bir-biri ilə müqayisədə fərqli dəyişir (cədvəl 4).

Cədvəl 4-dən görüldüyü kimi NADF-ME yarım tipinə aid olan *N. mucranata* növü ilə müqayisədə, NAD-ME yarım tipinə aid olan *S. altissima* növündə, həmçinin *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərində bu fermentlərin aktivlikləri daha yüksəkdir.

**Cədvəl 4.** *N. mucranata*, *S. altissima*, *S. dendroides* və *A. tatarica* bitkilərində AsAT və AlAT fermentlərinin aktivliklərinin vaxtdan asılı olaraq dəyişmə dinamikası

		AsAT	AlAT	NAD-ME	NADF-ME
<i>N. mucranata</i>	8 <sup>00</sup>	2,70±0,14	2,2±0,11	0.01±0,0007	1,2±0,07
	13 <sup>00</sup>	3,20±0,17	3,4±0,17	0.1 ±0,006	0,25±0,012
	20 <sup>00</sup>	3,40±0,17	3,7±0,2	0,04±0,002	0,3±0,018
<i>S. altissima</i>	8 <sup>00</sup>	6,60±0,62	3,5±0,18	0,08±0,006	0,02±0,003
	13 <sup>00</sup>	7,50±0,63	5,8 ±0,28	0,03±0,002	0,004±0,0003
	20 <sup>00</sup>	7,20±0,61	6,0±0,32	0,3±0,018	0,003±0,00012
<i>S. dendroid</i>	8 <sup>00</sup>	6,80±0,66	7,4±0,36	0,15±0,009	0,06±0,007
	13 <sup>00</sup>	8,40±0,75	7,9±0,39	0,03±0,002	0,02±0,0015
	20 <sup>00</sup>	5,70±0,58	4,01±0,2	0,4±0,02	0,02±0,0015
<i>A. tatarica</i>	8 <sup>00</sup>	5,75±0,58	4,3±0,23	0,11±0,006	0,01±0,0007
	13 <sup>00</sup>	5,40±0,50	4,2±0,23	0,02±0,0015	0,03±0,002
	20 <sup>00</sup>	6,90±0,66	5,1±0,27	0,1±0,006	0,004±0,0003
<i>Qeyd: Fermentlərin aktivliyi μmol mq<sup>-1</sup> zülal dəq<sup>-1</sup> ifadə edilmişdir</i>					

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, *S. altissima*, *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərində NAD-ME yarım tipinə üçün xarakterik olan NAD-ME, AsAT, AlAT fermentləri daha yüksək aktivliyə malikdir.

NADF-malat dehidrogenaza (NADF-MDH) fermenti C<sub>4</sub> tsiklin

tioredoksin sistemi vasitəsilə ilə tənzimlənən yeganə fermentidir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, NADF-MDH fermentinin aktivliyi digər üç növlə müqayisədə *N.mucranata* növündə daha yüksək olmuşdur. Bu fermentin daha yüksək aktivliyi isə günorta saatlarında müşahidə olunmuşdur. *S.altissima*, *S.dendroides* və *A.tatarica* növlərində NADF-MDH fermenti çox cüzi aktivlik göstərmişdir. Hesab olunur ki, *S.altissima*, *S.dendroides* və *A.tatarica* növlərində NADF-ME və NADF-MDH fermentlərinin çox cüzi aktivliyi, onların C<sub>4</sub> fotosintezdəki funksiyası ilə bağlı deyildir.

