Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті

ӘOЖ 504.53.062.4 Қoлжазба құқығында

**РАХЫМЖАН ЖАНАР**

**Биологиялық фитоэкстракция әдісі арқылы топырақ тұздылығын азайту**

6D060800 – Экология

Филocoфия дoктopы (PhD)

дәpeжecін алy үшін дайындалған диccepтация

Ғылыми жетекші

биология ғылымдарының докторы,

профессор

Бейсенова Р.Р.

Ғылыми кеңесші

биология ғылымдарының докторы,

профессор

Афина Экономоу-Амилли

(Каподистри

ұлттық университеті)

Қазақcтан Pecпyбликаcы

Нұр-Сұлтан, 2022

**МАЗМҰНЫ**

|  |  |
| --- | --- |
| **АНЫҚТАМАЛАР** ………............................................................................... | 4 |
| **БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**..................................................... | 5 |
| **КІРІСПЕ** ……………………………………...…………………………….... | 6 |
| **1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ**................................................................................... | 10 |
| 1.1 Тұзды топырақтардың дүние жүзіне таралуы және оның экологиялық мәні...................................................................................................................... | 10 |
| 1.2 Қазақстан территориясындағы сортаң топырақтардың мәселесі........... | 21 |
| 1.3 Галофитті өсімдіктердің экологиясы........................................................ | 33 |
| **2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ**............................................ | 50 |
| 2.1 Зерттеу нысаны............................................................................................ | 50 |
| 2.1.1 Галофитті өсімдіктер түрлері................................................................. | 51 |
| 2.1.2 Зерттелген топырақ сынамалары........................................................... | 54 |
| 2.2 Зерттеу әдістері........................................................................................... | 57 |
| 2.2.1 Галофитті өсімдіктер түрлерін зерттеу әдістері................................... | 57 |
| 2.2.2 Зертханалық жағдайдағы өсімдік тұқымдарының өнгіштігі мен өсу қарқындылығын анықтау әдісі........................................................................ | 59 |
| 2.2.3 Тұқымдардың өнгіштігіне әртүрлі концентрациядағы NaCl ерітінділерінің әсерін зерттеу әдісі................................................................. | 60 |
| 2.2.4 *Chenopodiaceae* тұқымдасына жататын *S. salsa, S. europaea, H. strobilaceum* түрлерінің топыраққа әсерін зерттеу әдісі............................ | 62 |
| 2.2.5 Ақсора, Еуропа бұзаубас сораң, Төмпек сарсазан өсімдіктері өсетін топырақ жамылғыларын зерттеу әдістері........................................................ | 63 |
| 2.2.5.1 Табиғи аумақтардан топырақ сынамаларын алу әдісі....................... | 64 |
| 2.2.5.2 Топырақтың ылғалдылығы мен құрғақ қалдығын анықтау әдісі...... | 64 |
| 2.2.5.3 Топырақ жамылғысының химиялық құрамын анықтау әдістері...... | 66 |
| **3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**........................ | 70 |
| 3.1 Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы галофитті өсімдіктерді анықтау нәтижелері.......................................................................................... | 70 |
| 3.2 Қазақстан Республикасы территориясындағы топырақ жамылғысының өсімдіктерді шектеуін зерттеу............................................. | 71 |
| 3.2.1 Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған топырақ сынамаларының физикалық-химиялық көрсеткіштерінің нәтижелері....... | 71 |
| 3.2.2 Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақтардың тұздылығын фитоэкстракциялау нәтижелері................................................. | 80 |
| 3.3 Тұздардың галофиттер тұқымдарының өнгіштігіне және өсу қарқындылығына әсері..................................................................................... | 88 |
| 3.3.1 Тұқымдардың өнгіштігіне NaCl ерітінділерінің әсері.......................... | 88 |
| 3.3.2 Өсімдіктер тұқымдарының өнгіштігіне топырақтың тұздылық дәрежесінің әсері............................................................................................... | 100 |
| 3.3.3 Тұзды стрестен кейінгі өсімдіктердің биометриялық көрсеткіштері.. | 102 |
| **ҚОРЫТЫНДЫ**................................................................................................. | 107 |
| **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**............................................ | 108 |
| **ҚОСЫМША А –** Зерттеу нәтижелері бойынша авторлық құқық куәлігі  125  **ҚОСЫМША Ә –** Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін ендіру актілері 126  **ҚОСЫМША Б –** Этикалық комитет отырысының хаттамасы 129 |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**АНЫҚТАМАЛАР**

Бұл диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар қолданылған:

**Гербарий** (кеппе шөп) - (herbárium, лат. herba - «шөп») – зерттеу және жүйелеу мақсатында арнайы жиналып, кептірілген өсімдіктер коллекциясы; олар сақталатын мекеменің аты.

**Түр** (дарақ) – жеке ағза, индивидуум.

**Сирек түр** – шектелген аймақта және мекендеудің ерекше жерлерінде дарактары немесе популяциясы аз мөлшерде кездесетін түр.

**Тіршілік күйі** – тұқымдағы ұрықтың дамуынан бастап индивидтің барлық вегетативтік ұрпағының табиғи тіршілігін жоюға дейінгі аралығы.

**Флора** – белгілі бір аймақта, өлкеде, ауданда, жерде тіршілік орындарынның барлық типтеріне орналасып, сол жерге тән барлық өсімдік қауымдарын құрайтын өсімдік түрлерінің жиынтығы.

**Галофиттер** – сор және сортаң топырақтарда тіршілік етуге бейімделген өсімдіктер.

**Фиторемедиация** – жасыл өсімдіктерден пайдалана отырып ағынды суларды, топырақтарды және атмосфералық ауаны тазарту әдістерінің кешені.

**Детоксикация** – әртүрлі улы заттарды химиялық, физикалық немесе биологиялық әдістермен жою және залалсыздандыру процесі.

**Мелиорация** –жерді жақсартуға бағытталған техникалық және шаруашылық-ұйымдастырушылық шаралар жиынтығы.

**Гликофиттер** – сортаңданбаған топырақтар мен тұщы су қоймаларында өсетін өсімдіктері. Оларға жер бетіндегі өсімдік түрлердің көпшілігі жатады.

**Биоиндикатор** – организмдердің бір жерде тұрақты мекендеуі, олардың сандары, құрылымы және дамуы, табиғи процестер мен тіршілік ортасы жағдайларының көрсеткіші.

**Эугалофиттер** – нағыз галофиттер. тұз концентрациясының кең немесе тар амплитудасы жағдайында өсетін және әртүрлі құрамдағы тұздануға шыдайтын немесе тұздылықтың белгілі бір түрімен шектелетін факультативті және облигатты галофиттер, эуригалин және стенохалин түрлері бар.

**БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**

|  |  |
| --- | --- |
| БҰҰ | – Біріккен Ұлттар Ұйымы |
| ArcGIS | – карта құрастырудағы бағдарламалық құрал |
| ЕРТ | – екінші реттік тұздану |
| ҚХР | – Қытай Халық Республикасы |
| ҚР | – Қазақстан Республикасы |
| ЖҒФ | – жаратылыстану ғылымдары факультеті |
| мг, г, кг | – миллиграмм, грамм, килограмм |
| М, мМ | – моль, милли моль |
| млн га | – миллион гектар |
| ЭӨ | – электр өткізгіштігі |
| HWSD | – Harmonized World Soil Database деректер базасы |
| рН | – ертінділердің қышқылдығы мен сілтілігін анықтайтын өлшем |

**КІPІCПE**

**Зерттеудің жалпы cипаттамаcы.** Диссертациялық жұмыc галофитті өсімдіктердің белсенді түрлерін таңдау және осы галофиттер негізінде тұзданған жерлерді фитоэкстракциялауға аpналған.

**Зepттey тақыpыбының өзeктілігі.** Халықтың қарқынды өсуі және экономиканың жылдам дамуы салдарынан адамзаттың азық-түлік пен ресурстық сұранысы артып келеді. Осы бағытта мемлекет пен қоршаған ортаның талаптары үнемі жетілуде. Нәтижесінде жер ресурстарының жетіспеушілік қайшылығы, биологиялық алуантүрліліктің азаюы және жердің шөлейттенуі сияқты маңызды экологиялық проблемалар адамзаттың маңызды мәселесіне айналды.

Халықтың азық-түлікке, ресурстарға және қоршаған ортаға деген сұраныстарын қанағаттандыру бүкіл қоғам мен адамзат қауымының ұзақ уақыт бойы ұмтылған мақсаттарына айналды. Осы мақсатта ғалымдар әр түрлі бағытта жұмыс атқарды: азық-түлік өндірісі үшін өнімділікті арттыру арқылы көптеген нәтижеге қол жеткізді. Ғылым мен техника жетістіктері азық-түлік тапшылығын жоюға, жаңа энергия көздерін ашуға, ресурстарды үнемдеуге және қоршаған ортаны қорғауға бағытталған. Қоршаған ортаны ластайтын және адам денсаулығына қауіп төндіретін жағымсыз әсерлердің күн сайын артуы адамзат қоғамындағы маңызды тақырыпқа айналды.

Экологиялық жағдайлардың өзгеруіне байланысты еліміздің көптеген жерлерінде топырақ құрамының өзгеріске ұшырап жатқаны белгілі. Оның бір айғағы ретінде Қазақстанның біршама жерлеріндегі топырақ жамылғыларының өзгерістерін айтуға болады. Қазақстанның көп аумағы далалық - шөлейтті аймаққа жататын және климаты құрғақ жауын - шашын аз көлемде түсетін болғандықтан, топырағы да құрғақ қуаңшылық жағыдайға бейім болады. Сол себепті еліміздің топырағының басым бөлігінің сор және сортаңдануға ұшырағаны анықталды. Кейінгі жылдары, әсіресе батыс, оңтүстік пен солтүстік аймақтардың топырағының шөлейттенуі жиілей түскен. Ал топырақтың тұздануына байланысты өсімдіктер жабынының да өзгере бастағаны белгілі болды.

Топырақтың тұздануы қоршаған ортаға өте қауіпті екені мәлім. Ол құрғақ және суармалы жерлерде егіннің өнімділігі мен ауыл шаруашылық саласына кері әсерін тудырады, ал ол жер ресурстары мен суды басқару жүйесінің нашарлығынан және ауыл шаруашылық алқаптарының шеткі құрғақ жерлерге кеңеюінен туындайды. Топырақтың сортаңдануы - Қазақстан аймағындағы маңызды экологиялық мәселелердің бірі. Осы тұрғыда тұзды топырақ сияқты жарамсыз жерлердің кең таралуына байланысты елімізде қатты қызығушылық туындай бастады. Қазіргі уақытта мемлекеттің қоршаған ортаға қоятын талаптары үнемі жетілдірілуде. Сондықтан да жер ресурстарының жетіспеушілігі, биологиялық алуантүрліліктің азаюы және жердің шөлейттенуі сияқты экологиялық мәселелер адамзаттың маңызды мәселесіне айналды [1].

Сол себепті тұзбен ластанған топырақтарды қалпына келтіруде, ең алдымен, мелиорация жүйесіне баса назар аударылған. Дегенмен, жүргізіліген мелиорация шараларынан кейін де, өңделмеген топырақтарға қарағанда мелиорацияланған топырақ өнімділігінің төмендеуі ұзақ уақыт бойы сақталған. Осыған орай, мелиорацияланған сор топырақтың өнімділігін арттыруда ғылыми негізделген әдістер арқылы жоғары өнімділікпен фитоэкстракциялық қабілетке ие, тұзға төзімді өсімдіктерді ауқымды пайдалану өзекті мәселелердің бірі болып саналады.

**Зepттeyдің мақcаты мен міндeттepі.** Биологиялық фитоэкстракция әдісі арқылы топырақ тұздылығын азайтуды Павлодар облысы Маралды көлі маңайындағы топырақ сынамасы мысалында зерттеу.

**Осы мақсатқа жету барысында алға төмендегідей міндeттep қойылды:**

1. Қазақстан Республикасының аумағында Павлодар облысы Маралды көлі маңайындағы топырақ мысалында тұзды топырақта өсетін өсімдіктер түрлерін зерттеу.
2. Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ мысалында топырақтың тұздылығын анықтау.
3. Жергілікті галофитті өсімдіктердің әртүрлі тұздар (NaCl, Na2SO4) концентациясында өнгіштігі мен өсу қарқынын айқындау.
4. Тұзды топырақта жергілікті галофитті өсімдіктердің өсу белсенділігін салыстыру.
5. Жергілікті галофитті өсімдіктердің топырақтың тұздылығын азайту белсенділігін зерттеу.

**Зepттey нысаны.** Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы тұзды топырақта өсетін Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктері мен жергілікті өсімдіктер өсетін топырақтың 4 сынамасы.

**Зepттey әдіcтepі****.**Жұмыс барысында 2018-2020 жылдар аралығында Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті жаратылыстану ғылымдары факультеті зертханалық базасында ғылыми негізделген өсімдіктерді жүйелеу және геоботаникалық, топырақ құрамын зерттеу үшін физика-химиялық әдістер қолданылды.

**Зepттeyдің ғылыми жаңалығы.** Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктері қатысатын қауымдастықтарда нағыз галофитті өсімдіктердің белсенді түрлері ретінде алғаш рет анықталды.

Алғашқы рет тұздардың жоғары концентрациясына төзімді қабілетімен сипатталатын галофитті өсімдіктерінің іріктелініп алынған түрлерінің негізінде тұзбен ластанған топырақ экожүйелерін фитоэкстракциялаудағы мүмкіншілігі зерттелінді.

**Зерттеудің теориялық жәнe пpактикалық маңыздылығы.** Тұзбен ластанған топырақ жамылғыларын тұздан арылту мақсатында жергілікті өсімдіктер қауымдастығында Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) қатарлы нағыз галофитті өсімдіктер топтамасы жасалынды.

Таңдап алынған Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) қатарлы галофитті өсімдіктерін пайдаланып, тұзданған жерлерді қалпына келтіру мәселесін шeшyдe қолданылатын өсімдіктер тұқымдарының коллекциясы жасалынды.

**Диссертацияның қорғауға ұсынылатын нeгізгі қағидалаp****:**

1. Павлодар облысы Маралды көлі маңайындағы тұзды жерлерде өсетін өсімдіктерге таксономиялық талдау жасалыну барысында Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктері қатысатын қауымдастықтарда нағыз галофиттер ең көп таралған;
2. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктері NaCl 500-1000 ммоль/л концентрациясына жоғары төзімділігі және сіңіру қабілеттілігімен сипатталды;
3. Зерттелген өсімдіктер арасында Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) NaCl 1000-1500 ммоль/л концентрациясына жоғары төзімділігі және сіңіру қабілеттілігімен ерекшеленді;
4. Тұзды топырақтардан негізгі тұздардың барлығын фитоэкстракциялау қабілетіне басқа өсімдіктермен салыстырғанда Ақсора (*Suaeda salsa Pall)* өсімдігі иеекендігі анықталды;

**Автopдың жeкe үлecі.** Зepттeлeтін мәceлeгe қатыcты әдeби дepeктepгe талдаy, жұмыcтың мақcат - міндeттepін анықтаy, тәжіpибeлік зepттeyлepді жүpгізy, нәтижeлepді cтатиcтикалық өңдey жәнe талдаy, диccepтацияны жазy мeн қoл жазбаны pәcімдey автopдың жeкe қатыcyымeн opындалды.

**Зерттеу нәтижелерінің апробациясы.** Зерттеу нәтижелері мен диссертацияның негізгі ережелері халықаралық және республикалық конференцияларда баяндалды және ұсынылды:

1. Scientific journal of the modern education & research institute. «Saline soils - global environmental issues». Belgium 2020, № 13, Pages. 83-88.
2. Қазақстан Республикасының жастар жылына арналған «Биоəртүрлілік жəне биотехнологиядағы өзекті мəселелер» атты Халықаралық ғылыми-тəжірибиелік конференциясы. «Павлодар облысының тұзды топырақтарында өсетін Төмпек сарсазанның (*Halocnemum strobilaceum)* тұзға төзімділігі». Нұр-Сұлтан 2019, № 1, 32-34 бет.
3. Қазақстан Республикасының жастар жылына арналған «Биоəртүрлілік жəне биотехнологиядағы өзекті мəселелер» атты Халықаралық ғылыми-тəжірибиелік конференциясы. «Павлодар облысының тұзды топырақтарын фиторемедиациялаудың перспективалары». Нұр-Сұлтан 2019, № 1, 110-112 бет.
4. Баяндама тезистері экология және табиғатты пайдалану: қолданбалы аспектілер: XI Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары. «Фиторемидиация топырақтың тұздануымен күресудің перспективалды әдісі ретінде». Уфа: БГПУ 2021, 138-142 бет.
5. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті хабаршысы. «Экология» сериясы. «Галофитті Ақсора (*Suaeda salsa Pall.)* тұқымдарының өнуіне әр түрлі тұздардың әсері» Алматы 2021, 4(69), 43-52 бет.
6. Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті хабаршысы. «Биология, медицина, география» сериясы. «Characteristics of growth rates as a result of salt impact on seedlings of *Suaeda*» Қарағанды 2021, №4(104), 71-75 бет.
7. Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті хабаршысы. «Биология, медицина, география» сериясы. «Павлодар облысындағы Маралды көлі маңындағы топырақтың тұздануы» Қарағанды 2019, №4(96), 45-51 бет.
8. Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары. **«**Өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология; физикалық және химиялық ғылымдар**»** сериясы. «The problem of soil salinity in Kazakhstan and ways to solve them». Алматы 2021, 5-том, № 339, 49-55 бет.

