



10 sekunddagi temperaturalar farqini solishtirish bilan natija olindi. Bunda biz Excel va Comsol dasturlaridan foydalandik. Diskretizatsiya aniqligi (mesh yacheykalar soni) **Excelda** chekli ayirmalar usuli uchun biz o'zimiz xohlagancha **tarmoq (grid)** tanlashimiz mumkin (masalan, 10 ta nuqta, 50 ta nuqta va h.k.). **COMSOL** esa avtomatik yoki qo'l bilan belgilangan **mesh (elementlar soni)** bilan hisoblaydi, odatda bu yuqori aniqlik beradi. Mesh qanchalik zich bo'lsa, yechim shunchalik aniq bo'ladi. Excelda bu zichlik past bo'lsa, farq paydo bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Андерсон Д., Таннэхилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2 т. Т. 1 / Пер. с англ. С. В. Сенина, Е. Ю. Шальмана; под ред. Г. Л. Подвидза. – Москва: Мир, 1990. – 384 с.
2. Microsoft Excel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/excel> (дата обращения: 19.09.2025).
3. COMSOL Multiphysics® [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.com> (дата обращения: 19.09.2025).
4. Ramziddin Tursunov. (2025). IJTIMOIIY ONG VA MA'NAVIYAT TUSHUNCHASI HAMDA UNING MAZMUN-MOHIIYATI. *Kelajak o'qituvchisi - Kelajak Bunyodkori*, 1(2), 36-40.

GLOBAL IQLIM O'ZGARISHLAR SHAROITIDA O'SIMLIK LARNING STRESSGA CHIDAMLILIGI: MEXANIZMLAR VA BIOTEXNOLOGIK YECHIMLAR.

Arslanov Dilmurod Mansurovich

O'zR FA Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti k.i.x..

e-mail arslanovdm@yandex.ru

Gapparov Bunyod Mamatqulovich

O'zR FA Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti k.i.x. (PhD). O'simliklar genetik resurslari ilmiy tadqiqot instituti doktoranti.

e-mail bunyodgapparov20@mail.com

Annotatsiya: Global iqlim o'zgarishi va abiotik stresslar - qurg'oqchilik, yuqori va past harorat, sho'rlanish va ozuqa moddalarining yetishmasligi ta'sirining kuchayishi sharoitida o'simliklarning chidamliligi oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashning asosiy omiliga aylanmoqda. Ushbu maqolada o'simliklarning noqulay muhit sharoitlariga moslashishining molekulyar va fiziologik mexanizmlari haqidagi zamonaviy g'oyalar ko'rib chiqiladi. Gormonal regulatsiya, transkripsion omillarning roli, signal kaskadlari va epigenetik o'zgarishlarga alohida e'tibor qaratilgan. Shuningdek, o'simliklarning stressga chidamliligini oshirishga qaratilgan sintetik biologiya va genetik muhandislik sohasidagi yutuqlar ko'rib chiqiladi. Maqolada mavzu bo'yicha so'nggi ilmiy nashrlar, jumladan, xalqaro ilmiy jurnallarda chop etilgan tadqiqotlar natijalari tahlili keltirilgan. Olingan bilimlarni agrobiotexnologiya va o'simlikshunoslikda qo'llash istiqbollari muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: o'simliklar, abiotik stress, molekulyar mexanizmlar, fitogormonlar, transkripsiya omillari, sintetik biologiya, moslashish, qurg'oqchilik, stressga chidamlilik, genlarni boshqarish.

СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА: МЕХАНИЗМЫ И BIOTEXNOLOGICHESKIE RESHENIYA.

Арсланов Дилмурод Мансурович.

Институт Генетики и Экспериментальной Биологии Растений АНРУз.

