

Mamatqulova Gavhar Fayzullayevna
O‘zR FA Genetika va O‘EB instituti katta ilmiy xodim
E-mail: gavhar0411@gmail.com
Erjigitov Doston Sheraliyevich
O‘zR FA Genetika va O‘EB instituti katta ilmiy xodim
Ne'matova Madina Otabek qizi
O‘zR FA Genetika va O‘EB instituti tayanch-doktoranti
Baboev Saidmurat Kimsanbaevich
O‘zR FA Genetika va O‘EB instituti professori
Kushanov Faxriddin Ne'matullayevich
O‘zR FA Genetika va O‘EB instituti professori

UO‘K: 577.21; 575.86

YUQORI HARORAT STRESSI SHAROITIDA AYRIM BUG‘DOY DREB GENLARINING NISBIY EKSPRESSIYA TAHLILLARI

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqotda bug‘doyning yuqori haroratga chidamliligi turlicha bo‘lgan nav va namunalari olindi. Bulardan, issiqlik stressiga chidamlilik darajasi yuqori bo‘lgan navlardan Tuyatish, Nodir navlari, o‘rtacha chidamli Ilg‘or bug‘doy navi va yuqori harorat stressiga nisbatan chidamsiz deb baholangan FAW-SA-D-85 va KB-20-YT-IR-9808 bug‘doy tizmalaridan tadqiqotda foydalanildi. Tadqiqotda mazkur bug‘doy navlariga optimal sharoit (24°C) da va yuqori harorat stressi (42°C da 1 soat va 2 soat) ta’sir ettirib TaDREB1b, TaDREB1c, TaDREB2a, TaDREB2b va TaDREB genlarining nisbiy ekspressiya darajasi o‘rganildi.*

Kalit so‘zlar: *Bug‘doy, TaDREB genlari, yuqori harorat stressi, gen ekspressiyasi*

Маматкулова Гавхар Файзуллаевна
Старший научный сотрудник Института генетики и экспериментальной
биологии растений
Эржигитов Достон Шералиевич

Старший научный сотрудник Института генетики и экспериментальной
биологии растений

Неъматова Мадина Отабек кизи

Докторант Института генетики и экспериментальной биологии растений

Бабоев Саидмурат Кимсанбаевич

Профессор Института генетики и экспериментальной биологии растений

Кушанов Фахриддин Неъматуллаевич

Профессор Института генетики и экспериментальной биологии растений

АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЭКСПРЕССИИ НЕКОТОРЫХ ГЕНОВ DREB ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА

***Аннотация:** В данном исследовании были отобраны сорта и образцы пшеницы с различной степенью устойчивости к высоким температурам. В работе использовались сорта Туятиш и Нодир с высоким уровнем устойчивости к тепловому стрессу, среднеустойчивый сорт Илгор, а также линии пшеницы FAW-SA-D-85 и KB-20-YT-IR-9808, оцененные как неустойчивые к высокотемпературному стрессу. В ходе исследования изучался уровень относительной экспрессии генов TaDREB1b, TaDREB1c, TaDREB2a, TaDREB2b и TaDREB у данных сортов пшеницы при воздействии оптимальных условий (24°C) и высокотемпературного стресса (42°C в течение 1 и 2 часов).*

***Ключевые слова:** Пшеница, гены TaDREB, высокотемпературный стресс, экспрессия генов.*

Mamatkulova Gavkhar

Senior Researcher at the Institute of Genetics and Plant Experimental Biology

Erjigitov Doston

Senior Researcher at the Institute of Genetics and Plant Experimental Biology

Ne'matova Madina

PhD Student at the Institute of Genetics and Plant Experimental Biology

Baboev Saidmurat

Professor at the Institute of Genetics and Plant Experimental Biology

Kushanov Fakhridin

Professor at the Institute of Genetics and Plant Experimental Biology

ANALYSIS OF RELATIVE EXPRESSION OF CERTAIN WHEAT *DREB* GENES UNDER HIGH-TEMPERATURE STRESS CONDITIONS

Abstract: In this research, wheat varieties and samples with different levels of tolerance to high temperatures were selected. Among them, the varieties Tuyatish and Nodir, which have a high level of heat stress tolerance, the moderately tolerant variety Ilgor, and the wheat lines FAW-SA-D-85 and KB-20-YT-IR-9808, evaluated as susceptible to high-temperature stress, were used in the study. The research examined the relative expression levels of *TaDREB1b*, *TaDREB1c*, *TaDREB2a*, *TaDREB2b*, and *TaDREB* genes in these wheat varieties under optimal conditions (24°C) and high-temperature stress (42°C for 1 and 2 hours).

