

Muxammadaliyev Ravshanbek Iqboljon o'g'li
O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Tayanch doktorant (PhD)
Tel: +99891-323-83-15. E-mail: mravshanbe95@gmail.com

Makamov Abdusalom Xasanboyevich
O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Laboratoriya mudiri. PhD
Xusenov Naim Nutfullayevich

O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Bo'lim boshlig'i. PhD
Norbekov Jurabek Kushbokovich

O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Laboratoriya mudiri. PhD
Normamatov Ilyos Sulaymonovich

O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Kichik ilmiy xodim. PhD
Boyqobilov Umid Abdurahmon o'g'li

O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Kichik ilmiy xodim
Mamanazarov Sharofiddin Imomqulovich

O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi. Kichik ilmiy xodim

UO'K - 577.16.083, 574.23, 633.511

QURG'OQCHILIK SHAROITIDA AYRIM G'O'ZA GENOTIPLARINING BIOKIMYOVIY TAHLILI

Annotatsiya: Ushbu maqolada turli ekotiplarga mansub g'o'za (*Gossypium hirsutum* L) ning 20 xil genotiplarida suv tanqisligiga moslashish uchun muhim bo'lgan biokimyoviy moddalar o'rganildi. Tadqiqot natijalarida L-1000, S-9006 va Zangi-Ota paxta navlarida superoksid dismutaza (SOD), peroksidaza (POD), katalaza (CAT), malondialdegid (MDA) va prolin kabi biokimyoviy faol moddalar yuqori darajada ekanligini ko'rsatdi. Ushbu genotiplar qurg'oqchilikka chidamli genotiplar sifatida naslchilik va molekulyar genetik tadqiqotlar uchun boshlang'ich material sifatida tanlangan.

Kalit so'zlar: *Gossypium hirsutum* L., qurg'oqchilik, genotiplar, SOD, POD, CAT, MDA, prolin, sug'orish, stress.

Мухаммадалиев Равшанбек Икболжон угли
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. (PhD) Докторант
Тел: +99891 323 83 15 электронная почта: mravshanbe95@gmail.com
Макамов Абдусалом Хасанбоевич
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. Заведующий лабораторией

Хусенов Наим Нутфуллаевич
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. Глава отделения
Норбеков Журабек Кушбокович
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. Заведующий лабораторией
Нормаматов Ильёс Сулаймонович
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. Младший научный сотрудник
Бойкобилов Умид Абдурахмон угли
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. Младший научный сотрудник
Маманазаров Шарофиддин Имомкулович
Центр геномики и биоинформатики Академии наук Республики
Узбекистан. Младший научный сотрудник

БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ГЕНОТИПОВ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЕ ЗАСУХЕ

Аннотация: В данной работе биохимические вещества, важные для адаптации к дефициту воды, были исследованы у 20 различных генотипов хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L) разных экотипов. Результаты исследований показали, что сорта хлопка Л-1000, С-9006 и Занги-Ота имеют высокий уровень биохимических активных веществ, таких как супероксиддисмутаза (СОД), пероксидаза (ПОД), каталаза (КАТ), малоновой диальдегид (МДА) и пролин. Эти генотипы были выбраны как засухоустойчивые генотипы в качестве исходного материала для селекции и молекулярно-генетических исследований.

Ключевые слова: *Gossypium hirsutum* L., засуха, генотипы, СОД, ПОД, КАТ, МДА, пролин, орошение, стресс.

Mukhammadaliev Ravshanbek Ikboljon ugli
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic
of Uzbekistan. (PhD) Doctoral student
Tel: +99891 323 83 15 e-mail: mravshanbe95@gmail.com
Makamov Abdusalom Khasanboevich
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic
of Uzbekistan. Laboratory Chief

Khusenov Naim Nutfullayevich
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic
of Uzbekistan. Department Head
Norbekov Jurabek Kushbokovich
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic
of Uzbekistan. Laboratory Chief
Normamatov Ilyos Sulaymonovich
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the
Republic of Uzbekistan. Junior Researcher
Boykobilov Umid Abdurakhmon ugli
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic
of Uzbekistan. Junior Researcher
Mamanazarov Sharofiddin Imomkulovich
Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic
of Uzbekistan. Junior Researcher

BIOCHEMICAL ANALYSIS OF SOME COTTON GENOTYPES UNDER DROUGHT CONDITIONS

Annotation: *In this paper, biochemicals important for adaptation to water deficit were investigated in 20 different cotton genotypes (*Gossypium hirsutum* L) from different ecotypes. The research results showed that L-1000, S-9006 and Zangi-Ota cotton varieties have high levels of biochemical active substances such as superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT), malondialdehyde (MDA) and proline. These genotypes were selected as drought-tolerant genotypes as starting material for breeding and molecular genetic studies.*

Key words: *Gossypium hirsutum* L., drought, genotypes, SOD, POD, CAT, MDA, proline, irrigation, stress.

