AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

PAMBIQ GENOTİPLƏRİNİN DUZLULUQ STRESİNƏ DAVAMLILIĞININ MOLEKULYAR GENETİK TƏDQİQİ

İxtisas: 2409.01 – "Genetika"

Elm sahəsi: Biologiya

İddiaçı: **Şadər Aydın oğlu Əlizadə**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2026

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun "Texniki və yem bitkiləri", "Fizioloji genetika", "Molekulyar genetika və genomika" şöbələrində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: Kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, professor
Rauf Ələkbər oğlu Quliyev

Biologiya elmləri doktoru, professor
Kamilə Əli Ağa qızı Əliyeva

Rəsmi opponentlər: Biologiya elmləri doktoru
Kərim Quli oğlu Qasımov

Biologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru
Möhtəsim Qureş oğlu Əhmədov

Biologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Cavid Mətləb oğlu Ocaqi

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AR ETN Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.37 Dissertasiya şurası.

Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın müxbir üzvü, biologiya elmləri doktoru
İlham Əyyub oğlu Şahmuradov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: Biologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru
Xəyalə İkram qızı Kərimova

Elmi seminarın sədri: Biologiya elmləri doktoru, dosent
Günay Hafiz qızı Əkbərova-Ben-Tzvi

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi: Kənd təsərrüfatı inkişaf etməkdə olan ölkələrin iqtisadiyyatının əsas gəlirli sahələrindən biridir və bu ölkələrdə pambıqçılıq kənd təsərrüfatında xüsusilə mühüm əhəmiyyətə malikdir. Təbii və yüksək lif keyfiyyətinə malik olan pambıq bitkisi, yüksək iqtisadi təsirə malik olan tekstil sənayesinin əsas xammalıdır[1].

Hazırda dünya üzrə becərilən torpaqların təqribən 20%-i və suvarılan torpaqların 33%-i şoranlığa məruz qalır[2]. Torpağın şoranlaşması qlobal miqyasda ildə orta hesabla 1-2 milyon hektar sürətlə yayılmaqla, məhsul istehsalının əhəmiyyətli hissəsinə təsir edir və torpaqları əkin üçün yararsız edir[3]. Respublika üzrə isə şoranlığa məruz qalan sahələr ümumi əkinçilik sahələrinin 12.5%-ni təşkil edir. İqlim dəyişikliyi, suvarmada keyfiyyətsiz sudan istifadənin artması, intensiv əkinçilik nəticəsində 2050-ci ilə qədər kənd təsərrüfatı torpaqlarının 50%-dən çoxunun şoranlaşması ehtimal olunur ki, bu da kənd təsərrüfatının davamlığına ciddi təhlükədir[4,5]. Duza davamlı bitkilərin əkininin inkişaf etdirilməsi duzdan zərər çəkmiş ərazilərdə kənd təsərrüfatının inkişafına, bu torpaqların rekultivasiyasına, eyni zamanda həmin ərazilərdə yaşayan əhalinin sosial vəziyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edəcəkdir[6].

Pambıq bitkisinin şoranlığa reaksiyasını, onun müqavimət mexanizmini və idarəetmə üsullarını araşdırmaq duzluluq şəraitində pambığın

---

[1]Ahmad, S. Cotton Production and Uses / S. Ahmad, M. Hasanuzzaman – Singapore: Springer Nature – 2020. – 650 p.

[2]Karaca, C. Effects of Salinity Stress on Drip-Irrigated Tomatoes Grown under Mediterranean-Type Greenhouse Conditions / C.Karaca, G.E.Aslan, D.Buyuktas [et al.] // Agronomy, – 2023. 13(1), – p. 1-13.

[3] Devkota, K.P. Managing salinity for sustainable agricultural production in salt-affected soils of irrigated drylands / K.P.Devkota, M.Devkota, M.Rezaei [et al.] // Agricultural Systems, – 2022. 198, – p. 1-17.

[4] Zeng J. Disomic Substitution of 3D Chromosome with Its Homoeologue 3E in Tetraploid *Thinopyrum elongatum* Enhances Wheat Seedlings Tolerance to Salt Stress / J.Zeng, C.Zhou, Z.He [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*, – 2023. 24(2), – p. 1-13.

[5] Butcher, K. Soil Salinity: A Threat to Global Food Security / K. Butcher, F.W. Abbey, D.Thomas [et al.] // Agronomy Journal, – 2016. 108(6), – p. 2189-2200.

[6] Rahman, M. Cotton Precision Breeding / M.Rahman, Y.Zafar, T.Zhang, – Switzerland: Springer Cham – 2021. – 460 p.

məhsuldarlığını yaxşılaşdırmaq üçün strategiyaların formalaşdırılmasına kömək edə bilər[7]. Oxşar əlamətlər üçün davamlı seçmənin aparılması pambıqda genetik bazanın, eyni zamanda, duza və quraqlığa davamlılıq, xəstəliklərə qarşı müqavimət kimi bəzi əlamətlərin müxtəlifliyinin daralmasına səbəb olmuşdur[8]. Mədəni pambıq dar genetik bazaya malik olduğundan müxtəlif ekzotik və yabanı nümunələrin faydalı genetik variasiyalarını səfərbər etməklə genetik bazasının genişləndirilməsi əsas prioritetlərdən biridir[9].

Müxtəlif pambıq növlərinin bütöv genom ardıcıllığının oxunması ekstremal mühitlərdə adaptiv mexanizmlərin daha yaxşı başa düşülməsi üçün yeni model sistemləri təklif edir. Transkriptom analizi mRNT səviyyəsində gen ekspressiyası haqqında ətraflı məlumat verməklə stresə cavab reaksiyalarında iştirak edən namizəd genlərin təyini, pambıqda duz stresinə davamlılıq və uyğunlaşmanın molekulyar tənzimləmə yollarının tədqiqində geniş istifadə olunur[10]. Hazırda pambıq bitkisində duzun yüksək qatılığına cavab verən az sayda gen tədqiq edilmişdir[11].

Milli Genbankda saxlanılan pambığın kolleksiya nümunələrinin genetik-seleksiya proqramlarında rasional istifadəsi, həmçinin seleksiya proseslərinin intensivləşdirilməsi üçün genetik statistik modellər vasitəsilə tədqiqi yüksək aktuallıq kəsb edir. Bu baxımdan, təqdim olunan dissertasiya işi aktual məsələnin həllinə - normal və duzluluq stresi şəraitində pambıq genotiplərində streslə assosiasiya olunmuş genlərin aktivliyinin, duza davamlılığın kompleks şəkildə tədqiqinə həsr olunmuşdur.

---

[7] Sharif, I. Salinity stress in cotton: effects, mechanism of tolerance and its management strategies / I.Sharif, S.Aleem, J.Farooq [et al.] // Physiol Mol Biol Plants, – 2019. 25(4), – p. 807-820.

[8] Maryum, Z. An overview of salinity stress, mechanism of salinity tolerance and strategies for its management in cotton / Z.Maryum, T.Luqman, S.Nadeem [et al.] // Front. Plant Sci., – 2022. 13, – p. 1-22.

[9] Yadava, D.K., Dikshit, H.K., Mishra, G.P., Tripathi, S. Fundamentals of Field Crop Breeding / D.K. Yadava, H.K. Dikshit, G.P. Mishra, S. Tripathi. – Singapore: Springer Nature, – 2022. – 1389 p.

[10] Wei, Y. Salt stress responsiveness of a wild cotton species (*Gossypium Klotzschianum*) based on transcriptomic analysis / Y.Wei, Y.Xu, P.Lu [et al.] // PLoS ONE, – 2017. 12(5), – p. 1-25.

[11] Taghizadeh, N. Salt-related Genes Expression Pattern in Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Cultivars of Cotton (*Gossypium* sp.) under NaCl Stress / N.Taghizadeh, G.Ranjbar, G.Nematzadeh [et al.] // J. Plant Mol. Breed., – 2018. 6(1), – p. 1-15.

Tədqiqatın obyekti və predmeti: Tədqiqat obyekti olaraq pambıq bitkisinin 13 yerli və 35 introduksiya olunmuş sort və xətləri, predmeti isə pambıqda duza davamlılığın morfofizioloji və molekulyar genetik tədqiqi olmuşdur.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: Tədqiqat işinin məqsədi coğrafi uzaq pambıq genotiplərində streslə assosiasiya olunmuş genlərin transkriptlərinin tədqiqi, NaCl duzunun müxtəlif qatılıqlarının pambıq genotiplərinin biometrik göstəricilərinə təsirinin öyrənilməsi, stresə davamlılıq indeksləri əsasında genotiplərin müqayisə olunması, davamlı və həssas genotiplərdə streslə assosiasiya olunmuş genlərin ekspressiya səviyyəsinin dəyişmə dinamikasının tədqiqi olmuşdur. Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı vəzifələr qarşıya qoyulmuşdur:

1. Normal və duz stresi şəraitində MAPK, CIPK, antiporter kodlaşdıran, OAF-ın tənzimlənməsində iştirak edən və müxtəlif transkripsiya faktorları kodlaşdıran gen ailəsinin üzvlərinin transkriptlərinin müqayisəli təhlili;

2. Xromosomu əvəzolunmuş xətlər ilə valideyn formalar arasında streslə assosiasiya olunmuş genlərin ekspressiyasının müqayisəli tədqiqi;

3. *In vitro* şəraitdə biometrik parametrlərin müqayisəli analizi ilə genotiplərin NaCl duzuna reaksiyasının spesifikliyinin müəyyən edilməsi, tolerantlıq indeksləri əsasında genotiplərin müqayisəli tədqiqi;

4. Duza davamlığa görə fərqlənən qruplarda streslə assosiasiya olunmuş genlərin ekspressiyasının müqayisəli tədqiqi;

Tədqiqat metodları: Tədqiqat işində klassik (morfofizioloji əlamətlərin analizi) və müasir metodlardan (RNT ekstraksiyası, kDNT sintezi, RT-PCR) istifadə olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Nəzarət, NaCl duzunun 100 mM və 200 mM qatılıqlı stresi altında morfo-fizioloji və genetik parametrlərinə görə 48 coğrafi uzaq pambıq genotipi arasında statistik əhəmiyyətli müxtəliflik mövcuddur.