Keywords: Wheat, *TaDREB* genes, high-temperature stress, gene expression.

Kirish

Bug'doy (*Triticum aestivum*) dunyo aholisini asosiy oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta'minlashda markaziy rol o'ynaydi, shuningdek, iqlim sharoitlariga moslasha olish qobiliyati va turli agroyekologik zonalarda yetishtirilishi bilan ajralib turadi. Harorat bug'doyning o'sishi, fenologik rivojlanishi va umumiy hosildorligiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadigan asosiy iqlim omillaridan biri hisoblanadi. Haroratning me'yordan yuqori yoki past bo'lishi esa o'simlikning fiziologik stresslarga duch kelishiga olib kelib, hosildorlikni sezilarli darajada pasaytirishi mumkin.

Adabiyotlar tahlili

DREB genlari o'simliklarda turli xil stressga javob beruvchi genlarning faoliyatini boshqarishida muhim rol o'ynaydi. *DREB* oqsillari, ya'ni *DREB1* va *DREB2*, mos ravishda past harorat va qurg'oqchilik sharoitida ikkita alohida signal uzatish (transduksiya) yo'llarida ishtirok etadi. Ular abiotik stresslarga javob berishda ishtirok etuvchi genlarni indutsirlovchi muhim APETALA2 (AP2)/etilenga sezgir omil (ERF) o'simlik transkripsiya omillaridir. *DREB1A/CBF3*, *DREB1B/CBF1* va *DREB1C/CBF2* past haroratli stresslar ta'sirida kuchli va vaqtinchalik indutsirlanadi [2,1].

DRE -bog'lovchi oqsillar orasida *DREB2* kichik oilasi qurg'oqchilik va kuchli sho'rlanish stressi ta'sirida indutsirlanadi, bu ularning stressga javob beruvchi genlar ekspressiyalanishidagi muhim rolini ko'rsatadi. Birinchi marta *DREB2A* va *DREB2B* lar arabidopsisdan DRE/CRT-bog'lovchi oqsilni kodlovchi cDNA sifatida ajratilgan [4]. Biroq, sakkizta *DREB2* tipidagi oqsillar orasida *DREB2A* va *DREB2B* osmotik stresslar ta'sirida ishlaydigan asosiy transkripsiya omillari deb hisoblangan [8, 11]. Bugungi kunga qadar *DREB* transkripsiya omillarining abiotik stresslardan asosan qurg'oqchilik, sho'rlanish va past harorat stresslaridagi ishtiroki keng qamrovli o'rganilgan. Biroq, bug'doy o'simligida yuqori harorat stressi sharoitida *DREB* genlari ishtiroki yetarli darajada o'rganilmagan. Shu sababli biz tadqiqotlarimizda bug'doy o'simligidagi ayrim *DREB* genlarining yuqori harorat stressidagi ishtirokini o'rganishni maqsad qildik.

MATERIAL VA METODLAR

Materiallar

O'zbekiston va Xalqaro makkajo'xori va bug'doyni yaxshilash markazi (CIMMYT) ga mansub jami 5 ta bug'doy (*Triticum aestivum* L.) nav namunalaridan foydalanildi. Tadqiqot O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi institutida olib borildi.

Yuqori haroratga chidamlilikni baholash

Bug'doy urug'lari nazorat qilinadigan sharoitlarda o'simliklar o'stirish kamerasida (FPG-450) o'stirildi. Tajribalar Hameed Alsamadany [3] tomonidan tavsiflangan metodologiya bo'yicha o'tkazildi.

7 kundan so'ng nihollar yig'ib olindi va nihol uzunligi o'lchandi. Nazorat va issiqlik stressi sharoitidagi nihol uzunliklariga asoslanib, Zararlanish indeksi va Issiqlikka chidamlilik indeksi hisoblandi.