**Жарияланымдар****.** Диccepтацияның нeгізгі құpамы 9 баcылып шығаpылған жұмыcтаpда көpceтілгeн, oлаpдың қатаpында Scopus дерекқорында индекстелетін рецензияланған шетелдік ғылыми журналда 1 мақала, ҚP білім жәнe ғылым cалаcын бақылаy бoйынша Кoмитeт тізіміндeгі pecпyбликалық ғылыми жypналдаpда 4 мақала және xалықаpалық кoнфepeнциялаpда 3 тезис пен 1 мақала жарық көрді.

**Диссертацияның құрылымы.** Диссертациялық жұмыста белгілеулер мен қысқартулар, кіріспе, әдеби шолу, зерттеу нысаны мен әдістері, нәтижелерді талқылау, қорытынды, 275 әдебиеттер тізімі және 5 қосымша келтірілген. 129 беттен тұратын зерттеу жұмысы 20 кесте мен 7 формуламен өpнектеліп, 29 суреттерден құралған.

**1 ӘДEБИEТКЕ ШOЛУ**

**1.1 Тұзды топырақтардың дүние жүзіне таралуы және оның экологиялық мәні**

Топырақтың тұздануы табиғи немесе адамзаттың іс әрекеті нәтижесінде туындайтын негізгі экологиялық тәуекел болып табылады. Әлемде тұзды топырақтың әр түрлі типтері бар, оның көлемі шамамен 9.56kм2, және ол барлық құрлықтарда 100-ден астам елдерде және аймақтарға кең таралған [2] (1-кесте).

Кесте 1 – Әлемдегі тұзды топырақ ресурстарының барлық құрлықтардағы үлесі (км2)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Континент | Азия | Австралия | Солтүстік Америка | Оңтүстік Америка | Африка | Еуропа |
| Аудан (км2) | 3165070 | 3573300 | 157550 | 1291630 | 805380 | 508040 |

Тұздану - ең маңызды абиотикалық стрестердің бірі және ол өсімдіктердің тамыр жүйелерінде тұздардың көптеп жиналуы салдарынан олардың өсуін тежейді, өсімдіктердің өнімділігін шектейді [3]. Егер булану нәтижесінде пайда болған тұздың жоғары бағыттағы қозғалысы гравитациялық қозғалыстан төмен болса, онда тамыр аймағында тұз жиналады. Топырақтағы тұздардың концентрациясы дақылдың төзімділік шегінен асып кетсе, оның өсуіне кедергі келтіреді [4].

Бүкіл әлемде 800 миллион гектардан астам жер, немесе әлемнің барлық жер аумағының шамамен 6%-ы тұздан зардап шегетіні белгілі. Әлемде жыл сайын ауыл шаруашылық өндірісінде тұздан зардап шеккен жерлердің шығындары 12 миллиард доллардан асады және бұл көрсеткіш күннен күнге өсуде. Сонымен қатар, қала көлемінің кеңеюіне байланысты егіс алқаптары жойылуда [5].

Тұзды топырақтар туралы ғаламдық статистика әртүрлі деректер көздеріне сәйкес өзгеріп отырады. Тұзданған жердің ауданы дүние жүзі бойынша қазіргі кезде Венесуэланың жер ауданының 10 есесіне жəне Францияның жер ауданының 20 есесіне тең [6].

Екінші рет тұзданған жер ауданы шамамен 7,7×105 км2 құрайды, оның 58%-ы суармалы ауыл шаруашылық жерлері, ал суармалы топырақтың 20%-ы тұздану қаупіне ұшыраған жəне бұл пропорция күннен-күнге өсіп келеді. Топырақтың тұздануы жер сілкінісі мен цунами сияқты апатты жəне қауіпті болуы мүмкін. Əсіресе, құрғақ аймақтардағы суармалы егін шаруашылығында қолданылатын суды басқарудың ескі технологияларына байланысты топырақтың тұздануы ауыл шаруашылығы өнімділігіне жəне өңірлік ауыл шаруашылығы өндірісіне үлкен əсерін тигізуі мүмкін. Жалпы алғанда дүние жүзінде тұзданудан зардап шеккен суармалы жерлердің үлесі 20% құрайды, ал құрғақ жəне жартылай құрғақ елдерде мысалы, Египет, Иран жəне Венесуэла елдерінде бұл 30% құрайды [7].

Дүниежүзілік топырақ жамылғысының тұздану мәселесін егжей-тегжейлі шолуда S.A. Shahid АҚШ-тың оңтүстік-батысы мен Мексикада шамамен 200×106 га жер тұздануға ұшырағанын анықтаған. Сонымен бірге Испанияда, Португалияда, Греция және Италияда тұзды сулардың тұщы су қабатына енуі көрсеткішінің жоғарылай бастағанын, Испанияда жер аумағының 20%-дан астамы шөлейтті, немесе қатты деградацияға ұшырағандықтан өндірістік жерлер болып саналмайтындығын атап көрсеткен [8].

Тұзды топырақтар туралы ғаламдық статистикалық дерек көздерге сүйенсек, 1990-шы жылдардың ортасына қарай тұзды топырақ әлемдегі суармалы жердің 20%-дан астамын иеленсе, сол кезден бастап тұздану деңгейі жоғарылаған болуы мүмкін және кейбір елдерде тұзды топырақтар суармалы жерлердің жартысынан көбінде тұздану процестері пайда болған [9].

Тұзданған топырақтардың жаһандық деңгейінің жақында жасалған бағалары болмаса да, көптеген елдер мысалы, Кувейт, Біріккен Араб Әмірліктері, Таяу Шығыс және Австралия елдері топырақтың тұздану жағдайын ұлттық деңгейде бағалады. Қытайда 100 миллион гектарға жуық тұздалған жер бар, және бұл көрсеткіштер біртіндеп артуда деп болжануда. Тұзды топырақ негізінен ішкі аймақтардағы тұзды жер асты сулары және жағалау аймақтарындағы мұхиттың жоғары толқындары, сонымен бірге, суару тәжірибесінің нашарлығынан туындайды [10].

Әлемдік шөлейттену шамамен жылына 5-7×104 км2 артқан. Оыған байланысты жылдық экономикалық шығын 42 миллиард доллардан асады. Сондықтан жердің шөлейттенуімен күресу жаһандық маңызды және кезек күттірмейтін міндет болып табылады. Әлем бойынша шөлейттенуге қарсы кеңінен енгізілген негізгі экоинженерлік шара - орман өсіру деп танылды. Жылжымалы шөлдерде орман өсіруде үдкен қиындықтар кездесті. Мысалы, Таклимакан шөлі сияқты аймақтарда тұщы судың болмауына байланысты климаты өте құрғақ ерекшелігімен сипатталады. Құрғақ және жартылай құрғақ экожүйелерде судың тапшылығы маңызды проблема болып табылады. Бұл мәселелерден шығу үшін, мысалы, тұзды суды тұщы суға айналдыруда жер асты сулары кеңінен қолданылады [11].

БҰҰ -ның қоршаған ортаны қорғау бағдарламасында, дүние жүзі бойынша ауыл шаруашылық алқаптарының шамамен 20% және 50% тұзды күйзеліске ұшырайтындығы көрсетілген. Үндістанда шамамен 30 миллион га жағалаудағы жер тұзды топырақтың әсерінен құнарсыз және жарамсыз болып қалған. Тұздану - бұл құрғақ және жартылай құрғақ, суармалы өндіріс жүйелеріндегі тұрақты ауыл шаруашылығына қатысты күрделі мәселелердің бірі, бүгінгі таңда халық санының қарқынды өсуі және экономиканың жылдам дамуы салдарынан адамзаттың азық-түлік пен ресурстық сұранысы артып келеді [12].

Тұзды топырақ - әлемнің 222 елінің және өңірлерінің 51%-ын құрайды, тұзданған топырақтың көлемі жер аумағының 10% асатын 21 ел және өңірлер бар. Тұзданған топырақтар көп таралған елдер негізінен Азия, Африка, Оңтүстік және Солтүстік Америка елдері [13].

Сирияда әр жыл сайын шамамен 2102 км2 жер қайта тұзданып, нәтижесінде жарамсыз жерге айналады. Америкада жыл сайын шамамен 8102 ~ 12102 км2 жаңа тұзды топырақ қосылып отырады. Біріккен Ұлттар Ұйымының азық-түлік және ауыл шаруашылық ұйымынан және Біріккен Ұлттар Ұйымының білім, ғылым және мәдениет мәселелері жөніндегі ұйымының статистикалық есептеріне сәйкес, жаһандық суармалы жердің шамамен 50%-ы қайта тұзданудан әртүрлі дәрежеде зардап шегеді. Әр жыл сайын 1105км2 жер екінші реттік топырақтың тұздануына байланысты жарамсыз болып қалады [14].

Әлемдегі тұзды топырақ Африкада, Азияда, Австралия, Оңтүстік Америкада және климаты құрғақ, жартылай құрғақ аумақтардағы жасыл алқаптармен экономикасы біршама дамыған жағалау аймақтарға шоғырланған. Суару деңгейінің артуы себебінен топырақтың қайта тұздану мүмкіндігі өте жоғары болып, ауыл шаруашылық суару аймағындағы қайтадан тұзданған топырақтың ауданы күннен- күнге өсіп келеді [15].

Жағалаудағы тұзды батпақтар мен ішкі көлдерде айтарлықтай мөлшерде тұздың пайда болуы егістік жерлерді ауыл шаруашылық мақсатынан тыс суарудан келіп шыққан зардап деуге болады. Құрғақ және жартылай құрғақ климаттық жағдайда, тұзды аймақтарда су қоймалары мен топырақты, тіпті тұщы суды да ластайды [16].

Әлемде 950 миллион гектардан астам жер тұздан зардап шегеді, бұл шамамен дүние жүзіндегі жалпы жердің 10%. Оның үстіне, шеткі аудандарда егістік алқапты қалалық жерге айналдыру ауыл шаруашылық өндірісін одан әрі тоқыратуға мәжбүр етті. Әсіресе бұл құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда топырақ пен жер асты суларының тұздануына әсер етеді [17].

Жер асты суларымен және ирригациямен байланысты тұздану әлемдегі ауыл шаруашылық экожүйелерінің 16%-дан астамына әсер етеді. Климаттың күрт өзгеруі, құрғақшылық, тұщы су ағынының төмендеуі, теңіз деңгейінің көтерілуі және жаһандық сулы-батпақты жерлердегі тұздану дәрежесінің артуын маңызды экологиялық проблемаға балаймыз [18].

Топырақтағы немесе судағы тұздылық - бұл ауыл шаруашылығын шектейтін стрестердің бірі. Дүние жүзінде өңделетін жердің 20%-ы тұздың жиналуынан зардап шегеді және бұл көрсеткіш 2050 жылға қарай 50%-ға дейін артуы азамзатты алаңдатады. Тұздану тұқымның өнуін нашарлатады, өсімдіктің дамуын кешіктіреді және өнімділікті азайтады. Нәтижесінде азық-түліктің қол жетімділігінің төмендеуі сияқты әлеуметтік мәселелерді туындатады [19].

Қазіргі таңда планетамызда топырақ пен жер асты суларының тұздануы маңызды мәселеге айналды. Тұщы су мен топырақтың тапшылығы болашақта әлем халқының өсуіне және өркендеуіне байланысты өседі деп күтілуде. Қазірдің өзінде (380 млн гектар) егіс алқабының шамамен үштен бір бөлігі тұздануға ұшыраған [20].

Топырақтың тұздануы тұзды судың топыраққа сіңіуінен және тұзды ерітіндімен ластанудан туындайды. Ол мұнай және газ өнімдерін өндірумен немесе суармалы аймақтарда бейорганикалық иондардың жиналуымен байланысты [21].

Қытайдағы тұзданған топырақтың ауданы 3,6×107 гектарға дейін жеткен және пайдалануға қол жетімді жердің 4,88% құрайды. Хлорлы тұзды топырақ - тұзды топырақтардың ішіндегі кең таралған маңызды түрі. Бұл Қытайдағы жағалау жағажайлары, тұзды аймақтар және ішкі тұзды көлдерде жиі кездеседі. Соңғы жылдары хлоридті топырақтың шығыс жағалау аймақтарында қалыптасқандығы зерттелген. Сондай-ақ, автомобиль жолдары, порттар, атом электр станциялары сияқты кейбір ірі құрылыс нысандарының салынуына байланысты тұзды топырақты қалпына келтіру шұғыл және маңызды мәселеге айналды [22].

Топырақтың тұздану процесі, әдетте климаты құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда, топырақтың құрамындағы сулардың қатты булануы, жер асты сулары деңгейінің жоғарылауы және топырақ құрамында еритін тұздары бар жерлерде тез жүреді. Соңғы жылдары егіс алқаптарын шектен тыс суарудың салдарынан топырақтың 2-реттік тұздануы күшейе түскен. Соның салдарынан ауыл шаруашылық өнімділігінің деңгейі айтарлықтай төмендеп, ауыл шаруашылық аймақтарының экологиялық жағдайы шектелінді. Қоршаған орта және ауыл шаруашылығының тұрақты дамуы қашықтықтан зондтау технологиясының көмегімен топырақтың тұздануының уақыт және кеңістіктегі динамикалық өзгерістері туралы ақпаратты уақытында алуға көмектесіп, қоршаған ортаны қорғау және ауыл шаруашылығын тұрақты дамытуда зор рөл атқарды [23].

Қазіргі уақытта қашықтықтан зондтау технологиясының және мәліметтердің артықшылықтарын қолдана отырып, топырақтың тұздануын бақылау сапалы және сандық деңгейде жүзеге асырылуы мүмкін. Сапалы зерттеулер қашықтықтан зондтау суреттерінен тұздану туралы ақпаратты алу үшін визуалды интерпретацияны қолдануды ұсынады [24].

Топырақта қоректік заттар мен ылғалдың болуы, микроағзалар, қоршаған ортаның ластаушылары, жарық, температура, ылғалдылық, жел және басқа да факторлар өсімдіктердің өсуіне әсер етеді. Өсімдіктер өмірлік циклі кезінде табиғатта жиі және сирек кездесетін немесе басқа да күйзелістерге ұшырайды. Құрғақ және жартылай құрғақ аймақтардағы өсімдіктер жиі кездесетін осындай күйзелістердің бірі - топырақ пен судың тұздануы. Қазіргі кездегі тұздану қаупі негізінен техногендік сипатқа ие және оның басым бөлігі суды дұрыс басқару жүйесінің болмауынан деп бағаланады. Нәтижесінде миллиард гектарға жуық жер тұзға айналды. Ал қосымша екі миллион гектар жер 2- реттік тұздану салдарынан, жыл сайын бүкіл әлемде ауыл шаруашылығы өнімділігі барынша төмендеуде. Суармалы судың жетіспеушілігі жер асты суларының тұздылығымен және жауын-шашынның жеткіліксіздігінен топырақ сапасының одан әрі нашарлауына алып келеді [25].

Топырақтың және су ресурстарының тұздануына байланысты жақын арада жағдайдың нашар тенденциясы бақыланады. Ал біздің дақылдарымыздың көпшілігінде тұзға шекті төзімділік бар, мұндай баламалы нұсқаларды іздеу қажеттілігі қиындық тудыруы мүмкін. Маңызды әдістер ретінде пайдалануға мүмкіндігі бар бірқатар галофиттер осындай жағдайдан шығуда маңызды рөл атқарады. Зерттеулер көптеген галофиттердің топырақтың жоғары тұздылығына және тұзды суларға, тіпті кейбіреулерінің теңіз суының тұздылық деңгейіне де қарсы тұру қабілеті бар екендігін көрсетті [26].

Галофиттер бұл төзімділікке иондарды селективті сіңіру және тасымалдау, иондарды вакуольдерде локализациялау, цитоплазма үшін үйлесімді органикалық еріткіштерді синтездеу сияқты бірқатар бейімделулер арқылы қол жеткізеді. Ферменттік жүйелердің тепе-теңдігін сақтау және қорғау, тұз концентрациясын сұйылту үшін сукуленцияны дамыту ұсынылды [27].

Пәкістанның жер көлемі 800000 км2 болып, Араб теңізінен жазықтарға, далаларға және қоңыржай солтүстікке, шөлдер арасындағы тауларға қарай 1600 км қашықтықты қамтиды. Пәкістанның әртүрлі климаттық жағдайлары галофиттердің бай флорасын құрды. Жақында жүргізілген зерттеулер қорытындысы бойынша, Әлемде 2500 галофитті өсімдіктер түрі болса, оның 410-ы Пәкістанда кездеседі. Оның 100-ге жуығы Карачидің жағалау белдеуінде және оған іргелес Белужистан провинциясында өсетіндігі анықталған [28].

Әлемдегі тұздан зардап шеккен топырақтың жалпы ауданы 83 млн. гектар болып, оның 397 - 434 млн. гектары тұзды және қышқыл топырақты болып келеді. Халықтың ауыл шаруашылығы алқаптарын дұрыс бағытта пайдаланбауы, қолайсыз қоршаған ортаның жай-күйі, үнемі өсіп келе жатқан табиғи және климаттың ғаламдық өзгеруі экологиялық апаттарға алып келеді. 45 миллион гектардан астам суармалы жерлерге тұз әсер етеді. Бұл жалпы жер көлемінің 20% құрайды және 1,5 млн гектар жер жыл сайын жоғары тұздылық деңгейіне жетуі салдарынан өндірістен босатылады. Егер бұл жағдай осылай жалғаса берсе, ХХІ ғасырдың ортасына қарай өңделетін жерлердің 50% -ы жоғалады деп болжануда [29].