2. Ekspressiya olunmuş patternlərin dinamikasına görə xromosomu əvəz olunmuş xətlər öz aralarında da, valideyn formalar ilə də həm oxşar, həm də fərqli xüsusiyyətlərə malikdirlər.

3. Xromosom introqressiya yolu ilə alınmış 4-cü xətdə *GhSOD* və *GhWRKY39*, 12-ci xətdə *GhMT3a*, *GhNHX1* və *GhMAPK*, 14-cü xətdə *GhFSD1*, 15-ci xətdə *GhCIPK6*, 17-ci xətdə *GhDi19-1*, 22-ci xətdə

GhCAT1 və *GhERF2*, 25-ci xətdə *GhAPX1*, *GhDREB* və *GhDi19-2* genləri digər xətlər ilə müqayisədə daha yüksək səviyyədə ekspressiya olunurlar.

4. Biometrik indikatorlar əsasında seçilmiş istər davamlı, istərsə də həssas genotiplər oksigenin aktiv formalarının tənzimlənməsində iştirak edən genlər (həssas genotiplərdə *GhMT3a* istisna olmaqla), həmçinin antiporter, MAPK, CIPK və tədqiq olunmuş transkripsiya faktoru genlərinin hamısı fərqli ekspressiya dinamikasına malikdirlər.

5. STI, MP, YI və GMP indeksləri pambıqda NaCl duzuna davamlı genotiplərin identifikasiyasında effektiv olan göstəricilərdir (statistik cəhətdən etibarlılıqla).

6. NaCl duzunun 100 mM və 200 mM qatılıqlı stresi şəraitlərində pambıq bitkisində ümumi yaş və quru hündürlük və kütlə fərqləndirici identifikasiya göstəriciləri kimi istifadə oluna bilər.

Tədqiqatın elmi yeniliyi: İlk dəfə olaraq, normal şəraitdə, NaCl duzunun 100 mM və 200 mM qatılıqlarında pambığın *G. barbedense* L. və *G. hirsutum* L. növlərinə məxsus olan yerli və introduksiya olunmuş 48 sort və xəttinin morfofizioloji və genetik xüsusiyyətləri kompleks şəkildə öyrənilmiş, onların biometrik parametrlərin dəyişdiyi müəyyən edilmiş, duza davamlılığı qiymətləndirilmiş, 13 genin ekspressiya səviyyəsi müqayisəli şəkildə tədqiq olunmuşdur. Sortlar, xromosomu əvəzlənmiş xətlər və onların valideynlərində ən az əhəmiyyətli fərq testinə (LSD) əsasən nəzarət və stres şəraitlərində streslə assosiasiya olunmuş genlərin ekspressiya səviyyəsində statistik əhəmiyyətli fərqin ($P \leq 0.05$) varlığı aşkarlanmışdır. İlk dəfə olaraq *GhSOD*, *GhCAT1*, *GhMT3a*, *GhAPX1*, *GhFSD1*, *GhDREB*, *GhDi19-1*, *GhDi19 -2*, *GhERF2*, *GhWRKY39*, *GhMAPK*, *GhCIPK6* və *GhNHX1* genlərinin donor xətdən (*G.barbadense* L.) daha yüksək ekspressiyaya malik olduğu CSL-lər müəyyən edilmişdir.

İlk dəfə olaraq pambıqda duzun qatılığının artması ilə cücərmə parametrlərinin dəyişməsi arasındakı korrelyasiya tədqiq edilmişdir. Qrupların orta göstəriciləri arasında əhəmiyyətli fərqin olmasını müəyyən etmək üçün t-testi yerinə yetirilmiş, biometrik parametrlərinin dəyişməsində əhəmiyyətli fərqin olması aşkar edilmişdir.

İlk dəfə olaraq xromosomu əvəz edilmiş xətlər və valideynləri üzrə nəzarət qrupu və stres şəraitindəki məhsuldarlıq ilə tolerantlıq indeksləri ilə arasındakı asılılıqlar statistik təhlili edilmiş, STI, MP, YI və GMP in-

dekslərinin NaCl duzunun 100 mM və 200 mM qatılıqlı stres şəraitində duza davamlı genotiplərin identifikasiyası üçün effektiv davamlılıq indeksləri olması aşkar edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti: Tədqiqat işi üzrə alınan nəticələr NaCl-un müxtəlif qatılıqlarında pambıq bitkisində morfofizioloji göstəricilərin və duz stresinə davamlılığın molekulyar genetik mexanizmlərinin dərindən dərk olunmasına şərait yaradır, həmçinin genetik müxtəlifliyin qorunması və zənginləşdirilməsinə xidmət etməklə biotik və abiotik stres amillərə davamlı yeni sort və formaların identifikasiyasında, pambığın kolleksiya nümunələrinin hərtərəfli səciyyələndirilməsində, seleksiya prosesinin intensivləşdirilməsi və effektivliyinin yüksəldilməsində əhəmiyyətlidir. İlk dəfə olaraq, Elm və Təhsil Nazirliyinin Genetik Ehtiyatlar İnstitutunda fəaliyyət göstərən Milli Genbanka məxsus 48 yerli və introduksiya olunmuş pambıq genotipinin duza davamlığının morfofizioloji və molekulyar-genetik səviyyələrdə kompleks şəkildə qiymətləndirilməsi genetik, ekoloji, seleksiya proqramlarında duza davamlı sortların yaradılması, genetik cəhətdən uzaq formaların yeni hibridləşmə kombinasiyalarının müəyyən edilməsində effektiv istifadə üçün şərait yaradacaqdır.

Aprobasiyası və tətbiqi: Dissertasiya işinin nəticələrinə dair yerli və xarici nəşrlərdə 10 məqalə (onlardan 8-i beynəlxalq xülasələndirmə və indekləmə bazasına daxil olan dövrü elmi nəşrlərdə olmaqla), 8 tezis, ümumilikdə 18 elmi əsər dərc edilmişdir. Təqdim olunan dissertasiya işinin əsas nəticələri Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunan doktorant və gənc tədqiqatçıların respublika elmi-praktik konfransında (Bakı, 2022), Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunan Gənc Tədqiqatçıların VI Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2022), "Heydər Əliyev və müasir biologiya elminin inkişafı: nailiyyətlər və çağırışlar" adlı beynəlxalq konfransda (Bakı, 2023), Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci ildönümünə həsr olunmuş "Müasir Təbiət və İqtisad elmlərinin aktual problemləri" mövzusunda beynəlxalq elmi konfransda (Gəncə, 2024), "Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu" mövzusunda elmi-praktiki konfransda (Bakı, 2024), Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların VIII Beynəlxalq Elmi Konf-

ransında (Bakı, 2024), "Son Elmi Tədqiqatlar" mövzusunda LXIII Beynəlxalq Multidissiplinar Konfransda (ABŞ, 2024) və Bakı Dövlət Universitetinin elmi seminarında müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat: Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun "Texniki və yem bitkiləri", "Fizioloji genetika" və "Molekulyar genetika və genomika" şöbələrində yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, yekun, nəticələr, tövsiyələr, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı, əlavələr, ixtisarlar və şərti işarələrin siyahısından ibarət olmaqla 205 səhifədən ibarətdir. Dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi 193 356 işarə (Giriş – 9 868 simvol, I fəsil – 47 555 simvol, II fəsil – 16 473 simvol, III fəsil – 45 694 simvol, IV fəsil – 49 006 simvol, V fəsil – 15 115, Yekun – 7 200 simvol, Nəticə – 2 010 simvol, Tövsiyələr – 435 simvol) təşkil edir. İşdə nəticələri əks etdirən 27 cədvəl və 31 şəkil verilmiş, 249 adda mənbəyə istinad edilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU
I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI

Dissertasiya işinin ədəbiyyat icmalında pambıqçılıq və iqtisadi əhəmiyyəti, müxtəlif pambıq növlərinin duza davamlılığı, duz stresinin pambıq bitkisində müxtəlif morfofizioloji və genetik parametrlərə təsiri, duz stresini idarəetmə strategiyaları, pambıqda duza davamlılığın transkriptom analizi, streslə assosiasiya olunmuş müxtəlif genlərin duza davamlılıqda əhəmiyyəti geniş təhlil olunaraq yerli və xarici ədəbiyyat mənbələrinə istinadlar verilmişdir.

II FƏSİL. TƏDQİQATIN MATERİALI VƏ METODLARI

Tədqiqatın materialı kimi pambığın *G.hirsutum* L. növünə məxsus olan 32, *G.barbadense* L. növünə aid 1 genotipdən və 15 xromosomu əvəz edilmiş xətdən istifadə olunmuşdur.

Laborator şəraitdə duza davamlılığın cücərmə parametrləri əsa-

sında yoxlanılması Kaderin[12] metoduna uyğun olaraq yerinə yetirilmişdir. Genotiplərinin duza davamlılığı tamamilə təsadüfi dizaynda aparılmaqla NaCl duzunun 100 mM və 200 mM qatılığında nümunələrin biokütlə istehsalı və onların reduksiya nisbətləri baxımından öyrənilmişdir[13]. Stresə davamlılıq indekslərinin hesablanması pambıq cücərtilərinin quru kütləsi əsas götürülməklə hesablanmışdır. Nəzarət və stres şəraitində yarpağın xlorofil miqdarının pozulmadan ölçülməsi üçün Minolta xlorofilmetrindən istifadə edilməklə Rosyaranı[14] təklif etdiyi metodikaya uyğun olaraq SPAD dəyərləri qeydə alınmışdır.