E mail: arslanovdm@yandex.ru

Гаппаров Бунёд Маматкулович

Институт Генетики и Экспериментальной Биологии Растений АНРУз. с.н.с.(PhD). Научно-исследовательский институт генетических ресурсов растений, докторант.

e-mail bunyodgapparov20@mail.com

Аннотация: В условиях глобального изменения климата и нарастающего воздействия абиотических стрессов — таких как засуха, высокие и низкие температуры, засоление и дефицит питательных веществ — устойчивость растений становится ключевым фактором обеспечения



продовольственной безопасности. Данная статья представляет обзор современных представлений о молекулярных и физиологических механизмах адаптации растений к неблагоприятным условиям среды. Особое внимание уделено гормональной регуляции, роли транскрипционных факторов, сигнальных каскадов и эпигенетических изменений. Также рассматриваются достижения в области синтетической биологии и генетической инженерии, направленные на повышение стрессоустойчивости растений. В статье приводится анализ последних научных публикаций по теме, включая результаты исследований, опубликованных в международных рецензируемых журналах. Обсуждаются перспективы применения полученных знаний в агробиотехнологии и растениеводстве.

Ключевые слова: растения, абиотический стресс, молекулярные механизмы, фитогормоны, транскрипционные факторы, синтетическая биология, адаптация, засуха, стрессоустойчивость, регуляция генов.

PLANT STRESS RESISTANCE UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE: MECHANISMS AND BIOTECHNOLOGICAL SOLUTIONS.

Dilmurod Mansurovich Arslanov.

Institute of Genetics and Experimental Plant Biology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

Email: arslanovdm@yandex.ru

Bunyod Mamatkulovich Gapparov

Institute of Genetics and Experimental Plant Biology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. Senior Researcher (PhD). Research Institute of Plant Genetic Resources, doctoral candidate.

Email: bunyodgapparov20@mail.com

Abstract: In the context of global climate change and the increasing impact of abiotic stress factors - such as drought, extreme high and low temperatures, salinity, and nutrient deficiencies - plant stress tolerance has become a key factor in ensuring food security.

This review presents current insights into the molecular and physiological mechanisms underlying plant adaptation to adverse environmental conditions. Particular attention is given to hormonal regulation, the role of transcription factors, signaling cascades, and epigenetic modifications.

The article also highlights recent achievements in synthetic biology and genetic engineering aimed at improving plant stress tolerance. An analysis of the latest scientific publications on the topic, including studies published in international peer-reviewed journals, is provided.

Finally, the review discusses the prospects for applying this knowledge in agricultural biotechnology and crop production.

Keywords: plants, abiotic stress, molecular mechanisms, phytohormones, transcription factors, synthetic biology, adaptation, drought, stress tolerance, gene regulation.

KIRISH

Zamonaviy qishloq xo‘jaligi iqlim o‘zgarishi, tuproqning kamayishi va suv resurslarining cheklanganligi bilan bog‘liq o‘sib borayotgan ekologik muammolarga duch kelmoqda. Qurg‘oqchilik, sho‘rlanish, ekstremal harorat va ozuqa moddalarining yetishmasligi kabi abiotik stresslar qishloq xo‘jaligi ekinlarining o‘sishi, rivojlanishi va mahsuldorligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. So‘nggi tadqiqotlarga ko‘ra, dunyo dehqonchiligida hosil yo‘qotishlarining 50 foizdan ortig‘i aynan noqulay ekologik sharoitlar ta‘siri bilan bog‘liq [3].

Qurg‘oqchilik eng halokatli stress omillaridan biridir, chunki u o‘simliklarning suv muvozanatini buzadi, osmotik stressga, kislorodning faol shakllarining to‘planishiga va natijada hujayra tuzilmalarining shikastlanishiga olib keladi. Sovuq va issiq harorat membranalarining oquvchanligiga, fermentlarning faolligiga va stress-indutsirlangan genlarning ifodalanishiga ta‘sir qiladi. Tuproqning sho‘rlanishi, o‘z navbatida, ionlar muvozanatining buzilishiga va hujayralarda natriy va xlor ionlarining zaharli to‘planishiga olib keladi. Kompleks stresslar (masalan, qurg‘oqchilik + issiqlik) sharoitida o‘simliklar signal kaskadlari va tartibga soluvchi tarmoqlarni o‘z ichiga olgan o‘zaro va ko‘p komponentli moslashuvchan reaksiyalarni namoyish etadi [3].