**2.2. *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan *N. mucranata*, *S. altissima*, *S. dendroides* və *A. tatarica* növlərində bəzi fotosintetik fermentlərin aktivliklərinin temperaturdan və substratın qatılığından asılı olaraq dəyişmə dinamikasının tədqiqi.**

Tədqiq etdiyimiz C<sub>4</sub> növlərdə FEPK, AsAT və AlAT fermentlərinin substratın qatılığından və temperaturdan asılı olaraq dəyişmə dinamikası öyrənilmişdir. FEPK aktivliyinin FEP-in qatılığından asılı olaraq dəyişmə dinamikası göstərmişdir ki, substratın aşağı qatılıqlarında fermentativ reaksiyanın sürəti proporsional artdığı halda, FEP-in 10,0 mM və daha yuxarı qatılıqlarında demək olar ki, reaksiyanın maksimal sürətində ( $V_{max}$ ) əhəmiyyətli dəyişkənlik baş vermir. Müəyyən olunmuşdur ki, FEP-in 15,0 mM qatılığında FEPK, alaninin 10,0 mM qatılığında AlAT, aspartatın 3,5-4,0 mM qatılığında isə AsAT fermenti maksimal aktivlik göstərir. Tədqiq olunan növlərdə FEPK fermentinin temperatur optimumunun 25-35°C, AsAT və AlAT fermentlərinin temperatur optimumlarının 45-55°C arasında dəyişdiyi müəyyən edilmişdir.

## NƏTİCƏLƏR

1. Titirlənən turşuluğun gün ərzində dəyişmə dinamikasına əsasən müəyyən edilmişdir ki, *Sedum* cinsinə aid olan *S. caucasicum* növü obliqat CAM bitkisidir.
2. *S. caucasicum* növündə yarpaqların yaşından və quraqlıq stresinin təsirindən asılı olaraq bəzi biokimyəvi və fizioloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi göstərmişdir ki, yarpaqların yaşı və onlarda gedən metabolik proseslər arasında müsbət korrelyasiya mövcuddur. Müəyyən edilmişdir ki, *S. caucasicum* növü dəyişkən mühit şəraitinə qısa müddət ərzində

- uyğunlaşmaqla CAM bitkilər üçün xarakterik olan plastiklik nümayiş etdirir.
3. CAM fotosintez yoluna aid olan *S. caucasicum* növündə fotosintetik fermentlərin maksimal aktivlik göstərməsi üçün optimal şərait tapılmışdır. Karboanhidraza fermentinin bəzi fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi göstərmişdir ki, fermentin tənzimlənməsi redoks yolu ilə baş verir. Aşkar edilmişdir ki, sutka ərzində FEPK və NAD-MDH fermentlərinin aktivliklərinin dəyişmə dinamikaları arasında müsbət korrelyasiya mövcuddur.
  4. Abşeron yarımadasında yayılan ikiləpəli *Chenopodiaceae* fəsiləsinin öyrənilən növlərində bitkilərin aktiv vegetasiya dövründə fotosintetik fermentlərin aktivliklərinin dəyişmə dinamikasının tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Calvin-Benson tsikli fermentlərindən FBP-aza və NADP-QAFDH fermentlərinin aktivlikləri daha çox günorta saatlarında, C<sub>4</sub> tsiklin fermentlərindən karboanhidraza və FEPK fermentlərinin aktivlikləri isə səhər saatlarında yüksək olur.
  5. *Chenopodiaceae* fəsiləsinin öyrənilən növlərində FEPK, AsAT və ALAT fermentlərinin onların substratlarının qatılığında və temperaturdan asılı olaraq dəyişmə dinamikasının tədqiqi göstərmişdir ki, FEPK fermenti FEP-in 15,0 mM, AsAT fermenti aspartatın 3,5-4,0 mM qatılığında, ALAT fermenti isə alaninin 10,0 mM qatılığında maksimal aktivlik göstərir. Müəyyən olunmuşdur ki, FEPK fermentinin optimal aktivlik göstərməsi üçün temperatur optimumu 25-35<sup>0</sup>C, AsAT və ALAT fermentləri üçün isə 45-55<sup>0</sup> arasında dəyişir.
  6. Biokimyəvi analizlərin nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, *Chenopodiaceae* fəsiləsinə aid olan *S. dendroides* və *A. tatarica* növləri C<sub>4</sub> fotosintezin NAD-ME yarım tipinə aiddir.