Kirish

Iqlim o'zgarishi butun dunyoda yetishtiriladigan qishloq xo'jaligi ekinlari uchun asosiy muammolardan biri hisoblanib, turli abiotik stress sharoitlarini yaratmoqda. Qurg'oqchilik stressi ham o'simliklar yashovchanligi va hosildorligini kamayishiga oxir oqibatda esa nobut bo'lishiga olib keluvchi abiotik ta'sir hisoblanadi. Ushbu stress ta'sirni yengish va yuqori hosil olish uchun turli xil tejamkor sug'orish usullaridan foydalanish hamda o'simlikshunos olimlar tomonidan qurg'oqchilikka chidamli navlar yaratish dolzarb hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili

Qurg'oqchilik stressi ekinlarning o'sish va rivojlanishi hamda hosildorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Buning natijasida o'simlik hujayrasi turgorligining pasayishiga [14] hamda metabolizm jarayonlarini o'zgarishi kislorodning faol shakllarini (*ing.* Reactive oxygen species-ROS) hosil bo'lishini kuchaytiradi. Oqibatda hujayraning redoks-regulyatsiya holati bir meyorda kechishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [10]. Normal holatda ROS kontsentratsiyasi qurg'oqchilik stressi sharoitida oshib boradi. O'simlik hujayrasida ortiqcha ROSni ishlab chiqarilishi oqibatida hujayralarda oksidlanish stressi yuzaga keladi. O'simliklarning normal o'sishini ta'minlovchi fiziologik va metabolik jarayonlarini o'zgarishiga ROS darajasining oshishi sabab bo'ladi. ROS darajasining oshishi esa, yuqori lipid peroksidatsiyasiga va foto-kimyoviy samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Bu jarayon o'simliklarning o'sishi va rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [18]. ROS turli organellalar ya'ni, o'simlik hujayralarining mitoxondriya, xloroplast va peroksisomalarida ishlab chiqarilishi bilan birgalikda metabolik jarayonlarning yon mahsulotidan biri hisoblanadi [3,9]. Turli xil stressli sharoitda o'suvchi o'simlik hujayralarida ROS miqdorining ko'payishi tufayli oksidlanish stressi yuzaga keladi.

Peroksidaza (POD) antioksidant himoya fermentlari bo'lib, ROS va unga tegishli neytrallash elementlari o'rtasidagi muvozanatni saqlashda muhim rol o'ynaydi. O'simliklar turli xil antioksidant mexanizmlarga ega, ya'ni, ROS sintezini tartibga soluvchi fermentativ va ferment bo'lmagan komponentlar bo'lib, hujayraning shikastlanishini bartaraf etadi. Odatda ROS yuqori, o'rta va past darajalarda oksidlanish stressini keltirib chiqaradi. Bu esa, hujayra gomeostazini saqlashga yordam beradigan signal uzatilish tizimida vositachilik qiladi va stressli sharoitlarga moslashishga yordam beradi [12]. Dunyo olimlarining tadqiqoti natijasida antioksidlovchilar faolligi o'simliklarning stressga chidamliligi oshishi bilan bog'liqligini aniqlangan [3]. Aksariyat o'simlik turlarining to'qimalarida prolin miqdorining oshishi qurg'oqchilik va boshqa turdagi abiotik stresslarga bardoshlilikka umumiy javob sifatida qaraladi [16]. Prolin osmotik regulyatsiyani boshqaradigan va hujayra membranalarida stressni yengillashtiradigan osmolit

hisoblanadi. Bundan tashqari, u fermentlar funksiyasi uchun himoya hamda erkin radikallarni neytrallash vositasi sifatida ishlaydi [7,15]. Paxta, bug‘doy va boshqa o‘simliklarda prolinning ortishi qurg‘oqchilikka chidamlilikni ta‘minlanishi qayd etilgan [13]. Ahmed va uning jamoasi olib borgan tadqiqotlarida qurg‘oqchilik sharoitida o‘stirilgan arpa o‘simligining bargidagi prolin miqdori ortib borishi, abiotik stressga chidamlilik xususiyatini taminlanishini aniqlagan [2].

