

Мақалада суда жүзетін құстарды ұстау әдістерін қолдану нәтижелері, негізгі дәнді дақылдардың химиялық құрамы және құстардың өнімділік көрсеткіштеріне әр түрлі тамақтану рационының әсерін зерттеу бойынша құстардың эксперименттік топтарын зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, тәжірибелі топтардың жас үйректеріне арналған жемшөптің диетасы тағамдық құрамы мен минералды құрамы жағынан аз артықшылығы бар. Сондай-ақ, III топтағы жас жануарлар минералды композициялық қоспалар мен ақуыз-витаминдік премикстердің мөлшеріне байланысты ең жақсы өсу көрсеткіштеріне ие болды. III тәжірибелі топтың үйректері өз құрдастарының саны бойынша I бақылау және II тәжірибелік топтардан сәйкесінше 376,1 г (10,9%); 155,5 г (4,5%); әйелдер-306,3 г (9,4%); 49 күндік тірі салмақта 163,6 г (5,0%).

ӨОЖ 58.01/07
FTAXP34.31.31

DOI 10.52578/2305-9397-2023-3-2-333-341

Зорбекова А. Н., PhD., негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0003-3341-3613>

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Әл-Фараби даңғылы 71, 050060, «Генетика және физиология институты» ШЖҚ РМК, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 93, Қазақстан, zorbekova92@mail.ru

Ербай М., биология магистрі, <https://orcid.org/0000-0003-0118-9135>

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050060., Қазақстан, malika.isa99@mail.ru

Шуйская Е. В., биология ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0000-0001-7701-8610>

К.А. Тимирязев атындағы өсімдіктер физиологиясы институты, Ресей ғылым Академиясы, Мәскеу қаласы, Ботаническая көшесі 35, Ресей, evshuya@mail.ru

Терлецкая Н.В., биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор <https://orcid.org/0000-0003-3176-820X>

«Генетика және физиология институты» ШЖҚ РМК, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 93, 050060, Қазақстан, teni02@mail.ru.

Кудрина Н. О., биология ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0000-0002-0882-0447>

«Генетика және физиология институты» ШЖҚ РМК, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 93, 050060, Қазақстан, kudrina_nat@mail.ru

Корбозова Н. К., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-0440-9180>

«Генетика және физиология институты» ШЖҚ РМК, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 93, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Әл-Фараби даңғылы 71, 050060, Қазақстан, naz-ik@mail.ru

Zorbekova A.N., PhD., the main author, doctoral student, <https://orcid.org/0000-0003-3341-3613>

«Al-Farabi Kazakh National University», 71 Al-Farabi Ave., 050060, RSE on PCV « Institute of genetics and physiology», Almaty, Al-Farabi Ave., 93, Kazakhstan, zorbekova92@mail.ru

Yerbay M., master of biology, <https://orcid.org/0000-0003-0118-9135>

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 71 Al-Farabi Ave., 050060, Kazakhstan, malika.isa99@mail.ru.

Shuyskaya E. V., candidate of Biological Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7701-8610>, «Institute of Plant Physiology named after K. A. Timiryazev», «Russian Academy of Sciences», Moscow, Botanicheskaya, 35, Ressey. evshuya@mail.ru

Terletskeya N. V., candidate of biological sciences, associate professor, <https://orcid.org/0000-0003-3176-820X>

RSE on PCV «Institute of genetics and physiology», Almaty, Al-Farabi Ave., 93, 050060, Kazakhstan, teni02@mail.ru

Kudrina N. O., candidate of biological sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0882-0447>

RSE on PCV «Institute of genetics and physiology», Almaty, Al-Farabi Ave., 93, 050060, Kazakhstan, kudrina_nat@mail.ru

Korbozova N. K., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-0440-9180>

RSE on PCV «Institute of genetics and physiology», Almaty, Al-Farabi Ave. 93, Al-Farabi kaznu, Al-Farabi Ave. 71, 050060, Kazakhstan, naz-ik@mail.ru

**CHENOPODIUM QUINOA ӨСІМДІГІНІҢ МОРФОФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ
АНАТОМИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСЫНА ТҰЗ СТРЕСІНІҢ ӘСЕРІ
THE EFFECT OF SALT STRESS ON THE MORPHO-PHYSIOLOGICAL AND
ANATOMICAL STRUCTURE OF CHENOPODIUM QUINOA PLANT**