Transkriptom analizinin yerinə yetirilməsi üçün nəzarət və stres variantlarında cücərtilərdən toplanmış yarpaq nümunələrindən ümumi RNT-nin ekstraksiyası RNX-Plus Solution (Cat. No. EX6101) protokolu əsasında aparılmışdır. mRNT tam uzunluqlu kDNT-nın sintezinin həyata keçirilməsi üçün SinaClon First Strand cDNA (Cat. No. RT5201) sintez dəstindən istifadə edilmişdir. RNT və kDNT-nin keyfiyyəti NanoDrop 2000/2000c avadanlığı vasitəsilə yoxlanılmışdır. Praymer dizaynını həyata keçirmək üçün tam kodlaşdırma ardıcıllığı məlum olan müvafiq ardıcıllıqlar NCBI məlumat bazasından seçilmiş, Primer3web və Primer3Plus onlayn web-resursundan istifadə edilmişdir. Praymerlərin əsas və duza düzəliş edilmiş tempraturları onlayn Oligo Calculator web-resursundan istifadə etməklə yoxlanılmışdır. Praymerlərin unikallığının yoxlanması Blast nukleotid online web-resursundan istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. RT-PCR gen spesifik praymerlərdən istifadə etməklə optimallaşdırılmış, miksin hazırlanması zamanı 2 qat SYBR Blue HS-qPCR (Cat. No. MM2171) dəstindən istifadə edilmişdir. 2 amplikonun amplifikasiya effektivliyini yoxlamaq üçün Pfafflın təklif etdiyi düsturdan istifadə edilmişdir

[12] Kader, M.A. A Comparison of Seed Germination Calculation Formulae and the Associated Interpretation of Resulting Data // Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales, – 2005. 138, – p. 65-75.

[13]Shaheen, S. Effect of NaCl on Morphophysiological and Biochemical Responses in *Gossypium hirsutum* L. / S.Shaheen, M.Baber, S.Aslam [et al.] // Agronomy, – 2023. 13(4), – p. 1-19.

[14] Rosyara, U.R. Photochemical Efficiency and SPAD Value as Indirect Selection Criteria for Combined Selection of Spot Blotch and Terminal Heat Stress in Wheat / U.R.Rosyara, S.Subedi, E.Duveiller [et al.] // Journal of Phytopathology, – 2010. 158(11-12), – p. 813-821.

[15]. Laboratoriya şəraitində genotiplərin davamlılığının qiymətləndirilməsi üzrə alınan nəticələr, stres şəraitində tədqiq olunan genlərin ekspressiya nisbətinin hesablanması üçün Microsoft Excel v2010 proqramından istifadə edilmişdir. Pearson korrelyasiya əmsalı, Əsas Komponent Təhlili (PCA) üzrə Kaiser-Meyer-Olkin və Bartlett testi, komponentlərin xüsusi dəyəri və dispersiya faizinin hesablanması üçün IBM SPSS Statistics v.26 proqram təminatından istifadə olunmuşdur. Biplotların qurulması zamanı Past/v.4.17 proqram təminatından istifadə olunmuşdur. Dendroqramların qurulması iTOL v6 online web resursu tərəfindən həyata keçirilmişdir.

III FƏSİL. TRANSKRİPTOM ANALİZİ ƏSASINDA DUZ STRESİ İLƏ ASSOSİASİYA OLUNMUŞ GENLƏRİN EKSPRESSİYA SƏVİYYƏSİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

3.1. Duz stresi altında OAF-ın tənzimlənməsində iştirak edən genlərin ekspressiya səviyyəsinin qiymətləndirilməsi. Variasiya təhlili kontekstində istifadə olunan ən az əhəmiyyətli fərq (LSD) testi, bir neçə işlənmə qrupunun ikili müqayisəsi üçün sınaq proseduru olub, ortalamaları statistik cəhətdən fərqli olan qrupları müəyyən etməyə kömək edir. Tədqiqat işində ilk dəfə olaraq nəzarət və streslə işlənmiş variantlar üzrə LSD testinin nəticələrinə əsasən OAF-n tənzimlənməsində iştirak edən *GhSOD, GhCAT1* və *GhMT3a* genlərinin ekspressiya səviyyəsində nəzarət ilə hər 2 stres variantı, *GhAPX1*, *GhFSD1* genlərinin ekspressiya səviyyəsində isə nəzarət və NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stres şəraiti altında əhəmiyyətli fərqin (orta fərq 0,05 səviyyəsində əhəmiyyətli) olması müəyyən edilmişdir. Eyni zamanda, *GhSOD, GhAPX1, GhFSD1, GhCAT1, GhMT3a* genlərinin NaCl duzunun 100 mM qatılığında müvafiq olaraq CS B-11, CS B-26, CS B-15, CS B-15, CS B-02, 200 mM qatılığında isə CS B-04, CS B-25, CS B-14, CS B-22, CS B-12 xətlərində nəzarətə nisbətən ən yüksək ekspressiya səviyyəsi müəyyən edilmişdir.

3.2. Stres şəraitində transkripsiya faktorlarını kodlaşdıran genlərin ekspressiya səviyyəsinin qiymətləndirilməsi. LSD testinin

[15] Pfaffl, M.W. A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR // Nucleic Acids Research, – 2001. 29(9), – p. 2002-2007.

nəticələrinə əsasən *GhDi19-1* geninin ekspressiya səviyyəsində nəzarət ilə NaCl duzunun 100 mM, *GhDREB*, *GhERF2*, *GhDi19-2* genlərinin ekspressiya səviyyəsində isə nəzarət və NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stres şəraiti altında əhəmiyyətli fərqin (orta fərq 0,05 səviyyəsində əhəmiyyətli) olması aşkar edilmişdir. *GhWRKY39, GhERF2, GhDREB, GhDi19-1, GhDi19-2* genlərinin ekspressiya səviyyəsinin NaCl duzunun 100 mM qatılığında müvafiq olaraq CS B-26, CS B-05, CS B-25, CS B-15, CS B-11, 200 mM qatılığında isə CS B-04, CS B-22, CS B-25, CS B-17, CS B-25 xətlərində nəzarətə nisbətən maksimum artması aşkar edilmişdir.

3.3. Duz stresi altında antiporter (*GhNHX1*), kalsineurin B-kimi (CBL) qarşılıqlı təsir protein kinaz 6 (*GhCIPK6*) və mitogen-aktivləşdirilmiş protein kinaz (*GhMAPK*) kodlayan genlərin ekspressiya səviyyəsinin qiymətləndirilməsi. Tədqiqat işində NaCl duzunun həm 100, həm də 200 mM qatılıqlı stres şəraiti altında *GhNHX1* və *GhMAPK* genlərinin ekspressiya səviyyəsi CS B-12, *GhCIPK6* geninin isə ekspressiya səviyyəsinin CS B-15 xəttində nəzarətə nəzərən maksimum artması müəyyən edilmişdir. Həmçinin, variasiya təhlilinin nəticələrinə əsasən *GhNHX1* və *GhCIPK6* genlərinin ekspressiya səviyyəsində isə nəzarət və NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stres şəraiti altında əhəmiyyətli fərqin olması müəyyən edilmişdir.

Tədqiqat işində stresin dozasının artması ilə tədqiq olunan genlərin ekspressiya səviyyəsinin dəyişmə dinamikasının analizi göstərmişdir ki, Pima 3-79 genotipində *GhAPX1* geninin ekspressiya səviyyəsinin dəyişməsi heç bir xətlə oxşarlıq təşkil etmir.

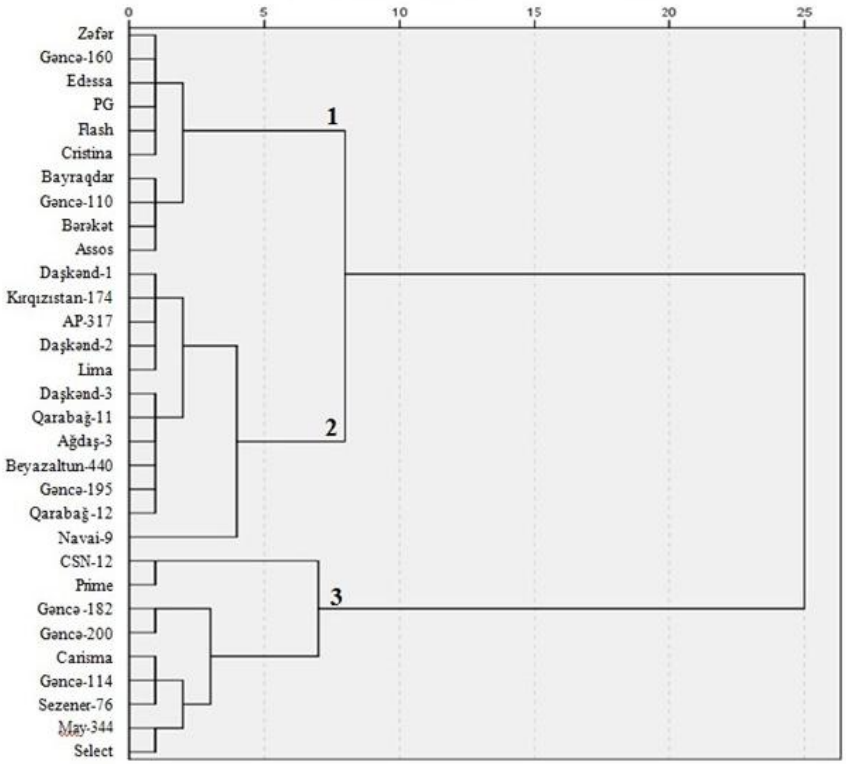
IV FƏSİL. LABORATORİYA ŞƏRAİTİNDƏ PAMBIQ GENOTİPLƏRİNİN DUZA DAVAMLILIĞININ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