O‘simlikning malondialdegid (MDA) ishlab chiqarishi va antioksidant ferment modulyatsiyasi membrana lipid tuzilishining oksidlanish orqali shikastlanishini keltirib chiqarishi isbotlangan [6]. MDAning bunday to‘planishi va stressli muhitda antioksidant fermentlarning faoliyatini tartibga solish qobiliyati oksidlanish stressi holatini baholashda samarali hisoblanadi [8].

Ushbu tadqiqotda turli sug‘orish rejimida o‘stirilgan g‘o‘za genotiplarining barg tarkibidagi biologik faol moddalardan prolin va antioksidantlar (SOD, POD, CAT, MDA) faolligini suv tanqisligi muhitida o‘rganish va chidamli namunalarni aniqlash maqsad qilingan.

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot obyekti sifatida G‘o‘zaning *Gossypium hirsutum* L. turiga mansub bo‘lgan Namangan-77, KK-1796, KK-1795, L-1000, C-9006, KK-1086, Catamarca-811, C-9008, L-N1, L-141, Hapicala-19, 0-30, C-4769, L-45, Zangi-Ota, Saenr Pena-85, C-2025, KK-602, SAD-35-11 va C-417 kabi nav va nav namunalaridan foydalanildi. Tadqiqot Genomika va bioinformatika markazining maxsus jihozlangan laboratoriya sharoitida olib borildi.

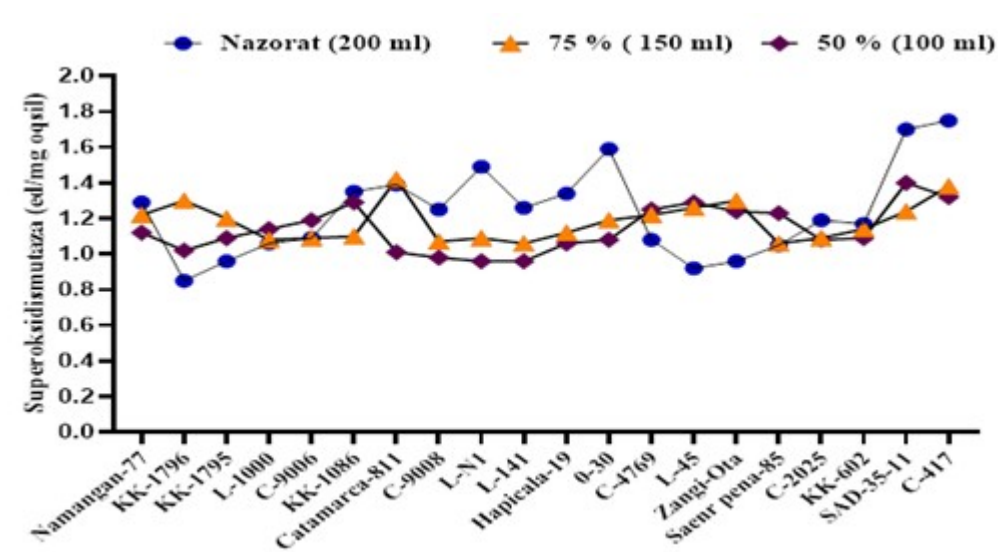
Tadqiqot namunalarini o‘stirishda xona harorati kunduzi 30°C, kechasi $\pm$ 20°C, namlik darajasi 45-50 % va yorug‘lik aylanishi 14 soat davom etdi. Tanlangan har bir genotipdan uch takrorda tuproq, qum va torf (50:30:20 foiz nisbatdagi) aralashmasi bilan to‘ldirilgan 12×10 sm (300 gr) o‘lchamli jami 180 ta plastik idishlarga ekildi. Barcha namunalarga uchinchi chin barg paydo bo‘lgunga qadar muntazam ravishda sug‘orib borildi. So‘ngra tajribada sug‘orish tartibi quyidagicha o‘zgartirildi: nazorat sug‘orish 200 ml, stress muhitlardagi o‘simliklar esa 150 ml (75 %) va 100 ml (50 %) oddiy suv bilan har 48 soatda, 15 kun

davomida sugʻorildi. Uch xil sugʻorish rejimida oʻstirilgan gʻoʻza namunalari barglari tarkibidagi [prolin](#) [5], malondialdegid (MDA) [11], superoksidismutaza (SOD) [17], peroksidaza (POD) [4] va katalaza (CAT) miqdori [1] maxsus usullar yodamida oʻrganildi.