O‘simliklarning abiotik stresslarga moslashishi asosida yotuvchi molekulyar mexanizmlarni tushunish noqulay sharoitlarda mahsuldorlikni saqlab qola oladigan chidamli navlarni yaratish uchun zarur shart hisoblanadi. Bu global oziq-ovqat xavfsizligi va barqaror dehqonchilik sharoitida ayniqsa muhimdir. Molekulyar biologiyaning transkriptomika, CRISPR/Cas genom tahrirlash, epigenetik tahlil va sintetik biologiya kabi eng so‘nggi usullari genlarni boshqarishning nozik mexanizmlari, signal yo‘llari va moslashuvchan fiziologik jarayonlarni o‘rganish imkonini beradi.

Maqola maqsadi: Ushbu ishning maqsadi o‘simliklarning turli xil abiotik stresslarga moslashishini ta’minlaydigan fiziologik, biokimyoviy va molekulyar mexanizmlar haqidagi zamonaviy ma’lumotlarni umumlashtirishdir. Gormonal boshqaruv, transkripsiya omillari, signal kaskadlari va sintetik biologiya sohasidagi yutuqlarga alohida e’tibor qaratilmoqda. Bundan tashqari, ushbu bilimlarni agrar biotexnologiya va stressga chidamli ekinlar seleksiyasida amaliy qo‘llash istiqbollari ko‘rib chiqilmoqda.

Fiziologik va morfologik adaptatsiyalar: O‘simliklar atrof-muhitning noqulay omillari sharoitida omon qolish va hayot faoliyatini saqlab qolish imkonini beruvchi keng ko‘lamli morfologik va fiziologik moslashuvlarni rivojlantirgan. Bu moslanishlar to‘qimalarni shikastlanishdan himoya qilish, suv muvozanatini saqlash va fotosintetik faollikni optimallashtirishni ta’minlaydi.

Morfologik o‘zgarishlar: Adaptatsiyaning asosiy jihatlaridan biri ildiz tizimini qayta qurishdir. Qurg‘oqchilik sharoitida o‘simliklar ko‘pincha asosiy ildizning rivojlanishini kuchaytiradi va chuqurroq ildiz hosil qiladi, bu esa namlik yuqori bo‘lgan tuproqning pastki qatlamlariga yetib borishga imkon beradi. Ba’zi turlarda ildizlarning kuchli shoxlanishi va so‘rish maydonining ortishi ham kuzatiladi [4]. Bundan tashqari, barglarning tuzilishi o‘zgaradi - ular maydalashadi, qattiqlashadi va mumsimon g‘ubor yoki tuklar bilan qoplanadi, bu esa transpiratsiyani pasaytiradi va suv bug‘lanishini kamaytiradi.

Ko‘pgina stressga chidamli o‘simliklarning barg qobig‘i qalinlashadi va qo‘shimcha mum qatlami bilan qoplanadi, bu namlikni yo‘qotishga qarshi to‘siq vazifasini bajaradi va ultrabinafsha nurlanishdan himoya qiladi. Shuningdek, og‘izchalar ham o‘zgarishga uchraydi - og‘izcha hujayralari soni kamayishi yoki og‘izchalar chuqurchalarda joylashishi mumkin, bu esa bug‘lanish tezligini pasaytiradi [1].

Fiziologik javoblar: Fiziologik darajada o‘simliklar barglar yuzasidagi maxsus teshikchalar - og‘izchalarni yopish orqali suv muvozanatini tartibga soladi, ular orqali gaz almashinuvi va namlikning bug‘lanishi sodir bo‘ladi. Qurg‘oqchilik va boshqa stresslarda stomatlar yopilib, suv yo‘qotilishi kamayadi, ammo bu fotosintezning cheklanishiga olib keladi.