4.1. Toxumların müxtəlif duz qatılığında cücərmə parametrləri əsasında davamlılığının qiymətləndirilməsi. Pearson korrelyasiya analizinə görə genotiplərin duz qatılığının və cücərmə parametrlərinin analizi nəticəsində NaCl-un qatılığı ilə cücərmənin orta zamanı (MGT) arasında isə 99 faiz ehtimal səviyyəsində müsbət, son cücərmə faizi (FGP), çıxış sürəti indeksi (GRI), cücərmə indeksi (GI)

və Kotowski sürət əmsalı (CVG) parametrləri arasında isə mənfi korrelyasiya aşkar edilmişdir. Aparılan tədqiqat zamanı NaCl-un 50 mM qatılığında nisbi son cücərmə faizi (RFGP) tədqiq olunan sortlar üzrə 2-23%, 100 mM qatılığında 11-42%, 150 mM qatılığında 24-56%, 200 mM qatılığında isə 35-71%, CSLs və valideyn formalarda isə NaCl-un 50 mM qatılığında 2-12%, 100 mM qatılığında 11-37%, 150 mM qatılığında 28-61%, 200 mM qatılığında isə 46-77% azalması müəyyən edilmişdir. MGT tədqiq olunan bütün genotiplər üzrə nəzarətlə nisbətdə artması müşahidə olunsa da, müxtəlif genotiplərdə bu göstəricinin müxtəlif dərəcədə artması aşkar edilmişdir. CVG üzrə CS B-02, CS B-17, CS B-18, CS B-26, Prime, CSN-12, Edessa, Lima Qarabağ-12 genotipləri istisna olmaqla duz qatılığının artması ilə aydın mənfi korrelyasiya müşahidə edilmişdir. Duz stresinin artması RFGP-nin azalmasına, cücərmə müddətinin artmasına səbəb olduğundan tədqiq olunan bütün sortlar və xətlər üzrə duz qatılığı artması ilə GRI indeksinin azalması aşkar edilmişdir.

Cücərmə faizini və sürətini birləşdirən, əhatəli ölçmə parametri olan və sınaqdan keçirilmiş parametrlər kontekstində dəqiq qiymətləndirmə üçün mühüm GI üzrə yerli Ağdaş-3, AP-317, Qarabağ-11 və Qarabağ-12 (müvafiq olaraq 340, 343, 381, 357) və introduksiya olunmuş Navai-9, Kırqızıstan-174, Daşkənd-2 və Flash genotipləri (müvafiq olaraq 403, 360, 353, 341) duz stresinə qarşı ən yüksək davamlılıq göstərmişdir. Xromosomu əvəz edilmiş xətlər içərisində isə CS B-05, CS B-11, CS B-14 və CS B-17 ən yüksək GI göstəricisinə malik olmaqla, (müvafiq olaraq, 345, 334, 336, 303) yüksək davamlı CSLs kimi qiymətləndirilmişdir.

4.2. Ümumi xlorofil miqdarının dəyişməsinə əsasən genotiplərin duza davamlılığının qiymətləndirilməsi. Stres verildikdən 35 gün sonra tədqiq olunan bütün genotiplərdə NaCl duzunun 200 mM duz ümumi xlorofil miqdarının (TCC) nəzarətə nisbətən azalması müəyyən edilmişdir. Tədqiqat nəticəsində yalnız yerli Bərəkət sortunda 200 mM duz qatılığında TCC-nin 100 mM duz qatılığına nisbətən cüzi yüksək olması aşkar edilsə də, hər iki duz qatılığında TCC nəzarət variantdan aşağı olmuşdur. Təqiqat işində TCC-nin azalmasına əsasən genotiplərin klaster analizi nəticəsində tədqiq olunan sortların 3 əsas qrupda toplanması müəyyən edilmişdir (şəkil 4.2.1).

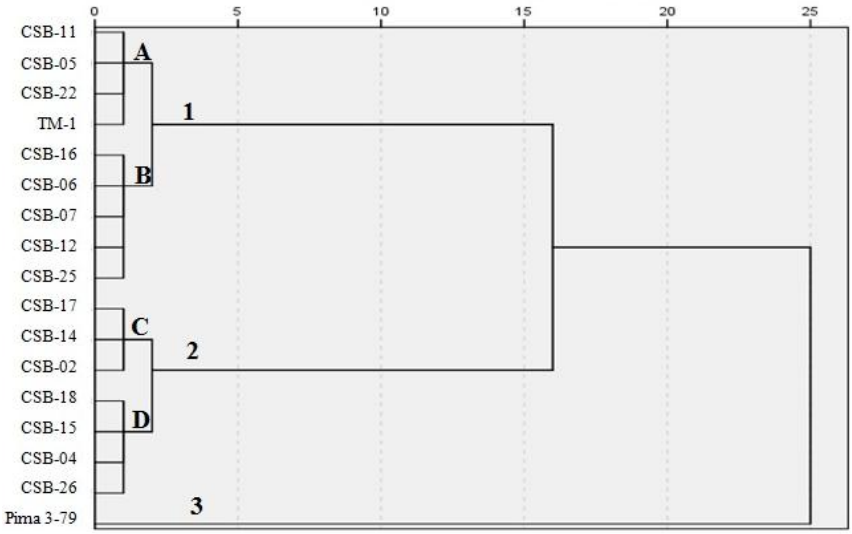


Şəkil 4.2.1. Xlorofil miqdarının dəyişməsinə əsasən sortların qruplaşdırılması

Birinci qrupda (orta davamlı) TCC-nin nəzarətə nisbətən azalmasının 4.05-4.675, II qrupda (davamlı) 1.6-3.825, III qrupda (həssas) isə 5,225-8,7 intervalında olması müəyyən edilmişdir.

CSLs və valideyn formaların NaCl duzunun 200 mM qatılığında xlorofil miqdarının dəyişməsinə əsasən klaster analizi nəticəsində də tədqiq olunan sortların 3 əsas qrupda toplanması müəyyən edilmişdir (şəkil 4.2.2).

III qrup xlorofil miqdarının dəyişməsinə görə davamlı, I qrup orta davamlı, II qrup isə həssas olmuşdur. Eyni zamanda qrup daxilində xlorofil miqdarının dəyişməsinə görə 1B (6-6.4) subqrupu 1A (6.7-7.1) subqrupundan, 1D (7.4-7.6) isə 1C-dən (8.2-8.4) daha davamlı olmuşdur.



Şəkil 4.2.2. Xlorofil miqdarının dəyişməsinə əsasən xromosomu əvəzlənmiş xətlər və onların valideyn formalarının qruplaşdırılması

4.3. Morfometrik parametrlər əsasında genotiplərin duz stresinə davamlılığının qiymətləndirilməsi. NaCl duzunun 100 mM qatılığında CSN-12 sortu istisna olmaqla bütün sort və xətlərdə təzə yerüstü hissənin hündürlüyünün (YYH) azalması müəyyən edilmişdir. Sortlar üçün bu parametrin azalması 1.4-30.4% intervalında, CSLs və onların valideynləri üçün 2.47-55% olması aşkar edilmişdir. Yerüstü hissənin təzə kütləsi (YYK) 17 sortda nəzarətə nisbətən 8.78-61.3% intervalında artmış, 14 sortda isə 1.16-26.06% intervalında azalmışdır. CSLs üzrə yalnız CS B-17 xəttində bu parametr üzrə dəyişkənlik müşahidə edilməmişdir. NaCl duzunun 100 mM qatılıqlı stresi şəraitində yerüstü hissənin quru hündürlüyü (QYH) yalnız Sezener-76 və CS B-16 xəttində müvafiq olaraq nəzarətə nisbətən 48% və 7.7% artmışdır. Digər bütün sortlarda QYH-nın 6.64-39.5%, CSLS və valideyn formalarında isə 4.41-58.8% aralığında azalması müəyyən edilmişdir. Yerüstü hissənin quru kütləsində (QYK) üzrə nəzarətə nisbətən Daşkənd-1 minimum (5.49%), Kırqızıstan-174 isə maksimum (65.6%) artım göstərmişdir.

Tədqiqat zamanı YYH-ın NaCl duzunun 200 mM qatılığında 100 mM qatılığından fərqli olaraq bütün nümunələr üzrə azalması və bu azalmanın sortlar üçün 0.86-47.6%, CSLs üçün isə 2.2-48.9% intervalında olması müəyyən edilmişdir. Yaş kök hündürlüyü (YKH) göstəricisinin yerli Bərəkət, Zəfər, Gəncə-182 və introduksiya olunmuş Daşkənd-3, Assos, Cristina sortları istisna olmaqla bütün digər sortlarda azalması müəyyən edilmişdir. Bu qatılıqda YKH yalnız 2 CSLs-də artmış, digər 13 CSLs isə ikiqat haploid Pima 3-79 genotipi ilə uyğunluq təşkil etməklə 3.94-47.8% intervalında azalmışdır. Aparılan tədqiqat zamanı NaCl duzunun 200 mM qatılığında YYK üzrə 100 mM duz qatılığından fərqli olaraq yalnız azalma müəyyən edilmişdir. Sortlar arasında ən yüksək azalma yerli Qarabağ-11 (51.6%), CSLs arasında isə CS B-18 (50.4%) xəttində müəyyən edilmişdir. NaCl-un 200 mM qatılığında yaş kök kütləsinin (YKK) yerli Bərəkət, introduksiya olunmuş May-344, PG, CS B-05 genotiplərində artması aşkar edilmişdir. Bu qatılıqda QYH-nın yalnız Navai-9 və CS B-16 xəttində (müvafiq olaraq 2.5 və 2.6%) artaraq digər bütün genotiplərdən fərqlənməsi müəyyən edilmişdir. QYK göstəricisinin 200 mM duz qatılığında 100 mM qatılığından fərqli olaraq yalnız azalması aşkarlanmış və sortlar üçün bu azalma 0.88-68%, xətlər üçün isə 10-56.6% intervalında olmuşdur. Quru kök kütləsinin (QKK) NaCl-un 200 mM qatılığında Bərəkət, Qarabağ-12, Gəncə-160, Gəncə-182, Assos, Select, Flash, May-344, Cristina, Navai-9, Lima, CS B-05 və CS B-16 nümunələrində artması müəyyən edilmişdir. Digər CS B xətlər valideyn formaları kimi azalma göstərmiş və bu azalma 3.57-81.7% intervalında olmuşdur. Sortlar üzrə azalma 5.56-48% intervalında tərəddüd etmişdir.