Аннотация

Бұл мақалада әр түрлі концентрациядағы тұз ерітіндісін экспериментті стресс күйінде квиноа өсімдіктерінің морфофизиологиялық және анатомиялық сипатына әсерін салыстырмалы зерттеуден тұрды. Тұздылық күйзелістің ауырлығы мен ұзақтығына байланысты әртүрлі физиологиялық және метаболикалық процестерде өзгерістер тудырады және нәтижесінде шығымдылықты төмендетеді. Дамудың бастапқы кезеңдерінде топырақтың тұздануы өсімдіктердің өсуін тежейтіні белгілі, алдымен осмостық стресс түрінде, содан кейін иондық уыттылық негізінде. Тұздылық стресстің бастапқы фазаларында топырақта және өсімдіктерде тұздардың жиналуының жоғарылауынан туындаған осмостық стресстің әсерінен тамыр жүйелерінің суды сіңіру қабілеті төмендейді және жапырақтардың суды жоғалтуы тездетіледі, сондықтан тұз стрессі де гиперосмотикалық стресс ретінде қарастырылады. Зерттеулер көрсеткендей, квиноа өсімдігі 100 mM NaCl тұз концентрациясынан 300 mM NaCl-ге дейінгі тұздылықтың орташа және жоғары деңгейіне шыдай алатындығы анықталды. Сонымен қатар 100 mM NaCl-ден 200 mM NaCl-ге дейінгі концентрациялар квиноаның өсуіне айтарлықтай әсер етпейтіндігі анықталды. 200 mM NaCl тұз концентрациясында өсімдіктің бейімделу механизмдерінің жұмысы нашарлайтындығы, және концентрацияның жоғарылауы өсу параметрлеріне тұрақты тежегіш әсер ететіндігі дәлелденді. Бұл зерттеудің мақсаты әртүрлі жоғары концентрациядағы тұздар ерітіндісіндегі стресстің квиноа өсімдіктерінің морфофизиологиялық және анатомиялық жағдайына әсерін салыстырмалы түрде зерттеу болып табылады.

ANNOTATION

In this article, the experiment consisted in a comparative study of the effect of salt stress of various strengths on the morphophysiological and anatomical parameters of quinoa plants. Depending on the severity and duration of stress, salinity causes changes in various physiological and metabolic processes and consequently reduces yield. It is known that soil salinization inhibits plant growth in the initial stages of development, first in the form of osmotic stress and then based on ionic toxicity. In the initial phases of salinity stress, due to the osmotic stress caused by the increased accumulation of salts in the soil and plants, the water absorption capacity of the root systems decreases and the water loss of the leaves is accelerated, so salt stress is also considered as hyperosmotic stress. The study found that quinoa can tolerate moderate to high levels of salinity, ranging from a salt concentration of 100 mM NaCl to 300 mM NaCl. Concentrations from 100 mM NaCl to 200 mM NaCl do not significantly affect the growth of quinoa. At a salt concentration of 200 mM NaCl, the work of adaptation mechanisms deteriorates, and elevated salt concentrations have a persistent inhibitory effect on growth parameters. The aim of this study is to compare the effects of different high concentration salt solution stress on the morphophysiological and anatomical condition of quinoa plants.

Түйін сөздер: Киноа, тұзды стресс, адаптация, концентрация, эксперимент, тұздылану

Key words: Quinoa, salt stress, adaptation, concentration, experiment, salinization

Кіріспе Киноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) – бұл СЗ классына амаранттар тұқымдасына жататын бір жылдық өсімдік [1], қолайсыз өсу жағдайларында сонымен қатар жоғары температура мен тұздылықтың бірлескен әсерлеріне жоғары бейімделгіштігімен сипатталатын [2, 3] факультативті жалған астықты галофитті өсімдік түрлері [4-6]. Галофит ретінде квиноа шөлді және жауын-шашыны өте аз топырақ жағдайында жақсы өнімділік көрсететіндіктен сұранысқа ие өсімдік болып табылады. Сонымен қатар, квиноа өсімдігінің тұқымы адамның

күнделікті тұтынуы үшін қажетті көмірсулардың, липидтердің, амин қышқылдарының және ақуыздардың түрлеріне бай [7,8], сондықтан бұл өсімдік шөлді аймақтарда ауыл шаруашылығы өндірісіне енгізу үшін тиімді түр болып табылады. Қазіргі заманауи түсініктер бойынша топырақ тұздылығының өсімдікке кері әсері топырақтың жоғары осмотық қысымымен және тұздардың ерітіндісінің концентрациясының жоғарылығымен де байланысты болады [9,10]. Тұздылық күйзелістің ауырлығы мен ұзақтығына байланысты әртүрлі физиологиялық және метаболкалық процестерде өзгерістер тудырады және нәтижесінде шығымдылықты төмендетеді [5]. Дамудың бастапқы кезеңдерінде топырақтың тұздануы өсімдіктердің өсуін тежейтіні белгілі, алдымен осмотық стресс түрінде, содан кейін иондық уыттылық негізінде. Тұздылық стресстің бастапқы фазаларында топырақта және өсімдіктерде тұздардың жиналуының жоғарылауынан туындаған осмотық стресстің әсерінен тамыр жүйелерінің суды сіңіру қабілеті төмендейді және жапырақтардың суды жоғалтуы тездетіледі, сондықтан тұз стрессі де гипертоникалық стресс ретінде қарастырылады [7].

Бұл зерттеудің мақсаты әртүрлі жоғары концентрациядағы тұздар ерітіндісіндегі стресстің квиноа өсімдіктерінің морфобиологиялық және анатомиялық жағдайына әсерін салыстырмалы түрде зерттеу болып табылады.