Stress sharoitida hujayraning osmotik potensialini saqlab turish uchun o‘simliklarda osmolitlar - prolin, betain, saxaridlar va ba’zi aminokislotalar kabi kichik molekulali birikmalar to‘planadi. Ushbu moddalar hujayralar ichida suvni ushlab turishga yordam beradi va oqsillar va membranalarni denaturatsiyadan himoya qiladi [2].

Stressga javoban antioksidant birikmalar - fermentlar (katalaza, superoksiddismutaza) va hujayra tarkibiy qismlarini shikastlovchi kislorodning faol shakllarini (ROS) zararsizlantiruvchi kichik molekulalar (askorbat, glutation) sintezi ham kuchayadi. ROS hosil bo‘lishi va antioksidant himoya o‘rtasidagi muvozanat o‘simliklarning noqulay sharoitlarga chidamliligida muhim rol o‘ynaydi [3].

Shunday qilib, morfologik qayta qurilishlar va fiziologik mexanizmlar kompleksi o‘simliklarning yashovchanligini va ekstremal ekologik sharoitlarga moslashuvini ta’minlaydi.

Signal va gormonal mexanizmlar: O‘simliklarning abiotik stresslarga molekulyar moslashuvi murakkab signalizatsiya tizimisiz mumkin emas, bunda fitogormonlar asosiy rol o‘ynaydi. Bu kichik organik birikmalar fiziologik va genetik reaksiyalarni muvofiqlashtirishni ta’minlaydi, o‘simliklarga atrof-muhit o‘zgarishlariga tez va samarali javob berish imkonini beradi.

Fitogormonlarning roli: O‘simliklarning stressga javob reaksiyasini tartibga soluvchi asosiy gormon absiz kislotasi (ABA) hisoblanadi. Qurg‘oqchilik va yuqori osmotik bosim sharoitida ABA miqdori sezilarli darajada oshadi, bu esa og‘izchalarning yopilishiga va suv yo‘qotilishining kamayishiga olib keladi. ABA, shuningdek, himoya jarayonlarida ishtirok etadigan transkripsiya omillarini o‘z ichiga olgan ko‘plab stress-indutsirlangan genlarning ifodasini faollashtiradi [6].

Qarish gormoni sifatida tanilgan etilen stressga javob berishda ikki tomonlama rol o‘ynaydi. Bir tomondan, u antioksidantlar sintezini kuchaytirish va himoya yo‘llarini faollashtirish kabi moslashuvchan o‘zgarishlarga hissa qo‘shadi. Boshqa tomondan, etilen haddan tashqari ko‘p to‘planganda hujayra qarishi va apoptoz jarayonlarini kuchaytirishi mumkin. Etilenning boshqa gormonlar bilan o‘zaro ta’siri murakkab tartibga solish tarmog‘ini hosil qiladi [6].

Jasmonatlar (JA-жасмон кислотаси) va ularning hosilalari stressga javoblarni modulyatsiya qilishda, shu jumladan patogenlar va abiotik omillardan himoyalashda ishtirok etadi. Ular maxsus



genlarni faollashtiradi va hujayralarning rivojlanishini tartibga soladi, noqulay sharoitlarga moslashishga yordam beradi.

Gormonlar o’rtasidagi o’zaro aloqa: Gormonal signallar alohida ishlamaydi - ular bir-biri bilan o’zaro ta’sirlashib, o’simlikning umumiy javobini tartibga soluvchi yaxlit tarmoqni yaratadi. Masalan, ABA va etilen bir-biriga ham sinergik, ham antagonistik ta’sir ko’rsatishi mumkin, bu esa stressning turi va intensivligiga qarab fiziologik reaksiyalarni nozik sozlash imkonini beradi.

ABA, etilen, jasmonatlar, salitsil kislotasi va gibberellinlar o’rtasidagi o’zaro ta’sir adaptiv mexanizmlarning moslashuvchanligi va plastikligini ta’minlaydi. Ushbu kross-talk gormonlar darajasini tartibga solishni, ularning retseptorlarini, shuningdek, ikkilamchi vositachilar darajasida signal yo’llarining o’zaro ta’sirini (masalan, Ca^{2+} , ROS, MAP kinaz) o’z ichiga oladi [6].