Tadqiqot namunalarining statistik tahlili *GraphPad* dasturidan foydalanib dispersion tahlillar amalga oshirildi.

Tahlillar va natijalar

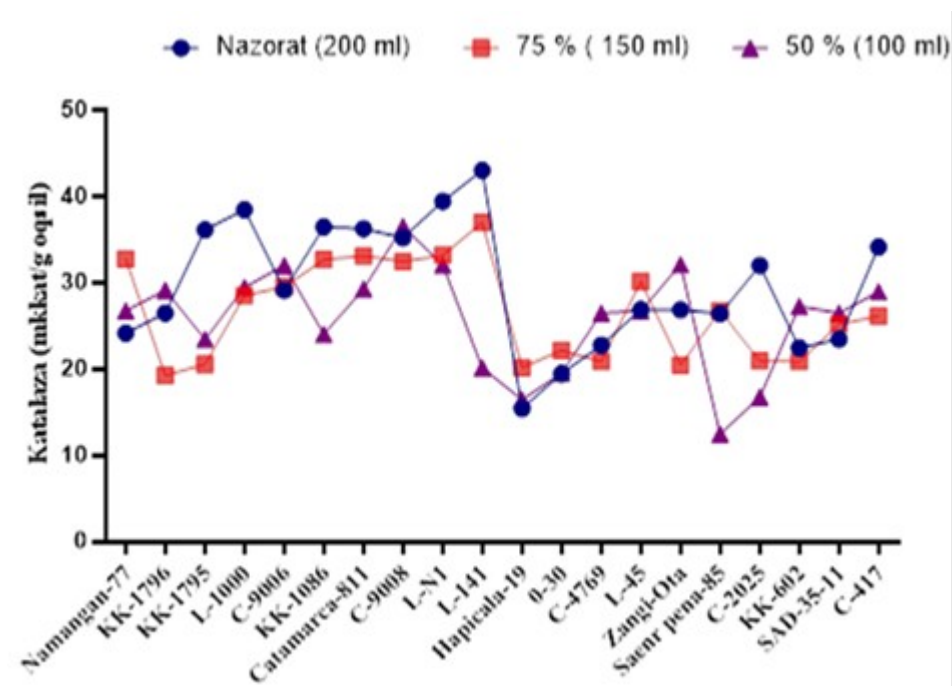
Tadqiqot uchun tanlangan namunalarni nazorat sugʻorish rejimida SOD miqdori oʻrganilganda yuqori qiymatni C-417 (2.23 ed/mg), SAD-35-11 (2.22 ed/mg), 0-30 (1.59 ed/mg) kabi genotiplarda kuzatilgan boʻlsa, KK-1796 (0.85 ed/mg), L-45 (0.92 ed/mg), Zangi-Ota va KK-1795 (0.96 ed/mg) genotiplari esa past qiymatni namoyon qildi. Ushbu namunalar 75 % li suvli stress muhitida oʻrganilganda SOD miqdori Catamarca-811 (1.42 ed/mg), C-417 (1.38 ed/mg), Zangi-Ota va KK-1796 (1.3 ed/mg) yuqori va Saenr pena-85, L-141 (1.06 ed/mg), C-9008 (1.07 ed/mg) genotiplar esa past qiymatni tashkil etdi. 50 % li suvli stress muhitida eng yuqori qiymatni SAD-35-11 (1.4 ed/mg), C-417 (1.32 ed/mg), L-45 va KK-1086 (1.29 ed/mg) kabi genotiplari va eng past qiymatni L-N1 va L-141 (0.96 ed/mg), C-9008 (0.98 ed/mg) genotiplar namoyon qildi (1-rasm).



1-rasm. Tadqiqot namunalarining superoksidismutaza miqdorini statiatik tahlili ($p \leq 0.5$).

Natijalar shuni ko'rsatdiki, KK-1795, KK-1796, L-1000, C-9006, C-4769, L-45 Zangi-Ota va Seanr pena-85 kabi genotiplarda SOD miqdori nazorat sug'orish rejimidagi miqdoriga nisbatan ikkala stressli sug'orish muhitlaridagi genotiplarda yuqori ekanligi aniqlandi. Bu esa, suv tanqisligi stress fonida SOD antioksidant himoya mexanizmi faollashganini bildiradi.