Morfometrik parametrlərin tədqiqi zamanı NaCl duzunun 100 mM qatılığında genotiplər arasında bu parametrlərin həm artması, həm də azalması aşkar olunsa da, 200 mM duzun qatılığında YYH, YYK, QYK göstəricilərinin yalnız azalması aşkar edilmişdir. Həmçinin, NaCl duzunun 200 mM qatılığında ümumi yaş, quru kütlənin və hündürlüyün 100 mM qatılığından fərqli olaraq bütün nümunələr üzrə yalnız azalması qeydə alınmışdır.

Qrupların orta göstəriciləri arasında əhəmiyyətli fərqin olmasını müəyyən etmək üçün yerinə yetirilmiş t-testi ümumi yaş hündürlük

(ÜYH), ümumi yaş kütlə (ÜYK), ümumi quru hündürlük (ÜQH), ümumi quru kütlə (ÜQK) parametrlərinin dəyişməsində əhəmiyyətli fərqin olması müəyyən edilmişdir (cədvəl 4.3.1).

Cədvəl 4.3.1.

Ümumi morfometrik parametrlərin orta qiymətləri və variasiya əmsalı

	ÜYH (sm)			ÜYK (mq)			ÜQH (sm)			ÜQK (mq)		
	0 mM	100 mM	200 mM	0 mM	100 mM	200 mM	0 mM	100 mM	200 mM	0 mM	100 mM	200 mM
Orta	25.9	22.4	18.2	838.0	819.3	587.6	22.5	19.6	16.2	198.7	196.7	142.9
Std. K.	3.0	3.2	2.6	460.3	340.9	255.2	2.8	3.2	2.7	87.1	94.1	56.1
CV (%)	11.5	14.4	14.5	54.9	41.6	43.4	12.5	16.5	16.4	43.8	47.8	39.2
t-test	61,696**			23,804**			59,896**			25,546**		

** $p < 0.01$-də əhəmiyyətli fərq

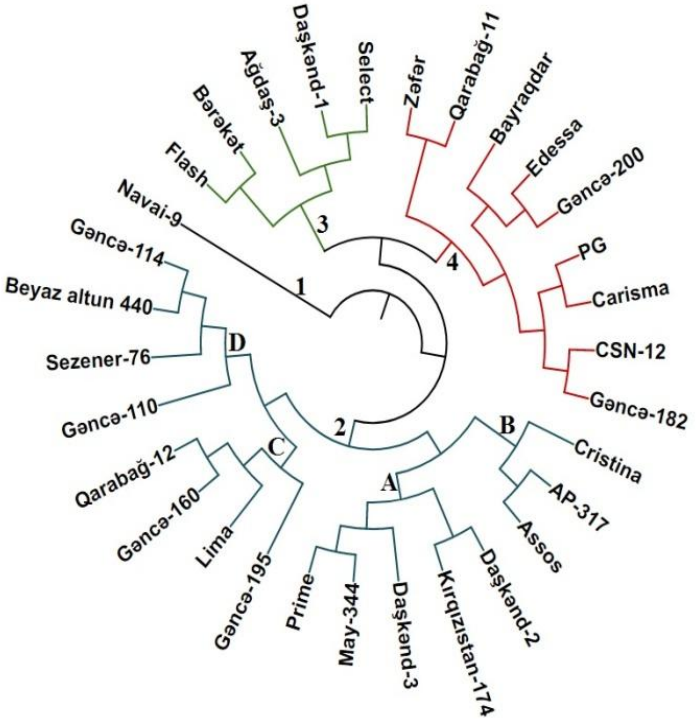
Nəzarət variantında variasiya əmsalının (CV) dəyişməsi 11.5-dən (ÜYH) 54.9-a qədər (ÜYK) müəyyən edilmişdir. Həmçinin, stres şəraitidə ÜYH, ÜQH parametrləri NaCl-un hər iki, ÜQK 100 mM qatılığında artmış, ÜYK isə hər 2 qatılıqlı stres şəraitində azalmışdır.

Morfometrik göstəricilərin ümumi qiyməti əsasında davamlı və həssas genotiplərin identifikasiyası üçün klaster analizi yerinə yetirilmiş və kompleks müsbət əlamətlərə malik genotiplər seçilmişdir.

NaCl-un 200 mM qatılığında tədqiq olunan sortlar 4 böyük qrupda (şəkil 4.3.1) cəmlənmişdir ki, birinci qrupa daxil olan Navai-9 yüksək davamlı olaraq qiymətləndirilmiş və morfometrik parametrin ən az dəyişkənliyinə malik olmuşdur. 2A subklasterində toplanmış nümunələr ÜYK və ÜQK parametrlərinin dəyişməsinə görə ən aşağı qiymətlərə, 2B subklasterində cəmlənmiş nümunələr isə ümumilikdə morfometrik göstəricilərin aşağı dəyişməsinə malik olmaqla, klaster daxilində tolerant qrup kimi qiymətləndirilmişlər. 2C və 2D subklasterinə daxil olan genotiplər ÜQK-nın dəyişməsinə görə aşağı qiymət almış, lakin 2C subklasteri klaster daxilində ÜYH və ÜQH göstəricilərinin yüksək dəyişməsinə malik olmaqla 2D subklasterinə nisbətən həssas qrup kimi qiymətləndirilmişdir.

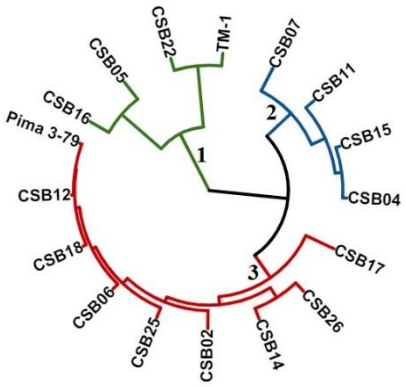
III klasterdə cəmlənmiş nümunələr morfometrik göstəricilərin

dəyişməsi üzrə aralıq mövqe tutmaqla duza orta davamlı, IV klasterdə toplanmış sortların isə ümumi morfometrik göstəricilərin daha yüksək azalmasına malik olmaqla NaCl-un 200 mM konsentrasiyasında həssas genotiplər olması müəyyən edilmişdir.



Şəkil 4.3.1. Pambıq sortlarının NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stres şəraitində ümumi morfometrik göstəricilərə əsasən klaster analizi

CSLs və valideynlərinin yüksək duz qatılığında davamlılığının qiymətləndirilməsi zamanı valideyn TM-1 genotipinin daxil olduğu I qrup ümumi morfometrik parametrlərin nəzarətə nisbətən ən aşağı dəyişmə qiymətinə malik olmaqla davamlı qrup kimi qiymətləndirilmişdir (şəkil 4.3.2).

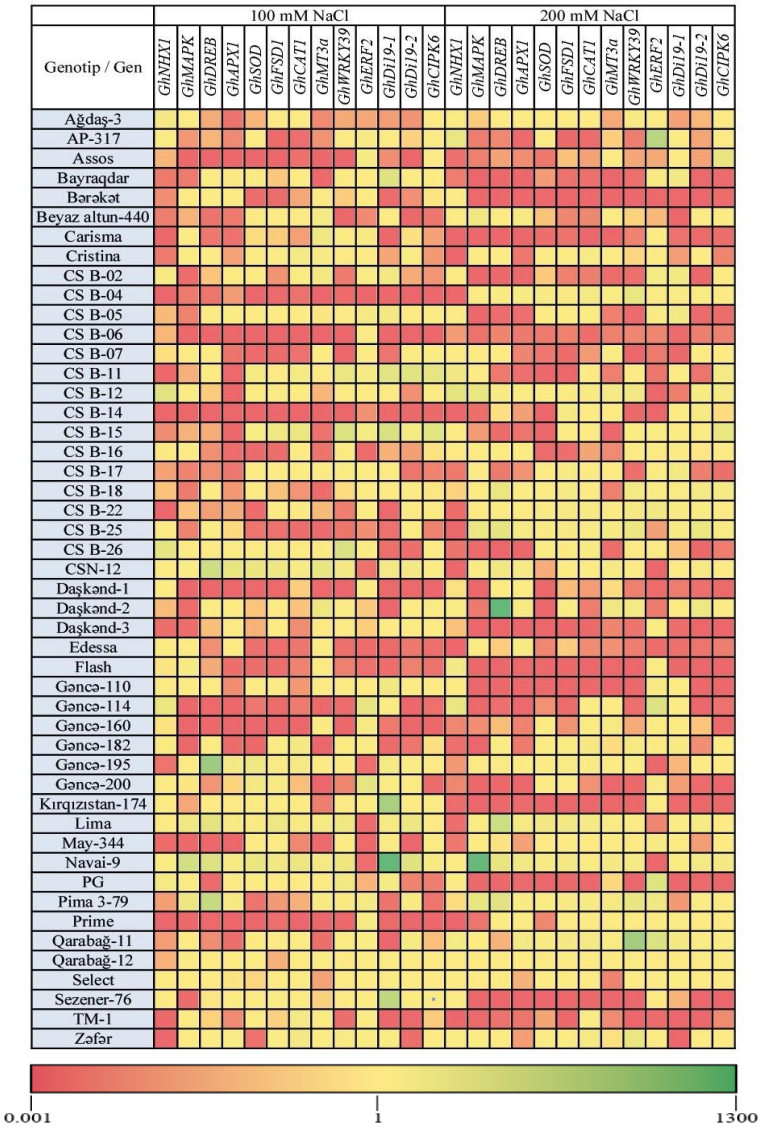


Şəkil 4.3.2. CSLs və valideyn formalarının NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stres şəraitində ümumi morfometrik göstəricilərə əsasən klaster analizi

III klasterdə toplanmış genotiplər öyrənilən morfometrik parametrlərin II klasterə nisbətən daha yüksək azalma qiymətinə malik olduğundan duza həssas, II klasterdə toplanmış xətlər isə duza orta davamlı genotiplər kimi qiymətləndirilmişdir.

