

UDK: 633.51:577.21:581.1

Usmanov Dilshod Erkinbaevich

O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi, laboratoriya mudiri, PhD,

Abdulkarimov Sharofiddin Sayfidinovich

O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi k.i.x.,

Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zMU o‘qituvchi,

Azimov Avazxon Abbasovich

O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi k.i.x.

Raxmanov Baxtiyor Karimovich

O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi k.i.x.,

Ziyodov Odilbek Toshbolta o‘g‘li

O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi, stajyor tadqiqotchi

Buriev Zabardast Tojiboevich

O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi b.f.d. professor

e-mail: dilshodusmonov1987@gmail.com

PAXTADA TUPROQ SHO‘RLANISHIGA CHIDAMLILIKNI

OSHIRISHNING MOLEKULYAR-GENETIK ASOSLARI

Annotatsiya. *Tuproq sho‘rlanishi global miqyosda qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini cheklovchi asosiy abiotik stress omillaridan biri bo‘lib, ayniqsa paxta yetishtirishda jiddiy muammo hisoblanadi. Sho‘r sharoitlarda natriy va xlor ionlarining ortiqcha to‘planishi o‘simliklarda osmotik stress, ion toksikligi va oksidlovchi stressni keltirib chiqarib, fiziologik va metabolik jarayonlarni izdan chiqaradi. Mazkur ilmiy maqolada paxtada sho‘rlanishga chidamlilikni oshirishga qaratilgan zamonaviy genetik va molekulyar yondashuvlar keng qamrovda tahlil qilingan. Xususan, galofit o‘simliklar va mikroorganizmlardan olingan sho‘rga chidamlilik bilan bog‘liq genlarning paxtada overekspressiya qilinishi ijobiy natijalar berishi ko‘rsatib o‘tilgan. Na^+/H^+ antiporterlarini kodlovchi genlar ionlar muvozanatini saqlashda markaziy rol o‘ynashi, ularning overekspressiyasi esa sho‘r stressining salbiy ta‘sirini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan. Maqolada shuningdek, paxtada sho‘rlanish stressiga javob beruvchi NHX gen*

oilasi, mikroRNKlar, antioksidant tizimlar hamda BRX va AlkB gen oilalarining molekulyar funksiyalari yoritilgan. Transkriptom va gen funksiyasini susaytirish tajribalari asosida ayrim genlarning sho'rga chidamlilikni ijobiy yoki salbiy boshqarishi isbotlangan. Xususan, GhFSD1 va ghr-miR414 o'rtasidagi regulyator munosabat hamda GhALKBH10 genining salbiy regulyator sifatidagi roli aniqlangan. Ushbu tadqiqotlar natijalari sho'rga chidamli paxta navlarini yaratishda genetik muhandislik va genom tahrirlash texnologiyalarining katta istiqbolga ega ekanligini ko'rsatadi hamda kelajakdagi seleksiya va biotexnologik dasturlar uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Tuproq sho'rlanishi, abiotik stress, paxta (*Gossypium spp.*), Na^+/H^+ antiporterlar, ion toksikligi, oksidlovchi stress, reaktiv kislorod turlari (ROS), genom tahrirlash, CRISPR/Cas, RNA interferensiyasi.

Усманов Дилшод Эркинбаевич

Центр геномики и биоинформатики АН РУз, заведующий лабораторией, PhD

Абдукаримов Шарофиддин Сайфидинович

Центр геномики и биоинформатики АН РУз, м.н.с.;

НУУЗ имени Мирзо Улугбека, преподаватель

Азимов Авазхон Аббасович

Центр геномики и биоинформатики АН РУз, м.н.с.

Рахманов Бахтиёр Каримович

Центр геномики и биоинформатики АН РУз, м.н.с.

Зиёдов Одилбек Тошболта угли

Центр геномики и биоинформатики АН РУз, стажёр-исследователь

Буриев Забардаст Тожибоевич

Центр геномики и биоинформатики АН РУз, д.б.н., профессор

e-mail: dilshodusmonov1987@gmail.com

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ХЛОПЧАТНИКА К ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЫ

Аннотация. Засоление почв является одним из основных абиотических стрессовых факторов, ограничивающих урожайность

сельскохозяйственных культур в глобальном масштабе, и представляет собой серьёзную проблему при возделывании хлопчатника. В условиях засоления избыточное накопление ионов натрия и хлора в растениях вызывает осмотический стресс, ионную токсичность и окислительный стресс, что приводит к нарушению физиологических и метаболических процессов.