### **Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi əsərlərin siyahısı**

1. Bağırova T.Y. Ali bitkilərdə karboanhidraza fermentinin müxtəlif izoformaları / Eksperimental biologiya və müasirlik” mövzusunda elmi konfransın materialları. Bakı: 2005, s. 152-153.
2. Bağırova. T.Y. CAM metabolizmin əsas xüsusiyyətləri / AMEA aspirantlarının elmi konfransının materialları. Bakı: 2008, s. 153-



- 155.
3. Bağırova T.Y., Bayramov Ş.M., Quliyev N.M. CAM fotosintez CO<sub>2</sub> qazının fotosintetik assimilyasiyasının plastik yoludur // AMEA Botanika İnstitutunun elmi əsərləri, 2009, XXIX cild, s. 615-623.
  4. Bağırova T.Y. Bəzi CAM bitkilərdə turşuluğun miqdarının sutkalıq dəyişməsi / AMEA aspirantlarının elmi konfransının materialları. Bakı: 2009, s. 153-155.
  5. Bayramov Sh.M., Orujova T.Y., Babayev H.G., Guliyev N.M. Some physico-chemical properties of carbonic anhydrase in *M. crystallinum* leaves / The 15th International Congress of Photosynthesis. China: Beijing, 2010, p. 157.
  6. Bayramov Sh.M., Orujova T.Y., Babayev H.G., Guliyev N.M. Some physico-chemical properties of carbonic anhydrase in *M. crystallinum* leaves / The 15th International Congress of Photosynthesis "Photosynthesis Research for Food, Fuel and Future". China: Beijing, Springer, 2010, p. 324-327.
  7. Orucova T.Y., Bayramov Ş.M., Quliyev N.M. Bəzi CAM bitkilərdə karboanhidraza fermentinin fiziki-kimyəvi xassələri // AMEA-nın Xəbərləri, 2011, cild 66, №1, s. 88-912.
  8. Бабаев Г. Г., Алиммаммадзе И.М., Оруджова Т.Я., Курбанова У.А. Влияние почвенной за сухи на активность, локализацию и регуляцию активности карбоангидразы, некоторых ферментов C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub>-цикла в онтогенезе листьев амаранта // Вестник Бакинского Государственного Университета, сер. естественных наук, 2014, №4, с. 65-75.
  9. Bayramov Sh., Aliyeva M., Orujova T., Brüggemann W. Photosynthetic enzyme activities under drought stress in *Chenopodium album* L. / Abstracts and Programme of International Conference Photosynthesis Research for Sustainability (in honor of Vladimir Shuvalov). Russia: Moscow, 2014, p.110.
  10. Bayramov Sh., Orujova T., Gurbanova U., Babayev H., Aliyeva M., Guliyev N.M., Feyziyev Y. Durnal changes in photosynthetic enzyme activities and their regulation in some C<sub>4</sub> species of *Chenopodiaceae* family // International Conference on Photosynthesis Research for Sustainability. Grece: Grete, 2015, p. 216.
  11. Orucova T.Y. *Chenopodiaceae* fəsiləsinin bəzi növlərində C<sub>4</sub> fermentlərin aktivliklərinin tədqiqi // 21-ci əsrdə dünya elmlərinin