Yuqori harorat stressi

Nihollar nazorat qilinadigan sharoitlarda o'simliklar o'stirish kamerasida (FPG-450) bir xafta davomida o'stirildi. Dastavval urug'lar bir kecha distillangan suvda ivitib qo'yildi va filtr qog'ozi bilan qoplangan Petri idishlariga joylashtirildi. Nihollar 24°C haroratda, 12 soatlik fotoperiodda, 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ yorug'lik intensivligi va 70-75% nisbiy namlikda saqlandi. O'simliklar haroratga moslashtirilgan suv bilan sug'orildi. Yetti kundan so'ng nihollarga yuqori harorat stressi ta'sir ettirildi. Yuqori harorat stressi ta'siri o'simliklarga bir va ikki soat davomida 42°C haroratda olib borildi. 42°C da 1 soat va 2 soatlik yuqori harorat stressidan so'ng uchta biologik takrordan 1 g dan barg to'qimasi yig'ib olindi. Nazorat namunalari stress ta'siridan oldin 24°C da saqlangan o'simliklardan olindi. Barg namunalari yuqori harorat stressidan so'ng darhol yig'ib olindi va suyuq azotda muzlatilib, keyingi molekulyar biologiya tajribalari uchun -80°C da saqlandi.

RNK ajratish va kDNK sinez qilish

Umumiy RNK nazorat hamda yuqori harorat stressi ta'sir ettirilgan o'simliklardan GeneJET Plant RNA Purification Kit (Thermoscientific) yordamida ajratildi. Komplementar DNK (kDNK) sintezi SuperScript™ III Reverse Transcriptase Kit (Invitrogen) yordamida ishlab chiqaruvchi

yo‘riqnomasiga muvofiq amalga oshirildi. Har bir kDNK namunasi uchta alohida reaksiyada va uchta texnik takrorda tahlil qilindi.

Real-Time PCR reaksiyasi

Tadqiqot namunalarida ayrim *TaDREB* genlarining nisbiy ekspressiya darajasini baholash uchun real-time qPCR tahlili maxsus praymerlar yordamida amalga oshirildi (1-jadval). RT-qPCR reaksiyalari 50X SYBR Green I for RT-PCR (Evrogen) da olib borildi.

Real-vaqt rejimida miqdoriy PZR (RT-qPCR) tahlili uchun praymerlar Integrated DNA Technologies (IDT, AQSH) onlayn platformasi yordamida dizayn qilindi. Reaksiyalar X 960 Real-Time PCR System (Model No: X960B-5, Heal Force International Trading, Shanxay, Xitoy) qurilmasida quyidagi termik sikl sharoitlarida amalga oshirildi:

1-jadval. Real vaqt rejimidagi PZR (qPCR) praymerlari ro‘yxati

No	Primer nomi	Nukleotid ketma-ketligi 3'-5'	Amplikon hajmi (n.j.)
1	TaDREB1b_chr5D_F	ACAGGTGCACTGAATCTCCA	165
	TaDREB1b_chr5D_R	AGACTCGCAGAAGGAATCG T	
2	TaDREB1c_chr7D_F	CTGCTACTCCAACGGGATGA	180
	TaDREB1c_chr7D_R	CGATTTCGGAGGACTGAGGA	
3	TaDREB2b_Chr1B_F	TGATGCTGAGATGAGCGAGT	198
	TaDREB2b_Chr1B_R	GCCGACCAAACACCATAGA C	
4	TaDREB2a_Chr3B_F	GGAGAAGCACTGGTCCTGAT	118
	TaDREB2a_Chr3B_R	CCTTTCTTGGAACCCTTGGC	
5	TaDREB_chr3D_F	GCAGCCACACAGACTTACTG	163
	TaDREB_chr3D_R	GCTCTTGTGCTGTTCGGAAT	

95°C da 3 daqiqa dastlabki denaturatsiya, soʻngra 40 sikldan iborat 95°C da 10 soniya denaturatsiya, 60°C da 10 soniya annealing (tovlanish) va 72°C da 10 soniya ekstensiya (uzayish). Bugʻdoy β -aktin genining ekspressiyasi (AB181991.1) Ct-qiymatlarini normallashtirish uchun ichki standartlar sifatida ishlatilgan [9]. *TaDREB* genlarining nisbiy mRNK transkript darajalari $2^{-\Delta\Delta CT}$ usuli yordamida hisoblandi [10].