Duza davamlı genotiplərin seçilməsi üçün tədqiq olunan morfofizioloji parametrlərinn kompleks şəkildə müqayisə zamanı yerli sortlar arasında AP-317, introduksiya olunmuş sortlar içərisində isə Özbəkistan mənşəli Navai-9, Daşkənd-2, Daşkənd-3, Türkiyə mənşəli Beyaz altun-440 və Qırğızıstan mənşəli Kırqızıstan-174 sortları, CSLs və valideynləri arasında isə CS B-05, CS B-16, CS B-11, CS B-22 və TM-1 genotipləri NaCl duzunun tədqiq olunan yüksək qatılıqlı stresi altında morfofizioloji göstəricilər üzrə minimum azalma göstərərək davamlı genotiplər kimi qiymətləndirilmişdir. Həmçinin, ilk dəfə olaraq ekspressiya patternlərinin stres şəraitində nəzarət variantına nisbətən dəyişməsinin təhlili zamanı morfofizioloji parametrlərə görə seçilmiş davamlı və həssas genotiplərdə tədqiq olunan 13 genin ekspressiyasının həm azalması, həm də artması müşahidə edilmişdir (şəkil 4.3.3).

Beləliklə, əldə edilmiş məlumatlara əsasən müxtəlif coğrafi qruplara aid olan və duza davamlılığına görə fərqlənən nümunələrdəki oxşar və müxtəlif səviyyəli transkriptlər duza davamlılığın mürəkkəb genetik nəzarətə malik olduğunu və davamlı sortlarda bu cür müxtəliflik müqavimətin fərdi potensial səviyyəsinə malik olduğunu göstərir.



Şəkil 4.3.3. Gen ekspressiyasının istilik xəritəsi (Yaşıl çalarlar və sarı ekspressiyanın artmasının, kəhrəba və qırmızı isə azalmasının yüksək və aşağı dəyərlərini ifadə edir)

V FƏSİL. PAMBIQ GENOTİPLƏRİNİN DUZA DAVAMLILIĞININ TOLERANTLIQ İNDEKSLƏRİ VƏ GENETİK PARAMETRLƏR ƏSASINDA QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

5.1. NaCl duzunun 100 mM qatılıqlı stresi altında tolerantlıq indeksləri əsasında sort və xətlərin qiymətləndirilməsi. Sortların normal və NaCl duzunun 100 mM qatılıqlı stresi şəraitində tolerantlıq indekslərinin korrelyasiya analizi nəticəsində Yp ilə STI (r~ 0.915**), MP (r~0.890**), YI (r~0.665**) və GMP (r~0.901**), Ys ilə isə bütün tolerantlıq indeksləri ilə statistik cəhətdən əhəmiyyətli (P≤0.01) korrelyasiyanın olması aşkar edilmişdir. Ys ilə TOL indeksi (r~-0.619**) və SSPI indeksi (r~-0.620**) arasında mənfi, digər indekslər arasında isə müsbət korrelyasiyanın olması aşkar edilmişdir. NaCl duzunun 100 mM qatılıqlı stresi altında MSTI parametrinin ən yüksək qiyməti Qarabağ-11 (1.61), STI, MP, YI və GMP parametrlərinin ən yüksək qiyməti isə Gəncə-110 sortunda (müvafiq olaraq 2.9, 0.335, 1.712, 0.335) müəyyən edilmişdir. SSI indeksinin ən aşağı qiyməti Navai-9 (-2.64) sortunda, TOL və SSPI indeksləri isə Gəncə-160 və Qarabağ-11 (-0.092 və -26.562) sortlarında qeydə alınmışdır.

CSLs və valideyn formalarının NaCl duzunun 100 mM qatılıqlı stres şəraitində tolerantlıq indekslərinin korrelyasiya analizi nəticəsində isə Yp ilə STI (r~0.805**), MP (r~0.901**), YI (r~0.675**) və GMP (r~-0.854**) arasında, Ys ilə isə STI (r~0.973**), MP (r~0.929**), YI (r~1.000**), GMP arasında (r~0.958**) yüksək əhəmiyyətli müsbət (P≤0.01), TOL (r~-0.552*) və SSPI (r~-0.552*) indeksləri arasında isə əhəmiyyətli mənfi (P≤0.05) korrelyasiyanın olması müəyyən edilmişdir.

NaCl duzunun 100 mM qatılıqlı stresi altında CSLs və onların valideynləri üzrə STI, MP, YI və GMP indekslərinin ən yuxarı qiyməti ikiqat haploid Pima 3-79 (müvafiq olaraq 11.091, 0.66, 3.674, 0.656), MSTI indeksi isə CS-B 11 xəttində (1.493) müəyyən edilmişdir. Tolerantlıq indekslərindən SSI indeksinin ən aşağı qiyməti CS-B 11 (-2.511), TOL və SSPI indeksləri valideyn Pima 3-79 (-0.129 və -26.308) genotipində müəyyən edilmişdir.

5.2. NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stresi altında tolerantlıq indeksləri əsasında sort və xətlərin qiymətləndirilməsi. Sortların

NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stresi altında da Yp ilə STI (r~ 0.934**), MP (r~0.957**), YI (r~0.845**) və GMP (r~0.940**) indeksləri arasında yüksək əhəmiyyətli müsbət korrelyasiyanın olması aşkar edilmişdir. Stres şəraitindəki məhsuldarlıqla isə STI (r~0.953**), MP (r~0.964**), YI (r~1.000**), GMP (r~0.976**), MSTI (r~ 0.634**) indeksləri arasında yüksək əhəmiyyətli (P≤0.01) müsbət, SSI (r~-0.625**) indeksi arasında yüksək əhəmiyyətli (P≤0.01) mənfi, TOL (r~-0.435**) və SSPI (r~-0.434**) indeksləri arasında isə əhəmiyyətli (P≤0.05) korrelyasiyanın olması müəyyən edilmişdir.

Bu qatılıqlı stres şəraitində SSI indeksinin ən aşağı qiyməti Daşkənd-2 (0.124), TOL və SSPI indekslərinin isə ən aşağı qiymətləri isə Beyaz altun-440 sortunda (müvafiq olaraq 0.003 və 0.982) müəyyən edilmişdir. STI, MP, YI və GMP indekslərinin ən yüksək qiymətinə Gəncə-110 (müvafiq olaraq 5.314, 0.316, 2.18, 0.315), MSTI-nin isə Daşkənd-2 və Beyaz altun-440 (0.974) sortları malik olmuşdur.

NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stresi şəraitində CSLs və valideyn formalarının tolerantlıq indekslərinin korrelyasiya analizi nəticəsində həm normal, həm də stres şəraitindəki məhsuldarlıqla SSI və MSTI indeksləri istisna olmaqla tədqiq olunan bütün digər indekslər arasında statistik cəhətdən yüksək əhəmiyyətli (P≤0.01) müsbət korrelyasiyanın olması aşkar edilmişdir. Tolerantlıq indekslərinin analizi zamanı SSI, TOL, SSPI indekslərinin ən aşağı qiyməti CS B-07 xəttində müşahidə (müvafiq olaraq 0.278, 0.019 və 3.936) edilmişdir. MSTI indeksinin ən yüksək qiyməti CS B-07 (0.896) xəttində, STI, MP, YI və GMP indekslərinin isə ən yüksək qiyməti ikiqat haploid Pima 3-79 genotipində (uyğun olaraq 8.159, 0.46, 2.109, 0.439) aşkar edilmişdir.

Cari tədqiqat işində ilk dəfə olaraq hər 2 qatılıqlı stres şəraitində həm pambıq sortlarında, həm də CSLs ilə valideyn formalarının tolerantlıq indekslərinin korrelyasiya analizi nəticəsində potensial məhsuldarlıqla stres şəraitindəki məhsuldarlıq arasında yüksək əhəmiyyətli (P≤0.01) korrelyasiyanın olduğu müəyyən edilmişdir. Həmçinin, potensial və stres şəraitindəki məhsuldarlıq ilə STI, MP, YI və GMP indeksləri arasında bütün hallarda statistik cəhətdən yüksək əhəmiyyətli (P≤0.01) müsbət korrelyasiyanın olması bu indekslərin pambıqda duza davamlı genotiplərin identifikasiya olunmasında əlverişli indekslər olması müəyyən olunmuşdur.