Материалдар және әдістер. Бұл зерттеуде квиноаның тәжік сорттары «Vahdat» пайдаланылды, тұқымдары Тәжікстан ауылшаруашылық ғылымдары академиясының генетикалық ресурстар орталығынан алынған. (CGR TAAS). Өсімдіктер К.А. Тимирязев атындағы өсімдіктер физиологиясы институтының клима камерасында PAF, (Мәскеу) өсімдіктер люминесценттік шамның астында, ФАР 200 мкмоль/(м² с) кванттық тығыздық толқынында 16-сағаттық фотокезеңде және +25°C температурада өсірілді (The seedlings were grown under circadian illumination (using commercial luminescent white light tubes): 10-h dark/14-h light [200 lmol m⁻² s⁻¹ PAR, **light metre LI-205** (Li-Cor, USA)] and 25 ± 5C temperature.). Тұқымдар дистилденген суда Петри табақшаларында 5 күн ішінде өніп шықты, содан кейін 40 күн бойы перлитте өсірілді, оның ішінде 25 күн Хогланд ерітіндісінде және 10 күн – Хогланд ерітіндісіне NaCl-ды 100 mM NaCl (кейін 100NaCl), 200 mM NaCl (кейін 200NaCl) және 300 mM NaCl (кейін 300NaCl) концентрацияларында және арнайы ортада 100 mM NaCl+10мл 10мл 1μM NaCl+90мл өсірді.

Тәжірибенің 40-шы күнінің соңында тұздылықтың өскіндердің тіршілігіне, өсімдіктердің ұзындығына және олардың су мөлшеріне әсері бағаланды, ол формула бойынша жапырақ биомассасының жинақталуына негізделген:

$$WC = ((a - b)/a) \times 100\%,$$

мұндағы, а - ылғалдылық биомассасы, б - құрғақ жапырақ биомассасы.

Биомасса аналитикалық таразы арқылы анықталды: дымқыл салмақ, сондай-ақ жапырақтарды термостатта 5 сағат бойы 80°C температурада кептіргеннен кейінгі құрғақ салмақ бағаланды. Анатомиялық зерттеулерге арналған өсімдік шикізатын бекіту де тәжірибенің 40-шы күні жүргізілді. Эксперимент соңында алынған нәтижелерді өңдеу «Statistica 10.0» бағдарламасы арқылы MS Offis Excel 2010 (Microsoft Corp., Редмонд, Вашингтон, Колумбия, США) іске асты. Үлгілер арасындағы айырмашылық мәндерді талдау үшін Стьюдент t-критерийін $p < 0,05$ мәнінде қолдандық (Statistica 12, StatSoft Inc., Талса, США). Орташа стандартты сенімділігін есептедік.

Нәтижелер мен талдаулар. Анықталғандай бақылау нәтижесінде *C. Quinoa* өсімдіктерінің өміршендігі 100% құрады. 100NaCl әсерінен кейін, өсімдіктердің тірі қалуы 95,0% ға дейін өсті. 200NaCl концентрациясында 80% өсімдіктер тірі қалды, ал концентрация 300NaCl жеткенде өсімдіктердің өлуі 20 %-ды құрады.

Зерттеу нәтижесі бойынша бақылау тобындағы 40 күндік үлгінің ұзындығы 24,2 см құрады (кесте 1).

Әртүрлі қарқындылықтағы индукцияланған тұз кернеуіне ұшыраған үлгілер әртүрлі өсу сипаттамаларына ие екендігі көрсетілді: 100NaCl кезінде олар бақылау мәндерінен айырмашылығы жоқ, 200NaCl кезінде өсудің төмендеуі айтарлықтай болды және орташа 20,5 см, 300NaCl кезінде тәжірибелік өсімдіктердің өсуі. орташа 17,0 см құрады және бұл

көрсеткіш тек бақылау өсімдіктерінен ғана емес, сонымен қатар аз қарқындылықтағы тұзды стресске ұшыраған өсімдіктерден де айтарлықтай ерекшеленді.

Тәжірибелік өсімдіктердің жапырақтарындағы судың құрамын талдау квиноаның тұзды стресс кезінде суды жақсы ұстау қабілеті бар деген қорытындыға әкелді.

Кесте 1 – Жапырақтағы судың мөлшері мен *Chenopodium quinoa* өсімдігінің өсуі тұзды стресстің қарқындылығына тәуелділігі

Белгілері	Qu-бақылау	Qu-100NaCl	Qu-200NaCl	Qu-300NaCl
Биіктігі	24,2±0.4	24,3±0.3	20,5±0.0*	17,0±0.6**
Судың құрамы	91%	92%	90%	88%
Ескерту: Кестелердегі плюс/минус белгілері стандартты айырмашылықты көрсетеді. Кестеде стандартты қате жолақтарымен орташа мәндерді көрсетеді. Белгілер * және ** алынған нәтижелердің 0,05 дәрежесіндегі сенімділігін көрсетеді.				

1-кестеде келтірілген деректерге сәйкес, бұл тәжірибеде 300NaCl ерітіндісінің максималды деңгейінде әсер ету кезінде бақылауға қатысты жапырақтың ылғалдану индексінің айтарлықтай төмендеуі байқалды, бірақ бұл жағдайда да өсімдіктің өміршендігі салыстырмалы түрде жоғары көрсеткішті 88% құрады.

Әртүрлі стресстік жағдайлардағы *Chenopodium quinoa* жапырағы мен сабағының анатомиялық құрылымы

Зерттеу үшін NaCl ерітіндісінің әртүрлі концентрациясында 14 күн ішінде өсірілген квиноа (*Chenopodium quinoa*) жапырақтары алынды.