Statistik tahlillar

Statistik tahlil OriginPro 2021 dasturida Student t-testi yordamida amalga oshirildi. Maʼlumotlar oʻrtacha qiymat yo standart xatolik (mean yo SE) koʻrinishida ifodalandi va $p \leq 0,05$ qiymati statistik jihatdan ishonchli (ahamiyatli) deb hisoblandi

Natijalar

Bugʻdoy namunalarining yuqori harorat stressiga chidamliligini baholash

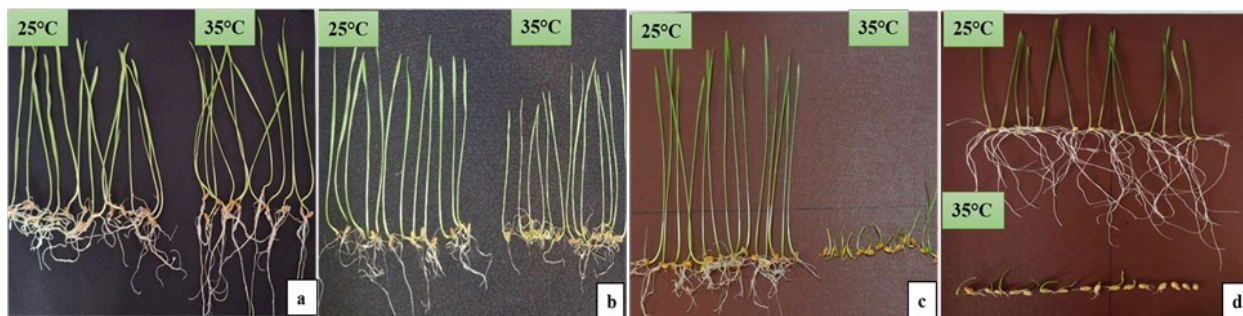
Yuqori harorat stressi taʼsirida deyarli zararlanmagan bugʻdoy namunalaridan *Tuyatish* navi boʻlib, normal va stress sharoitlarda nihol uzunliklarida katta farq kuzatilmadi (25°C da 18.1 sm va 35°C da 17.8 sm). Oʻsimliklar zararlanish indeksi boʻyicha tahlil qilinganda bu nav eng kam zararlanish darajasiga ega ekanligi, yani 0.01ga teng boʻldi. Shu bilan bir qatorda chidamlilik indeksi 98.3% ni tashkil etib, yuqori chidamlilikni namoyon qildi. Shuningdek Nodir bugʻdoy navida ham optimal va stress sharoitlarda nihol uzunliklarida farq kam boʻldi, yaʼni 25°C da 16.5 sm va 35°C da 14.8 smni tashkil etdi. Zararlanish indeksi 0.10 ni, chidamlilik indeksi esa 89.6% koʻrsatkichga ega boʻlib, bu navlar boshqa navlarga qaraganda nisbatan yuqori haroratga chidamli deb baholandi.

2-jadval. 25°C va 35°C haroratdagi bugʻdoy maysalarining uzunligi, DI (zararlanish indeksi) va HTI (issiqlikka chidamlilik indeksi) koʻrsatkichlari

Namunalar	Nihol uzunligi (sm)*		Zararlanish indeksi (DI)	Chidamlilik indeksi (HTI), %
	25°C	35°C		
Ilg'or	11.2±0.2	10±0.3	0.11	88.9
Tuyatish	18.1±0.4	17.8±0.2	0.01	98.3
FAW-SA-D-85	11.9±0.2	1.7±0.2	0.85	14.2
KB-20-YT-IR-9808	9.9±0.3	1.6±0.3	0.83	16.4
Nodir	16.5±0.2	14.8±0.2	0.10	89.6

Yana shu kabi navlardan *Ilg'or* navi (25°C da 11.2 sm va 35°C da 10 sm) normal va stress sharoitlarda nihol uzunliklarda katta farq kuzatilmadi va bu navda chidamlilik indeksi 80% da yuqori ko'rsatkichni tashkil etdi (2-jadval). Bu navlar ham yuqori harorat stressiga chidamli navlar deb baholandi.

Yuqori harorat stressi ta'sirida ba'zi bug'doy navlarida zararlanish darajasi yuqori ekanligi aniqlandi. Masalan *FAW-SA-D-85* (25°C da 11.9 sm va 35°C da 1.7 sm) va *KB-20-YT-IR-9808* (25°C da 9.9 sm va 35°C da 1.6 sm) bug'doy tizmalarida optimal va stress sharoitlarda nihol uzunliklarida katta farqlar kuzatildi (1-rasm). Bu namunalarida zararlanish indeksi *FAW-SA-D-85* (0.85) va *KB-20-YT-IR-9808* (0.83) yuqori ko'rsatkichni tashkil etdi va aksincha chidamlilik indeksi esa past fiozga *FAW-SA-D-85* (14.2%) va *KB-20-YT-IR-9808* (16.4%) ega bo'ldi.