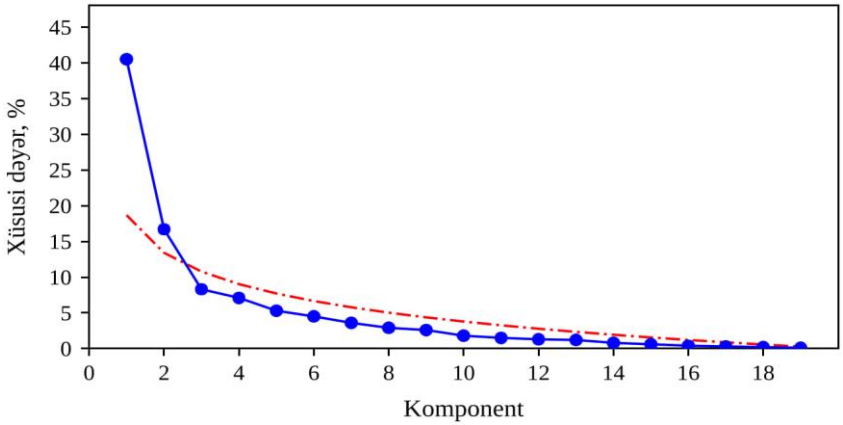
5.3. Əsas Komponent Analizi (PCA) əsasında genotiplərin qruplaşdırılması. Faktor təhlilinin məlumat dəsti üçün uyğun olmasını yoxlamaq üçün Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) seçmə adekvatlığı və Bartlet ölçüsü bütün nümunələr üçün nəzarət və NaCl duzunun hər iki qatılığında ölçülmüş və nəticələr məqbul qəbul edilmişdir (cədvəl 5.3.1).

Cədvəl 5.3.1.

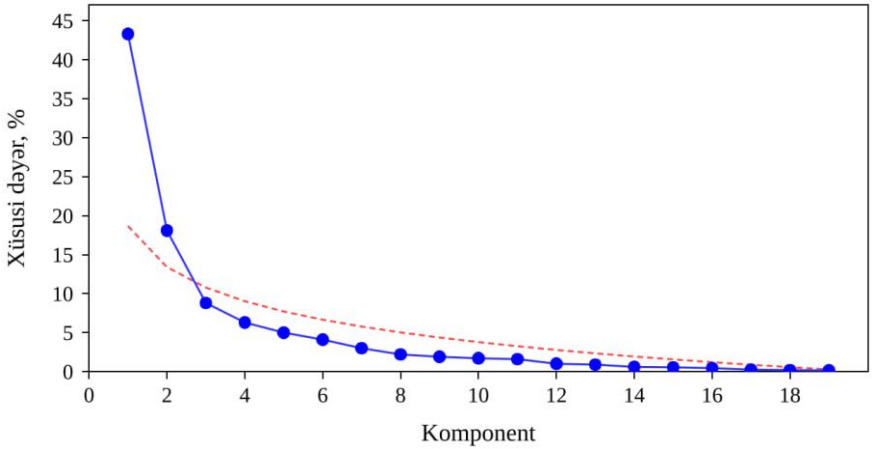
KMO və Bartlett ölçüsü

Test		0 mM NaCl	100 mM NaCl	200 mM NaCl
Kaiser-Meyer-Olkin seçmə adekvatlığının ölçüsü		0.736	0.784	0.807
Bartlett sferiklik meyarı	Təxmini X-kvadrat	776,906	865.243	940.313
	Sərbəstlik dərəcələri	171	171	171
	Əhəmiyyətlilik	0	0	0

Eyni zamanda PCA nəticəsində nəzarət variantında 5 (şəkil 5.3.1), NaCl duzunun həm 100 mM (şəkil 5.3.2), həm də 200 mM qatılığında (şəkil 5.3.3) tədqiq olunan 19 müxtəlif komponent içərisində xüsusi dəyəri (eigenvalue) 1-dən yuxarı olan 4 komponent müəyyən edilmişdir.

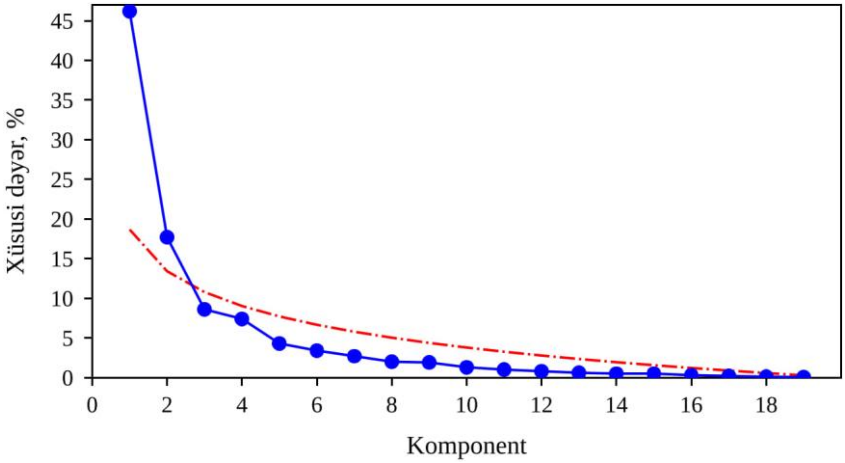


Şəkil 5.3.1. Pambıq genotiplərinin nəzarət variantı üzrə komponentlərin xüsusi dəyər qrafiki



Şəkil 5.3.2. Pambıq genotiplərinin NaCl duzunun 100 mM qatılığında komponentlərin xüsusi dəyər qrafiki

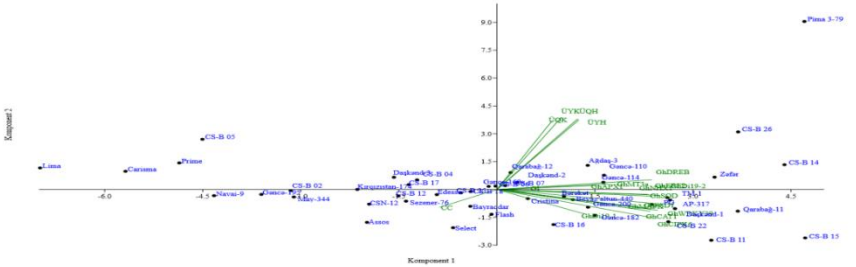
Nəzarət variantı üzrə ümumi variasiyanın 78.007%-ni ilk 5 komponent, NaCl duzunun 100 mM qatılığında xüsusi dəyəri 1-dən yuxarı olan 4 komponent ümumi variasiyanın 76.547 %-ni, 200 mM qatılığında isə 79.758 %-ni təşkil etməsi müəyyən edilmişdir.



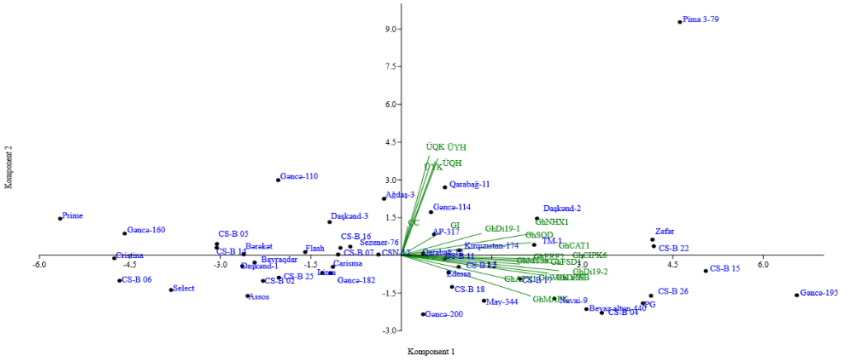
Şəkil 5.3.3. Pambıq genotiplərinin NaCl duzunun 200 mM qatılığında komponentlərin xüsusi dəyər qrafiki

Tədqiqat işində plotda göstərilən komponentlərin müşahidə olunan oxşar qiymətlərinə görə bir-birinə yaxın olan genotiplər qruplaşmış, istər sortlar, istərsə də xətlər NaCl duzunun nəzarət (şəkil 5.3.4) və tədqiq olunan 2 müxtəlif qatılıqlı stres şəraiti altında (şəkil 5.3.5. və şəkil 5.3.6) morfofizioloji və genetik əlamətlərə görə böyük dəyişkənlik nümayiş etdirməsi müəyyən edilmişdir.

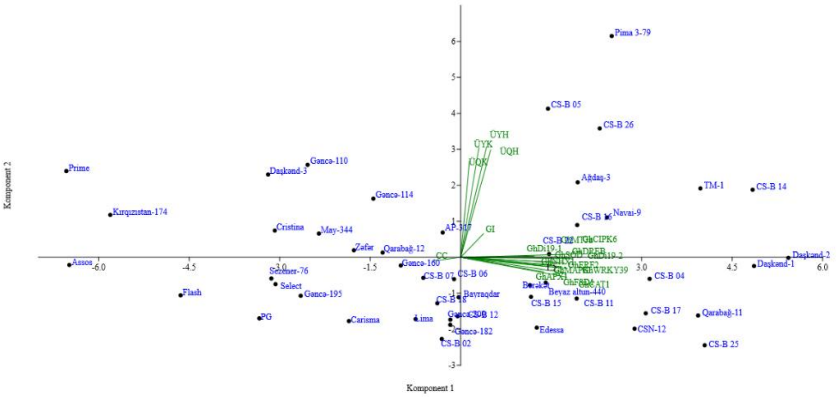
PCA nəticəsində həm sortlar, həm də CSLs və onların valideynlərində bir sıra komponentlərin depressiyası cüzi olsa da, digərləri geniş depressiya dərəcəsi nümayiş etdirməsi və davamlılıq səviyyəsinə görə genotiplər və ölçülən bütün parametrlərə əsasən fərqli qruplara daxil olması aşkar edilmişdir.