Кесте 2 – *Chenopodium quinoa* өсімдігінің жапырағының тұзды стресстің әсерінен туындаған өзгерістерінің морфометриялық көрсеткіштері

Үлгі	Адаксиалды эпидермистің қалыңдығы	Абаксиальды эпидермистің қалыңдығы	Мезофилл қалыңдығы	Орталық өткізгіштің қалыңдығы	Орталық өткізгіш шоқтарының диаметрі
бақылау					
Qu-бак.	1,25±0,01	1,08±0,03	8,20±0,04	48,68±1,37	451,76
тұзды стресс					
Qu-100 Na	1,38 ± 0,03*	1,26 ± 0,03*	8,62 ± 0,07*	44,66 ± 6,17	452,60
Qu-200 Na	1,44 ± 0,02*	1,56 ± 0,01*	9,17 ± 0,03*	50,75 ± 2,12	569,73*
Qu-300 Na	1,36 ± 0,02*	1,51 ± 0,02*	7,51 ± 0,02*	43,21 ± 3,68	340,55*
Ескерту: Кестелердегі плюс/минус белгілері стандартты айырмашылықты көрсетеді. Кестеде стандартты қате жолақтарымен орташа мәндерді көрсетеді. Белгілер * және ** алынған нәтижелердің 0,05 дәрежесіндегі сенімділігін көрсетеді.					

Зерттеу нәтижелері тұзды күйзеліс жағдайында өсірілген квиноа (*Chenopodium quinoa*) жапырақтарын NaCl әртүрлі концентрациясымен әсер ету нәтижесінде салыстырмалы түрде эпидермистің қалыңдығының айтарлықтай жоғарылағанын көрсетті. Адаксиалды және абаксиалды эпидермис қалыңдығының максималды мәні 200NaCl концентрациясы тиісінше 1,44 мкм және 1,56 мкм болатын тұзды кернеу кезінде байқалады, бұл бақылау мәнінен 15,2 және 44,4%-ға асады. Концентрациясы 100NaCl және 200NaCl болатын тұзды стресс кезінде бақылаумен салыстырғанда мезофилл мөлшерінің 5,12 және 11,83%-ға ұлғаюы байқалады. 300NaCl концентрациясы кезінде көрсеткіш бақылаумен салыстырғанда 8,41%-ға төмендейді, бұл жоғары тұз концентрациясын көрсетеді және мезофилл қалыңдығына теріс әсер етеді.

Сондай-ақ, тұзды стресстің максималды концентрациясында орталық жүйенің және өткізгіш шоқтарының мөлшерінің өсуінің төмендеуі байқалады. Орталық жүйелердің ең жұқа қалыңдығын 300NaCl 43,21 мкм-де стресс кезінде көруге болады. Минималды және максималды орталық өткізгіш шоқтарының көлемі 300NaCl 340,55 мкм тұздылық концентрациялы стресс кезінде байқалады. Айта кететін жайт, тұзды стресс алдымен өсу параметрлерін ынталандырады, бірақ концентрацияның артуы (300NaCl) керісінше өсуді төмендетеді. Бірдей үлгілердің сабағын зерттеу кезінде келесі деректер 2 және 3 кестелерде көрсетілді.

Кесте 3 – Паренхималық сабақ жасушаларының қалыңдығы

Үлгі	бақылау	100NaCl	200NaCl	300NaCl
Паренхималық жасушалардың қалыңдығы	6,4±0,2	6,1±0,3	7,1±0,6	5,3±0,4*
Ескерту: Кестелердегі плюс/минус белгілері стандартты айырмашылықты көрсетеді. Кестеде стандартты қате жолақтарымен орташа мәндерді көрсетеді. Белгі * алынған нәтижелердің 0,05 дәрежесіндегі сенімділігін көрсетеді.				

Көрсетілгендей 300NaCl концентрациясы сабақтың паренхималық жасушаларының қалыңдығын айтарлықтай төмендететіні байқалды.

Квиноа (*Chenopodium quinoa*) өсімдігі - тұзды жағдайларда өте көп тәжірибелер жүргізілген галофитті тұқымдық дақылдардың бірі болып саналады. Бұл түрдің тұзға төзімділігін зерттеу болашақта оның тропиктік климаттан бастап қоңыржай климатқа дейінгі әртүрлі экологиялық жағдайлардағы егістік аймақтарының көпшілігіне ортаға тез бейімделуімен байланысты құбылысы зерттеушілердің үнемі қызығушылығын тудырып отырады. [11–13].