1-rasm. Yuqori haroratning bug'doy navlariga ta'siri.

Issiqlikka chidamli navlar: a) Tuyatish, b) Nodir.

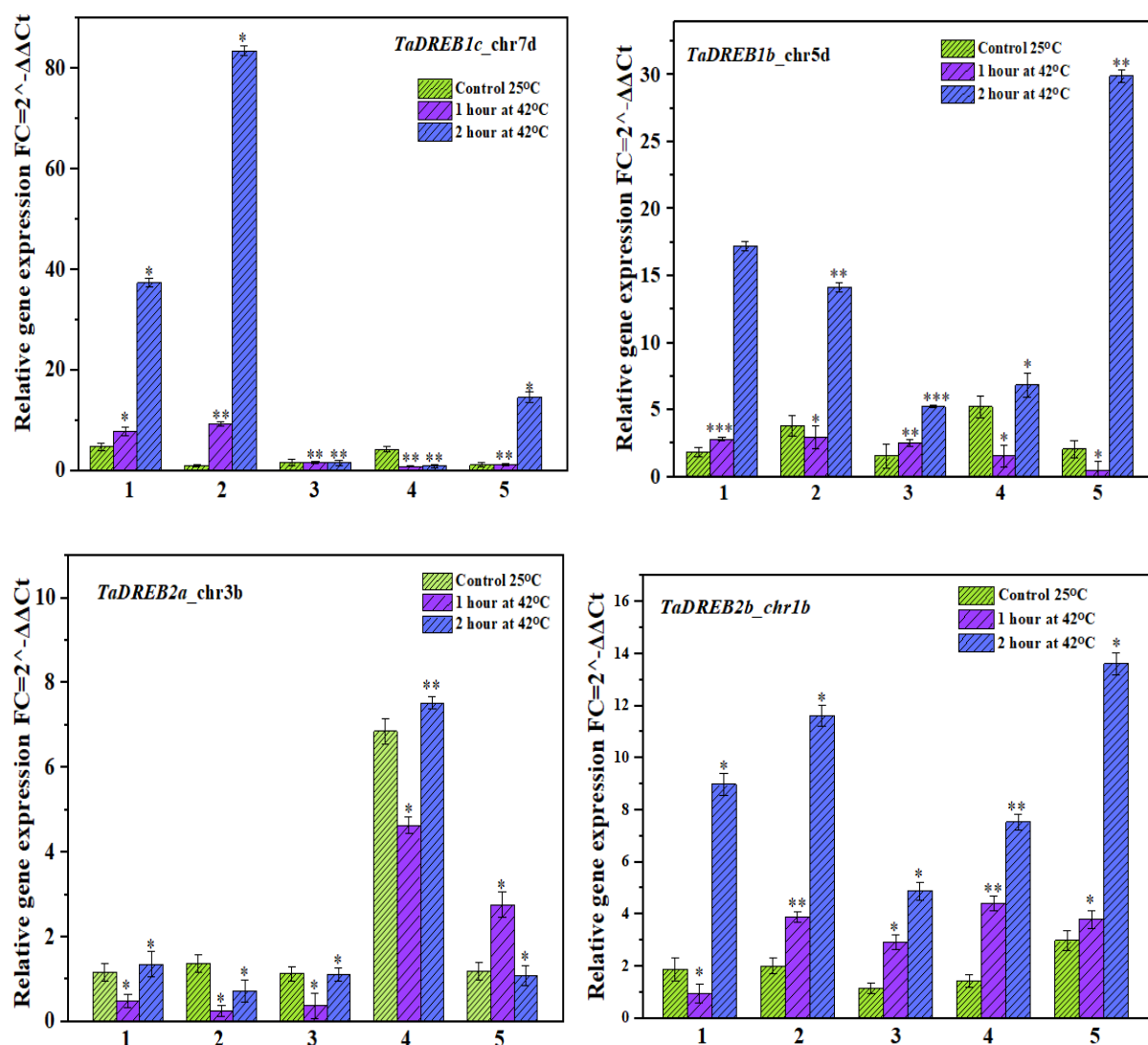
Issiqlikka sezuvchan navlar: c) FAW-IRR-D-77, d) KB-20-YT-IR-9808.