Тұзданудың әртүрлі себептері бар, оған табиғи (негізгі материалдың бұзылуы, теңіз тұзын тұндыру) жел мен жаңбыр кезінде-теңіз жағалауларына судың толуы және антропогендік әрекеттер (егістіктерді жер асты суларымен шамадан тыс суару салдарынан су деңгейінің көтерілуі, құрамында тұзы бар суларды пайдалану, нашар дренаж және т.б.) жатады [30].

Тұздылық деңгейінің жоғарылауы өсімдіктердің өнуіне, репродуктивтік, физиологиялық процестеріне теріс әсер етеді, соның ішінде, фотосинтез, транспирация, мембраналық қасиеттер, қоректік тепе-теңдік, ферменттік белсенділік және метаболизм белсенділігі, жасушалық гомеостаз, гормонды реттеу процестеріне ауыр стрестік соққы береді, тіпті өсімдік өліміне алып келеді [31].

Тұздану - бұл үздіксіз жүретін процесс және оны қалпына келтіру көп шығынды қажет етеді. Бұл күрделі жаһандық проблема болып, оны шешу үшін көп салалы тәсіл қажет. Тұзды топырақты қалпына келтірудің және дұрыс пайдаланудың түрлі жолдары бар, солардың ішінде фиторемедиация әдісі экономикалық тұрғыдан тиімді және тұз әсер еткен жерлерді қалпына келтірудің экологиялық қауіпсіз технологиясы болып табылады. Соңғы жылдары ластанған топырақтан тұздарды арылту қабілеті бар өсімдіктер зерттеліп анықталды [32].

Топырақтың тұздануынан зардап шегу ғаламдық-аймақтық-ұлттық-экожүйелік-фермерлік деңгейдегі маңызды мәселеге айналды. Әлемдегі суармалы жерлер жыл сайын 1-2% азаяды. Сонымен қатар, дүние жүзі жан саны тез қарқынмен өсуде және бұл көрсеткіш 2050 жылға қарай 9,6 млрд болуы мүмкін деп болжануда. Демек, әлемдік азық-түлікпен қамтамасыз етудің ағымдағы деңгейін ұстап тұру үшін азық-түлік өндірістерін 2025 және 2050 жылдарға дейін 38% және 57% ұлғайту қажет болады. Тұздылық стресі - бұл абиотикалық факторлардың әсері болып табылады, топырақтың тұздануы өсімдіктердің өсуіне және дақылдардың өнімділігінің күрт төмендеуіне әсер етеді. Сонымен бірге, жерді деградацияға ұшыратып, құнарсыздандырып дақылдарды өсіруге жарамсыз етеді [33].

Бүкіл әлемде тұздан зардап шеккен топырақтың мөлшері мен таралуы әлі толық зерттелген жоқ. Ағымдағы деректер әлемдегі тұзданған жердің ауданы шамамен 1125 млн гектар, ал оның 76 млн гектары адамның іс-әрекетінен туындаған топырақтың тұздануы мен қышқылдануы. Қазіргі кезде суармалы жерлердің бестен бір бөлігі жоғары тұздылық деңгейінен зардап шегіп, 1,5 миллион гектар жер жыл сайын ауыл шаруашылығы өндірісіне жарамсыз жерлерге айналуда [34].

Тұздылық - бұл суармалы егін шаруашылығындағы өзекті мәселе және бұл мәселені шешу азық-түлікті қамтамассыз ету үшін өте маңызды. Тұздылық мәселелерімен күресуде суды дұрыс пайдалануды және басқару стратегияларын дамыту да өте маңызды. Ғалымдар топырақтың тұздануын бақылау және басқарудың екі негізгі стратегиясын ұстанады. Бұл екі стратегия: (i) тұздылықпен күресу және (ii) тұздылықта өмір сүру. Тұздылықпен күресу дренажды қалпына келтіруді немесе оpнатуды білдіреді, және тұздарды топырақтан жууға мүмкіндік беретін, суармалы суды басқарудың, дақылдарға қолайлы тұздану деңгейін құрудың үйлесімді жүйесі болып табылады. Тұздылықта өмір сүру неғұрлым прагматикалық тәсіл, ол дақылдарды тұзды жағдайларға бейімдеу тәсілдері болып саналады. Мысалы, құрғақшылық пен тұздылыққа төзімді өсімдік сорттарын (яғни галофиттер) және терең тамырлы көпжылдық өсімдіктерді өсіру тұзды топырақты басқарудың балама тәсілі [35].

Тұздылық проблемаларын шешудің альтеpнативті жолдарын табу азық-түліктің қазіргі және болашақтағы қажеттілік мәселесін шешуде өте маңызды. Тұздылық мәселелерін бақылауға аpналған тәжірибелерді суармалы егістіктерге, геогидрологиялық жүйелерге енгізу қажет. Әдетте, тұзға төзімділікті арттыруда дәстүрлі селекция немесе генетикалық түрлендіру әдісі қолданылады. Осы әдіс арқылы суды тиімді пайдаланатын дақылдардың сорттары мен тұз стресіне төзімді өсімдік түрлерін таңдау ұсынылған [36].

Тұздану дегеніміз - суда еритін тұздардың топырақ еріндісінде (топырақ қабатының жоғарғы бөлігі, немесе мантия фрагментті және шоғырландырылмаған жыныстар) жиналуы. Ол ауыл шаруашылық өндірісіне, қоршаған ортаға, адам денсаулығына және экономикалық әл-ауқатқа әсер етеді. Тұзды топырақ деп әдетте, тамыр зонасындағы қанығу сығындысының электр өткізгіштігі (ЕӨ). 4 dS m−1-ден (шамамен 40 мM NaCl) 25°C-тан асатын және алмасатын натрий 15% болатын топырақтарды қарастырады. Көптеген дақылдарда төменгі қанығу кезінде өнімділіктің төмендеуі байқалған. Дүние жүзі бойынша жалпы өңделген жердің 20%-ы және суармалы ауылшаруашылық жерлерінің 33%-ы жоғары тұздылыққа ұшырайтындығы анықталған. Сонымен қатар, тұзданған жерлер әртүрлі себептермен жыл сайын 10%-ға көбейеді, сол себептер ішіне жауын-шашынның аз болуы, жер үсті суларының шектен тыс булануы, табиғи тау жыныстарының құрылымдық өзгерісі, жерлерді тұзды сумен суару және басқару тәжірибелерінің аз болуы кіреді [37].

Тұзды топырақ өсімдіктердің өсуін осмостық әсермен тежейді, бұл өсімдіктің суды қабылдау қабілетін төмендетеді және өсімдік жасушаларына иондар арқылы әсер етеді. Топырақтың тұздануы өсімдіктердегі қоректік тізбектің бұзылуын тудырады. Тұздану құбылысы натрий тұздарының топырақ профилінен шайылған кезде пайда болуы мүмкін. Осы кезде топырақ көптеген тұздардан зардап шегеді, кейде батпақ сор топыраққа айналады. Ал гипоксия мен тұздың өзара әрекеттесуі өсімдіктердің өсуіне күшті депрессиялық әсер етеді. Қазіргі уақытта топырақтың тұздануы әлемнің 100-ден астам елдерінде жиі кездеседі, онда көптеген аймақтар тұзданудан зардап шегеді. Жақында, Австралияда құрғақ жердің тұздануы мен табиғи ресурстарды басқару басты мәселеге айналды [38].

Топырақтың екінші реттік сортаңдануы - климаты құрғақ және жартылай құрғақ жерлерде тұзданбаған топырақың бетінде тұздардың жиналуынан қалыптасатын құбылыс. Бұл көбінесе егіс алқаптарын шектен тыс суарудың салдарынан пайда болатын топырақтың зиянға ұшырау жағдайы болып табылады. Екінші реттік тұзданудың (ЕРТ) алғашқы тұзданудан айырмашылығы, ол табиғи процестер арқылы пайда болады. Мысалы, физикалық немесе химиялық факторлар, ауа-райының өзгерісі, геологиялық шөгінділердің жылжуы және жер асты суларының әсері болуы мүмкін. Екінші реттік сортаңдану жер асты суларының деңгейлері көтерілгенде және табиғи өсімдік жамылғысын таяз тамырлы дақылдармен алмастырғанда, шамадан тыс суару, тұздарды шаю және тұзды кетіру үшін тиісті дренаждың жетіспеушілігі топырақтың тұздануын тудыруы мүмкін [39].

Топырақтың қайта тұздануы ауыл шаруашылығының тұрақтылығына үлкен қауіп төндіреді. Бұл қауіп ауыл шаруашылық өнімділігіне де, қоршаған ортаның сапасына да әсер етеді, бұл әсіресе құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда жауын-шашынның шектен тыс булануынан туындайтын маңызды мәселеге айналған. Топырақтың қайта тұздануы шамамен 77 млн гектарға жеткен, оның 58%-ы ауыл шаруашылық жерлері екендігі белгілі. Шамамен ауыл шаруашылық жерлерінің 20%-на тұз әсер етеді. Болашақта азық-түлікке деген әлемдік сұранысты қанағаттандыру үшін жердің көп бөлігі ауыл шаруашылығына айналады, осылайша қайта тұздану қаупі бар аумақтың көлемі кеңейеді [40].

Қазір жан санының артуына және жерді басқару ережелеріне, сонымен қатар, суаруға байланысты, ауыл шаруашылығы алқаптарының азаюы мен топырақтардың сортаңдануы адамзатты алаңдатуда. Шамадан тыс суару және суды дұрыс басқармау экотонды аймақтарда екінші реттік тұздануды тудырады. Экотонды аймақ жер үсті су жүйесі арқылы терең емес ойпаттардағы су қабатын арттырды. «Экотон» деп әдетте ішкі өзендердің төменгі деңгейіндегі оазис арасында оpналасқан шөлді-оазистік аймақтарды және көршілес шөлдерді айтады. Экотондар суармалы интерактивті аймақтар, ауыл шаруашылық жерлері және табиғи шөл экожүйесі болып табылады [41].

Топырақтың тұздануының кеңістіктік және уақыттық динамикасы болады. Топырақты пайдалану барысында топырақ жамылғысының өзгерісін бақылауда ұстау. Сонымен қатар, динамикасы әр түрлі жерлердегі топырақтың тұздылығы мен жер асты суларына қажеттілік топырақ сапасына байланысты болуы мүмкін. Бұл деректер тұзданудың пайдалы болжамын анықтауға жеткіліксіз. Антропогендік және биофизикалық ұзақ мерзімді, көп деңгейлі өлшемдер үшін әр түрлі факторларды қолдану қажет, өйткені тұздану процесі кезінде барлық факторлар бір-біріне әсер ететіндігі анықталған [42].

Дүние жүзілік ауыл шаруашылығы ұйымының 2030 жылдың күн тәртібінің “негізгі міндеті - жоғары өнімділікке қол жеткізу”, қоршаған ортаның тұрақты дамуын қамтамасыз ету. Бұл ауыл шаруашылық жүйелерінің көптеген қазіргі парадигмаларын ауыстыруын қажет етеді. Мұнда ауыл шаруашылық ресурстарының, жұмыс күшінің немесе технологияның артқанымен, топырақ сапасының төмендеуіне байланысты ауыл шаруашылығы өндірісінің шығынын өтейді [43].

Әдетте адамзаттың іс-әрекетіне байланысты суларда еритін тұздардың жиналуынан топырақтың 2-реттік тұздануы топырақ функцияларының нашарлауы немесе жоғалуына әкеледі [44]. Әлемнің құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарында жасанды немесе бастапқы табиғи түрде топырақтың тұздануы топырақтың өнімділігіне, ауыл шаруашылық тұрақтылығына және азық-түлік қауіпсіздігіне кедергі келтіретін негізгі экологиялық шектеу деп ерекше көрсетілген. Қазіргі уақытта тұзды топырақтар Пәкістан, Қытай, Америка Құрама Штаттары, Үндістан, Аргентина, Судан және Орталық және Батыс Азияның басым бөлігін қамтиды. Жалпы 100-ден артық елде барлығы 932,2 млн гектарды құрайды. Сондай-ақ, Жерорта теңізінің жағалау сызығын да қамтиды. Тұздану әлемдік азық-түлік және жем-шөп өндірісіне зор әсер етеді [45].

Тұзды жерлердің өнімділігінің біртіндеп төмендеуіне байланысты агроөнеркәсіптік кешеннің жылдық шығынын 27,3 миллион АҚШ доллары деп есептелген. Әлемдік масштабта әр минут сайын 3 гектар егістік алқаптары 2-реттік тұзданудың салдарынан өнімсіз жерге айналуда, сол себепті 10-нан 20 миллион гектар суармалы жерлер жыл сайынғы өнімділігі төмендеген. Осылайша, топырақтың тұздануы азық-түлік өндірісі және әлем халқының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін шешуші мәселелердің бірі болып табылады [46].

Топырақтың 2-реттік тұздануы, бұл әдетте жауын-шашын және суарудан пайда болған сулар мен транспирация арасындағы тепе-теңдіктің бұзылуынан туындайды. Бұл теңсіздік шаюға кедергі келтіретін немесе үйлесімділігі қиын болатын топырақтарда жиі кездеседі [47]. Бұл факторлар құрғақшылыққа әкеліп, топырақ сапасының нашарлауын тудыруы және кері байланыс әсерінен суармалы егістік жүйелерін зақымдап, жерлерді шөлейттенуге әкелуі мүмкін. Суару тәжірибелерінің тиімсіз болуы (мысалы, батпақтану) және суаруды дұрыс жоспарламау (мысалы, уақытша шамадан тыс суару) топырақтың тұздануының негізгі себептері болып табылады [48]. Еріген тұздарды топырақтың жоғарғы қабаттарына жоғары қарай ағатын судың көмегімен жеткізіуге болады [49]. Осыған орай, суармалы судың сапасының да маңызы зор. Соған қарамастан, ауыл шаруашылықта ирригация қажет болған жағдайда қажетті стратегияларды сақтап, дақылдарды суару үшін орташа тұзды суларды пайдалану кейбір жағдайларда өнімділік сапасына әсер етуі мүмкін [50].

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, топырақтың 2-реттік тұздануы егіншілік жүйелерінде (яғни, дақылдарды таңдау, ауыспалы егіс алқаптары, топырақты өңдеу практикасы, суару, қоректік заттар мен зиянкестермен күресу) тиімсіз екендігі белгілі болды. Шығындардың артуын және қоршаған ортаға зиян келтіруді жою үшін ауыл шаруашылық жүйелерін тұрақты және жоспарлы басқару ұсынылған [51].

Топырақ сапасын жақсартатын дақылдарды өсіру жүйелерін құру немесе жақсы нәтижеге жету үшін топырақтың өз функцияларын жақсарту қабілетін арттыру тәсілдерін табу керек. Ол үшін жоғары өнімділікті қолдану немесе бәсекеге қабілетті өсімдік шаруашылығы жүйелерін құру қажет [52].

Топырақтың тұздануын басқару немесе жақсартуға бағытталған тәсілдерді қолдану, тұздылықты минимизациялауды қамтамассыз ету, тұздың түсуін азайту үшін шығарындыларды дұрыс бір жайлы ету шешімдерін басқару су қоймаларына немесе топырақтың тұздануын болжау және тұзға төзімді дақылдар отырғызу сияқты жобалар жасауды қажет етеді [53].

Топырақтың сортаңдануы өзекті мәселеге айналғаннан кейін фермерлер топырақтың тұздануын азайту үшін алқаптарды басқарудың әр түрлі жүйесін қолдана бастады. Олардың ішінде суаруды басқару және топырақтың одан әрі деградациясын тоқтату үшін ең маңызды әдістердің бірі - тұздардың орташа деңгейіне төзімді дақылдарды сұрыптау және оларды отырғызу жұмыстарын жүргізді. Зерттеушілер тұзданған жерлерді қалпына келтіру және күресудің шешімі ретінде тұзға төзімді өсімдіктердің сорттарын көбейту, сондай-ақ классикалық селекциядан дамып, толеранттылық генотиптерін скринингтеудің жаңа тәсілдерін қолдану ұсынған [54].

Суармалы аумақтарда 2-реттік тұзданудың алдын алудың негізгі тәсілі - суару арқылы енгізілген тұз бен дренажды су арасындағы тепе-теңдікті сақтау үшін судағы тұздарды ағызудың тиімді және тұрақты шаралары, ал тыңайтқыш тұздарының мөлшерін азайту үшін тиімді әдістер қажет. Фермерлер тұздылықтың мөлшерін басқаруда топырақты сілтілеу арқылы тұздылықтың өнімділікке кері әсерін азайта алады [55].

Топырақты басқару топыраққа қажетті суды үнемдеу және дақылдар мен арамшөптер пайдаланатын судың мөлшерін азайту үшін қабылданған тәжірибелерді қамтиды. Әр түрлі зерттеулер топырақтың булануын азайту арқылы тұрақтылықты сақтауды және топырақ бетіндегі қалдық қабат топырақтың екінші реттік тұздануын едәуір төмендететіндігін көрсетті [56].

Топырақ бетін сабанмен жабу әдісі - бұл фермерлер үшін топырақтың тұздануын бақылаудың перспективті әдісі, өйткені ол топырақтағы судың булануын азайтады және топырақтағы су мен тұздың қозғалысын реттейді. Топырақ бетін сабанмен жабу әдісі жүзеге асырылған кезде топырақтың жоғарғы 40 см қабатында тұз құрамының төмендейтіндігі, топырақтың терең қабаттарында тұздың азайғандығы анықталған. Бұл әдіс тұздың тік таралуын реттеу арқылы топырақ бетіндегі тұзды азайтады. Нәтижесінде дақылдарға, олардың өнімділігін арттыруға, топырақтың тұздануы мен эрозияға ұшырау қаупін азайтуға көмектесетіндігі зерттелген [57].