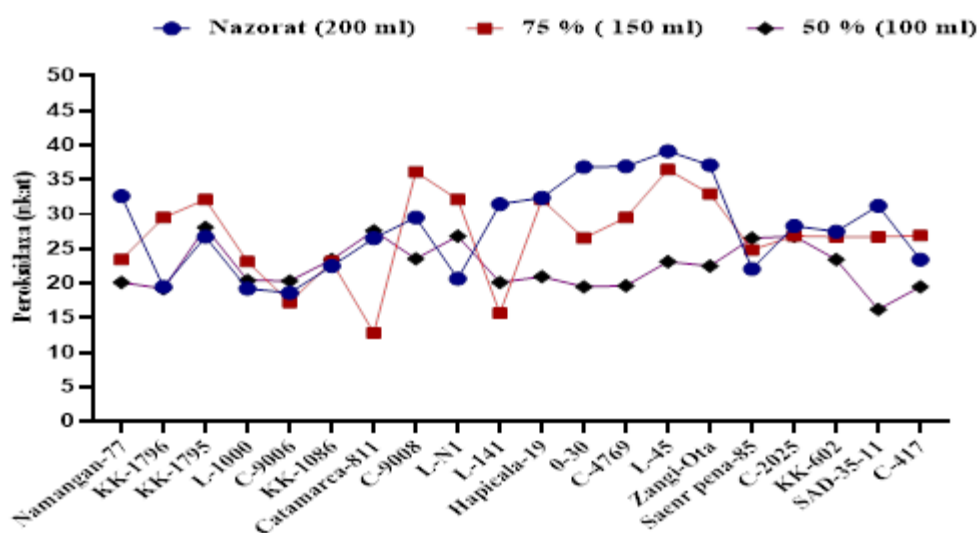
Shuningdek, tadqiqot namunalarda CAT miqdori tahlil qilinganda nazorat sug'orish rejimida L-141 (43.01 mkkat/g), L-N1 (39.41 mkkat/g), L-1000 (38.45 mkkat/g) genotiplar yuqori qiymatga, Hapicala-19 (15.42 mkkat/g), 0-30 (19.45 mkkat/g), KK-602 (22.45 mkkat/g), C-4769 (22.75 mkkat/g) genotiplarida esa past qiymatga ega bo'ldi. 75 % li sug'orish muhitida o'rganilganda L-141 (36.98 mkkat/g), L-N1 (33.16 mkkat/g), Catamarca-811 (33.1 mkkat/g), C-9008 (32.45 mkkat/g) yuqori qiymatni, KK-1796 (19.25 mkkat/g), Hapicala-19 (20.15 mkkat/g), Zangi-Ota (20.45 mkkat/g) past qiymatni namoyon etdi. 50 % li suv stressi muhitida C-9008 (36.52 mkkat/g), Zangi-Ota (32.08 mkkat/g), L-N1 (32.04 mkkat/g), C-9006 (32 mkkat/g) yuqori qiymatga ega genotip hisoblanib, past qiymatga esa Saenr pena-85 (12.45 mkkat/g), Hapicala-19 (16.45 mkkat/g), C-2025 (16.74 mkkat/g), 0-30 (19.52 mkkat/g) genotiplarni ko'rsatish mumkin (2-rasm).



2-rasm. Tadqiqot namunalarining katalaza miqdorining ststistik tahlili ($p \leq 0.5$).

Tahlil natijalariga ko'ra, Namangan-77, Hapicala-19, O-30, L-45, C-9006, C-9008, C-4769, Zangi-Ota, KK-602, SAD-35-11 kabi genotiplarda ikkala stressli sug'orish muhitlarida nazorat muhitiga nisbatan CAT miqdori ortganligi kuzatildi.