Shunday qilib, fitogormonal signalizatsiya o’simliklarning abiotik stresslarga integrativ javobining asosi bo’lib, morfologiyani o’zgartirishdan tortib himoya genlarini faollashtirishgacha bo’lgan asosiy jarayonlarni tartibga soladi.

Genetik regulatsiya, transkripsiya omillari va epigenetika

O’simliklarning abiotik stresslarga moslashishi transkripsiya va posttranskripsiya darajasida murakkab mexanizmlar bilan boshqariladigan genlar ekspressiyasining o’zgarishi bilan chambarchas bog’liq. Ushbu jarayonning asosiy elementlari transkripsiya omillari, turli xil RNK molekulalari va epigenetik modifikatsiyalar bo’lib, ular stress signallarining moslashuvchanligi va uzoq muddatli xotirasini ta’minlaydi.

Transkripsion omillar: Transkripsion omillar (TF) DNKning ma’lum qismlari bilan bog’lanadigan va genlar faolligini boshqaradigan oqsillardir. Ular orasida qurg’oqchilik, sovuq va tuz stressiga javob berishda markaziy rol o’ynaydigan WRKY va DREB/CBF oilalari alohida ajralib turadi. WRKY-TF kislorodning faol shakllarini detoksikasiya qilish va hujayra gomeostazini saqlash bilan bog’liq genlar ekspressiyasini faollashtiradi. DREB/CBF osmoprotektorlar va himoya oqsillari sintezi uchun mas’ul bo’lgan genlarni boshqaradi [7].

Muqobil poliadenillanish va kodlamaydigan RNKlar: Stress sharoitida transkriptonning plastikligi nafaqat ekspressiya darajasining o’zgarishi, balki RNKni qayta ishlashning muqobil jarayonlari orqali ham erishiladi. Muqobil poliadenillanish mRNKning 3’-translyatsiyalanmaydigan qismlarining uzunligini o’zgartiradi, bu esa transkriptlarning barqarorligi va translyatsiyasiga ta’sir qiladi, bu esa o’simliklarga oqsil profilini tezda moslashtirish imkonini beradi [7].

Bundan tashqari, kodlamaydigan RNKlar (ncRNAs), masalan, mikroRNK (miRNA) va uzun kodlamaydigan RNK (lncRNA) iRNK degradatsiyasini yo’naltirish yoki ularning translyatsiyasini bostirish orqali tartibga solish funksiyasini bajaradi. Ushbu molekulalar asosiy genlar va signal yo’llarini tartibga solish orqali stress javoblarini modulyatsiya qilishda ishtirok etadi.

Epigenetik o’zgarishlar va stress xotirasi: DNK metillanishi, gistonlar modifikatsiyasi va xromatin remodelanishini o’z ichiga olgan epigenetika o’simliklarning moslashuvda muhim rol o’ynaydi. Bu o’zgarishlar DNK ketma-ketligini o’zgartirmaydi, lekin transkripsiya uchun genlarning mavjudligiga ta’sir qiladi. Stress sharoitida epigenetik modifikatsiyalar stressga javob beruvchi muhim genlarni faollashtirishi yoki repressiya qilishi mumkin, bu esa uzoq muddatli moslashuv va stress xotirasining shakllanishini ta’minlaydi.

Stress-xotira o’simliklarga takroriy noqulay sharoitlarga tezroq va samaraliroq javob berish imkonini beradi, bu ilgari stressga uchragan to’qimalardagi epigenetik belgilarning o’zgarishi bilan tasdiqlanadi [7].

Shunday qilib, transkripsion omillar, posttranskripsion jarayonlar va epigenetik regulatsiyaning integratsiyasi o’simliklarning yuqori plastikligi va ekstremal sharoitlarga moslashuvchanligini ta’minlaydi.