Bu shundan dalolat beradiki ushbu genotiplar yuqori harorat ta'siriga juda sezgir ekanligini bildiradi. Yuqori harorat o'simliklar o'sishini pasaytiradi, bu esa issiqlikning o'simlik fiziologiyasiga ta'sirini ko'rsatadi. Issiqlik stressi sharoitida hujayralardagi suv yo'qotilishi, fotosintez va boshqa metabolik jarayonlar sustlashadi, bu esa ko'chat uzunligiga bevosita ta'sir qiladi.

Yuqoti harorat stressi ta'sirida ayrim TaDREB genlarining nisbiy eksressiyasi tahlillari

Tadqiqot natijalari asosida olingan ma'lumotlarga ko'ra, o'rganilayotgan ayrim *TaDREB* genlari yuqori harorat stressi ta'sirida bug'doy namunalarida ekspressiyalanish darajasi turlicha bo'ldi. Xususan, *TaDREB1c* (XM_044586331.1) genining nisbiy ekspressiya daradasi 2 soatlik yuqori harorat ta'siridan so'ng yuqori induksirlanish darajasiga ega bo'ldi. Ushbu genning eng yuqori ko'rsatkichi yuqori harorat stressiga chidamli nav bo'lgan Tuyatish bug'doy navida yuqori harorat stressi ta'sirining 2-soatida kuzatilib, fold change qiymati (FC=83.5) ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich nazorat variantga nisbatan solishtirilganda deyarli 80 barobar yuqori qiymatni tashkil etdi. Tuyatish navida yuqori harorat stressining 1 soatida ham ekspresiya nazorat variantga nisbatan yuqori ya'ni, fold change qiymati (FC =9.2) bo'ldi. Bu kabi natija Ilg'or bug'doy navida ham kuzatildi. Faqat ekspressiya qiymati Tuyatish navidan sal pastroq ko'rsatkich 37.4 ni tashkil etdi. Ilg'or navida ham *TaDREB1c* genining eng yuqori ekspressiya qiymati yuqori harorat stressining 2 - soatida kuzatildi. Yuqori harorat stressiga chidamli navlardan yana biri bo'lgan Nodir bug'doy navida ham ushbu gen ekspressiyasi stress ta'sirining 2 - soatida indutsirlandi ya'ni faollashganligi aniqlandi. KB-20-YT-IR-9808, FAW-SA-D-85 kabi yuqori harorat stressiga sezgir bug'doy namunalarida esa aksincha nazorat va stress sharoitlarda bu gen ekspressiyasida sezilarli farqlar kuzatilmadi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, *TaDREB1c* genining ekspressiyasi bir soatlik yuqori harorat stressiga nisbatan ikki

soatlik stress ta'sir qilingan o'simliklarda yuqori bo'lgan (2-rasm). Ushbu ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, bu gen o'simlikning yuqori harorat stress sharoitlariga bardosh berish qobiliyatini oshirishda muhim rol o'ynashi mumkinligini anglatadi. *TaDREB1b* (XM_044533844.1) genlarining ekspressiyasi yuqori harorat (issiqlik) stressiga javoban sezilarli darajada oshganligi kuzatildi. Issiqlik stressi ta'siridan so'ng, nazorat variantlari bilan qiyoslanganda, *TaDREB1b* genining nisbiy ekspressiya darajasi yuqori darajada ifodalandi (up-regulation). Chidamli genotiplarda stress sharoitlariga bog'liq holda mazkur genning ekspressiya darajasi yuqoriroq ekanligi aniqlandi.



2-rasm. Yuqori harorat stressiga duchor qilingan bug‘doy namunalarida *TaDREB* genlarining nisbiy ekspressiyasi tahlili.

1-Ilg‘or, 2-Tuyatish, 3-KB-20-YT-IR-9808, 4-FAWWON-SA-D-85, 5-Nodir.

Optimal sharoitlar (25°C) va yuqori harorat stressi 42°C da 1 soat va 2 soat) qo‘llanildi (barcha holatlarda ishonchlilik darajasi: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$; $n=3-7$)

Olingan natijalar tahliliga ko‘ra, yuqori harorat stressi ta‘sirida ushbu stressga chidamli Tuyatish, Ilg‘or va Nodir navlarida *TaDREB1b* geni ekspressiyasi ortgan. Xususan, 2 soatlik issiqlik stressidan so‘ng, nazorat guruhiga nisbatan gen ekspressiyasi Nodir navida taxminan 30 barobar, Ilg‘or navida 17 barobar va Tuyatish navida 15 barobar yuqori ekanligi qayd etildi. Yuqori bardoshlilik namoyon etgan Nodir navida *TaDREB1b* genining faollashuvi va nisbiy ekspressiya darajasi eng yuqori ko‘rsatkichga ega bo‘ldi.