В данной научной статье всесторонне проанализированы современные генетические и молекулярные подходы, направленные на повышение солеустойчивости хлопчатника. В частности, показано, что сверхэкспрессия генов, ассоциированных с солеустойчивостью и полученных из галофитных растений и микроорганизмов, даёт положительные результаты. Установлено, что гены, кодирующие Na^+/H^+ -антипортеры, играют центральную роль в поддержании ионного гомеостаза, а их сверхэкспрессия существенно снижает негативное влияние солевого стресса.

В статье также освещены молекулярные функции семейства генов *NHX*, микроРНК, антиоксидантных систем, а также семейств генов *BRX* и *AlkB*, участвующих в ответе хлопчатника на солевой стресс. На основе транскриптомных исследований и экспериментов по подавлению функции генов доказано, что некоторые гены могут выступать как положительные, так и отрицательные регуляторы солеустойчивости. В частности, выявлено регуляторное взаимодействие между *GhFSD1* и *ghr-miR414*, а также установлена роль гена *GhALKBH10* как отрицательного регулятора. Полученные результаты демонстрируют высокий потенциал генетической инженерии и технологий редактирования генома для создания солеустойчивых сортов хлопчатника и служат важной научной основой для будущих селекционных и биотехнологических программ.

Ключевые слова: засоление почв, абиотический стресс, хлопчатник (*Gossypium* spp.), Na^+/H^+ -антипортеры, ионная токсичность,

окислительный стресс, активные формы кислорода (ROS), редактирование генома, CRISPR/Cas, РНК-интерференция.

Usmanov Dilshod Erkinbaevich

Center of Genomics and Bioinformatics, AS RUz, Head of Laboratory, PhD

Abdukarimov Sharofiddin Sayfidinovich

Center of Genomics and Bioinformatics, AS RUz, Junior Researcher;

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Lecturer

Azimov Avazkhon Abbasovich

Center of Genomics and Bioinformatics, AS RUz, Junior Researcher

Rakhmanov Bakhtiyor Karimovich

Center of Genomics and Bioinformatics, AS RUz, Junior Researcher

Ziyodov Odilbek Toshbolta o'g'li

Center of Genomics and Bioinformatics, AS RUz, Trainee Researcher

Buriev Zabardast Tojiboevich

Center of Genomics and Bioinformatics, AS RUz, Doctor of Biological Sciences

(DSc), Professor

e-mail: dilshodusmonov1987@gmail.com

MOLECULAR GENETIC BASIS OF ENHANCING SOIL SALINITY TOLERANCE IN COTTON

Abstract. *Soil salinity is one of the major abiotic stress factors limiting the productivity of agricultural crops worldwide and represents a serious constraint in cotton cultivation. Under saline conditions, excessive accumulation of sodium and chloride ions induces osmotic stress, ionic toxicity, and oxidative stress in plants, thereby disrupting physiological and metabolic processes.*

This article provides a comprehensive analysis of modern genetic and molecular approaches aimed at enhancing salinity tolerance in cotton. In particular, the overexpression of salinity-related genes derived from halophytic plants and microorganisms has been shown to produce positive effects. Genes

encoding Na^+/H^+ antiporters play a central role in maintaining ionic homeostasis, and their overexpression markedly alleviates the detrimental effects of salt stress.

The molecular functions of the NHX gene family, microRNAs, antioxidant systems, as well as the BRX and AlkB gene families involved in the cotton response to salinity stress are also discussed. Transcriptomic analyses and gene function suppression experiments demonstrate that certain genes act as either positive or negative regulators of salt tolerance. Notably, a regulatory relationship between GhFSD1 and ghr-miR414 and the role of GhALKBH10 as a negative regulator have been identified. These findings highlight the strong potential of genetic engineering and genome-editing technologies for developing salt-tolerant cotton cultivars and provide an important scientific basis for future breeding and biotechnological programs.