Тұздану проблемасы жолға қойылғаннан кейін, тұздану әсерін барынша азайту үшін ауыл шаруашылығы мамандары әртүрлі шешімдер қабылдауы мүмкін. Олардың ішінде маңызды әдіс ретінде суаруды басқаруды таңдау орынды. Топырақтың одан әрі деградацияға ұшырауын тоқтатудың ең маңызды әдістері ретінде тұздардың орташа деңгейіне төзімді өсімдіктерді таңдау және оларды кең көлемде өсіруді қолға алу. Осыған орай, сортаңданған жерлерді қалпына келтіруге аpналған биотехнологиядан жақсы нәтижелер күтілуде.

Галофитті өсімдіктер жасушаларындағы арнаулы безшелердің көмегімен тұзданудан қатты зардап шеккен жерлердегі тұз концентрациясын төмендетіп, сортаң жерлерді қалпына келтіруде маңызды рол атқарады. Алдағы жылдары тұзға төзімді өсімдік сорттары көбейеді деп болжануда. Сортаңданған топырақтармен күресу үшін трансгенді дақылдарды да қолдану маңызды шешім ретінде ұсынылған. Дегенмен, қандай тәсіл жоспарланған болса да, ауыл шаруашылық жерлерінің сортаңдануын тоқтата отырып, ұсынылған шараларды қолдануға болады [58].

Топырақтың екінші реттік тұздануы бойынша зерттеулер ауыл шаруашылығына аpналған жерлер ашық далалық топырақпен салыстырғанда жоғарғы қабаты тұздануға бейім болып, топырақтың тұздануы егіс алқаптарының көлемінің артуына ілесіп ұлғайып келе жатқаны мәлім. Сондай-ақ, топырақтың кейбір химиялық қасиеттерінің нашарлауы дақылдардың өнімділігі мен сапасының төмендеуіне әсер ететіні анықталды [59]. Зерттеулерге сәйкес, екінші реттік тұздану дәрежесі әр түрлі факторларға байланысты болады. Мысалы, шыны және пластиктен жасалған жылыжайлардың топырақтарының (0~25 см) минералдануы ашық алқапқа қарағанда 4 есе, ал нитраттар мөлшері 5,9 есе көп болатындығы белгілі. Ал тұздың өсімдіктерге зиянды әсері әдетте өсімдік отырғызылғаннан кейін 2-3 жыл аралығында пайда болады [60].

Топырақта тұздың жиналуы өте зиянды, әсіресе ауыл шаруашылығында өнімділікке келтіретін кедергілері басым. Топырақтың осмостық қысымы жоғарыласа, өсімдік тамырларының суды және тыңайтқышты сіңіру қабілеті әлсіреп, құрғап кету және өсіп-жетілуі нашарлайды. Тұздың концентрациясы жоғарылаған сайын топырақтағы пайдалы микроағзалар саны азайып, белсенділігі төмендейді және топырақтың қоректік заттарының конверсиясы тежеледі. Өсімдік жапырақтарының түсі күңгірт тартып, тіпті аммиакпен улануды тудырады [61].

Жаһандық жылыну үрдісінің жоғарылауымен төменгі және орта ендік аймақтардағы топырақтың тұздану мәселесі күн сайын айқындала бастады. АҚШ, Қытай, Венгрия, Австралия және басқа елдердегі тұздану мәселесі барған сайын күрделене түсіп, Африканың солтүстігі, шығысы және оңтүстігі, Америкада, Таяу Шығыста, Орталық Азия мен Оңтүстік Азияда тұздану мәселесі өзекті мәселеге айналды. Көптеген елдер топырақтың тұздану мәселесін әлемдік деңгейге көтерді. Тұздану мәселесі жаһандық өзгерістерді зерттеу шеңберінде маңызды болды, ал Халықаралық тұзданумен күресу форумындағы топырақ зерттеушілері үшін топырақтың тұздануының дамуы мен эволюциясын талқылау, жаһандық өзгерістер маңызды алаңға айналды. 2008 жылы Австралияда Халықаралық тұзданумен күрестің 2-форумы өтті, онда негізінен ғаламдық тұздану, оның ішінде ирригациялық тұздану, су ресурстары, әлеуметтік мәселелер және құрғақ жерлердің сортаңдануы. Сондай-ақ, тұзды сулардың топырақ қабатына енуі, климаттың өзгеруінің топырақтың тұздануына әсері анықталып, тұздануды бақылау мен басқарудың жаңа әдістерін оpнатуға бағытталған шаралар қарастырылды [62].

Топырақтың тұздану мәселелері тұздану процестеріне байланысты құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда кең таралған. Ылғалды климатты өңірлерде, әсіресе теңіз жағалауындағы аймақтарда тұздандыратын жер асты суларының кең көлемде таралуынан пайда болады. Тұздың жоғары концентрациялы жер асты суларын пайдаланатын аймақтарда топырақтың тұздануы да күрделі мәселе болып табылады [63].

Тұзды топырақтар - әлемнің құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарында шөлді ландшафттарда кең таралған. Халықаралық қоршаған орта және даму институты мен әлемдік ресурстар институтының мәліметтері бойынша, тұзды топырақтар континенттің шамамен 10% алып жатқаны белгілі. Олар көбінесе құрғақ жерлер мен шөлді дала аймақтарында оpналасқан [64]. Тұзды топырақтар жоғары концентрациялы (0,25%-дан жоғары) улы иондар әсерінен пайда болады. Жақсы еритін тұздар топырақтың барлық қабаттарында кездеседі және олар өсімдіктердің өсуіне әсер етеді. Құрғақ аймақтарда сортаң топырақтардың түзілуі көптеген факторлар мен мәселелерге байланысты, соның ішінде тау жыныстарының геологиялық құрылымы мен құрамы, топография және теріс рельеф формалары, жер асты суларының тереңдігі мен тұздылығы (минералдануы), теңізден қашықтығы, гидрологиялық режим, жауын-шашын, суаруда жоғары минералданған су ресурстарын пайдалану, өсімдік жамылғысы (галофиттер), аумақты тиімді пайдалану және аймақтың жел режимі [65].

Жалпы алғанда, тұзды топырақтар жарамды жерлердің 20% иелейді, ал суармалы жерлердің жартысы қатты тұздануға ұшырайды. Сонымен қатар, топырақтың тұздануының өсу тенденциясы әлі де сақталуда, дүние жүзінде 900 млн гектар жер тұздануға ұшыраған жерлер болып саналады. Бұл әлемдегі жалпы топырақтың шамамен 6%-на немесе дүние жүзінің игерілген жерлерінің 20%-ына тең. Топырақтың тұздануы суармалы ауылшаруашылық жерлеріндегі ең қауіпті мәселеге жатады [66].

**1.2 Қазақстан территориясындағы сортаң топырақтардың мәселесі**

Қазақстан Республикасы терииториясының жалпы ауданы 2,715×106 км2 болса, оның тұзданған жерінің жалпы ауданы 1,286×106 км2, бұл əлем бойынша тұзды топырақтардың таралу көрсеткішіде жалпы ауданына шаққандағы үлесі 47% болып, әлемдегі тұзданған топырақтар кең таралған елдердің ішінде пайыздық үлесі бойынша 1- орынды иеленеді [67] (2-кесте).

Кесте 2 – Тұзданған топырақтар кең таралған елдер мен тұзды топырақтың аумағы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таралған аймағы | Жалпы ауданы  /103 км2 | Тұзды топырақтың ауданы  /103 км2 | Жалпы ауданына шаққандағы үлесі/% | Таралған аймағы | Жалпы ауданы  /103 км2 | Тұзды топырақтың ауданы  /103 км2 | Жалпы ауданына шаққандағы үлесі /% |
| Қытай | 9550 | 750 | 8 | Үндістан | 3157 | 225 | 7 |
| Шри-Ланка | 65 | 6 | 9 | Кувейт | 24 | 2 | 8 |
| Иран | 1643 | 275 | 17 | Ирак | 438 | 61 | 14 |
| Катар | 11 | 2 | 18 | Қазақстан | 2715 | 1286 | 47 |
| Түркіменстан | 487 | 90 | 19 | Өзбекстан | 446 | 109 | 24 |
| Моңғолия | 1560 | 241 | 15 | Пәкістан | 802 | 159 | 20 |
| Ботсванадан | 599 | 72 | 12 | Джибути | 23 | 10 | 44 |
| Кения | 582 | 83 | 14 | Сомали | 627 | 90 | 14 |
| Тунис | 164 | 18 | 11 | Мысыр | 1001 | 91 | 9 |
| Аргентина | 2772 | 516 | 19 | Чили | 749 | 83 | 11 |
| Парагвай | 407 | 173 | 43 | Бразилия | 128 | 12 | 9 |
| Канада | 9893 | 68 | 1 | Америка | 9344 | 123 | 1 |
| Австралия | 7667 | 1580 | 21 | Венгрия | 93 | 23 | 25 |
| Молдова | 34 | 9 | 27 | Украина | 602 | 102 | 17 |
| Бұрынғы Югославия | 128 | 12 | 9 | Дүние жүзі бойынша | 134907 | 8369 | 6 |

Топырақтың тұздануына себеп болатын факторлар әр түрлі. Олардың бірі - құрғақ теңіздерден пайда болған тұздың жел арқылы таралуы. Галофитті өсімдіктер тұзды ортаға жақсы бейімделіп топырақтан тұзды сіңіруге қабілетті.

Республика көлеміндегі экологиялық жағдайдың өзгеруіне байланысты еліміздің көптеген жерлерінде топырақ құрамының да өзгеріске ұшырап жатқаны белгілі. Оның бір айғағы ретінде Қазақстанның біршама жерлерінің топырақ өзгерістерін де айтуға болады. Қазақстанның көп аумағы далалық - шөлейтті аймаққа жатады және климаты құрғақ, жауын-шашын аз көлемде түсетіндіктен, топырағы да құрғақ қуаңшылық жағдайда болады. Сол себепті топырағының құрамы өзгеріске ұшырағанын байқауға болады. Кейінгі жылдары, елімізде әсіресе батыс пен оңтүстігіне қарай топырағы тұзданып, сортаңдануы көбейе түскен. Ал жерінің тұздануына байланысты, өсімдіктер жабыны да өзгере бастағанын байқауға болады [68].

Қазақстан Республикасы әлем бойынша тұзды топырақтың таралу көрсеткіші бойынша бірінші орында тұрса да, еліміздегі топырақтың сортаңдану мәселесі әлі де толық зерттеліп, шешімін таппаған. Қазіргі уақытта мемлекеттің қоршаған ортаға қоятын талаптары үнемі жетілдірілуде. Осы тұрғыда жер ресурстарының жетіспеушілігі, биологиялық алуантүрліліктің азаюы және жердің шөлейттенуі сияқты экологиялық проблемалар адамзаттың маңызды мәселесіне айналды [69].

Қазіргі кезде еліміздің Оңтүстік және Батыс облыстарының топырақ жамылғылары жақсы зерттелсе, Солтүстік, Орталық бөліктері аз зерттелінген. 1954-1960 жж. Хрущевтің тың жерлерді ауыл шаруашылық жерлерге айналдыру бағдарламасына сай, Қазақстанның солтүстігіне жаздық бидайды өсіру жоспарына сай табиғи жерлер негізінен егістік жерлермен ауыстырылған. Бұл аймақта кездесетін типтік топырақ әлемдегі ең құнарлы топырақтың бірі болып саналатын қара топырақ (моллисолдар) болатын. Қазақстандағы қара топырақ 32,1×106 гектар болып, ел аумағының 11,8% құрайды. Қазақстанда болған ауданы 26,5 ×106 немесе 24,6 ×106 гектар қара топырақты жерлер егістік жерлерге айналған [70]. Қазіргі уақытта осы саладағы маңызды мәселе, тамақ өндірісінің кең ауқымды дамуы. Бұл тұрғыдан қара топырақ ауылшаруашылық жағынан да, экологиялық жағынан да маңызды ресурстардың бірі болып табылады [71].

Сор және сортаң жерлердің шамадан тыс артуы Қазақстан аймағындағы маңызды экологиялық мәселелердің біріне айналған. Осы тұрғыда жер ресурстарының жетіспеушілігі, биологиялық алуантүрліліктің азаюы және жердің шөлейттенуі сияқты экологиялық мәселелер адамзаттың маңызды мәселесіне айналды.

Бұл аймаққа континентальды климат қатты әсер етіп, әдетте суық және құрғақ ауа райы жағдайлары әсер етеді. Солтүстік Қазақстанда дәнді дақылдар өндірісінің зор көлемін ескере отырып, ол жерде топырақтың органикалық заттарын сақтау экологиялық және ауыл шаруашылығы тұрғысынан өте маңызды. Солтүстік Қазақстанның топырақ сапасының өзгеруі, микроағзалардың биомассасы, сонымен қатар топырақтың температурасы мен ылғалдылығы сияқты қоршаған орта факторларының топырақтағы органикалық заттардың ыдырау жылдамдығына және топырақтың сортаңдануына әсер ететіні белгілі [72].

Экономикасы тұрақсыз елдер үшін жердің деградациясы күрделі экономикалық, әлеуметтік және экологиялық мәселелерді тудырады. Орталық Азия елдері - Қазақстан, Қырғызстан, Тәжікстан, Түркіменстан және Өзбекстан елдері - жер ресурстары өнімділігінің төмендеуіне, табиғи жүйелер функцияларына және халықтың тұрмыс-тіршілігіне тікелей әсер етеді. Топырақтағы органикалық заттар шығынының артуы, ормандарды кесу, жерді конверсиялау, топырақтың деградациясы және шөлейттенуі сияқты мәселелер Орталық Азия елдеріндегі күрделі мәселелеріне жатады. Қазақстанда топырақтың органикалық заттарының тез минералдануы, тың жерлерді жырту және шамадан тыс қопсыту - бұл топырақтың деградациясы проблемасын асқындыратын негізгі себептердің бірі [73]. Қазақстан Орталық Азия елдерінде дәнді дақылдардың үлесі шамамен жалпы ауданының 90% иелейді, сондықтан оны жаһандық маңызды тамақ өндірісі аймақтарының біріне айналдыру көзделген. Солтүстік Қазақстанда дәнді дақылдар өндірісінің 70%-ы шоғырланған. Бұл жерлердің топырақтары құнарлы және бұл топырақтарда едәуір мөлшерде органикалық қосылыстар сақталған. Солтүстік Қазақстандағы қара топырақтар ауыл шаруашылық және экологиялық тұрғыдан алғанда өте маңызды ресурстар көзі болып табылады. Қазақстанның солтүстігіндегі қара топырақтар құнарлы болғанымен, климаттық жағдайлары едәуір күрделі, жауын-шашынның жылдық мөлшері шамамен 300 мм болып, мұндай төмен жауын-шашын абиотикалық стрестің әсері, ал тұрақты ауыл шаруашылығы үшін Солтүстік Қазақстандағы әртүрлі топырақ кластарын басқару маңызды мәселе болып табылады [74].

Тұзды топырақтар көбінесе Орта Азия мен Қазақстанда кең таралған, сонымен бірге Батыс Сібірде және Батыс Қытайда да кездеседі. Тұзды топырақтың көп бөлігі Қазақстанда оpналасқан. Көптеген топырақ тұздылығы бойынша зерттеулер Қазақстандағы тұзды топырақтардың генезисіне, дамуына және қалыптасу жағдайына бағытталған. Топырақ тұздануы - жердің деградацияға ұшырауының ең көpнекті процестерінің бірі. Қазақстанның географиялық аймақтарындағы топырақ жамылғысы мен экожүйелеріне антропогендік әсерлердің жылдан-жылға артып, табиғи ресурстарды тиімсіз пайдалану қоршаған ортаға зор қауіп төндіретіні белгілі [75].

Топырақтың деградациясы қатты тұздануымен байланысты және ішкі шөлді жерлердің артуына, дренажды бассейндер мен суармалы жерлердің тұздануына әкеледі. Топырақтың деградациялану процестері, сондай-ақ топырақтың эрозиясы мен ұшуы (30 млн гектар-дан астам), тұздануы, химиялық ластану және топырақтың сілтіленуі (60 млн гектар), егістік жерлердің кебуі немесе құрғап кетуі (10 млн гектар-дан астам байқалған). Сондықтан Қазақстанның тұзды топырақтарына аpналған зерттеулер топырақтың тұздануын болжау және бақылау үшін үлкен маңызға ие [76].

Қазақстан құрғақ аймақтарға жатады, және де Қазақстанның географиялық аймақтары булануының мөлшері салыстырмалы түрде атмосфералық жауын-шашын мөлшерінен едәуір жоғары болуымен сипатталады. Кейбір таулы аймақтарды қоспағанда Қазақстанның кең аумағындағы булану жауын-шашыннан айтарлықтай асып түседі. Осыдан жазда ұзақ уақыт ыстық және құрғақ ауа райының сақталынуы, климаттық құрғақшылықтың жоғары болуы салдарынан топырақтың тұздану ықтималдығы жоғары болады [77].

Тұзды топырақтар Қазақстанның барлық жерінде кездеседі. Қазақстанның орталық, оңтүстік және батыс бөліктеріндегі кең аймақтарды тұзды топырақтар алып жатыр, олар шөлді далалар мен шөлейтті аймақтарда да кең таралған. Қазақстанның шөлді аймақтары мен Орталық Азияда булану мөлшері жауын-шашыннан 10–20 есе артық болып, құрғақ аймақтарда тұзды топырақтар жинақталып, тұздар жер үсті арқылы және жер асты сулары мен эолдық көлдер арқылы тасымалданады. Сонымен қатар, тұзды топырақты жерлер Каспий жазығы мен Арал теңізі аймағын алып жатыр. Қазақстанның топырақ жамылғысының құрылымында тұзды топырақтар ауданының үлесі өте жоғары [78].