- integrasiya prosesləri / Beynəlxalq gənclər forumu, Gəncə: 2016, s. 213-215.
- 12.Orujova T.Y. Gurbanova U A., Bayramov Sh.M, Guliyev N. M. The study of  $C_4$  cycle enzyme activities and kinetic properties in some species of the *Chenopodiaceae* family grown under natural conditions / Conference dedicated to 80th anniversary of the Institute of Botany of ANAS “Innovative Approaches to Conservation of Biodiversity”. Baku: 2016, p 161.
  - 13.Orujova T. Y., Bayramov Sh. M., Guliyev N.M. Diurnal acidity changes in *Sedum caucasicum* depending on environmental factors / Conference dedicated to 80<sup>th</sup> anniversary of the Institute of Botany of ANAS “Innovative Approaches to Conservation of Biodiversity”. Baku: 2016, p, 146.
  - 14.Orucova T. Y., Bayramov Ş.M., Qurbanova U.Ə. Bəzi ikiləpəli  $C_4$  bitkilərdə fosfoenolpiruvatkarboksilazanın kinetik parametrlərinin tədqiqi / Müasir təbiət elimlərinin aktual problemləri mövzusunda Beynəlxalq elmi konfransın materialları. Bakı: 2017, s. 166-170.
  - 15.Orujova T., Bayramov Sh., Gurbanova U. Daily regulation of some  $C_4$  and Calvin cycle enzymes in some dicotyledon species of *Chenopodiaceae* family // SEAB. Belarus: 2017, p. 318.
  - 16.Orucova T. Y., *Sedum caucasicum* bitkisinə ətraf mühit şəraitindən asılı olaraq sutkalıq turşuluğun dəyişməsi// Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş gənc alimlərin və tədqiqatçıların “Müasir Biologiyanın İnnovasiya Problemləri” mövzusunda VII Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları. Bakı: 2017, s. 37-39.
  - 17.Orucova T.Y., Qurbanova, U.A., Mustafayeva Ü.C., Bayramov Ş.M. *Chenopodiaceae* və *Poaceae* fəsilələrinin bəzi növlərində  $C_4$ -sikli fermentlərinin aktivliyinin və kinetik parametrlərinin tədqiqi // AMEA-nın Xəbərləri (biologiya və tibb elmləri), 2017, cild 72, №1, s. 28-35.
  - 18.Bayramov Sh. Orujova T., Gurbanova U., Guliyev N. Diurnal changes titratable acidity new CAM plant, *Sedum caucasicum* leaves // 8<sup>th</sup> International Conference on Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for sustainability. India: Hyderabad, 2017, p. 83.
  - 19.Orujova T.Y., Gurbanova U.A. Mustafayeva U.J., Bayramov Sh.M., Guliyev N.M. The study of  $C_4$  cycle enzyme activities and

- kinetic properties in some species of the *Chenopodiaceae* family grown under natural conditions // Transactions of the Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of ANAS, 2017, v. 1, p. 94-100.
20. Bayramov Sh.M., Orujova T.Y., Gurbanova, U.A. Guliyev N.M. Diurnal changes of the titratable acidity in a new CAM plant, *Sedum caucasicum* leaves // AMEA-nın Xəbərləri (biologiya və tibb elmləri), 2017, cild 72, №3, p. 26-31.
21. Orujova T.Y., Bayramov Sh.M., Gurbanova U.A., Babayev H.G., Aliyeva M.N., Guliyev N.M., Feyziyev Y.M. Diurnal temperature-related variations in photosynthetic enzyme activities of two C<sub>4</sub> species of *Chenopodiaceae* grown in natural environment // Photosynthetica, 2018, v. 56, No 4, p. 1107-1112: DOI: 10.1007/s11099-018-0804-x

ТАЛИЯ ЯКУБ ГЫЗЫ ОРУДЖЕВА

**РЕГУЛЯЦИЯ СУТОЧНОГО ЦИКЛА  
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
ФЕРМЕНТОВ У НЕКОТОРЫХ САМ И С<sub>4</sub> РАСТЕНИЙ  
РАСПРОСТРАНЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ФЛОРЕ**

Основной целью диссертации было изучение регуляции активности некоторых фотосинтетических ферментов в разное время суток у С<sub>4</sub> и САМ растений, распространенных в Азербайджанской флоре.