Біздің нәтижелеріміз көрсеткендей, әртүрлі концентрациядағы тұз стрессі өсімдіктің физиологиялық және анатомиялық құрылымына әсер етеді. Әдебиеттерге сәйкес, тұзды стресс сезімтал түрлердің жапырақтары мен тамырларында морфологиялық және физиологиялық өзгерістерді тудыруы мүмкін, соның ішінде тамыр ұзындығының, тармақталуының және диаметрінің кішіреюі тәрізді құбылыстар. Алайда, тұздың тамыр ұзындығына зиянды әсеріне қарамастан, кейбір галофиттерде тұздың орташа концентрациясы кезінде бұл параметрдің жоғарылауы байқалады [8]. Біздің зерттеулеріміздің нәтижелері бойынша төмен концентрациялы индукциялық тұз стрессіне ұшыраған зерттелген үлгілердің бақылау өсімдіктерінен айтарлықтай айырмашылығы болмады. Өсімдік өсімінің төмендеуі 200NaCl концентрациясында байқалды. NaCl концентрациясының жоғарылауы квиноаның өсу қарқындылығына тұрақты тежеуші әсері байқалды. Мұндай жағдайларда өсімдіктер өсуге емес, стресстің әсерін жеңілдетуге немесе өтуге көбірек энергия жұмсайды. Әдетте, тұздануға және басқа да стресс факторларына төзімділігі жоғары өсімдіктердің морфологиялық және физиологиялық құрылымы өзгереді [10]. Қалыпты, тұзды емес жағдайларда экономикалық өнімді азық-түлік дақылы болып қала отырып, қатты тұзды ортада квиноаның, тіршілігін және көбеюін толық түсіну үшін тұздың жоғары деңгейіне ұшыраған кезде өсу циклі кезіндегі физиологиялық өзгерістер мен бейімделулерді түсіну маңызды себебін топырақта болатын көпжылдық өзгерістердің салдарына ұзақ уақыт бойы жақсы өсіп бейімделетін өсімдікті өнім алу маңызды [14].

Өсімдік физиологиясының барлық аспектілері үшін судың болуының маңыздылығын ескере отырып, өсімдіктер бірінші кезекте суды сіңіру проблемаларына байланысты тұзданудан зардап шегеді. Тамыр ортасынан суды сіңіру - қашықтан қашудан тамырға дейін сигналдар арқылы жүзеге асырылатын күрделі процесс. Тұзды жағдайда өсімдіктегі суды сіңіру мен тасымалдауға Na⁺ және Cl⁻ өсімдік ұлпалары арқылы сіңірілуі және таралуы да әсер етеді. Екі сатылы модельде Na⁺ теріс мембраналық потенциал және цитозолдағы төмен [Na⁺] арқылы басқарылатын селективті емес катиондық арналар арқылы түбір жасушаларына пассивті түрде енеді. Су тапшылығы бар жасушалардағы су құрамының төмендеуі және дегидратациямен бірге цитоплазмадағы иондар концентрациясының жоғарылауы биополимерлердің құрылымы

мен қызметтерінің әртүрлі бұзылыстарын тудырады, атап айтқанда, акуыздар денатурацияланады және олардың ферментативті белсенділігі төмендейді, мембраналардың липидті қос қабатының құрылымы өзгереді және олардың тұтастығы бұзылады. Мембраналардың деструктивті өзгерістері, өз кезегінде, заттардың жасушаішілік бөлімшелерінің бұзылуына және электрогенездің басылуына әкеледі. Бүкіл өсімдік деңгейінде су тапшылығы көбінесе топырақ-тамыр жүйесіндегі су потенциалының градиентінің өзгеруінен және өсудің тежелуінен көрінеді [15,16].

Біздің зерттеу нәтижелеріміз 300NaCl концентрациясы бар максималды стресс кезінде бақылауға қатысты жапырақтардағы су мөлшерінің төмендеуі байқалатынын көрсетті, бірақ бұл жағдайда да ол айтарлықтай жоғары болып шықты, 88 құрайды %. Жүргізілген судың құрамын талдау квиноаның тұзды стресс жағдайында суды ұстауға өте жақсы қабілеті бар деген қорытындыға әкелді. Соңғы 15 жылда квиноадағы тұзға төзімділік механизмдерін анықтау үшін бірнеше зерттеулер жүргізілді. Квиноада тұздың жоғары деңгейіне төзімділіктің алуан түрлі механизмдері бар, соның ішінде жапырақ вакуольдеріндегі Na^+ секвестрін тиімді бақылау, Na^+ ксилемасының жүктелуі, жоғары ROS төзімділігі, жақсы K^+ ұсталуы, цитозолдық Na^+ төмен деңгейін қолдау, баяу және жылдам тонеопластикалық арнаның төмендеуі, белсенділік, сонымен қатар мезофилл жасушасында H^+ айдаудың жоғары жылдамдығы [17,18].

Тұзданумен байланысты өсімдіктердің физиологиялық процестерінің көпшілігі өсімдіктердің абиотикалық стресс жағдайында өсуіне мүмкіндік беретін анатомиялық құрылымның бейімделуімен байланысты [19].

Біздің зерттеулеріміздің нәтижелері бойынша квиноа өсімдігінің анатомиялық құрылымдары әртүрлі концентрациядағы NaCl ерітіндісімен (100 mM NaCl, 200 mM NaCl және 300 mM NaCl) зақымдалуға ұшырады.

Тұз стрессінің нәтижелері тұзбен өңделмеген бақылаумен салыстырғанда өсімдіктің клеткалық және ұлпалық деңгейлеріндегі өзгерістерді көрсетті.

Тұз стрессі квиноадағы морфоанатомиялық өзгерістерге, атап айтқанда, адаксиалды және абаксиалды эпидермистің қалыңдығының ұлғаюына әкелді. Эпидермис жасушаларының аумағының үлкен болуы қолайсыз климатта өмір сүру үшін қажет жапырақ ылғалдылығын жақсы сақтайды. Сондықтан қалың эпидермис өсімдіктердің қолайсыз жағдайларға жоғары бейімделуіне ықпал етуі мүмкін деп болжауға болады.