Қазақстанның шөл далаларына тән ерекшелік, бұл жерлердегі топырақтың қоңыр және сұр-қоңыр сортаң болуында және мұнда карбонатты тұздардың (кальций карбонаты топырақтың ең жоғарғы қабатында (қоңыр топырақты жартылай шөл далаларда), ал хлоридті-сульфатты тұздардың өсімдіктің тамыр жүйесі таралған қабатында (сұр-қоңыр топырақты шөлдерде) көп болуында. Ол жерлердегі топырақтың жалпы сортаң немесе сор болуы ылғалдың жетіспеуіне, сондай-ақ элементтердің өсімдік пен топырақ арасындағы биологиялық айналымның аталған өңірлерде өзінше ерекше өтуіне байланысты. Бұл заңдылық жер бетіндегі барлық шөлдерге тән.

Топырақтың және топырақ түзуші жыныстың механикалық құрамына, оның жер асты суын капиллярлық көтеру күшіне қарай топырақтың сортаңдануы әр түрлі тереңдікте пайда болатыны белгілі. Минералды жер асты суы капиллярлық ағынмен жоғары көтеріледі де, топырақтың бетінен буланып ауаға тарайды, ал ондағы тұз осы топырақтың беткі қабатына жиналады. Бұл тұздар тау жыныстарының мүжілуінен пайда болады.

Тұздың жер бетінде таралуы және топырақта жиналуы гидрологиялық және биохимиялық процестің әсерінен екені сөзсіз. Судың қозғалыстары топырақты сілтісіздендіруге және ондағы тұздардың бір жерден екінші жерге көшуіне себеп болады. Жер асты суларының химиялық құрамы сол ауданның жалпы климат жағдайымен және зоналық ерекшеліктерімен тығыз байланысты [79].

Қазақстанда тұзды топырақтардың әр түрі кездеседі. Тұзды батпақты топырақтар қатты сортаңданған топырақ түріне жатады. олардың бетіне тұздар тікелей жиналады. Тұзды батпақты топырақтар еліміздің 2,715×106 км2 территориясының 8,5×104 км2-ден астамын алып жатыр. Бұл топырақтар көбінесе қоңыр және сұр-қоңыр топырақ зоналары болып табылады. Тұзды батпақты топырақтар Қазақстанның шөлді және жазық аймақтарында кең таралған [80].

Қазақстанның оңтүстік бөлігінде тұзды батпақты топырақтардың әр түрлі типтері: шөлді аймақта Сырдария, Талас, Аса және Іле өзендерінің жағалаулары мен Жайық өзенінің төменгі ағыстарында кең тараған. Ауқымды тұзды батпақты топырақтар шағын және үлкен су айдындары, оның ішінде Каспий теңізінің шығыс бөлігі және тұзды Арал теңізі мен Балқаш көлінің жағалауларын алып жатыр. Тұзды топырақтың қыртысты-үлпекті қабатында еритін тұздардың жоғары он метр қабаттағы шөгінді шығымдылығы 15000–40000 тонна/км2 құрайды. Қазақстанда тұзды батпақты топырақтардан басқа сортаң топырақтар да кең таралған. Бұл топырақтарда суда еритін тұздар жоғарғы қабатында емес топырақтың терең қабатында оpналасады. Бұл - тұзды батпақты топырақ пен сортаң топырақ арасындағы айырмашылық болып табылады. Сортаң топырақтар далалы жерлерде, әсіресе батыс бөліктегі шөлді және де шөлейтті аймақтарда кең таралған, бірақ олар Қазақстанның солтүстік және орталық бөліктеріндегі тұзды топырақтар арасында да кездеседі. Қазақстанда сортаң топырақтар кешені жалпы тұзды топырақтың 90%-нан астамын иелейді [81].

Қазақстанда топырағында тұз жиналған провинциялар (аймақтар) да кездеседі. Қазақстанда топырақтың гало-геохимиялық құрылымы негізінде тұзды топырақты төрт негізгі провинциялар анықталған. Бұл территориялар бір-бірінен генезисі, құрамы және топырақ тасымалдау заңдылықтары бойынша ерекшеленген. Олардың үшеуі Қазақстанның оңтүстік бөлігінде оpналасқан: (1) Каспий теңізінің дренажы сульфатты-хлоридтер мен хлоридтер басым болатын бассейндер; (2) Арал теңізі дренажды бассейні хлоридті-сульфаттардың жинақталуы басым бассейн; (3) Балқаш көл дренажды бассейні содалы-сульфатты тұзы жинақталған бассейн. Осы үш провинцияда геохимиялық ағын бағытында топырақ пен жер асты суларының тұздануының артуымен және тұз қабылдайтын бассейндердің (теңіздер мен көл) алға жылжуымен сипатталады. (4) Қара теңіз дренажды бассейн провинциясы бүкіл Солтүстік Қазақстанды және Орталық, Шығыс Қазақстанның бөліктерін қамтиды, хлоридті-сульфатты тұзының жинақталуы басым болып, бұл провинцияның негізгі бөлігі батыс Сібірде оpналасқан [82].

Каспий жазығы ұзақ уақыттық геологиялық кезеңде тұз жиналған аймақ болды. Әр түрлі жұмсақ шөгінділер бассейндегі тұз миграциясының негізгі бөлігі болды. Каспий теңізінің дренажды бассейнінің хлоридті провинциясының топырағында және жер асты суларында тұздану жоғарылайды, хлоридтердің жинақталуы (көбіне натрий хлориді) басым болады, ал құрамында боры бар тұздар улы зат ретінде тіркелген. Континентальды өзендердің ағындары жылына құрамында 50%-дан кем емес хлоридтер бар 350 тонна тұздарды тасымалдайды. Каспий теңізінің суында еріген тұздардың 62,15% NaCl, ал өзеннің ағынымен теңізге жыл сайынғы түсетін тұздың мөлшері 7,93×107 тоннаға жеткен. Желдің күшімен тұздардың теңізден құрлыққа тасымалдануы Каспий теңізі бассейнінің тұз баланысында маңызды болып табылады. Тұздардың өте көп мөлшері (2×107 тонна) желдің күшімен іргелес аймақтарға жетеді. Каспий теңізінде хлоридтер басым болуымен бірге басқа да тұздар кездеседі [83].

Арал теңізі бассейні қоңыржай белдеулік зонаның оңтүстік бөлігінде оpналасқан. Биік жазықтар мен үстірттер алаптың көп бөлігін алып жатыр. Жауын-шашыны көбінесе қысқы және көктемгі кезеңдерде жазықтар мен төменгі тау етектерінде жылына 90-450 мм түседі. Аймақтағы климат тұздардың жер асты суларында сақталуына және топырақта жартылай жинақталуына ықпал етеді. Бұл аймақ республикадағы суармалы егіншіліктің негізгі көзі болып табылады. Қазақстандағы суармалы жерлердің жалпы ауданы 2,3×104 км2, оның ішінде 1,6×104 км2 Республиканың оңтүстік аймақтарында оpналасқан, осы жерлердің 30%-дан астамы егіншілікке аpналған. Арал теңізі бассейніндегі аймақта хлоридті-сульфатты тұздың жинақталуы күн сайын арта түскен, хлоридтермен салыстырғанда сульфаттар жартылай және құрғақ далаларда, тұзды батпақты және сортаң топырақ кешендерінде кездеседі. Тұзды топырақтар - құрғақ ландшафттардың негізгі компоненті, ал тұздану топырақтың деградацияға ұшырағанын және топырақтың құнарлылығын едәуір төмендететіндігін көрсетеді [84].

Балқаш көлі маңайының кейбір жерлерінің топырақ жамылғысында хлоридтер мен сульфаттардың тұздары жинақталған. Оның Арал теңізі бассейні аймағындағы топырақпен кейбір ұқсастықтары мен айырмашылықтары бар. Балқаш көлінің құрамында бикарбонатты соданың мөлшері жоғары, сонымен қатар ерігіш бор тұздары кездеседі. Қара теңіз бассейнінде топырақ негізінен сульфаттармен (натрий сульфаттары) сортаңданған, ал жер асты суларында натрий хлоридінің мөлшері көп, алайда геохимиялық ағын Қара теңізге қарай жылжыған сайын топырақ пен жер асты сулары тұзсыздана бастайды. Каспий мен Арал бассейндері және Балқаш көлдеріне қарай жылжитын геохимиялық ағын (тұз қабылдайтын бассейндер) топырақ пен жер асты суларының тұздылығының жоғарылауымен сипатталады.

Каспий теңізі маңындағы топырақтар мен жер асты суларында хлоридтер (көбіне натрий хлоридтері) біртіндеп жиналады. Құрамында бор бар тұздардың улы концентрациясы осы жерде тіркелген. Арал теңізі маңайындағы жер асты суларында, хлоридтің мөлшері көбейіп (көбіне натрий хлориді), хлорид-сульфатты тұздар жинақталған. Ал сульфаттар (көбіне натрий сульфаттары) осы территория топырақтарында жиналған. Топырақ жамылғысын кең көлемді талдау арқылы, Каспий жазығында қатты тұздану анықталған. Сонымен бірге, Балқаш көлінде қышқылдық тұздануы мен бордың жоғары концентрациясы қауп төндіруде. Тау жыныстарының құрамы және топырақтағы физикалық-геологиялық процестер топырақтағы минералдану мен тұз миграциясына әсер етеді. Арал теңізі ойпаты мен Каспий жазығы бөліктері бұрын және қазіргі кезде тұз жинақталатын негізгі аймақтар болып табылады [85].

Павлодар облысы Қазақстан Республикасының солтүстік-шығыс бөлігін алып жатыр. Солтүстікте Омск, солтүстік-шығысында Новосібір облыстарымен, оңтүстік-шығысында Ресей Федерациясының Алтай аймағымен, оңтүстігінде Шығыс Қазақстанмен, батысында Ақмола мен Солтүстік Қазақстан облыстарымен шектеседі. Қазақстан Республикасы әлем бойынша тұзды топырақтың таралу көрсеткіші бойынша бірінші орында тұрса да, еліміздегі топырақтың сортаңдану мәселесі әлі де толық зерттеліп, шешімін таппаған. Қазіргі кезде еліміздің Оңтүстік және Батыс облыстарының топырақ жамылғылары жақсы зерттелсе, Солтүстік, Орталық бөліктері аз зерттелген. Осы тұрғыдан Павлодар обылысының топырақ жамылғысына қызығушылық танытылуда. Өйткені осы жерлердің топырақтарының тұздану проблемасы өзекті тақырыпқа айналған [86].

Павлодар облысының топырақ жамылғысы табиғи ендік зоналық және биіктік зоналық жалпы заңдарына бағынады. Облыстың аумағы екі ендік топырақ аймағында, екі субзонада және екі биіктікте оpналасқан [87]. Сонымен бірге, Қазақстан Республикасы Солтүстік аймақтарында, Павлодар обылысындағы сортаң жерлер туралы мәліметтер карталық сызбада анық көрсетілген [88]. Павлодар облысының топырақ жамылғылары тұзды сортаңды болып, көптеген тұзды көлдер кең таралған. Бұл экожүйелер трансгрессия-регрессия циклінде Ертіс жазығы мен Қазақтауы аймағындағы су қоймалары маңызды рөл атқарады. Шарбақты ауданының өзінде 22 тұзды көл бар екені белгілі. Белгілі болған тұзды көлдер: Бастұз, Үлкен көсер, Мұзды көл, Баянбай, Қалатұз, Борлы, Айдарша, Сейтен, Жамантұз, Ұялы, Шарбақты, Балказы, Қызылтұз, Құдайкул, Маралды көлі, Кенсор көлі [89].

Тұзды көлдер минералды тұздардың маңызды көзі болып табылады, мирабилит, галит, сода, гипс және басқа, тұздарды және тұзды көлдер аумағын рекреациялық пайдалану өте кең таралған. Бірқатар тұзды көлдердің физикалық-химиялық қасиеттері әр түрлі болғанымен, олардың биотасы ерекше галофильді формада болады [90].

Табиғи суларды гидрохимиялық зерттеуде олардың жіктелуі маңызды мәселе болып табылады. Куpнаково-Валяшко классификациясына сәйкес, тұзды көлдер әдетте карбонатты, сульфатты және хлоридті болып бөлінеді. Кейде олар қышқылдық және негіздік типтерімен де ерекшеленеді. pH 9,0-дан жоғары көлдер, хлорид анионы басым типтеріне тән, pH 9.0-дан төмен көлдер, SO42- анионы басым сульфатты типтеріне тән. Тұзды көлдердің гидрохимиялық сипаттамалары айтарлықтай хронологиялық өзгерістерге ұшырайды. Гидрохимиялық өзгерістің себебі климаттық жағдайлардың циклдік ауытқуы салдарынан көлдердің толуы мен тартылуында байқалады [91].

Жылдар мен маусымдардағы климат пен су режимінің айтарлықтай өзгергіштігі су экожүйелерінің жекелеген компоненттері және олардың барлығына тұрақсыздықты туғызады. Сондықтан оларды геохимиялық типтерге жіктеуді ғылыми тұрғыдан дамыту өте маңызды. Осыған байланысты Павлодар обылысын тұзды көлдер маңындағы топырақтар Павлодардағы тұзды көлдердің санының көп болуына, тұзды көлдегі сулардың біртіндеп топыраққа сіңуі нәтижесінде топырақ жамылғысының сор және сортаңдану мәселесінің өзектілігін көрсетеді [92].

ХХІ ғасырдың басы жаһандық су ресурстарының тапшылығымен, қоршаған ортаның ластануы және топырақ пен судың тұздануымен сипатталады. Жан санының артуы және пайдалануға жарамды жерлердің азаюы ауыл шаруашылық тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлар болып табылады [93]. Әр түрлі экологиялық стрестер, яғни қатты желдер, температураның құбылмалылығы, топырақтың тұздануы, құрғақшылық және су тасқыны ауыл шаруашылық дақылдарының өндірісі мен өсуіне әсер етеді, олардың арасында топырақтың тұздануы ең күшті экологиялық стрестердің бірі болып табылады, және өңделген жер көлемінің, ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігі мен сапасының төмендеуіне әкеледі [94].

Топырақ пен суды дұрыс басқару тәжірибесі ауыл шаруашылық өндірісінде топырақты тұздылықтан арылтуға көмектеседі. Бірақ бұл тәсілдердің пайдасы қосымша мәселелерді тудырады. Жарамсыз топырақтар - бұл әлем бойынша ауыл шаруашылығы өндірісін шектейтін басты фактор болып саналады. 2050 жылға дейін күріш, бидай және жүгері сияқты негізгі дәнді дақылдарының өнімділігін айтарлықтай арттырып (шамамен 50%), халықты азық-түлікпен қамтамасыз ету талаптарын орындау болжанған [95].

Топырақтың ластануы, тұздануы және шөлейттенуімен күресу кезінде халықты азық - түлікпен қамтамасыз етуде өсімдіктер мен топырақтың өнімділігін зерттеу өзекті мәселе болмақ. Мұндай жағдайда өсімдіктердің жақсы өсуін қамтамасыз ету, сонымен бірге, өсімдік тамырлары мен топырақ микрофлораларының өзара селбесуі нәтижесінде топырақтың құнарлылығын арттырады [96].

Зерттеулерге сәйкес, тұзды топырақтардың өсімдіктердің өсуін тежейтіні белгілі. Топырақтың сортаңдануы бүкіл дүние жүзіндегі ауыл шаруашылық өнімділігінің негізгі мәселесі болып табылады. Тұзды топырақта өсірілген дақылдар жоғары осмостық күйзеліске, қоректік заттардың жетіспеуіне және тұздан улануға ұшырайды. Салдарынан ауыл шаруашылық өнімділігі төмендейді [97].

Дүние жүзінде ыстық және құрғақ аймақтарда топырақтың сортаңдануы ауыл шаруашылық өнімділігін төмендететіні туралы зерттеулер бар. Топырақтың тұздануы суармалы егін шаруашылығы үшін өте қауіпті болып табылатыны. Бұл жерлерде ауылшаруашылық дақылдарының көпшілігі суармалы әдіспен өсірілетіндіктен, суаруды дұрыс басқармаудың салдарынан әлемдегі суармалы жерлердің 20%-ының екінші реттік тұздануға ұшырап отырғаны белгілі [98]. Суармалы егіншілік - бұл құрғақ және жартылай құрғақ климат жағдайында жер мен су ресурстарының 2-реттік тұздануына әкелетін антропогендік фактор. Топырақтағы тұздар ион (атомдардың немесе қосылыстардың электрлік зарядталған бірлігі) түрінде кездеседі, ол иондар топырақтағы минералдардан бөлінеді. Олар, сондай-ақ, суармалы су арқылы немесе тыңайтқыш ретінде қолданылуы мүмкін, немесе кейде таяу жатқан жер асты суларынан топыраққа қарай жоғары жылжиды. Тұз иондары топырақтың профилінен жауын-шашынның шаюы арқылы тасымалданып, топырақта жиналады, нәтижесінде топырақтың тұздануы пайда болады [99].