Keywords: *soil salinity, abiotic stress, cotton (Gossypium spp.), Na^+/H^+ antiporters, ionic toxicity, oxidative stress, reactive oxygen species (ROS), genome editing, CRISPR/Cas, RNA interference.*

Kirish. Tuproq shoʻrlanishi qishloq xoʻjaligi ekinlarining oʻsishi va hosildorligiga salbiy taʻsir koʻrsatadigan eng muhim abiotik stress omillaridan biridir. Taxminlarga koʻra, dunyo boʻyicha sugʻoriladigan yerlarning qariyb 20–33 % qismi shoʻrlanish taʻsirida boʻlib, bu har yili katta miqdorda hosil yoʻqotilishiga sabab boʻladi. Tuproqda tuzlarning, ayniqsa natriy (Na^+) va xlorid (Cl^-) ionlarining haddan tashqari toʻplanishi oʻsimlik toʻqimalarida ionlar muvozanatini buzilishiga sabab boʻladi. Natijada suvni oʻzlashtirish, oziqa moddalari balansi va hujayra metabolizmi izdan chiqadi hamda oʻsimliklarning oʻsishi va rivojlanishi jiddiy tasir koʻrsatadi.

Tuproq shoʻrlanishining kuchayishi global iqlim oʻzgarishi, yer resurslaridan barqaror boʻlmagan foydalanish, shuningdek, samarasiz sugʻorish tizimlari kabi bir-biri bilan chambarchas bogʻliq omillar taʻsirida yuzaga kelmoqda. Ushbu muammolar shoʻr sharoitlarga chidamli ekin navlarini yaratish zaruratini yanada dolzarb ekanligini koʻrsatadi. Biroq shoʻrlanishga chidamlilikni anʼanaviy seleksiya usullari orqali oshirish koʻp vaqt va katta mehnat talab etadi hamda

belgining poligen tabiati va atrof-muhit omillari bilan murakkab o'zaro ta'siri sababli cheklangan bo'lib qoladi. Zamonaviy biotexnologiya sohasidagi yutuqlardan an'anaviy seleksiyada foydalanilishi yangi o'simik navlarini olish jarayonlarini tezlashishiga olib keladi. RNK interferensiyasi (RNAi), genlarni overekspressiya qilish va CRISPR/Cas texnologiyalari asosidagi genom tahrirlash kabi genetik muhandislik usullari sho'rlanishga chidamlilik bilan bog'liq aniq genlarni kiritish yoki modifikatsiya qilish uchun kuchli vositalar sifatida ko'rilmoqda. Ushbu texnologiyalar asosiy fiziologik va biokimyoviy yo'llarda ishtirok etuvchi genlarni maqsadli boshqarish imkonini berib, stressga chidamli navlarni yuqori aniqlik va samaradorlik bilan olishga xizmat qiladi.

Paxtada sho'rga chidamlilikni oshirishga qaratilgan genetik yondashuvlar. Paxta (*Gossypium spp.*) dunyo miqyosida iqtisodiy jihatdan eng muhim sanoat ekinlaridan biri bo'lib, asosan tabiiy tolasi uchun yetishtiriladi. To'qimachilik sanoatidagi ahamiyatidan tashqari, paxta farmatsevtika, yengil sanoat va qishloq xo'jaligi kabi ko'plab sohalar uchun muhim xomashyo hisoblanadi. U jahon bo'yicha tabiiy tolalar iste'molining taxminan 35 % ini tashkil etadi [1]. Biroq paxta abiotik stress omillariga, ayniqsa tuproq sho'rlanishiga juda sezgir bo'lib, kuchli sho'rlanish sharoitida hosil yo'qotilishi 50 % gacha yetishi mumkin [1,2].

Tuproq sho'rlanishi o'simliklarda osmotik stress va ion toksikligini yuzaga keltirib, fiziologik va metabolik jarayonlarni izdan chiqaradi. Bu, ayniqsa, natriy (Na^+) ionlarining o'simlik to'qimalarida to'planishi bilan bog'liq. Natijada urug'larning unishi susayadi, biomassa to'planishi kamayadi va reproduktiv rivojlanish buziladi. Paxtaning sho'rga chidamliligini oshirishda tadqiqotchilar galofit o'simliklarda aniqlangan sho'rga chidamlilikni taminlovchi genlardan foydalanish yaxshi natija berganini aniqlashgan. Masalan, *Thellungiella halophila* o'simligidan olingan *ST7* genining paxtada overekspressiya qilinishi tuzli stress sharoitida urug'larning unishi va nihollarning dastlabki o'sishini yaxshilagan. Transgen paxta liniyalari nazorat (transgen bo'lmagan) o'simliklarga nisbatan

yuqori hosildorlik va o'rtacha darajada oshgan antioksidant faollikni namoyon etgan [1].