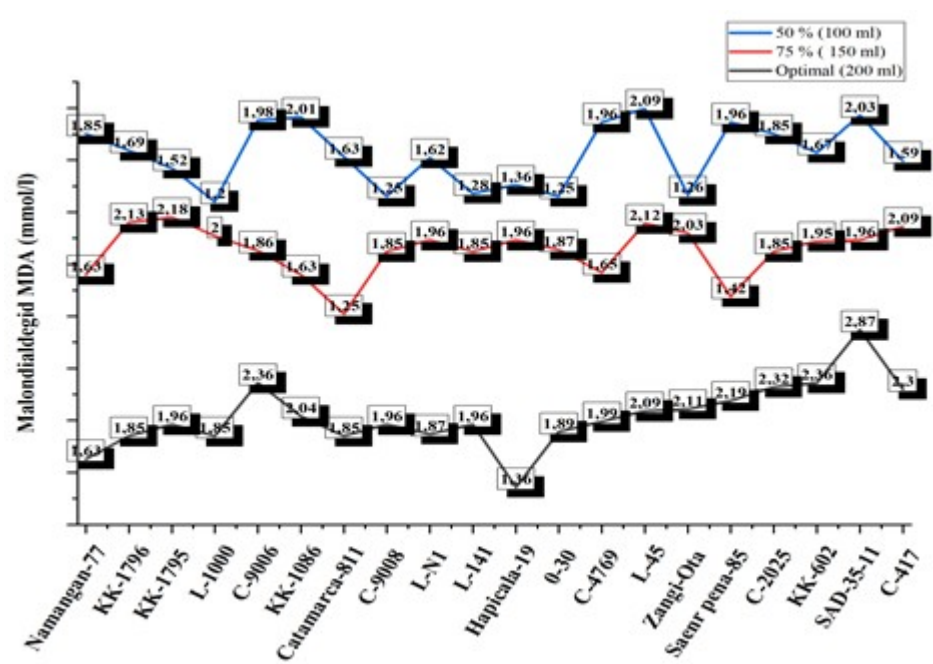
O'simlikning bargi tarkibidagi POD (nkat) miqdori tahlil qilinganda, nazorat sug'orish rejimida yuqori qiymatdagi L-45 (39.41 nkat), Zangi-Ota (37.12 nkat), C-4769 (36.95 nkat), O-30 (36.85 nkat) genotiplar ekanligi, past qiymatdagilari esa C-9006 (18.63 nkat), L-1000 (19.25 nkat), KK-1796 (19.53 nkat) genotiplar ekanligi aniqlandi. 75 % li sug'orish rejimida L-45 (36.47 nkat), C-9008 (36.15 nkat), Zangi-Ota (32.98 nkat), Hapicala-19 (32.15 nkat), KK-1795 va L-N1 (32.14 nkat) genotiplari yuqori qiymatga ega, Catamarca-811 (12.85 mmol/l), L-141 (15.69 nkat), C-9006 (17.25 nkat) genotiplarni esa past qiymatga ega ekanligini ko'rish mumkin. 50 % li sug'orish rejimida yuqori qiymatli KK-1795 (28.12 nkat), Catamarca-811 (27.63 nkat), L-N1 va C-2025 (26.85 nkat), Saenr pena-85 (26.84 nkat) genotiplar bo'lsa, past qiymatli genotiplar esa SAD-35-11 (16.25 nkat), KK-1796 (19.25 nkat), C-417 va O-30 (19.25 nkat), C-4769 (19.68 nkat) ekanligi aniqlandi (3-rasm).



3-rasm. Tadqiqot namunalarining peroksidaza (nkat) miqdorining ststistik tahlili ($p \leq 0.5$).

POD miqdori tekshirilganda nazorat muhitiga nisbatan stressli sug'orish rejmlarida KK-1796, KK-1795, L-1000, C-9008, C-9006, L-N1, Saenr pena-85, C-417 kabi genotiplarda yuqori miqdorda ekanligi aniqlandi.