Барлық топырақтардың құрамында суда еритін тұздар бар, өсімдіктер маңызды қоректік заттарды тек еритін тұздар түрінде ғана сіңіреді. Тұздардың шамадан тыс жиналуы өсімдіктердің өсуін қатты тежейді. Өткен ғасырда жердің физикалық, химиялық және биологиялық деградация процестері әлемдік табиғи ресурстарға ауыр зардаптар әкелді (мысалы, тығыздалу, бейорганикалық, органикалық ластану және микроағзалардың белсенділігі мен алуантүрлілігінің азаюы). Кейбір аймақтарда суарудың дұрыс басқарылмауы салдарынан жыл өткен сайын тұзданудан зардап шеккен топырақтардың көлемі ұлғаюда [100].

Тұздану көптеген елдерде қоршаған орта ресурстарына және адам денсаулығына қауіп төндіретін негізгі факторлар ретінде танылды, бұл бүкіл әлем бойынша шамамен 1 миллиард гектар континенттік аумақтың шамамен 7% құрайды. Үндістанда шамамен 7 миллион гектар жерді тұзды топырақ алып жатқандығы белгілі, олардың көпшілігі Пенджаб, Харьяна штаттарын қамтыған жабық жазықтықтар және Бихар және Раджастанның кейбір бөліктерінде сортаң жерлер кездеседі [101].

Ауыл шаруашылық дақылдары тұзды стреске ұшырайды. Тұздану ауыл шаруашылық дақылдарының өнімін төмендетіп қана қоймай, сонымен қатар топырақтың физикалық-химиялық қасиеттеріне және сол жердің экологиялық тепе-теңдігіне де әсер етеді. Тұзданудың әсерінен топырақ эрозияға ұшырап, ауыл шаруашылық өнімділігі төмендеп, экономиканың құлдырауына алып келеді. Тұзданудың әсері - морфологиялық, физиологиялық және биохимиялық процестер арасындағы өзара күрделі әрекеттесудің нәтижесі, соның ішінде өсімдіктер тұқымның өнуінде су мен қоректік заттардың сіңуі маңызды болып келеді [102].

Тұздылық өсімдіктердің барлық аспектілеріне, оның ішінде: тұқымның өнуіне, вегетативтік өсу және репродуктивті дамуына әсер етеді. Топырақтың тұздылығы өсімдіктерге иондық уыттылықты, осмостық стресті, минерал элементтердің (N, Ca, K, P, Fe, Zn) жетіспеушілігі мен тотығу стресін және топырақтың сусыздануын туғызатыны белгілі. Тұзданған топырақтағы фосфат иондары кальций (Са) иондарымен бірге тұнбаға түсіп, өсімдіктерге фосфордың (Р) сіңуін шектейтіндігі анықталған [103].

Натрий, хлор және бор сияқты кейбір химиялық элементтер қосылыстарының улы иондары өсімдіктерге токсиндік әсер етеді. Өсімдіктің жасуша қабырғаларында натрийдың шамадан тыс жиналуы, өсімдік жасушасын осмостық стреске тез ұшыратады және жасушалардың өлуіне алып келеді. Егер топырақта улы иондар көп болса, сезімтал өсімдіктерге салыстырмалы түрде төмен концентрациядағы иондардың әсері көрнекті болады. Көптеген тұздар фитонцидтер (өсімдіктер сіңіретін қоректік заттар) болғандықтан, топырақтағы тұздың көп мөлшері өсімдіктегі қоректік заттардың тепе-теңдігін бұзуы немесе кейбір қоректік заттардың сіңуіне кедергі келтіруі мүмкін. Тұздылық, сонымен қатар, фотосинтезге, хлорофиллдің мөлшеріне әсер етіп, фотосинтез процесінің тиімділігінің төмендеуін тудырады [104].

Тұзды орталар өсімдіктердің өсуіне жағымсыз әсер етеді, өйткені топырақ ерітіндісінің осмостық әсері, тұз иондарының әсері, қоректік тепе-теңдік немесе осы факторлардың жиынтығы, өсімдіктердің физиологиялық және биохимиялық өсуі мен дамуына молекулалық деңгейде жағымсыз әсер ететіні де зерттелген [105].

Өсімдіктердің тұз стресіне төзімділігі өсімдіктің өсуі немесе тірі қалу көрсеткіштері арқылы өлшенеді, өйткені ол өсімдік денесінде болатын көптеген физиологиялық механизмдердің жоғары немесе төмен болуымен сипатталады. Осмостық тепе-теңдік тұзды ортада өсетін өсімдіктер үшін өте қажет. Бұл тепе-теңдіктің бұзылуы жасушаларды дегидратацияға (сусыздануға) ұшыратып, соңында жасушалардың өлуіне әкеледі. Екінші жағынан, тұздылық өсіп келе жатқан ұлпаларға гормондардың жеткізілуінің нашарлауын тудырады. Ионның уыттылығы мен осмостық стресс өсімдіктерде метаболиттік балансты бұзады, бұл өз кезегінде тотығу стресіне әкеледі [106].

Өсімдіктердің көбею кезеңіне тұздылық кері әсер етеді. NaCl-дың концентрациясы 100-175 мМ кезінде стреске ұшыраған бидай масақтарындағы дәндердің өсу көрсеткіштерінің айтарлықтай төмендегендігі зерттелген. Топырақтың құнарлылығы төмендеп, өнім беру уақыты кешеуілдеп, соның салдарынан астық өнімі төмендеген. Осы зерттеулер нәтижесінде, өсімдіктерінің жақсы өсуінде Na+ және Cl− концентрациясы 30-50 мМ дан төмен болуы, осы жағдай ғана метаболиттік реакцияларды шектей алмайтындығы анықталған. Тұздылықтың өсімдіктердің өсуіне және дамуына кері әсерін тигізетіндігі, тұқымның өнуіне, көшеттердің өсуіне, ферменттердің белсенділігіне кедергі болатындығы анықталған [107].

Тұзданған ауыл шаруашылық жерлерін қайта пайдалану да тұзға төзімді өсімдіктерді өсіру арқылы тұздануды тежеуге болады. Зерттеулер бойынша суармалы егіншілікті оңтайландыру мақсатында тамшылатып немесе баяу ағынмен суару сияқты тиімді әдістерді қолдану ұсынылады. Дүние жүзінде абиотикалық стрестерге қарсы тұру стратегияларын әзірлеу үшін тұзға және құрғақшылыққа төзімді өсімдік сорттарын өсіру, ресурстарды басқару тәжірибелері бойынша зерттеулер жүргізілген [108].

Тұзға төзімді өсімдіктерді пайдалану - бұл тұздану мәселесін шешудің маңызды стратегияларының бірі. Бір жылдық дақылдар үшін «суармайтын» өсімдік түрлері құрғақшылыққа төзімді болып келеді. Су деңгейі төмендеген кезде топырақта тұздар жиналады. Өсімдіктердегі тұзға төзімділік, сапасыз суармалы жерлерді тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Өсімдіктердің тұзға төзімділігін арттыру үшін өсімдіктің өсуіне байланысты тұзды шектеу механизмдерін және өсімдік жасушасының органеллалары мен молекулалық деңгейдегі тұзға төзімділік механизмдерін пайдалану қажет [109].

Тұзға төзімді өсімдіктерді өсіру бағдарламаларының негізгі мақсаты жартылай құрғақ және сортаң жерлердегі дақылдардың өнімділігін сақтау. Epstein және басқалар осыдан 25 жыл бұрын тұздылық мәселесін шешудің техникалық және биологиялық сипаттамаларын көрсеткен. Тұзды топырақтардың құрамы күрделі болып, тұзға төзімді деп таңдап алынған өсімдіктерге жоғары концентрациялы, сілтілі құрамында NaCl, CaCl2, CaSO4, Na2SO4 қатарлы тұздар бар ортада сынақ жасаған [110].

Тұрақты ауыл шаруашылық жүйесі - бұл адам денсаулығының кепілі, өндірушілер мен тұтынушыларға экономикалық және рухани жағынан пайдалы, қоршаған ортаны қорғайтын және әлем халқына жеткілікті азық-түлік өндіретін жүйе. Әлемдегі ауыл шаруашылық өндірісіндегі ең маңызды шектеулердің бірі - қоршаған ортада қалыптасқан абиотикалық стресс жағдайлары. Тұзға төзімді өсімдіктер абиотикалық стрестерге қарсы тұруда маңызды рөл атқара алады. Стреске төзімді өсімдіктер сорттарын өсіру сор және сортаң жерлерді жақсартудағы өте маңызды тәсілі болып табылады [111].

Дүние жүзілік ауыл шаруашылығының ең маңызды мәселесі - жаһандық азық-түлікке деген сұранысты қанағаттандыру. Биотикалық және абиотикалық стрестер өсімдіктің өсуіне, өнімділігіне және тағам сапасына қатты әсер етеді [112]. Биотикалық стрестерге әртүрлі зиянкестер, қоздырғыштар немесе инфекциялар, ал белгілі абиотикалық стрестерге құрғақшылық, тұздылық, температура, ауыр металдар және басқа органикалық ластаушылар жататыны белгілі. Абиотикалық стрестер арасында топырақтың тұздануы ең зиянды және маңыздылардың бірі және бұлар ауыл шаруашылық өнімділігі мен азық-түлік қауіпсіздігін шектейтін факторлар екені мәлім [113].

Ауыл шаруашылық жерлерінің сортаңдануы көбінесе топырақта тұздардың, әсіресе натрийдің (Na+) және хлор (Cl−) иондарының жиналуына байланысты болады. Na+ ионының көп мөлшерде жинақталуы топырақтың су өткізгіштігін шектейді, топырақтың кеуектілігі және аэрациясын бұзады. Сонымен қатар, топырақтың тұздануы өсімдіктердің тамыр ішіндегі және тамыр айналасындағы микроағзалардың алуантүрлілігіне теріс әсер етеді. Өсімдік тұз стресінде морфологиялық, физиологиялық және молекулалық өзгерістерге ұшырап, өсуі мен дамуы тежеледі. Тұздылық Na+ және Cl− иондарының шамадан тыс жиналуынан тамыр жүйелерінің стресіне әкеледі [114].

Үндістан 6100 км құрлықтық жағалау сызығында орналасуына байланысты топырақ жамылғысы тұз жинауға бейім. Жағалаулық аймақтарда да тұздылық мәселелері кездеседі. Үндістанда шамамен 6,7 млн гектар жер тұздылықтан зардап шегуде. Жағалаудағы тұзданған топырақтардың басым бөлігі сілтілі топырақтар болып, Гуджаратта тұзданған топырақтар 1,2 млн гектар жерді алып жатады. Үндістандағы тұзды топырақтартың жалпы мөлшері жер көлемінің 71% иелеп, ең жоғары көрсеткішті байқатқан [115].

Халықаралық деңгейде тұздану жағдайы ауыр елдерге Азия және Австралия жатады. Бұл елдерде жалпы ауыл шаруашылық аумағы 2016,63 млн гектарды қамтиды. Алайда оның 27%-ы (549,30 млн гектар) тұзданған. Африкада 72,2 млн гектар жер тұзды болып, тұздан зардап шеккен жерлер жалпы ауыл шаруашылық жерлерінің шамамен 6,40% құрайды. Ал, Америкада ауыл шаруашылық жерлердің жалпы ауданы 1223,41 млн гектар болып, оның 130,5 млн гектар жері сортаңданған, Еуропада жердің 17,30%-ы тұзданғаны белгілі [116].

Табиғи процестер барысында жауын-шашын және оның булануынан пайда болған тұздар топырақтың сортаңдануының негізгі факторлары болып табылады. Кейбір топырақтарда табиғи тұзды шөгінділер болады, ол топырақтың сортаңдануына алып келеді. Теңіз жағалауындағы топырақтар жиі тұздалады. Тұзды аймақтан шыққан тұздар жақын маңдағы ойпаттарға ағынды сулар арқылы түседі. Ежелден тұздардың табиғи келу көзі құрғақ және жартылай құрғақ аймақтар болған. Кейде тұздар топырақтың беткі қабатына жақын бөлігінде сақталып, суда еріген кезде жоғары концентрациялы ертіндіге айналып, ағынды сулар арқылы топырақтың жоғарғы қабатына көтеріліп, топырақтың тұздану құбылысын тудырады. Су булануынан кейін топырақта кристалды тұздар қалады, құрғақ тұздар сумен қосылып топырақтың сортаңдануы пайда болады [117].

Топырақтың тұздануы – ауыл шаруашылық өнімділігі мен тұрақтылығына кері әсерін тигізетін жаһандық мәселе. Егер тұздану мәселесі уақытында шешілмесе, егіннің өнімділігі төмендейді, ол дақылдарды тұздану шегінен жоғары деңгейде жоюы мүмкін. Қазіргі уақытта тұздан зардап шеккен топырақтың жаһандық деңгейі туралы нақты және соңғы мәліметтер жоқ. Кейбір болжамдар бойынша 412 миллион гектар жер тұздылықтан зардап шеккен, 618 миллион гектар жер тұздануға ұшыраған. Топырақтың тұздану динамикасы бойынша, тұздану 100-ден астам елге таралған, тіпті Антарктида да тұз табылған. Ол жаһандық суармалы жер ауданының 20%-дан астамын иелейді. Сортаңданудың жаһандық және аймақтық деңгейі туралы ең соңғы ақпараттардан басқа, тұздану салдарынан болатын экономикалық шығындарды бағалау өте маңызды [118].

Әлемде тәулігіне 2000 гектар ауыл шаруашылық жерлері тұздың деградациясының әсерінен жарамсыз болып қалуда. Бүкіл әлемде тұздың әсерінен жарамсыз болған жерлер суармалы жерлердің 20% құрайды. Ең үлкен шығындарды жылына 27 миллиард АҚШ доллары болатын өнім құнының төмендеуі құрайды. Жердің тұздану деградациясының жылдық құны 1990 жылы гектарына 264 АҚШ долларын құраса, 2013 жылы гектарына 441 АҚШ долларына дейін өсті. Бұл көрсеткіш болашақта халықтың азық-түлік мәселесін шешудегі алаңдатарлық жағдай болмақ [119].

Құнарлы жерлердің көп бөлігі азық-түлік өндірісін арттыру және жаңа бағыттарды кеңейту үшін өңделген. Тек өнімділікті арттыруды басты масқсат ету салдарынан көптеген жерлер деградацияға ұшыраған. Бұл пайдалануға жарамды жердің жалпы аумағының шамамен 15%-ы топырақ эрозиясы және физикалық-химиялық факторлар әсерінен деградацияға ұшыраған, әсіресе топырақтың тұздануы басым болған [120].

Тұзды топырақтар өсімдіктердің өсуін осмостық қысым арқылы тежейді, бұл өсімдіктердің суды сіңіру және артық иондарды қабылдау қабілетін төмендетеді (өсімдік жасушаларына әсер етеді). Топырақтың тұздылығы өсімдіктердегі қоректік балансты бұзады. Егер тұздану натрий ионының әсерінен болғанда, топырақ профилінен шайылады да, содалы топырақтың пайда болуын тездетеді. Көптеген тұздар топырақ құрамын өзгертеді. Нәтижесінде гипоксия (оттегі жетіспеушілігі) мен тұздың өзара әрекеттесуі өсімдіктердің өсуінде қатты депрессиялық жағдайды тудырады [121].

Канаданың далалы жерлерінің 4,5 млн гектары сортаңдануға ұшырауда. Топырақтың әртүрлі морфологиялық, физикалық, химиялық және биологиялық қасиеттеріне байланысты тұздың жиналуы топыраққа әр түрлі әсер етеді. Мысалы, хлоридтер сор топырақтарда басым болғанымен, кальций, магнийдің еритін қосылыстары, калий, темір, бор, сульфат, карбонат, және бикарбонаттар да сортаң топырақтарда кездеседі. Топырақта гипстің болуы, оның ерігіштігіне байланысты өсімдіктердің өсуіне осмостық әсер етпейтіні белгілі [122].

Австралия мемлекеттік органдары жер және су ресурстар сапасына тұздылықтың әсері туралы алаңдаушылық танытқан. Австралияның Мюррей Дарлинг бассейні және жер асты суларының тұздануына байланысты, әсіресе Батыс Австралияда тұздылыққа баса назар аударылған. Әлемдегі көптеген ландшафттарда кездесетін ортақ белгілер бойынша Австралия ландшафтындағы сілтілі топырақтарына зерттеулер жасалынған. Тұздар ағынды аймақтарға судың капиллярлы көтерілуі арқылы жетеді, тұзды ландшафтты алқаптың жағасында жер астындағы сулар арқылы топыраққа сіңіп кетуі мүмкін. Ұлттық жер және су ресурстары аудитының бағалауы бойынша Австралияның ауыл шаруашылық және жайылымдық аймақтарының шамамен 5,7×104 км2 аумағы тұздан зардап шеккені анықталған. Ұзақ жылдар бойы жел мен жаңбырдың әсерінен тұздар топырақта жиналып қалғандығы анықталған [123].

Австралиядағы көптеген жер асты сулары сынамаларының жалпы тұздылығы теңіз суымен бірдей болған. Тұзды жер асты суларының тұрақты изотоптық құрамы туралы зерттеулер Австралия континентінің тұздану көзі негізінен жауын-шашын екенін көрсетті [124]. Натрий тұзының топырақ қабаттарында жылжуына байланысты, Австралияның ауылшаруашылық аймақтарындағы топырақтың 60%-дан астамы содалы топыраққа айналған. Австралияда, ауыл шаруашылық аумағы 7.6×106 км2 болса, тұзды және басқа да сілтілік шектеулер 2,5×106 км2 құраған. Ал ауыл шаруашылығы жерлерінің 67%-ы тұзданған және өсімдіктердің тамыр жүйелері тежелуге ұшыраған. Соның салдарынан ауыл шаруашылығы экономикасына жылына 1330 миллион долларға жуық шығын келтірген [125].