Результаты изучения изменения количества суточной титруемой кислотности в зависимости от параметров окружающей среды подтверждают, что вид *S. caucasicum* рода *Sedum* является облигатным САМ растением. Динамика изменения количества титруемой кислотности, связанная с возрастом листьев и влиянием засухи, подтверждает наличие положительной корреляции между САМ фотосинтезом и скоростью метаболических процессов, происходящих в листьях. В течение дня в зависимости от интенсивности света и температуры происходили изменения в количестве титруемой кислотности и фотохимической эффективности. Редокс регуляция карбоангидразы была обнаружена при изучении физико-химических свойств фермента у *S. caucasicum*. Суточные изменения динамики у некоторых характерных С<sub>4</sub> видов семейства *Chenopodiaceae*, распространенных на Абшеронском полуострове, изучались в течение активного вегетационного периода. Максимальная активность изученных ферментов цикла Кальвин-Бенсона и некоторых ферментов С<sub>4</sub>-цикла наблюдалась в дневные и утренние часы, соответственно. Динамика изменения активности некоторых ферментов С<sub>4</sub> цикла в зависимости от температуры окружающей среды и основных субстратов ферментов изучалась у некоторых характерных С<sub>4</sub> видов семейства *Chenopodiaceae*. В некоторых изученных видах оптимальная активность ФЕПК была обнаружена при 25-35°C, тогда как для ферментов АсАТ и АЛАТ оптимальная активность наблюдались при 45-55°C. Было установлено, что ферменты ФЕПК, АсАТ и АЛАТ насыщаются при 15,0 мМ, 3,5-4,0 мМ и 10,0 мМ концентрациях субстрата, соответственно.

**REGULATION OF THE DIURNAL CYCLE OF THE  
PHOTOSYNTHETIC ENZYME ACTIVITIES IN SOME CAM  
AND C<sub>4</sub> PLANTS SPREAD IN THE AZERBAIJAN FLORA**

The main purpose of the dissertation was to study the regulation of some photosynthetic enzyme activities in C<sub>4</sub> and CAM plants spread in the Azerbaijan flora, at various hours of the day.

Based on the results of the study of changes in the amount of diurnal titratable acidity depending on the environmental parameters, *S. caucasicum* species of the *Sedum* genus was confirmed to be an obligate CAM plant. Dynamics of the changes in the amount of titratable acidity related to the ages of leaves and drought effects, allows confirming the existence of the positive correlation between CAM photosynthesis and rates of the metabolic processes occurring in the leaves. Depending on the light intensity and temperature during the day, changes occurred in the amount of titratable acidity and photochemical efficiency. Redox regulation of the enzyme carbonic anhydrase was detected when studying the physicochemical properties of the enzyme in *S. caucasicum*.

Diurnal changes in the dynamics of some characteristic C<sub>4</sub> species of the *Chenopodiaceae* family spread in the Absheron peninsula were studied during the active vegetation period. Maximum activities of the studied Calvin-Benson cycle enzymes and some C<sub>4</sub> cycle enzymes were observed in the afternoon and morning hours, respectively. Dynamics of the changes in the activities of some C<sub>4</sub> cycle enzymes depending on the environmental temperature and the main substrates of the enzymes was studied in some characteristic C<sub>4</sub> species of the *Chenopodiaceae* family. In some studied species optimum activity of PEPC was found at 25-35<sup>0</sup>C, while for the enzymes AsAT and AlAT optimum activities were observed at 45-55<sup>0</sup>C. The enzymes PEPC, AsAT and AlAT were found to be saturated at 15,0 mM, 3,5-4,0 mM and 10,0 mM concentrations of the substrate, respectively.

Format 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Tiraj 100  
AMEA –nın mətbəəsində çap olunub



**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ИНСТИТУТ БОТАНИКИ**

---

---

*На правах рукописи*

**ТАЛИЯ ЯКУБ ГЫЗЫ ОРУДЖЕВА**

**РЕГУЛЯЦИЯ СУТОЧНОГО ЦИКЛА  
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
ФЕРМЕНТОВ У НЕКОТОРЫХ САМ И С<sub>4</sub> РАСТЕНИЙ  
РАСПРОСТРАНЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ФЛОРЕ**

**2406.02 – Биохимия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

*диссертации на соискание ученой степени доктора  
философии по биологии*

**Баку – 2018**