Тұздың жоғары концентрациясында (300 mM NaCl) біз мезофилл қалыңдығының және орталық өткізгіш шоқтарының диаметрінің кішірейуін анықтадық. Тәжірибе барысында байқалған квиноа мезофилді пластинкаларының ерекшелігі еріндік ұлпа жасушаларында тұз кристалдарының анықталуы болды. Сонымен қатар, кристалдары бар жасушалар өте үлкен болуы мүмкін, олар бүкіл мезофилл биіктігінің жартысынан астамын құрайды. Кристалдардың тек дөңгелектелген жасушаларда түзілетінін қосу керек, олар бағаналы жасушаларда кездеспейді [21]. Параметрлердің сақталуы және мезофилл қалыңдығының жоғарылауы 100 mM NaCl және 200 mM NaCl кезінде квиноаның бейімделу қасиеті деп санауға болады.

Сондай-ақ тұзды кернеудің максималды деңгейінде орталық вена мен өткізгіш шоғыр параметрлерінің төмендеуі анықталды, бұл флоэма мен ксилеманың өткізгіштік потенциалының айтарлықтай төмендеуіне әкелді. Квиноа жапырақтарындағы өткізгіш шоқтар қарапайым құрылымды көрсетеді - диаметрі өте кішкентай радиалды тамырлардан тұратын флоэма және ксилема арасындағы айқын айырмашылық [20] байқалады. Үлкен шоқтардың флоэмасында склеренхималық жасушалармен шоғырланған механикалық ұлпа жақсы көрінеді. Әлсіз сол жақ кернеу ксилемаға қарағанда флоэмаға айтарлықтай әсер етеді, онда суда еріген тұздар иондарының транслокациясы жер бөліктерімен қатаң шектелген, ал фотосинтетикалық материалдардың өсімдік үстіңгі және жас тамырларына тасымалдануы төмендеген. Бірақ ауыр тұзды стресс жағдайында байқалатын негізгі тамырлар шоғырының мөлшерінің төмендеуі өсімдіктің суды сіңіру және қоректік заттарды өткізу қабілетіне жауап беретін ксилеманың төмендеуіне тікелей байланысты болуы мүмкін [22]. Бірақ тұтастай алғанда, жас квиноа өсімдіктерінде тұз әсерінен 100 mM NaCl және 200 mM NaCl концентрациясында тұз және аралас стресс жағдайында өткізгіш байламның қызметінің тиімділігін жоғалтпайды деп айта аламыз, бұл айқын бейімделгіштік түрінің анатомиялық ерекшелігі деп санауға болады.

Қорытынды. Осылайша, квиноа 100 mM NaCl тұз концентрациясынан 300 mM NaCl-ге дейінгі тұздылықтың орташа және жоғары деңгейіне шыдай алатыны көрсетілді. Сонымен

қатар 100 мМ NaCl-ден 200 NaCl-ге дейінгі концентрациялар quinoa өсуіне айтарлықтай әсер етпейді. Алайда, қатарда 200 мМ NaCl тұз концентрациясында бейімделу механизмдерінің жұмысы нашарлайды, ал жоғары тұз концентрациясы өсу параметрлеріне тұрақты тежегіш әсер етеді.

Тұзды күйзеліс киноадағы морфоанатомиялық өзгерістерге, атап айтқанда адаксиалды және абаксиалды эпидермистің қалыңдығының ұлғаюына әкелетіні анықталды. Тұздық стресстің жоғары деңгейі мезофиллдің қалыңдығын және орталық тамырлар шоғырының диаметрін төмендететіні анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Barrios-Masias F., Fuentes F., González J., Hinojosa L., Murphy K. Quinoa Abiotic Stress Responses [Text] / A Review// Plants. – 2018.- 7(4). – 106 p. doi:10.3390/plants7040106

2 Ahmadi, S.H. Effects of Salinity and Soil-Drying on Radiation Use Efficiency, Water Productivity and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [Text] / S.H. Ahmadi, M.N Andersen. // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2012.- 198(3). – p.173–184. doi:10.1111/j.1439-037x.2011. 00496.x

3 Karimov, A.A. Differential impact of salinity stress on seeds minerals, storage proteins, fatty acids, and squalene composition of new quinoa genotype, grown in hyper-arid desert environments [Text] / A.A. Karimov B.B. Khaitov A.A. Mamadrahimov // Front. Plant Sci. – 2020.- Sec. Plant Abiotic Stress <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607102>

4 Araus, J.L. Agronomic performance of irrigated quinoa in desert areas: Comparing different approaches for early assessment of salinity stress [Text] / J.L. Araus, I.A. Elouafi, F.Z. Rezzouk // Agricultural Water Management – 2020.- 240.- 106205. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106205

5 Afzal, I.Wahid A. Exploring Potential of Well Adapted Quinoa Lines for Salt Tolerance [Text] / I. Afzal // International Journal of Agriculture and Biology. – 2017. - 19(4). – p.933-940. doi:10.17957/IJAB/15.0399

6 Adolf, V.I. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [Text] / V.I. Adolf and etc. // Environmental and Experimental Botany. – 2013. – 92. – p.43–54. doi: 10.1016/j.envexpbot.2012.07.004

7 Asher, A. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed [Text] / A. Asher // Scientia Horticulturae – 2020.- 272.- 15 p. 109534. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109534