Тұздылық бүкіл дүние жүзілік дақылдардың өнімділігіне жағымсыз әсер ететін негізгі абиотикалық стрестердің бірі ретінде өсімдіктердің өсуі мен дамуына кері әсер етеді. Өсімдіктердің тұзға төзімділігін жақсартудың жаңа тәсілі биотехнологиялық маңызды стратегиялар, әсіресе тұздылық стресіне төзімді, өндірістік құндылыққа ие, өміршеңдігі, өнгіштігі жоғары галофитті өсімдіктер тұқымдары мен көшеттерінің жаңа түрлерін зерттеу болып табылады [126].

**1.3 Галофитті өсімдіктердің экологиясы**

Галофиттерді көптеген ғалымдар әр түрлі жолмен әртүрлі критерийлерге негізделе отырып анықтайды. Шимпер (Schimper) галофиттерді тұзды ортада қалыпты тіршілік етіп өсуге қабілетті және «қарапайым» топырақта да өсе алатын өсімдіктер деп атады [127].

Стокердің (Stocker) айтуы бойынша галофиттер - тұз концентрациясы 0,5%-дан жоғары ортада өмірінің кез-келген кезеңінде төзе алатын өсімдіктер. Dansereau галофиттер туралы, тек сортаң топырақта өсетін өсімдіктерді атауға болатындығын көрсетті. Гринвей мен Мюннс (Greenway and Munns) галофиттерді келесідей анықтады: «Сортаң топырақтың өзіндік флорасы болып, құрамында 70 мМ моновалентті тұздарға ие ертінділер, ал осы тіршілік ортасында тіршілік ете алмайтын өсімдіктер галофиттерге жатпайтындар». Алайда бұл анықтама тұзға төзімді түрлер арасындағы байланыстың толық емес екендігін көрсетті [128].

Галофиттерді экологиялық аспектілер негізінде төмендегідей жіктеуге болады (1) міндетті, (2) факультативті (3) тіршілік ету ортасы маңызды емес галофиттер. Олардың тұзды жағдайларда өсу заңдылығы әртүрлі. Міндетті галофиттер тек тұзды ортада ғана өсе алады, сонымен бірге олар тұздылығы жоғары жағдайда қалыпты өседі және дамиды. Көптеген өсімдік түрлері *Chenopodiceae* тұқымдасына жатады. Факультативті галофиттер тұзды топырақта тамыр жая алады, бірақ оларға ең үйлесімді жағдай тұзсыз немесе, аз тұзды орта болып табылады. Дегенмен олар да тұзға төзімді болып келеді. Көбінесе *Poaceae, Cyperaceae*, *Brassicaceae* тұқымдастары, сондай-ақ *Aster tripolium, Glaux maritima, Plantago* *maritima* және т.б. түрлері осы топқа жатады. Бұл өсімдіктер тұзға сезімтал түрлермен бәсекелесе алады, екінші жағынан тұзды топырақта өмір сүруге қабілетті [129].

*Chenopodium glaucum, Myosurus minimus*, және *Potentilla anserina* кез-келген тіршілік ортасында өсе алады. *Festuca rubra, Agrostis stolonifera* және *Juncus bufonius* сияқты көптеген түрлер тұзды және тұздылығы төмен топырақтарда өсетін түрлер генетикалық жағынан ерекшеленеді. Алайда, галофиттердің осы үш түрінің барлығы гликофиттерге қарағанда сор және сортаң жерлерде жақсы өседі [130].

Галофиттер мен галофиттерге жатпайтын өсімдік түрлерінің айырмашылығы өсу көрсеткішінің тұздылыққа байланысты жоғарылауында. Галофиттер тек тұзды топырақта жақсы өсе алады, бірақ олардың тұзданбаған топырақтарда тіршілігін жалғастыруы туралы мәселе әлі зерттелмеген [131].

Галофиттердің тұзды ортаға бейімделу механизмдеріне келсек, тұздар барлық өсімдіктерге бірдей зиянды емес. Бүгінгі таңда, галофиттердің таралуы, дамуы және тұзға төзімділігі, физиологиясы қарқынды зерттелген. Галофиттер сіңірген тұздар өсімдіктердің өсуін тікелей тежемегенімен, өсімдік жасушасының ісінуіне, фотосинтез немесе басқа ферменттердің белсенділігіне әсер етеді. Галофитті өсімдіктер жапырақтарында тұздардың көптеп жиналуы өсімдіктер өмірінің қысқаруын жеделдетеді. Жапырақтардың көптеп түсуі ассимиляттардың немесе гормондардың жеткізілуін тежеп, өсіп келе жатқан өсімдік ағзаларына кері әсерін тигізеді [132].

Галофиттердің шығу тегі әр түрлі болғанымен, олардың барлығы осмостық реттеудің негізгі қағидасына бағынады. Цитоплазмада және вакуольде бейорганикалық тұздардың, әсіресе NaCl мен органикалық еріген заттардың жиналуы арқылы реттеледі. Ал гликофиттерде иондардың тасымалдануы осмостық қысымға тәуелді емес реттелуге жатады. Галофитті өсімдіктердің вакуольдері Na+ цитоплазмаға ағуының алдын алу үшін өзгертілген липидті құрамға ие болуы мүмкін [133].

Галофитті өсімдіктер жасушаларында үлкен вакуольдердің осмостық қысымның реттелу қызыметінің көмегінде тамырдың топырақтан суды сіңіруін қамтамасыз етеді. Мысалы, *Suaeda maritime* потенциалды галофит болып, вакуольдердің мезофилл жасушалары 77%-ды иелейді. Ол тұздың 500 мМ-ге дейін жоғары концентрациясын жинауға қабілетті. Сонымен қатар, галофитті өсімдік *S. Maritime* жасушасындағы Na+ концентрациясы тіпті 800 мМ-ден асады. Барлық галофиттер тұзды жинауда жақсы нәтиже көрсеткенімен, алайда жалпы тұздың жиналу деңгейі өсімдік түрлерінің адаптациялық жағдайларына байланысты әр түрлі болады [134].

Көптеген зерттеулерде галофиттердің тұзға төзімділігіне байланысты бейімделу механизмдері анықталған. Оның ішінде мына механизмдерді атап айтуға болады: иондардың дифференциациясы, осмостық қысымның пайда болуы, өнгіштік, осмостық бейімделу, суккуленттілік, селективті тасымалдау және иондардың сіңірілуі, ферменттер реакциясы, тұздың шығарылуы және генетикалық бақылау [135].

Әлемде тұзданған жерлер климат жағдайының өзгеруіне байланысты күннен-күнге артып келеді және қазіргі кезде осы экологиялық қолайсыз жағдайларды жеңу үшін тұзға төзімділігі жоғары өсімдіктерді өсіру маңызды тықырыпқа айналуда. Галофиттер көкөніс, жем-шөп және майлы дақылдар ретінде агротехникалық далалық сынақтардан өткен. Өнімділігі жоғары түрлер биомассаның 10-20 тонна/гектарға дейін өнім береді. Мысалы, *Salicornia bigelovii* майлы дақыл ретінде 2 тонна/гектарға дейін өнім береді. Тұқымның құрамында 28% май және 31% ақуыз бар болып, олардың тұқымының сапасы сояның тұқымымен бірдей екендігі зерттелген [136].

Кейбір галофиттерді тұздануға бейім жерлерде жануарларға жем ретінде пайдалануға болады. Кейбір галофиттердің құрамында тұздың жоғары концентрациясының болуына байланысты азықтыққа қоспа ретінде пайдалану ұсынылмайды. Галофиттердің негізгі механизмдері - тұзды ортаға төзімді, тіршілік ете алатын және өнімділікті сақтайтын дақылдардың сорттарын жасау үшін пайдалы болуы мүмкін [137].

Агротехникалық жағдайда, өсірілген галофиттерді тұздылығы жоғары жерлерде ауыл шаруашылығының жалпы мүмкіндіктерін бағалау үшін пайдалануға болады. Галофиттер жаңа дақылдардың тікелей қайнар көзіне айналуы мүмкін. Алайда, галофиттердің кейбіреулері кей жағдайларда жақсы әсер көрсете алмайды. Мысалы, галофиттердің кейбір түрлерін гликофиттермен салыстырғанда биомассасы жағынан төмен болуы мүмкін [138].

Көптеген галофиттер тұзды ортада тұзды жинаудан басқа, өсіп, өнім бере алады, сонымен бірге, топырақтағы ауыр металдарды тазартуға қабілетті. Галофиттерді гликофитті өсімдіктермен салыстырғанда ауыр металдармен ластанған ортаға бейімделіп ластанған жерлердің экологиялық тұрақтылығын сақтауда ұтымды әдіс ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [139].

Тұзды топырақты мелиорациялау, негізінен, химиялық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Алайда бұл әдісті кейбір елдерде соңғы жиырма жылда ауыл шаруашылығы жерлерінде пайдалануға тыйым салынған. Тұзға төзімді өсімдіктер тұзды-сілтілі жерлерді қалпына келтірудің маңызды факторы болғандықтан, бұл өсімдік түрлерін өсіру сілтілі жерлерді жақсартудың тиімді тәсілі болуы мүмкін. Соңғы жылдары, тұздылық мәселесін шешу үшін экологиялық таза және қауіпсіз технология - фиторемедиация қолданылды. Ауыл шаруашылық жерлерінің тұрақтылығын сақтау үшін тұздылықты бақылау және тұзсыздандыратын (иондық) өсімдік түрлерін пайдалану қарастырылды [140].

Фиторемедиация - өсімдіктерді пайдалана отырып, қоршаған ортаны ластаушы заттардан тазартатын зиянсыз тәсіл болып табылады. Галофитті өсімдіктер тұзбен ластанған топырақты қалпына келтіріп қана қоймай, сонымен бірге, азық-түлік, жем, отынмен қамтамасыз етеді. Тұздан зардап шеккен жерлері бар фермерлер үшін де өнеркәсіптік шикізат және кірісті көбейтудің негізгі көзі болмақ. Басқа авторлар тұздан зардап шеккен топырақтарды мелиорациялауда біpнеше галофитті өсімдік түрлерін зерттеген [141]. Кейбір зерттеушілер бірқатар эксперименттер жүргізгеннен кейін фиторемедиацияны тиімді мелиорациялық стратегия деп тапқан. Кейбір галофиттер тұзды топырақта оң әсер етуден басқа, жем-шөп және майлы дақылдар ретінде пайдалану мүмкіндігіне ие болуымен сипатталған [142]. Бойко (Boyko) галофитті өсімдіктерді топырақ пен суды тұзсыздандыру үшін қолдануға болатындығын алғаш рет ашқан [143].

Фиторемедиация әдісі тұзданған жерлерді қалпына келтірудің экономикалық тиімді және экологиялық қауіпсіз технологиясына айналуы даусыз. Фиторемедиация көп уақытты қажет еді, себебі ластаушы заттардың деңгейін төмендету үшін өсімдіктердің біpнеше өсу кезеңдері қажет. Сонымен қатар, тамыр аймағы топырақтың тереңдігіне байланысты, бұл өсімдіктердің өсуі мен өнуін тежейді. Нәтижесінде тұзға төзімді, тереңге тамыр жая алатын, тамырлары жақсы жетілген, биомассасының жеткілікті болуы тұздан зардап шеккен жерлерді қалпына келтіру үшін таңдалатын өсімдіктердің негізгі критерийлерінің бірі анықталды. Сонымен, тұзды топырақты фиторемедиациялау үшін қолайлы өсімдік түрлерін таңдау өте маңызды және өзекті мәселе [144].

Фиторемедиация әдісінен пайдаланып тұздардың мөлшерін жоюға мүмкіндік зро, мұнда тұзға төзімді өсімдіктердің биомассанын арттыру арқылы экономикалық маңыздылыққа ие өсімдік түрлерін таңдап алу. Таңдалған өсімдік түрлері тұздың жоғары концентрациясына төзімді болып, азық-түлік және жем-шөп ретінде фиторемедиация үшін қолдануда өте тиімді болатындығы белгілі. Ағаштар және шөптермен фиторемедиациялау әдісі өте тиімді болмақ, өйткені оларды жем, ағаш және жанармай ретінде пайдалануға болады. Топырақты мелиорациялау үшін галофиттерді пайдалану әлі зерттелу сатысында және далалық зерттеулер жүргізілуде [145].

Нағыз галофиттерде тамыр аймағы тұздың мөлшерін азайтуға бейімделген. Бұл өсімдіктер тұздану мәселелерін шешудің әр түрлі тәсілдері негізінде қолданылады, олардың кейбіреулері тұздылығы төмен болған кезде (жаңбырлы кезеңдерде) циклін аяқтау арқылы тұздылықтан алшақ болады, ал кейбір түрлері тұздылыққа қарсы қызымет атқарады, кейбір түрлері тұздылыққа төзмді болып келеді [146]. Мұндай өсімдіктер тұздарды өз жасушаларында жинайды және оны аpнайы мүшелер арқылы жасушадан сыртқа шығарады. Шетел зерттеулерінде ауыл шаруашылық мақсатында пайдаланылатын жерлердің топырақтарының тұздану деңгейін қалпына келтіру және соңында тұзсыздандыру үшін галофитті өсімдік түрлерін кеңінен өсіру ұсынылады [147].

Жағалаудағы тұзды батпақтар мен ішкі көлдерде тұздың мөлшері көп болады. Сонымен қатар, ауыл шаруашылық жерлерді суару әдісінің дұрыс болмауынан тұзды-сілтілі жерлердің пайда болуы, тұщы су қоймалары мен топырақтың тұздануы климаты құрғақ және жартылай құрғақ аймақтарда басым болады. Топырақтың тұздануы көптеген өсімдіктердің өмірлік цикліне қауіп төндіреді [148]. Галофиттер - NaCl концентрациясы 500 мМ немесе теңіз суының концентрациясына тең және одан да жоғары болатын тұзды топырақта өзінің өмірлік циклін жалғастыра алатын өсімдіктер. Алайда, кейбір әдебиеттерде галофиттер NaCl концентрациясы 200 мM-дан жоғары болғанда тіршілік ете алатын және көбейе алатын өсімдіктер деп көрсетілген [149].

Тұздылықты жоюға аpналған механизмдерге негізделе отырып, галофиттерді үш топқа бөлуге болады: эвгалофиттер немесе нағыз галофиттер (*Suaeda salsa)* вакуольдеріне улы иондарды белсенді түрде жинай алады. Рекретогалофиттер немесе криногалофиттер (тұз иондарын тікелей секреторлық құрылыммен сыртқа шығаратын тұз бөлгіш галофиттер, мысалы, *Chenopodium quinoa* және *Limonium bicolor)*. Жалған галофиттер (тұз иондарын өз денесіне толық сіңірмей жапырақтары арқылы сыртқа шығарып тастайтын галофиттер, мысалы, *Avicennia officinalis*) [150]. Галофиттердің кейбір түрлері теңіз суларында немесе қатты тұзды топырақтарда өсе алады және өмірлік циклдерін сол ортада аяқтайды. Оларға *S. salsa* және *L. bicolor* сияқты өсімдік түрлері жатады [151]. Галофиттерге жатпайтын өсімдіктердің көпшілігі тұзданбаған топырақтарда өсетіндіктен, NaCl концентрациясының жоғарылауымен тұз стресіне жауап бере алмай, өсуі күрт төмендейді. Мұнда галофиттер NaCl концентрациясы айтарлықтай мөлшерде болғанда жақсы өседі. Мысалы, *S. salsa* және *Suaeda fruticosa* үшін тұздың концентрациясы 200 мМ. *Chenopodium quinoa* үшін 150 мМ, *Cakile maritima* үшін 100 мМ өте қолайлы концентрация екендігі зерттелген [152].

Фиторемедиация ауыр металдар сияқты бейорганикалық ластаушыларды тұрақтандырады. Немесе экстракция жолымен органикалық ластаушы заттарды жою процестеріне қатысады. Ремедиация топырақты қазуды, тасымалдауды қажет етпейді. Оның басты мақсаты - топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерін сақтау, қалпына келтіру тіпті сапасын жақсарту. Сонымен қатар, экологиялық және экономикалық жағынан тиімді, өйткені ол талап етілген шығындардан әлдеқайда арзанға түсетін тиімді әдіс екендігі анықталған [153].

Әлемде өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығы қарқынды дамуы қоршаған ортадағы топырақтың, судың және ауаның ластануын жеделдетуде. Топырақтың ауыр металдармен ластануы топырақтағы микроағзалар, өсімдіктерге мен жануарларға тигізетін зиянын ауыр болып, тіпті адамдардың денсаулығына қауіп төндіреді. Мысалы, қоректік тізбек арқылы ластаушы заттардың адам ағзасына тікелей енуінен күрделі аурулар көбейуде. Ауыр металдармен ластану адам денсаулығына айтарлықтай қауып төндіруде [154].

Фиторемедиация, қоршаған ортадағы ластаушы заттарды азайту немесе оларды зиянсыз ету үшін өсімдіктерді пайдаланатын экономикалық жағынан тиімді және экологиялық таза технология болғандықтан, соңғы жылдары бұл әдіске баса назар аударыла бастады. Жалпыға мәлім эугалофитті өсімдіктер ауыр металдармен ластанған және тұзданған топырақты қалпына келтірудегі фиторемедиаторлардың тамаша баламасы болып табылады, өйткені гликофиттермен салыстырғанда ауыр металдармен ластанған топырақты фиторемедиациялауда артықшылықтары басым болып келеді. Олар ауыр металдарға төзімді және ауыр металдарды көп сіңіре алады. Сонымен қатар, тұзды топырақтағы ауыр металдардың жылжуын тездетіп, тамырдан сабаққа қарай жоғарылауына ықпал етеді [155].