Abiotik stressning har xil turlariga javob: O’simliklar turli xil abiotik stresslarga duch keladi, ularning har biri o’ziga xos, ammo ko’pincha kesishuvchi molekulyar va fiziologik moslashuv yo’llarini faollashtiradi. Ushbu mexanizmlarni tushunish stressga chidamlilikni oshirishning kompleks strategiyalarini ishlab chiqish uchun muhimdir.

Sovuq stress: Past harorat ta’sirida hujayra membranalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari o’zgaradi, fermentlar faolligi pasayadi, metabolik jarayonlar buziladi. Molekulyar darajada sovuqlik signallar kaskadini ishga tushiradi, unda kalsiy ionlari (Ca^{2+}), abssez kislotasi (ABA), kislorodning faol shakllari (ROS) va mitogen bilan faollashtirilgan protein kinazalar (MAPK) asosiy rol o’ynaydi [5].

Sovuq ta’sirida Ca^{2+} ning sitoplazmaga tez kirishi sodir bo’ladi, bu esa kalsiyga bog’liq protein kinazalarini faollashtiradi va CBF/DREB oilasining transkripsiya omillarini o’z ichiga olgan sovuq javob genlarining ifodalanishiga olib keladi. ABA hujayra funksiyalarini barqarorlashtirishga yordam beradi va



suv yo'qotilishini kamaytirib, og'izchalar yopilishini tartibga soladi. ROS signal molekulari sifatida ishlaydi, ammo ortiqcha miqdorda oksidlovchi stressni keltirib chiqaradi, shuning uchun gomeostazni qo'llab-quvvatlovchi antioksidant tizimlar faollashadi.

Sho'rlanish va tuproq stressi: Tuproqning sho'rlanishi osmotik va ionli stressni keltirib chiqaradi, bu esa suv almashinuvining buzilishiga va hujayralarda Na⁺ va Cl-ning zaharli to'planishiga olib keladi. Bunga javoban o'simliklar sitoplazmadan vakuolalarga Na⁺ ning ko'proq tashilishi va zaharli ionlarning yutilishini kamaytirish kabi ion gomeostazi mexanizmlarini faollashtiradi [2].

Bundan tashqari, sho'rlanish osmolitlar sintezini, antioksidant fermentlar va boshqaruvchi genlarning faollashuvini rag'batlantiradi, hujayra tuzilmalarining himoyasini ta'minlaydi. Molekulyar yo'llar kalsiy kabi signal molekularining faollashuvi, MAP kinazalarining fosforillanishi va ABA va etilen ishtirokidagi gormonal regulatsiyani o'z ichiga oladi.

Kombinatsiyalangan stresslar va o'zaro ta'sirlar: Tabiiy sharoitlarda o'simliklar ko'pincha qurg'oqchilik va yuqori harorat yoki sho'rlanish va ozuqa moddalarining yetishmasligi kabi bir nechta stresslarni birgalikda boshdan kechiradi. Bunday hollarda javob kompleks bo'lib, bir-birini kuchaytirishi ham, susaytirishi ham mumkin bo'lgan kesishgan signal yo'llarini o'z ichiga oladi.

Kombinatsiyalangan stresslar fitogormonlar sintezi, turli transkripsion omillarning faollashuvi va metabolizmning qayta tuzilishini o'z ichiga olgan bir nechta moslashuvchan mexanizmlarning integratsiyasini talab qiladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, o'zaro moslashish chidamlilikni yaxshilashi mumkin, ammo shu bilan birga o'simliklarga energiya sarfi va yuklamani oshiradi, bu esa mahsuldorlikni cheklaydi [1].

Sintetik biologiya va amaliy yondashuvlar

Molekulyar biologiya va genetika sohasidagi zamonaviy yutuqlar abiotik stresslarga chidamli o'simliklarni yaratish uchun yangi imkoniyatlar ochmoqda. Sintetik biologiya va amaliy usullar genetik, epigenetik va kimyoviy yondashuvlardan foydalangan holda stressga chidamlilikni maqsadli ravishda yaxshilashga qaratilgan.