Sho'rga chidamlilik murakkab miqdoriy belgi bo'lib, fiziologik va genetik mexanizmlar tomonidan boshqariladi. Ushbu jarayonda ishtirok etuvchi eng muhim gen oilalaridan biri Na^+/H^+ antiporterlarini kodlovchi genlardir. Bu membranaga bog'langan oqsillar plazmatik membrana va tonoplastda joylashib, hujayra ichidagi ionlar muvozanatini tartibga soladi. Ortiqcha Na^+ ionlarini vakuolaga yoki sitoplazmadan tashqariga chiqarish orqali ular osmotik muvozanatni saqlaydi va tuz stressining toksik ta'sirini kamaytiradi. Ko'plab tadqiqotlar boshqa o'simlik turlaridan olingan Na^+/H^+ antiporter genlarining ortiqcha ekspressiyasi model o'simliklarda sho'rga chidamlilikni sezilarli darajada oshirishini ko'rsatgan. Masalan, *Reaumuria trigyna*, *Vigna radiata* va *Triticum aestivum* o'simlik turlaridan olingan genlar *A.thaliana* da funksional ekspressiya qilinishi o'simliklarni sho'r sharoitlarga chidamlilikni sezilarli darajada oshirishini ko'rsatgan [2].

O'simlik genlaridan tashqari, mikroorganizmlarga mansub genlar ham abiotik stresslarga chidamlilikni oshirishda katta istiqbolga ega. Bunga yorqin misol sifatida *K2-NhaD* genini keltirish mumkin. Ushbu gen Xitoyning Shinjon viloyatidagi sho'r Keke ko'lidan ajratib olingan galotolerant bakteriya *Alkalimonas amylolytica* ga mansub bo'lib, bakterial Na^+/H^+ antiporterni kodlaydi. Ushbu gen paxtada overekspressiya qilinganda, transgen o'simliklarda sho'rlanish va qurg'oqchilik streslariga sezilarli darajada yuqori chidamlilikni namoyon etgan kuzatilgan. Shuningdek, stress sharoitida ular transgen bo'lmagan o'simliklarga qaraganda ko'proq urug' hosil qilgan, bu esa mikroblarga mansub genlarning stressga chidamli paxta navlarini yaratishdagi salohiyatini ko'rsatadi [3].

Sho'rlanish stressi sharoitida paxtada ion transporti va oksidlovchi stressga javobning molekulyar boshqarilishi. *G.arboreum*, *G. raimondii* va *G. hirsutum* da *NHX* (Na^+/H^+ almashinuvchi) gen oilasining strukturaviy tahlili ko'plab intronlarga ega murakkab gen arxitekturasini namoyon etdi [4]. Intronlarga

boy tuzilma muqobil splaysing jarayonini kuchaytirib, turli xil transkript izoformalarining hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday transkripsion moslashuvchanlik o'simlikning tuproq sho'rlanishi darajasiga moslashish qobiliyatini oshiradi. Funktsional tadqiqotlar *GhNHX1* genini paxta o'simligida nokautiga uchratilishi paxta chigitlarni yuqori tuz konsentratsiyasiga sezgirligini oshirishini ko'rsatdi, bu esa ushbu genni sho'rga chidamli paxta genotiplarini olish uchun muhim nomzod gen ekanligini ko'rsatadi [4].

Paxtaning nisbatan sho'rga chidamli ekin sifatida tanilishiga qaramay, yuqori sho'rlanish sharoitida reaktiv kislorod turlari (ROS) — superoksid anioni (O_2^-), vodorod peroksidi (H_2O_2) va gidroksil radikali (OH^-) ning haddan tashqari hosil bo'lishi kuzatiladi, bu esa hujayra redoks muvozanatini buzadi [5,6]. ROS stress signalizatsiyasida ishtirok etsada, yuqori miqdorda ular sitotoksik bo'lib, nuklein kislotalarga zarar yetkazadi, oqsillarni oksidlaydi va lipid peroksidlanishini kuchaytiradi, natijada o'simlikning o'sishi va hosildorligi pasayishiga olib keladi [7].