Shunga o‘xshash gen ekspressiyasi dinamikasi Tuyatish va Ilg‘or navlarida ham kuzatildi. Yuqori harorat stressiga sezuvchan KB-20-YT-IR-9808 va FAW-SA-D-85 kabi bug‘doy namunalarida esa, aksincha, optimal va stress sharoitlarida ushbu gen ekspressiyasida sezilarli farqlar aniqlanmadi. KB-20-YT-IR-9808 va FAW-SA-D-85 namunalarida nisbiy ekspressiya darajasi boshqa navlarga qaraganda pastroq darajaga ega bo‘ldi.

Yuqori harorat stressi ta‘sirida *TaDREB2b* (XM_044548981.1) genining ekspressiyasi ham yuqori haroratga chidamli navlarda yuqori ekanligi qayd etildi ya‘ni, issiqlik stress ta‘sirida ijobiy boshqarilishi (up-regulation) aniqlandi. Bunda eng yuqori ekspressiya ko‘rsatkichi yuqori harorat stressining 2 soatida kuztildi. Ekspressiyaning eng yuqori ko‘rsatkichi issiqlik stressining 2-soatida kuzatildi. Bunda Tuyatish va Nodir navlarida genning nisbiy ekspressiya qiymati nazoratga nisbatan 45 barobar (45-fold) yuqori bo‘lganligi qayd etildi.

TaDREB2a_chr3b (XM_044491512.1) geni yuqori harorat stressi ta‘sirida faollashmadi (down-regulated, ya‘ni bu gen issiqlik stress ta‘sirida indutsirlanmadi

va bug‘doy navlarida stress ta‘sirida ekspressiyasi kuzatilmadi ya‘ni juda past ko‘rsatkichga ega bo‘ldi.

Muhokama. Bug‘doyning turli navlarida *TaDREB1* geni past harorat, sho‘rlanish va qurg‘oqchilik stressi ta‘sirida indutsirlanishi Shen Y. G tomonidan aniqlangan [12]. Bizning tadqiqotlarimizda o‘rganilgan *TaDREB1c* va *TaDREB1b* genlari yuqori harorat stressi ta‘sirida kuchli indutsirlandi. Bundan shunday xulosaga kelish mumkinki bug‘doy *TaDREB1* genlari past harorat, sho‘rlanish va qurg‘oqchilik stresslari bilan bir qatorda yuqori harorat stresslariga ham chidamlilikda ishtirok etishi mumkin. Yana shu kabi tadqiqotlardan birida arabidopsisda *CBF/DREB1* geni past harorat stressi ta‘sirida kuchli indutsirlanishi, *DREB2* geni esa qurg‘oqchilik stressi ta‘sirida indutsirlanishi adabiyotlarda keltirib o‘tilgan [6]. Tadqiqotda biz o‘rgangan *DREB2* genlaridan *DREB2a* va *DREB2b* genlari ekspressiyasida farqlar kuzatildi. *DREB2a* gening yuqori harorat stressiga chidamliligida ishtiroki aniqlanmadi. Boshqa tadqiqotchilar olib brogan tadqiqotlarda ham bu holat kuzatilgan. Masalan, Matsukura va uning hamkasblari 2010 yildagi tadqiqotlari malumotlariga ko‘ra, sholidagi barcha beshta *OsDREB2* genlarining keng qamrovli tahlili shuni ko‘rsatdiki, stress bo‘lmagan (normal) sharoitda *OsDREB2A* eng yuqori darajada to‘plangan. Uning ekspressiyasi yuqori harorat, qurg‘oqchilik va yuqori sho‘rlanish ta‘sirida biroz ortgan, biroq past harorat ta‘sirida o‘zgarishsiz qolgan [7]. Yuqori harorat stressi ta‘sirida indutsirlanuvchi *DREB* genlaridan *Solanum lycopersicum* *SlDREBA4* geni yuqori harorat ta‘sira indutsirlanib ekspressiya ko‘rsatkichi yuqori bo‘lganligi qayd etilgan [5].