Genetik muhandislik va genom usullari: Genetik muhandislik texnologiyalari o'simliklar genomiga moslashish mexanizmlarini kuchaytirishga qaratilgan nuqtali o'zgarishlar kiritish imkonini beradi. QTL (lokuslarning miqdoriy belgilari) va GWAS (genom variantlarining assotsiatsion tahlili) usullaridan foydalanish stressga chidamlilik bilan bog'liq genlar va markerlarni aniqlashga yordam beradi. Bu stressga chidamli navlar seleksiyasini sezilarli darajada tezlashtiradi [4].

Osmoprotektorlar, antioksidantlar yoki stress-indutsirlangan transkripsion omillarni kodlovchi genlarni kiritish orqali transgen o'simliklarni yaratish chidamlilikni yaxshilashda samarali ekanligi isbotlangan.

Stress reaksiyalarining kimyoviy modulyatsiyasi: Absiz kislota agonistlari (ABA) kabi kimyoviy vositalar o'simliklarning stress reaksiyalarini boshqarish uchun qo'llaniladi. Bunday moddalar og'izchalarning yopilishini, osmolitlar sintezini va antioksidant tizimlarning faollashuvini rag'batlantiradi, qurg'oqchilik va boshqa stresslarga chidamlilikni oshiradi [6].

Bundan tashqari, genetik yondashuvlar bilan birgalikda kimyoviy yemlar va o'sish regulatorlaridan foydalanish agroteknologiyalarda o'simliklarning stressga chidamliligini kompleks boshqarish uchun istiqbolarni ochib beradi.

Xulosa va istiqbollari: So'nggi o'n yilliklarda o'simliklarning abiotik stresslarga moslashish mexanizmlari haqidagi bilimlar ancha kengaydi. Zamonaviy tadqiqotlar qurg'oqchilik, sovuq, sho'rlanish va kombinatsiyalangan stresslarga chidamlilikni ta'minlaydigan asosiy fiziologik, molekulyar va genetik jarayonlarni aniqlash imkonini berdi. Fitogormonlar, transkripsion omillar, epigenetik modifikatsiyalar va kompleks signal yo'llarining roliga alohida e'tibor qaratilgan. Genetik injeneriya, QTL-tahlillar va sintetik biologiyaning zamonaviy usullarini qo'llash allaqachon stressga chidamliligi yuqori bo'lgan transgen va seleksion navlarni yaratish ko'rinishida amaliy natijalar berdi.

Biroq, ba'zi asosiy jihatlarni tushinishda sezilarli bo'shliqlar saqlanib qolmoqda. Turli o'simliklardagi stress-xotira mexanizmlarini ishonchli aniqlash va tushuntirish keyingi tadqiqotlarni talab qiladi, chunki bu hodisa barqaror agroteknologiyalar uchun asos bo'lishi mumkin.

Shuningdek, kombinatsiyalangan stresslarga o'simliklarning javob reaksiyalarini har tomonlama o'rganish tabiiy sharoitlarning barcha xilma-xilligini hali qamrab olmagan, bu esa laboratoriya ma'lumotlarini dala sharoitida to'g'ridan-to'g'ri qo'llashni qiyinlashtiradi. Bundan tashqari, yangi bioteknologiyalarning ekologik qo'llanilishi va potensial xavflarini o'rganish muhim vazifa hisoblanadi.