So'nggi transkriptom va kichik RNK sekvenslash tadqiqotlari abiotik stresslarga javob berishda ishtirok etuvchi ko'plab mikroRNKlar (miRNKlar)ni aniqladi. Masalan, Xie va boshqalar (2015) paxtada qurg'oqchilik va sho'rlanish stressi sharoitida differensial ekspressiyaga ega bo'lgan 337 ta miRNKni (289 tasi ma'lum va 48 tasi yangi) aniqlagan [6]. Ushbu miRNKlar stressga javob beruvchi genlarning posttranskripsion boshqaruvida ishtirok etadi. Sho'rlanish stressiga javobda *GhFSD1* (temirga bog'liq superoksid dismutaza geni) va *ghr-miR414* miRNKsi ishtirok etuvchi maxsus regulyator modul aniqlangan [5]. *GhFSD1* stress sharoitida hosil bo'ladigan superoksid radikallarini zararsizlantirishda muhim ahamiyatga ega. *GhFSD1* genining susaytirilishi paxtada sho'rga sezgir fenotipni yuzaga keltiradi, *ghr-miR414c* ning overekspressiyasi esa *GhFSD1* ekspressiyasini susaytirdi va o'simliklar sho'r stresiga chidamsizlikni namoyon etdi. Ushbu teskari regulyator munosabat *ghr-miR414c* ning *GhFSD1* ni nishonga olib, sho'rga chidamlilikni salbiy boshqarishini ko'rsatadi. Bu natijalar miRNK asosidagi genetik muhandislik strategiyalarini ishlab chiqish uchun asos bo'ladi [5].

Wei va boshqalar (2024) *G.hirsutum*, *G. raimondii* va *G. arboreum* paxta turida BREVIS RADIX (BRX) gen oilasi a'zolarini tadqiq etishdi. Natijada ushbu genlarning nusxalari *G.hirsutum* da 12 ta, *G. raimondii* va *G. arboreum* da esa 6 tadan ekanligi ma'lum bo'ladi [8]. Ushbu genlar GhBRX.1, GhBRX.2 va GhBRXL4.3 ildizda, GhBRXL4.3 gul to'qimalarida ham ekspressiyalanishi aniqlangan. Sho'rlanish stressi sharoitida BRX genlari susaytirilgan paxta o'simliklarida asosiy antioksidant fermentlar — superoksid dismutaza (SOD), peroksidaza (POD) va katalaza (CAT) faolligining pasayishi hamda xlorofill miqdorining kamayishi kuzatilgan. Bu natijalar BRX genlari sho'r stressga qarshi himoya mexanizmlarini oksidlovchi stress yo'llari orqali boshqarishda muhim rol o'ynashini ko'rsatadi [8].

Alfa-ketoglutaratga bog'liq dioksidgenaza (*AlkB*) gen oilasi o'simliklarning o'sishi, stressni sezish va unga javob berish jarayonlarida muhim regulyator sifatida yaxshi o'rganilgan bo'lsa-da, paxtadagi funksiyasi yetarlicha tavsiflanmagan. Solishtirma genomik tadqiqotlar paxta va *A.thaliana* da 40 ta *AlkB* gomologini aniqlagan. Xususan, paxtada *GhALKBH10* genining susaytirilishi antioksidant salohiyatning oshishi va sitozoldagi Na⁺ ionlari to'planishining kamayishiga olib kelgan. Natijada o'simliklarda sho'rga chidamlilikni oshganligi kuzatilgan [9]. Ushbu natijalar *GhALKBH10* sho'rga chidamlilikni salbiy boshqaruvchi gen ekanini va sho'r sharoitlarda ionlar muvozanati hamda oksidlovchi stress javobini tartibga solishini ko'rsatadi [9].