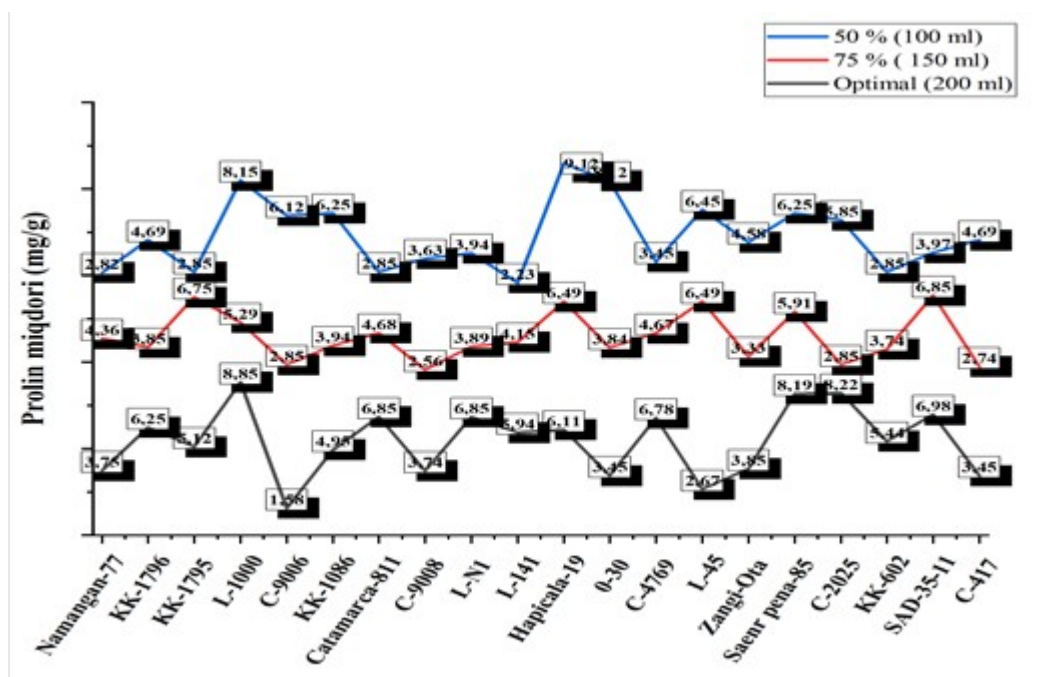
Tadqiqot namunalarida MDA miqdori nazorat sug'orish rejimida SAD-35-11 (2.87 mmol/l), KK-602 (2.36 mmol/l), C-9006 (2.36 mmol/l), C-2025 (2.32 mmol/l), C-417 (2.3 mmol/l) yuqori qiymatga ega genotiplar, Hapicala-19 (1.36 mmol/l), Namangan 77 (1.63 mmol/l), L-1000, Catamarca-811 va KK-1796 (1.85 mmol/l) past qiymatga ega genotiplar ekanligi kuzatildi. 75 % li sug'orish muhitida tahlil qilinganda KK-1795 (2.18 mmol/l), KK-1796 (2.13 mmol/l), L-45 (2.12 mmol/l), C-417 (2.09 mmol/l), Zangi-Ota (2.03 mmol/l) genotiplar yuqori qiymatda va Catamarca-811 (1.25 mmol/l), Saenr pena-85 (1.42 mmol/l), Namangan 77 va KK-1086 (1.63 mmol/l), C-4769 (1.65 mmol/l) genotiplar esa past qiymatda ekanligi kuzatildi. 50 % li suv stressi muhitida L-45 (2.09 mmol/l), SAD-35-11 (2.03 mmol/l), KK-1086 (2.01 mmol/l) yuqori qiymatli genotiplar, L-1000 (1.2 mmol/l), C-9008 va 0-30 (1.25 mmol/l), Zangi-Ota (1.26 mmol/l), L-141 (1.28 mmol/l) past qiymatli genotiplar ekanligi aniqlandi (4-rasm).



4-rasm. Tadqiqot namunalarining malondialdegid miqdorining ststistik tahlili ($p \leq 0.5$).

Malondialdegid miqdori tahlil qilinganda, nazorat muhitiga nisbatan ikkala stressli sug'orish muhitlarida Namangan-77, KK-1796, KK-1795, L-1000, Hapicala-19 genotipidan boshqa barcha genotiplarda MDA miqdori pasayganligini kuzatdik.

Prolin (mg/g) miqdori nazorat sug'orish rejimida eng yuqori qiymatli genotiplar L-1000 (8.85 mg/g), C-2025 (8.22 mg/g), Saenr pena-85 (8.19 mg/g), eng past qiymati esa C-9006 (1.58 mg/g), L-45 (1.67 mg/g) genotip ekanligi kuzatildi. 75 % li sug'orish muhitida SAD-35-11 (6.85 mg/g), KK-1795 (6.75 mg/g), Hapicala-19 (6.49 mg/g), L-45 (6.49 mg/g) genotiplar yuqori qiymatni, C-2025 (1.85 mg/g), C-9008 (2.56 mg/g), C-417 (2.74 mg/g), C-9006 (2.85 mg/g) genotiplar past qiymat namoyon etdi. 50 % li suv stressi muhitida yuqori qiymatga ega Hapicala-19 (9.12 mg/g), L-1000 (8.15 mg/g), O-30 (8.12 mg/g) genotiplar bo'lsa, past qiymatga ega bo'lganlari esa L-141 (1.23 mg/g), Namangan 77 (1.82 mg/g), KK-1795, Catamarca-811 va KK-602 (2.85 mg/g) genotiplar ekanligi aniqlandi (5-rasm).



5-rasm. Tadqiqot namunalarining prolin (mg/g) miqdorining ststistik tahlili ($p \leq 0.5$).