Genom, transkriptoma, proteoma va metabolom darajasidagi tarmoq o‘zaro ta’sirlarini chuqurroq tushunish uchun "omiks" texnologiyalarini integratsiyalash keyingi tadqiqotlarning istiqbolli yo‘nalishlari hisoblanadi. Yuqori aniqlik va minimal nojo‘ya ta’sirlar bilan genomni tahrirlash usullarining rivojlanishi barqaror ekinlarni yaratishda yangi ufqlarni ochadi. Amaliy jihatdan o‘zgaruvchan iqlim sharoitida hosildorlikni oshirish uchun genetik, biokimyoviy va agrotexnik yondashuvlarni birlashtirgan kompleks strategiyalarni ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Shunday qilib, o‘simliklarning abiotik stresslarga moslashuvi sohasidagi fundamental va amaliy tadqiqotlarni yanada rivojlantirish oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash va qishloq xo‘jaligini barqaror rivojlantirishning asosiy omili hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. **Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S., & Pessarakli, M.** (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 2012, Article ID 217037. <https://doi.org/10.31031/SBB.2018.02.000529>
2. **Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J.-K., & Shabala, S.** (2023). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity stress. *Plant and Soil*, 487(1-2), 55–78. <https://doi.org/10.1186/s42397-023-00154-x>
3. **Wang, F., Wang, Y., Zhang, X., Yang, J., & Li, X.** (2021). Molecular mechanisms of plant tolerance to abiotic stresses. *Frontiers in Plant Science*, 12, 727835. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.727835>
4. **Kumar, S., & Singh, J.** (2019). Advances in understanding plant responses to drought and salt stress using transcriptome and proteome analyses. In *Abiotic Stress and Plant Responses* (pp. 135–156). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74648>
5. **Gupta, A., Rico-Medina, A., & Caño-Delgado, A.I.** (2020). The physiology of plant responses to drought. *Science*, 368(6488), 266–269. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7614>
6. **Fujita, M., Fujita, Y., Noutoshi, Y., Takahashi, F., Narusaka, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K.** (2006). Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signaling networks. *Current Opinion in Plant Biology*, 9(4), 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.014>
7. **Kim, J.M., To, T.K., & Seki, M.** (2010). An epigenetic integrator: new insights into genome regulation, environmental stress responses and developmental controls by histone deacetylase 6. *Plant, Cell & Environment*, 33(9), 1502–1512. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02162.x>
8. **O‘rmonjonov Azizbek Muhammadjon o‘g‘li.** (2025). MUSIQA TA’LIMINI BARCHA TALABALAR UCHUN INKLYUZIV TARTIBDA TASHKIL ETISH. “*Iqtidorli Talabalar Ilmiy Xabarlari*” *Ilmiy-Uslubiy Jurnali*, 1(2), 3-9.

FIZIKANI O‘QITISHDA O‘QUV JARAYONIGA KVEST TA’LIMINI JORIY ETISHNING O‘ZIGA XOS HUSUSIYATLARI VA DIDAKTIK SHART-SHAROITLARI

O‘rinboyeva Kumushoy Sultonbek qizi
Andijon davlat pedagogika instituti v.b.dotsenti

Annotatsiya: Mazkur maqolada fizika fanini o‘qitishda Kvest ta’lim texnologiyasini joriy etishning o‘ziga xos jihatlari va didaktik shart-sharoitlari tahlil qilinadi. Kvest texnologiyasi o‘quvchilarni izlanishga, tahlil qilishga, mantiqiy fikrlashga va ijodiy yondashuvga undovchi zamonaviy interaktiv o‘qitish usuli sifatida namoyon bo‘ladi. Maqolada Kvest o‘yinlarining tuzilishi, ularning fizika ta’limidagi o‘rni hamda o‘quv jarayonini faollashtirishdagi imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, o‘quvchilarning motivatsiyasini oshirish, mustaqil fikrlashni rivojlantirish va amaliy ko‘nikmalarni shakllantirish uchun zarur didaktik shart-sharoitlar tahlil etilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Kvest ta’limini o‘quv jarayoniga integratsiya qilish fizika faniga qiziqishni kuchaytiradi hamda o‘quvchilarning analitik va ijodiy tafakkurini rivojlantirishda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Kvest texnologiyasi, fizika ta’limi, o‘quv jarayoni, interaktiv metodlar, didaktik shart-sharoitlar, ijodiy fikrlash, motivatsiya.

ОСОБЕННОСТИ И ДИДАКТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ КВЕСТ-ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ПО ФИЗИКЕ