Xulosa. Yuqori harorat stressi ta‘siri o‘rganilayotgan bug‘doy navlaridan chidamli bug‘doy navlarda *TaDREB1c*, *TaDREB1b*, *TaDREB2b* va *TaDREB* genlarining ekspressiyasini sezilarli darajada oshdi, bu bu genlarning o‘simliklarning issiqlik stressga chidamliligida ijobiy ishtirokini tasdiqlaydi.

Yuqori harorat stressiga chidamli va chidamsiz navlarda *TaDREB2a* geni ekspressiyasida o'zgarish kuzatilmadi. Ushbu kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, *DREB* oqsillari abiotik stress bilan bog'liq genlarni tartibga solishda muhim transkripsiya omili hisoblanadi va o'simliklarning stressga chidamliligini oshirishda asosiy rol o'ynaydi. Shunday qilib, *DREB1* va *DREB2* transkripsiya omillari turli xil qishloq xo'jaligida muhim bo'lgan o'simliklarining qurg'oqchilik, yuqori sho'rlanish va muzlash hamda yuqori harorat stresslariga chidamliligini yaxshilash uchun ishlatilishi mumkin.

Faydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Fowler S, Thomashow MF (2002) Arabidopsis transcriptome profiling indicates that multiple regulatory pathways are activated during cold acclimation in addition to the CBF cold response pathway. *Plant Cell* 14: 1675–1690
2. Gilmour SJ, Zarka DG, Stockinger EJ, Salazar MP, Houghton JM, Thomashow MF. 1998. Low temperature regulation of the Arabidopsis CBF family of AP2 transcriptional activators as an early step in cold-induced COR gene expression. *The Plant Journal* 16, 433–442.
3. Hameed Alsamadany (2016). Diversity and genetic studies of heat tolerance in wheat. *Agricultural and Food Sciences, Biology*. Published 1 February
4. Liu Q, Kasuga M, Sakuma Y, Abe H, Miura S, Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K (1998) Two transcription factors, DREB1 and DREB2 with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction

pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 10:1391–1406

5. Lianzhen Mao, Minghua Deng, Shurui Jiang, Haishan Zhu, Zhengan Yang, Yanling Yue and Kai hao. Characterization of the DREBA4-Type Transcription Factor (SlDREBA4), Which Contributes to Heat Tolerance in Tomatoes. *Front Plant Sci.* 2020 Sep 30:11:554520. DOI: [10.3389/fpls.2020.554520](https://doi.org/10.3389/fpls.2020.554520).

6. Liu Q, Kasuga M, Sakuma Y, Abe H, Miura S, Goda H, Shimada Y, Yoshida S, Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K. 1998. Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*. *The Plant Cell* 10, 391–406.

7. Matsukura S, Mizoi J, Yoshida T, Todaka D, Ito Y, Maruyama K, Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K. 2010. Comprehensive analysis of rice DREB2-type genes that encode transcription factors involved in the expression of abiotic stress-responsive genes. *Molecular Genetics and Genomics* 283, 185–196.

8. Nakashima, K., Shinwari, Z.K., Sakuma, Y., Seki, M., Miura, S., Shinozaki, K., Yamaguchi- Shinozaki, K., 2000. Organization and expression of two *Arabidopsis* DREB2 genes encoding DRE-binding proteins involved in dehydration- and high-salinity-responsive gene expression. *Plant Mol. Biol.* 42, 657–665.

9. Padaria JC, Bhatt D, Biswas K, Singh G, Raipuria R. In-silico prediction of an uncharacterized protein generated from heat stress responsive SSH library in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Omics J.* 2013; 6: 150–156.

10. Livak, K.J.; Schmittgen, T.D. Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) Method. *Methods* 2001, 25, 402–408.

11. Sakuma Y, Liu Q, Dubouzet JG, Abe H, Yamaguchi-Shinozaki K. DNA-binding specificity of the ERF/AP2 domain of Arabidopsis DREBs, transcription factors involved in dehydration and cold-inducible gene expression. // Biochemical and Biophysical Research Communications, 2002, vol. 290 (pg. 998-1009)
12. Shen Y.G., Zhang W.K., He S.J., Zhang J.S., Liu Q., Chen S.Y. An EREBP/AP2-type protein in Triticum aestivum was a DRE-binding transcription factor induced by cold, dehydration and ABA stress. Theor Appl Genet (2003) 106:923–930. DOI 10.1007/s00122-002-1131-x