Xulosa. Tuproq sho'rlanishi paxta yetishtirishda hosildorlik va sifat ko'rsatkichlarini keskin pasaytiruvchi asosiy abiotik stress omillaridan biri bo'lib qolmoqda. Sho'r sharoitlarda o'simliklarda ionlar muvozanatining buzilishi, osmotik va oksidlovchi stressning kuchayishi hamda metabolik jarayonlarning izdan chiqishi kuzatiladi. Mazkur maqolada paxtada sho'rlanish stressiga chidamlilikni oshirishga qaratilgan zamonaviy molekulyar-genetik tadqiqotlar tizimli ravishda tahlil qilindi. Olingan ilmiy ma'lumotlar sho'rga chidamlilik murakkab, ko'p genli belgi ekanligini hamda ion transporti, antioksidant himoya va gen ekspressiyasining nozik boshqarilishi orqali shakllanishini tasdiqlaydi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, Na^+/H^+ antiporterlarini kodlovchi genlar, xususan NHX gen oilasi a'zolari, hujayra ichki ionlar muvozanatini saqlashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu genlarning funksional faolligi paxtaning sho'r sharoitlarga moslashuvchanligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shuningdek, mikroorganizmlar va galofit o'simliklardan olingan genlarning paxtada overekspressiya qilinishi sho'rlanish va qurg'oqchilik stresslariga chidamlilikni sezilarli darajada oshirishi isbotlangan. Bu yondashuvlar an'anaviy seleksiya usullariga samarali muqobil sifatida namoyon bo'lmoqda.

Bundan tashqari, miRNKlar, BRX va AlkB gen oilalarining sho'rlanish stressiga javobdagi roli paxtada stress signalizatsiyasi va oksidlovchi muvozanatni boshqarishda muhim ekanligi aniqlangan. Ayrim genlarning ijobiy yoki salbiy regulyator sifatida faoliyat yuritishi ularni genetik muhandislik orqali maqsadli modifikatsiya qilish imkoniyatini beradi. Umuman olganda, ushbu maqolada keltirilgan natijalar sho'rga chidamli paxta navlarini olishda genom tahrirlash va transgen texnologiyalarning katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi hamda kelajakdagi qishloq xo'jaligi barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. A.Mohsin, N.Tahmina, J.Ayesha, Z.Yonghong, L.Jing, Z.Huangyang, W.Jie, X.Chengbin, W.Shenjie, A.Alatin. Evaluation of Thellungiella halophila ST7 for improving salt tolerance in cotton. Journal of Cotton Research. 2022. №-5. P.-1-11.
2. W.Wang, B.Vinocur, A.Altman. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 2003. Vol-218. P.-1-14.
3. W.Guo, G.Li, N.Wang, C.Yang, Y.Zhao, H.Peng, D.Liu, S.Chen. A Na^+/H^+ antiporter, K2-NhaD, improves salt and drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Plant Molecular Biology, 2020. -Vol.-102. -P-553–567.

4. L.Long, J.-R.Zhao, D.-D. Guo, X.-N.Ma, F.-C.Xu, W.-W.Yang, W.Gao. Identification of NHXs in *Gossypium* species and the positive role of GhNHX1 in salt tolerance. *BMC Plant Biology*, 2020. Vol.-20. -P-1-13.
5. W.Wang, D.Liu, D.Chen, Y.Cheng, X.Zhang, L.Song, M.Hu, J.Dong, F.Shen. MicroRNA414c affects salt tolerance of cotton by regulating reactive oxygen species metabolism under salinity stress. *RNA BIOLOGY*, 2019, Vol. -16, №. 3, -P.-362–375.
6. F.Xie, Q.Wang, R.Sun, B.Zhang. Deep sequencing reveals important roles of microRNAs in response to drought and salinity stress in cotton. *Journal of Experimental Botany*, 2015. Vol.-66, №. 3, -P.-789–804.
7. F.K.Choudhury, R.M.Rivero, E.Blumwald, R.Mittler. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 2017. -Vol.-90, -P.-856–867.
8. W.Wei, J.Ju, X.Zhang, Pingjie Ling, Jin Luo, Ying Li, Wenjuan Xu, Junji Su, Xianliang Zhang, Caixiang Wang. GhBRX.1, GhBRX.2, and GhBRX4.3 improve resistance to salt and cold stress in upland cotton. *Frontiers in Plant Science*, 2024. Vol. -15, -P.-1–15.
9. Ch.Cui, Z.Ma, H.Wan, J.Gao, B.Zhou. GhALKBH10 negatively regulates salt tolerance in cotton. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2022. Vol.-192, P.-87-100