8 Hirich, A. Quinoa: A New Crop for Harsh // Environments. in Sabkha Ecosystems [Text] / A. Hirich S.E. Jacobsen and etc. // Tasks for Vegetation Science VI, B. Gul ed, (New York: Springer). – 2019.- p.301–333. doi: 10. 1007/978-3-030-04417-6_19

9 Dinnyen J.R. Traversing organizational scales in plant salt-stress responses // Curr. Opin. Plant Biol. 2015. – 23. – P.70–75

10 Медведев, А.Е. Амарантовое масло – очередная панацея? [Текст] / А.Е. Медведев // Фармацевтический бюллетень. – 2013. – № 2. – С. 42–43

11 Hariadi, Y. Ionic and Osmotic Relations in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Plants Grown at Various Salinity Levels [Text] / Y. Hariadi // J. Exp. Bot. – 2011. – 62. – P.185–193 <https://doi.org/10.1093/jxb/erq257>

12 Shabala, S. learning from Halophytes: Physiological Basis and Strategies to Improve Abiotic Stress Tolerance in Crops [Text] / S. Shabala // Ann. Bot. – 2013.- 112.- P.1209–1221. <https://doi.org/10.1093/aob/mct205>

13 Bose, J. Bladders: Do They Matter? [Text] / J. Bose // Trends Plant Sci. – 2014.- 19.- P.687–691. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.09.001>

14 Gamiz, C.C. Differential responses to salt stress in ion dynamics, growth and seed yield of European quinoa varieties [Text] / C.C. Gamiz // Environmental and Experimental Botany. – 2020.- 177p. 104146. doi: 10.1016/j.envexpbot.2020.104146

15 Alborno, P.L. Anatomical and Physiological Responses of Four Quinoa Cultivars to Salinity at Seedling Stage [Text] / P.L. Alborno // Indian Journal of Science and Technology. – 2017.- 10(8). DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i8/93709

- 16 Radjukina, N.L. Uchastie nizkomolekuljarnyh antioksidantov v kross-adaptacii lekarstvennyh rastenij k posledovatel'nomu dejstvu UV-B obluchenija i zasolenija [Text] / N.L. Radjukina // Fiziologija rastenij. — 2012. — T. 59. — No 1. — S. 80—88
- 17 Adolf, V.I. Andersen M.N., Jacobsen S.-E., Razzaghi F., Shabala S. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions [Text] / V.I. Adolf // Plant Soil, 2012.- 357.- P.117–129
- 18 Pinto, M. Ex situ conservation of quinoa: The Bolivian experience. [Text] / M. Pinto, W. Rojas // In Quinoa: Improvement and Sustainable Production, Inc.: Hoboken N.J. – USA, 2015.- P.125–160. ISBN 978-1-118-62804-1
- 19 Álvarez-Castro, R. Short communication: Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd [Text] / R. Álvarez-Castro // A promising crop. J. Agron. Crop Sci. 2010.- 196. – P.391–396
- 20 Barrios-Masias, F. Quinoa Abiotic Stress Responses [Text] / F. Barrios-Masias // A Review. Plants, 2018. - 7(4). 106. doi:10.3390/plants7040106
- 21 Дорджиева, В.И. Анатомическая структура листовых пластинок двух видов амаранта, произрастающих на территории Калмыкии [Текст] / В.И. Дорджиева, Л.С. Мочанова, К.С. Очирова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – №1 (67). Часть 2. – С.73-76. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.67.002>
- 22 Fry, S.C. Why are *Chloris gayana* Leaves Shorter in Salt-Affected Plants? Analyses in the elongation zone [Текст] / S.C. Fry // J. Exp. Bot. – 2006. - 57. – P.3945–3952

REFERENCES

- 1 Barrios-Masias F., Fuentes F., González J., Hinojosa L., Murphy K. Quinoa Abiotic Stress Responses [Text] / A Review// Plants. – 2018.- 7(4). – 106 r. doi:10.3390/plants7040106
- 2 Ahmadi, S.H. Effects of Salinity and Soil-Drying on Radiation Use Efficiency, Water Productivity and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [Text] / S.H. Ahmadi, M.N Andersen. // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2012.- 198(3). – r.173–184. doi:10.1111/j.1439-037x.2011. 00496.x
- 3 Karimov, A.A. Differential impact of salinity stress on seeds minerals, storage proteins, fatty acids, and squalene composition of new quinoa genotype, grown in hyper-arid desert environments [Text] / A.A. Karimov B.B. Khaitov A.A. Mamadrahimov // Front. Plant Sci. – 2020.- Sec. Plant Abiotic Stress <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607102>
- 4 Araus, J.L. Agronomic performance of irrigated quinoa in desert areas: Comparing different approaches for early assessment of salinity stress [Text] / J.L. Araus, I.A. Elouafi, F.Z. Rezzouk // Agricultural Water Management – 2020.- 240.- 106205. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106205
- 5 Afzal, I. Wahid A. Exploring Potential of Well Adapted Quinoa Lines for Salt Tolerance [Text] / I. Afzal // International Journal of Agriculture and Biology. – 2017. - 19(4). – r.933-940. doi:10.17957/IJAB/15.0399
- 6 Adolf, V.I. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [Text] / V.I. Adolf and etc. // Environmental and Experimental Botany. – 2013. – 92. – r.43–54. doi: 10.1016/j.envexpbot.2012.07.004
- 7 Asher, A. The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed [Text] / A. Asher // Scientia Horticulturae – 2020.- 272.- 15 r. 109534. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109534
- 8 Hirich, A. Quinoa: A New Crop for Harsh // Environments. in Sabkha Ecosystems [Text] / A. Hirich S.E. Jacobsen and etc. // Tasks for Vegetation Science VI, B. Gul ed, (New York: Springer). – 2019.- r.301–333. doi: 10. 1007/978-3-030-04417-6_19
- 9 Dinnyen J.R. Traversing organizational scales in plant salt-stress responses // Curr. Opin. Plant Biol. 2015. – 23. – R.70–75
- 10 Medvedev, A.E. Amarantovoe maslo – ocherednaya panacea? [Текст] / A.E. Medvedev // Farmaceuticheskij byulleten'. – 2013. – № 2. – S. 42–43
- 11 Hariadi, Y. Ionic and Osmotic Relations in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Plants Grown at Various Salinity Levels [Text] / Y. Hariadi // J. Exp. Bot. – 2011. – 62. – R.185–193 <https://doi.org/10.1093/jxb/erq257>