Prolin midqori nazorat muhitiga qaraganda ikkala stressli sug'orish muhitlarida Namangan-77, KK-1795, C-9006, KK-1086, Hapicala-19, O-30, C-4769, L-45, Zangi-Ota va C-417 genotiplarida yuqori qiymatlarni tashkil qilgan.

Xulosa

Turli miqdorli suv bilan sug'orilgan namunalarda biokimyoviy tahlil qilish natijasida quyidagicha xulosalarga kelindi. Mazkur tadqiqot natijasi shuni

ko'rsatdiki, L-1000 va C-9006 liniyalari hamda Zangi-Ota g'o'za navi SOD, POD, CAT, MDA va prolin kabi o'rganilgan belgilari bo'yicha ijobiy natijalar olindi. Ushbu genotiplar zamonaviy molekulyar genetik usullarida g'o'zaning qurg'oqchilikka chidamli genlarini tadqiq qilish hamda seleksiya ishlarida donor sifatida foydalanish maqsadida belgilab olindi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. Aebi, H. (1984) Catalase in Vitro. *Methods Enzymology*, 105, 121-126. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3).
2. Ahmed I.M., Dai H., Zheng W., Cao F., Zhang G., Sun D., Wu F. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. *Plant Physiol. Biochem.* 2013;63:49–60. doi: 10.1016/j.plaphy.2012.11.004.
3. Apel K, Hirt H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signaling transduction. *Annual rev plant biol.* 2004,55(1):373 – 99
4. Fielding, J.L., Hall, J.L. A. Biochemical and Cytochemical Study of Peroxidase Activity in Roots Of *Pisum Sativum*. *J. Exp. Bot.* 1978, 29, 969–981.
5. K. Maghsoudi, Y. Emam, M. Pessarakli Effect of silicon on photosynthetic gas exchange, photosynthetic pigments, cell membrane stability and relative water content of different wheat cultivars under drought stress conditions *J. Plant Nutr.*, 39 (2016), pp. 1001-1015.
6. K. Zhang, A.C. Martiny, N.B. Reppas, K.W. Barry, J. Malek, S.W Sequencing genomes from single cells by polymerase cloning *Nat. Biotechnol.*, 24 (2006), pp. 680-686.
7. Kishor K.P.B., Sreenivasulu N. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue. *Plant Cell Environ.* 2014;37:300–311. doi: 10.1111/pce.12157.
8. M. Farooq, A. Wahid, D.J. Lee, S.A. Cheema, T. Comparative time course action of the foliar applied glycine betaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice *J. Agron. Crop Sci.*, 196 (2010), pp. 336-345.

9. Miller G, Suzuki N, Ciftci-Yilmaz S. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. *Plant Cell Environ.* 2010;33(4):453–67. doi:10.1600/036364417X694593.
10. Miriam Laxa, Michael Liebthal, Wilena Telman and Karl-Josef Dietz. The Role of the Plant Antioxidant System in Drought Tolerance. *Antioxidants (Basel)*. 2019 Apr 8. doi:10.3390/antiox8040094.
11. R.L. Heath, L. Packer Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation *Arch. Biochem. Biophys.*, 251 (1968), pp. 567-576.
12. Sachdev S, Ansari SA, Ansari MI, Fujita M, Hasanuzzaman M. Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*. 2021;10(2):277.
13. Sultan M.A.R.F., Hui L., Yang L.J., Xian Z.H. Assessment of drought tolerance of some *Triticum L.* species through physiological indices. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2012;48:178–184. doi: 10.17221/21/2012-CJGPB.
14. Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R. Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytol.* 2014;203:32-43. doi: 10.1111/nph.12797
15. Szabados L., Savoure A. Proline: Multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci.* 2010;15:89–97. doi: 10.1016/j.tplants.2009.11.009.
16. Türkan I., Bor M., Ozdemir F., Koca H. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. augustifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci.* 2005;168:223–231. doi:10.1016/j.plantsci.2004.07.032.
17. Y. Beyer, J. Imaly, Superoxide dismutases *Prog. Nucleic Acid Res. Mol. Biol.*, 40 (1991), pp. 221-253
18. Zahid Z, Khan MKR, Hameed A, Akhtar M, Ditta A, Hassan HM, Farid G. Dissection of Drought Tolerance in Upland Cotton through Morpho-Physiological and Biochemical traits at Seedling Stage. *Front Plant Sci.* 2021;12:260. doi:10.3389/fpls.2021.627107.