Şəkil 5.3.4. Pambığın genotiplərinin nəzarət variantında PCA analizi



Şəkil 5.3.5. Pambığın genotiplərinin NaCl duzunun 100 mM qatılığında PCA analizi



Şəkil 5.3.6. Pambığın genotiplərinin NaCl duzunun 200 mM qatılığında PCA analizi

NƏTİCƏLƏR

1. Transkriptom məlumatlarının müqayisəli təhlili nəticəsində *GhDi1 9-1* geninin nəzarət ilə NaCl duzunun 100 mM, *GhNHX1*, *GhDREB*, *GhAPX1*, *GhFSD1*, *GhERF2*, *GhDi19-2* və *GhCIPK6* genlərinin nəzarət və NaCl duzunun 200 mM, *GhSOD*, *GhCAT1* və *GhMT3a* genlərinin ekspressiya səviyyəsində isə nəzarət ilə hər 2 qatılıqlı stres şəraiti altında əhəmiyyətli ($P \leq 0.05$) fərqin olması aşkar edilmişdir.

2. CSLs üzrə genlərin ekspressiya səviyyəsi valideyn formalar ilə həm oxşar, həm də fərqli olmuş, valideyn Pima 3-79 genotipində *GhAPX1* geninin ekspressiya səviyyəsindəki dəyişiklik heç bir xətlə oxşarlıq təşkil etməmişdir.

3. Duzun qatılığı ilə cücərmə parametrləri arasında 99% etibarlılıq səviyyəsində əhəmiyyətli təsiri aşkar edilmiş və stresin dozasının artması bu göstəricilərin əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsinə səbəb olmuşdur. Stres şəraitində ümumi xlorofil miqdarının ilk 4 həftə müddətində müxtəlif genotiplərdə həm artması, həm də azalması müşahidə edilsə də, stres verildikdən 5 həftə sonra NaCl duzunun 200 mM qatılıqlı stresi altında bütün genotiplərdə ümumi xlorofil miqdarının azalması müəyyən olunmuşdur.

4. NaCl-un 100 mM qatılığında bitkilərin ümumi hündürlüyünün

və kütləsinin quru və yaş göstəriciləri üzrə həm artım, həm də azalma aşkar edilsə də, NaCl duzunun 200 mM qatılığında bu göstəricilərin yalnız azalması müəyyən edilmişdir.

5. Pambıq sortlarında, həmçinin xromosomu əvəz olunmuş xətlər və onların valideyn formalarının NaCl duzunun həm 100 mM, həm də 200 mM qatılıqlı stresi altında potensial və stres şəraitindəki məhsuldarlığı öz arasında və STI, MP, YI və GMP indeksləri arasında yüksək əhəmiyyətli müsbət korrelyasiyanın olması müəyyən edilmişdir.

6. Morfofizioloji parametrlər əsasında identifikasiya olunmuş istər davamlı, istərsə də həssas genotiplərdə öyrənilən 13 genin ekspressiya səviyyəsində həm artması, həm də azalması müşahidə edilmişdir. Tədqiq olunan genlər arasında yalnız həssas sort və xətlər üzrə *GhMT3a* geninin ekspressiya səviyyəsinin nəzarətə nisbətən aşağı düşməsi müşahidə edilmişdir.

7. Əsas komponent analizi NaCl duzunun 100 mM və 200 mM qatılığında ümumi yaş hündürlük, ümumi yaş kütlə, ümumi quru hündürlük, ümumi quru kütlə parametrlərin qiymətlərinin ümumi variasiyanın müvafiq olaraq 76.6 və 79.8 %-ni təşkil etməklə tədqiqinin əhəmiyyətli olduğunu təsdiqləyir.

TÖVSİYƏLƏR

1. Tədqiqat işində dizayn olunmuş gen spesifik praymerlər müvafiq genlərin identifikasiyasında və ekspressiya səviyyəsinin qiymətləndirilməsində istifadə oluna bilər.

2. Duzun yüksək qatılığında davamlı olaraq seçilmiş yerli AP-317, introduksiya olunmuş Navai-9, Daşkənd-2, Daşkənd-3, Beyaz altun-440, Kırqızıstan-174, CS B-05, CS B-11, CS B-16, CS B-22 genotiplərinin pambıqda duza davamlılıq istiqa-mətində seleksiya proqramlarında valideyn forma kimi istifadəsi tövsiyə edilir.

DİSSERTASİYANIN MÖVZUSU ÜZRƏ DƏRC OLUNMUŞ ƏSƏRLƏRİN SİYAHISI

1. Əlizadə, Ş.A., Məmmədova, R.B., Quliyev, R.Ə. Pambıq bitkisində duzluluq stressinə davamlılığın genetik tədqiqi // – Bakı: Odlar Yurdu Universitetinin Elmi və Pedaqoji Xəbərləri, – 2020. №56, – s.253-259.
2. Alizade, Sh.A. Analysis of cis element of promoter region for regulation mechanism of cotton salt tolerance genetic source // – Baku: Second International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists on Multidisciplinary approaches in solving modern problems of fundamental and applied sciences, – 2020. – p.55.
3. Ализаде, Ш. Роль миРНК в ответах на солевой стресс хлопчатника // – Baku: Advances in Biology & Earth Sciences, – 2022. Vol.7, No.1, – p. 80-84.
4. Ализаде, Ш.А. Оценка устойчивости к солевому стрессу разных генотипов хлопчатника // – Bakı: Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunan doktorant və gənc tədqiqatçıların respublika elmi-praktik konfransı, – 2022. – p.680-682.
5. Ализаде, Ш. Оценка генотипов хлопчатника на солеустойчивость при различных концентрациях NaCl // – Baku: VI International scientific conference of young researchers Dedicated to the 99th Anniversary of the National leader of Azerbaijan, Heydar Aliyev, – 2022. – p.171-172.
6. Ализаде, Ш. Сравнительное исследование SPAD значения у растений хлопчатника в условиях солевого стресса // – Bakı: Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun elmi əsərləri, 2022. C.XI, №1, – s. 139-145.
7. Ализаде, Ш. Исследование генов солеустойчивости хлопчатника // – Naxçıvan: Naxçıvan Dövlət Universitetinin Elmi əsərləri, Təbiət və tibb elmləri seriyası, – 2022. №3 (116), – s.83-87.
8. Alizade, S., Mammadova, R. Assessment of salt stress resistance of cotton varieties based on different parameters // –

Baku: Advances in Biology & Earth Sciences, – 2023. Vol.8, No.1, – p. 58-66.
9. Alizade, S., Mammadova, R., Sirajli, N. Evaluation of morphometric traits of upland cotton genotypes under different concentration of NaCl // – Baku: Advances in Biology & Earth Sciences, – 2023. Vol.8, No.3, – p.301-307.
10. Ализаде, Ш.А. Оценка уровня экспрессии гена *GhMAPK* в условиях солевого стресса у сортов хлопчатника // – Санкт-Петербург: Биотехнология и селекция растений, – 2023. Том 6, №4, – с.40-47.
11. Əlizadə, Ş., Siraclı, N., Məmmədova, R. NaCl duzunun müxtəlif qatılıqlı stres şəraiti altında xromosomu əvəz olunmuş pambıq xətləri və valideyn formalarında *GhNHX1* geninin ekspressiya səviyyəsinin tədqiqi // – Bakı: International Conference Heydar Aliyev and the Development of Modern Biology: Achievements And Challenges – 2023. – s.80.
12. Alizada, S., Aliyeva, K. Comparative analysis of expression profiles of antiporter encoding gene (*GhNHX1*) under different concentrations of NaCl in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) // – Baku: Advances in Biology & Earth Sciences, – 2024. Vol.9, No.1, – p.168-174.
13. Əliyeva, K.Ə., Məmmədova, R.B., Əlizadə, Ş.A. NaCl duzunun müxtəlif qatılıqlı stresi şəraitində pambıq nümunələrində ümumi xlorofil tərkibinin tədqiqi // – Gəncə: Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101-ci ildönümünə həsr olunmuş Müasir Təbiət və İqtisad Elmlərinin Aktual Problemləri Beynəlxalq Elmi Konfrans, – 2024. – s.131-132.
14. Ализаде Ш. А. Сравнительная оценка профилей экспрессии гена *GhCIPK6* при различной концентрации NaCl в проростках хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) // – Перм: Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2024. Вып. 2. с. 212-220.
15. Alizada, S., Aliyeva, K., Ruhangiz Mammadova, R., Bayramli, O., Shahmorad Moghanloo, B. Salinity, *verticillium* wilt tolerance and genetic diversity analysis of upland cotton genotypes // – Baku: Advances in Biology & Earth Sciences, –

2024. Vol.9, No.2, p.242-252.
16. Əlizadə, Ş. Duz stresi altında pambıq (*G.hirsutum* L.) cücərtilərində *GhCIPK6* geninin ekspressiya profillərinin tədqiqi // – Bakı: Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu mövzusunda elmi-praktiki konfrans, – 2024. – p.181-182.
17. Ализаде, Ш., Алиева, К. Оценка уровня экспрессии гена *GhNHX1* у генотипов хлопчатника в условиях солевого стресса // – Baku: VIII International scientific conference of young researchers Dedicated to the 101th Anniversary of the National leader of Azerbaijan, Heydar Aliyev, – 2024. – p.188-189.
18. Alizada, S. Evaluation of the resistance of local and introduced cotton varieties to salt stress based on tolerance indices // – Shawnee, USA: LXIII International Multidisciplinary Conference "Recent Scientific Investigation", – 2024. – p.7-11.

Dissertasiyanın müdafiəsi 01 dekabr 2026-cı il tarixində saat 11:00 Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.37 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 11106, Bakı şəhəri, Azadlıq pr., 155.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun (https: // www.genres.az) rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 29 oktyabr 2026-cı il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.10.2026

Kağızın formatı: A5

Həcm: 36 041

Tiraj: 100