- 12 Shabala, S. Learning from Halophytes: Physiological Basis and Strategies to Improve Abiotic Stress Tolerance in Crops [Text] / S. Shabala // *Ann. Bot.* – 2013. – 112. – R.1209–1221. <https://doi.org/10.1093/aob/mct205>
- 13 Bose, J. Bladders: Do They Matter? [Text] / J. Bose // *Trends Plant Sci.* – 2014. – 19. – R.687–691. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.09.001>
- 14 Gamiz, C.C. Differential responses to salt stress in ion dynamics, growth and seed yield of European quinoa varieties [Text] / C.C. Gamiz // *Environmental and Experimental Botany.* – 2020. – 177r. 104146. doi: 10.1016/j.envexpbot.2020.104146
- 15 Albornoz, P.L. Anatomical and Physiological Responses of Four Quinoa Cultivars to Salinity at Seedling Stage [Text] / P.L. Albornoz // *Indian Journal of Science and Technology.* – 2017. – 10(8). DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i8/93709
- 16 Radjukina, N.L. Uchastie nizkomolekuljarnyh antioksidantov v kross-adaptacii lekarstvennyh rastenij k posledovatel'nomu dejstvu UV-B obluchenija i zasolenija [Text] / N.L. Radjukina // *Fiziologija rastenij.* — 2012. — T. 59. — No 1. — S. 80—88
- 17 Adolf, V.I. Andersen M.N., Jacobsen S.-E., Razzaghi F., Shabala S. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions [Text] / V.I. Adolf // *Plant Soil*, 2012. – 357. – R.117–129
- 18 Pinto, M. Ex situ conservation of quinoa: The Bolivian experience. [Text] / M. Pinto, W. Rojas // *In Quinoa: Improvement and Sustainable Production, Inc.*: Hoboken N.J. – USA, 2015. – R.125–160. ISBN 978-1-118-62804-1
- 19 Álvarez-Castro, R. Short communication: Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd [Text] / R. Álvarez-Castro // *A promising crop. J. Agron. Crop Sci.* 2010. – 196. – R.391–396
- 20 Barrios-Masias, F. Quinoa Abiotic Stress Responses [Text] / F. Barrios-Masias // *A Review. Plants*, 2018. – 7(4). 106. doi:10.3390/plants7040106
- 21 Dordzhieva, V.I. Anatomicheskaya struktura listovyh plastinok dvuh vidov amaranta, proizrastayushchih na territorii Kalmykii [Tekst] / V.I. Dordzhieva, L.S. Mochanova, K.S. Ochirova // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal.* – 2018. – №1 (67). CHast' 2. – S.73-76. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.67.002>
- 22 Fry, S.C. Why are Chloris gayana Leaves Shorter in Salt-Affected Plants? Analyses in the elongation zone [Tekst] / S.C. Fry // *J. Exp. Bot.* – 2006. – 57. – R.3945–3952

РЕЗЮМЕ

В данной статье эксперимент заключался в сравнительном изучении действия солевого стресса различной силы на морфофизиологические и анатомические параметры растений киноа. В зависимости от тяжести и продолжительности стресса засоление вызывает изменения различных физиологических и метаболических процессов и, как следствие, снижает урожайность. Известно, что засоление почв угнетает рост растений на начальных стадиях развития сначала в виде осмотического стресса, а затем на основе ионной токсичности. В начальные фазы солевого стресса из-за осмотического стресса, вызванного повышенным накоплением солей в почве и растениях, снижается водопоглотительная способность корневых систем и ускоряется потеря воды листьями, поэтому солевой стресс также рассматривается как гиперосмотический стресс. По результатам исследования выявлено, что quinoa может переносить умеренные и высокие уровни солености, в диапазоне от концентрации соли 100 мМ NaCl до 300 мМ NaCl. Концентрации от 100 мМ NaCl до 200 NaCl не оказывают существенного влияния на рост quinoa. При концентрации соли 200 мМ NaCl работа механизмов адаптации ухудшается, а повышенные концентрации соли оказывают стойкое ингибирующее действие на ростовые параметры. Целью настоящего исследования является сравнение влияния стресса солевого раствора различной концентрации на морфофизиологическое и анатомическое состояние растений лебеды.