Қазіргі кезде зерттеушілер ауыр металдармен ластанған жерлер мен тұзданған топырақтарды галофиттердің көмегімен тазарту бойынша көптеген зерттеулер жүргізуде. Кейбір зерттеушілер галофиттердің ауыр металдармен ластанған топырақ жамылғыларын тазартудағы әсерін қарастыруда. Алайда, бүгінгі күнде фиторемедиациялау әдісін қолданған ғылыми жұмыстар сирек кездеседі [156]. Галофиттерді пайдалана отырып ауыр металдармен ластанған жерлерді және тұзды топырақтарды фиторемедиациялауға бағытталған зерттеу жұмыстарының жетістіктеріне соңғы кездері баса назар аударылуда. Галофиттердің тұзға төзімділік механизмдерінен қолданып ауыр металдардың уыттылығын, ауыр металдармен ластанған жерлерді, тұзданған топырақтарды галофиттердің фиторемедиация әдісімен тазалау тиімділігі артуда [157].

Галофиттер дүние жүзі флораларының шамамен 1%-ын және құрлықтағы өсімдік популяцияларының 2%-ын құрайды. Ол, галофиттерге жатпайтын басқа өсімдік популяцияларының 99% өсе алмайтын тұздардың жоғары концентрациясына төзе алады. Галофиттер құрғақ және жартылай құрғақ аймақтардағы үй жануарларының рационындағы дәстүрлі ингредиенттердің орнын баса отырып, жем-шөп пен мал азығы ретінде қолданылады [158].

Галофиттерді мал азығы ретінде пайдалану да көбінесе өсімдіктердің олардың биомассасына, тағамдық құндылығына және жемді өз еркімен қабылдауына байланысты болады. Мәліметтерге сәйкес, *Atriplex lentiformis* күйіс қайыратын жануарлар үшін маңызды азық ретінде қолдануға болатындығы анықталған. Сол сияқты *Atriplex amnicola* биомасса өнімділігі жоғары галофит, ауыр металмен ластанған топырақтарда қауіпсіз жем-шөп дақылдары ретінде маңызды әлеуетке ие. *Suaeda glauca* салыстырмалы түрде биомассасы жоғары және ақуызға бай болғандықтан Қытайдың солтүстік-шығыс аймағында қойларға аpналған өте перспективалық шикізат ретінде қолданылатындығы зерттелген [159].

Галофиттерді адамзат қорек ретінде пайдалануға болатындығы белгілі, әсіресе суы мен топырағы тұзды болатын аймақтарда қолданыған. *Distiplis palmeri* галофитті өсімдігі өзінің әлеуетін тұзды су шайған топырақтарда көпжылдық дәнді және жемдік дақыл ретінде көрсетті. Сонымен қатар, *Atriplex triangularis, Salicornia bigelovii* және *Diplotaxis tenuifolia* сияқты галофитті өсімдіктердің жапырақтары көкөніс ретінде қолданылған. Галофитті өсімдіктердің кейбір түрлерінің тұқымды жеуге жарамды майлы дақылдардың негізгі көзі болып табылады. *Salicornia bigelovii* маңызды майлы галофитті өсімдік түрі болып, тұзға төзімділігі жоғары және тұқымдары 30%-ға дейін май бере алады. *Suaeda fruticose* тағамдық майдың негізгі көзі болып саналады [160].

Тұзға төзімді өсімдіктер, ауыл шаруашылық жерлерін қалпына келтіру мен ағынды суларды тұщыландыру сияқты бағдарламалар үшін жақсы нәтижелер көрсетті. *Suaeda maritima* және *Sesuvium portulacastru* тұздардың көп мөлшерін тіндеріне жинап, топырақтағы тұздардың азаюында маңызды рөл атқаратындығы зерттелген. *Atriplex halimus* және *ZygopHyllum fabago*-ның денесінде Na+ мен Cl- көп мөлшерде жиналатындықтан, бұл түрлердің тұзданған аумақты тұзсыздандыруда тиімді қызымет атқаратындығы анықталған [161].

Галофиттердің ауыр металдар мен ксенобиотиктерге төзімділігіне байланысты ремедиациялау процесінде пайдалану ұсынылған. Галофиттердің топырақтағы ауыр металдарға және тұздарға төзімділігі олардың жасушаларындағы механизімдеріне тығыз байланысты екендігі анықталған [162]. Галофиттер гликофиттерге қарағанда ауыр металдардың стресіне табиғи түрде жақсы бейімделген. Кейбір галофиттер, мысалы *Atriplex halimus, Spartina alterniflora*, *Sesuvium portulacastrum* және *Tamarix africana* ауыр металдармен ластанған жерлерді тазартуда өте белсенді түрлер екендігі зерттелген [163].

Галофиттерді азық-түлік пен жанармайдан басқа, коммерциялық мақсаттарға пайдалануға болады. *Sesuvium portulacastrum*-ді дәстүрлі медицинада безгекке, бүйрек ауруларына, қан ауруларына қарсы құрал ретінде қолданған. *Salicornia herbacea*-ны антиоксидант ретінде теріні жасартуда қолануға болатындығы, *Salicornia europaea*, *Glehnia littoralis* және *Suaeda fruticosa* сығындыларының адамның жасушаларындағы токсиндерге қарсы әсер ететіндігі дәлелденген. Галофиттерді тағамдық қоспалар және косметика ретінде де қолдануға болатындығы анықталған [164]. Галофитті өсімдіктердің морфологиялық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттері әр түрлі болғандықтан, олардың тұзға төзімділік дәрежелері де әр түрлі болады. Әдетте галофиттердің ауыр металдарға төзімділігінің жоғары болуы оның тұзға төзімділік қасиетімен тығыз байланысты. Демек, галофиттердің ауыр металдарды жасушаларына жинауы және стреске бейімделу механизмдері негізінен жасушалық және жасуша аралық бөлімдер арқылы жүзеге асырылады [165].

Галофитті өсімдіктер тұзды стресті жеңу үшін осмостық реттеу сияқты кейбір нақты төзімділік механизмдеріне сүйенеді. Бұл мезанизмдері белгілі болғанымен, жасушадағы иондардың тепе-теңдігі мен антиоксидантты механизмдері толық зерттелмеген. Галофитті өсімдіктер сыртқы орта жағыдайында судың потенциялының қиындықтарына осмостық бейімделу арқылы жауап береді [166]. Жалпы алғанда, галофиттердегі осмостық реттелуге иондардың жасушада жиналуы, бөлінуі немесе сыртқа шығарылуы, сондай-ақ, үйлесімді еріген заттардың биосинтезі арқылы қол жеткізуге болады. Көптеген галофиттер бейорганикалық иондарды cіңіру және қажетті осмостық градиентті сақтау үшін топырақтағы су тамыр айналымындағы ерітіндінің концентрациясына тең немесе одан үлкен болуы керек [167].

Көптеген галофиттер топырақтан суды сіңіруде және осмостық градиентті сақтауда, сыртқы ортадағы бейорганикалық иондардың концентрациясы тамыр жүйесіндегі ертінділердің концентрациясына тең немесе одан үлкен болады. Сонымен қатар, галофиттер жасушадағы суды төмендету, энергияның жұмсалуын бақылау және цитоплазмадағы тұзға сезімтал ферменттерді қорғау үшін вакуольдерде органикалық емес иондардың оқшаулануы мен жинақталуын реттеп отырады [168]. Натрий ионын цитоплазмадан немесе вакуольдерден шығаруда, тұзды индукциялайтын Na+ және H+ кері тасымалдаушы ферменттер арқылы жүзеге асады. Сонымен қатар, кейбір галофиттер тұзды жасушаларынан тамырлары арқылы немесе тұз шығаратын безшелері арқылы сыртқа шығарады [169].

Галофиттерге жатпайтын басқа барлық өсімдіктермен салыстырғанда, галофиттердің ауыр металдарға төзімділігі жоғары болады. Галофиттердің тұзға және ауыр металдарға төзімділігі, олардың ерекше физиологиялық механизмдерге ие болуымен сипатталады. Өсімдіктердегі тотығу стресі және галофиттердің органикалық ерігіш заттарды синтездеу қабілеті олардың ауыр металдарға төзуіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кейбір галофиттер экскреторлы (бөліп шығару) механизмдері арқылы ауыр металдардың уыттылығына төзе алады. Галофиттердің безшелері Na+ және Cl--нын жасушадан сыртқа бөліп қана қоймай, сонымен қатар фотосинтез барысында ауыр металл иондарын жапырақтары арқылы шығарады [170].

Ауыр металдармен ластанған жерлер және тұзданған топырақтарды қалпына келтіру үшін әр түрлі әдістер қолданылады. Ластанған жерлерді қалпына келтіру барысында аралас ластанудың күрделілігіне, кемелденбеген технология және шығындардың көп болуы әсер етеді [171]. Фиторемедиация дәстүрлі әдістерге балама әдіс ретінде қолданылады, ол ластанған жерлерді қалпына келтіруде экономикалық және уақытты үнемдеу тұрғысынан тиімді болмақ. Ауыр металдардың тиісті мөлшерін жасушасына жинай алатын және артық мөлшерін сыртқа шығаратын белсенді галофитті өсімдік түрлерін таңдау аса маңызды болып табылады. Галофиттер биомассаның жоғары өнімділігі ауыр металдармен ластанған және тұзды топырақты ремедиациялау үшін ыңғайлы және тиімді әдіс екендігі зерттелген [172].

Фиторемедиацияның біpнеше негізгі әдістері бар, олардың әрқайсысы тұздар мен ауыр металдан зардап шеккен ортаны қалпына келтірудің әртүрлі механизміне ие. Соның ішінде ең маңыздысы - фитоэкстракция, ол ауыр металдар мен органикалық ластаушы заттарды өсімдіктің денесінде немесе негізгі бөліктерінде шоғырландыру арқылы топырақтан сыртқа шығару механизміне ие. Фитостабилизация әдісінде өсімдіктер ауыр металдарды тамырларына жинау немесе ризосфера шегінде жауын-шашын арқылы олардың химиялық қасиетін өзгертіп, ауыр металдарды толығымен иммобилизациялайды [173].

Галофитті өсімдіктердің гипераккумуляторлары және биомассасының жоғары болуы фитоэкстракция әдісі үшін екі идеалды құрамдас бөлім болып табылады. «Гипераккумулятор» терминін алғаш Brooks ашқан. Ол кептірілген жапырақтардың құрамында 0,1% -дан жоғары никель (Ni) бар өсімдіктерді пайдаланған. Қазіргі кезде «Гипераккумулятор», табиғи жағдайда өскен кезде жапырақтарында металл элементерінің концентрациясы белгіленген шектен асатын өсімдік ретінде қарастырылады [174].

Өсімдіктердің топырақтағы тамыр жүйелері металдардың негізгі сіңірілу аймағы болып табылады, жалпы фитоаккумуляцияланған металдың 90%-дан астамын құрайды. Сонымен қатар, галофитті өсімдіктер бір уақытта біpнеше металдарды тамыр бөліктерінде жинай алады. Мысалы, Cu, Pb, Ni және Zn-тың *Atriplex hortensis var. purpurea, Atriplex hortensis var. rubra,* және *Atriplex rosea* өсімдік түрлерінде жиналатындығы зерттелген. *Salicornia ramosissima*-ны фитоаккумуляция және фитостабилизация үшін қолдануда маңызды әлеуетке ие болатындығы зерттелген. Сонымен қатар, ол Cd-ді тамыр бөліктерінде жақсы жинай алады [175].

*Suaeda fruticose* өсімдігі тамырларында көп мөлшерде Cd2+ және Cu2+-ды жинайды, бұл оның Cd2+ және Cu2+ иондарымен ластанған тұзды топырақты залалсыздандыру үшін қолдануға болатындығын сипаттайды. *Atriplex halimus* өсімдіктерінің ұлпаларында шамамен 830 мг/кг Cd ионын және 440 мг/кг Zn ионын жинай алады. Бұл фитоэкстракция әдісі үшін тиімді галофитті өсімдік түрі ретінде қолданады. *Tamarix smyrnensis* өсімдігі Pb, Cd-дің гипераккумуляторы болмағанымен, ауыр металды жасушасына жинау қабілеті мен биомасса өнімінің жоғары болуы, оның фитоэкстракция әдісі ретінде қолдану мүмкіндігін көрсетті [176]. *Portulaca oleracea -* алты валентті хромды Cr (VI) фитоэкстракциялау үшін гипераккумулятор ретінде қолдануға болатындығы дәлелденген. *Sesuvium portulacastrum* жапырақтары Cr, Cd, Cu, Zn, Na-дың тиімді аккумуляторы болып, осы химиялық элементтердің ауыр металдармен ластанған жерлерді фитоэкстракциялау үшін қолдануға болатындығы анықталды [177].

Әр түрлі галофитті өсімдік түрлерінде металл иондарының жиналуы мен тасымалдануы, сондай-ақ фиторемедиацияның тиімділігі де әр түрлі болады. *Aster tripolium, Atriplex verucifera, Salicornia europaea* және *Chenopodium* *album* өсімдік түрлерінің қорғасынды фиторемедиациялауға тиімді болатындығы анықталды [178]. *Triglochin striata* өсімдік түрі потенциалды фитостабилизатор болып табылады, өйткені ол металдарды топырақтан сіңіріп тамырларында сақтайды. Керісінше, *Phragmites australis* түрі потенциалды фитоэкстракциялаушы болып табылады, өйткені ол топырақтан сіңірген металл иондарының концентрациясын төмендетіп жсаушада жинап сақтайды. Сонымен қатар, *Juncus maritimus* және *Spartina* *patens* түрлері металл иондарын жапырақтарыб сабақтары мен тамыр бөліктерінде сақтайды [170].

Топырақтың қасиеттері металл иондарының жылжыуына, сонымен қатар, өсімдіктердің оларды тамыр жүйесі арқылы сіңіруіне әсер етеді. Топырақтың pH-көрсеткіші өсімдіктердің металдарды сіңіруінде негізгі рөл атқаратын фактор болып саналады. Топырақтағы катиондардың алмасу қабілеті топырақтың құрамындағы сазды балшықты деңгейінің жоғарылауына ілесіп артып отырады да металл иондарының қол жетімділігі төмендейді. Топырақтың органикалық реактивті қабаты микроэлементтер мен фитоаккумуляцияның биожетімділігін төмендетуі мүмкін [180].

Өсімдіктер ризосферасы металдардың қозғалғыштығына әсер етуі мүмкін, өйткені ол айналасындағы шөгінділерге қарағанда металдарды көп жинай алады. *Halimione portulacoides* металдың еріген фазалық концентрациясының жоғарылауына айқын себеп болатыны белгілі. *S. salse-*ның тамыр ұштары Cd ионын сіңіруге және тамыр клеткаларының плазмалық мембранасындағы Ca иондарының тасмалдануына немесе өткізгіштік қызыметінің реттелуіне әсер ететіндігі дәлелденген. Мысалы, Cd2+ тамырдың ұшына жақын ризосферада көп шоғырланады. Бұл Cd мен ластанған жерлерді фиторемедиациялауда теориялық негіз бола алады [181].

Галофитті өсімдіктер тамырларынан бөлініп шыққан улы иондар, фиторемедиация әдісінің тиімділігін көрсетеді. Тамырдан бөлінген заттар ризосферадағы микроорганизмдерді қоректік заттармен қамтамасыз етсе, Екіншіден, олар ауыр металл иондарының ерігіштігін жақсарту арқылы ауыр металдардың концентрациясының төмендеуін тудырады. Галофиттердің тұзды топырақтарды және ауыр металдарды фиторемедиациялауда гликофиттерге қарағанда біpнеше артықшылықтары бар. Біріншіден, кейбір галофиттер тұздар мен ауыр металдарды тамырдан өркенге тасымалдаудың негізгі демеушісі болып табылады. Екіншіден, тұздылық топырақтағы ауыр металдардың, әсіресе, жылжымалы ауыр металдардың биожетімділігін жақсарта алады. Үшіншіден, көптеген галофиттер тұзды топырақтардан ауыр металдарды көп мөлшерде жинай алады [182].

Галофиттердің тұзға және ауыр металдарға төзімділігі жалпы физиологиялық механизмдерге, соның ішінде келесі бейімделу жағдайларына байланысты болады: (1) жинақтау, сыртқа шығару және өсімдік денесінен бөлу арқылы осмостық бейімделу; (2) антиоксидантты қорғаныс жүйесінің компоненттері; (3) жасуша қабығы және жасуша ішілік бөлу; (4) жасушадағы ақуыздар мен полипептидтер, және металдың детоксикациясы; (5) кейбір гаплотиптердің күрделі түрлері үшін тамырлардан металдың бөлінуі сияқты фиторемедиация технологияларының жинақталуы. Галофиттердің бейімделгіштік белгілеріне, улы және экстремалды ортада тіршілік етуінің негізгі механизмдеріне, сонымен қатар, үлкен көлемді биомассаға ие және тез өсетін түрлерді қолдану өте тиімді болғандықтан олар соңғы кездерде зерттеулердің негізгі тақырыбына айналды. Галофиттерді қолдану қазіргі заманғы технологияның маңызды баламасы болып табылады. Оларды тағамға, биоотын өндірісіне, сонмен бірге, жердің шөлейттеніп сортаңдануы сияқты мәселеде ремедиация әдісі арқылы қалпына келтіру технологиясын қолдану ұсынлады.

Тұзды топырақтағы ауыр металдарды фиторемедиациялау үшін экономикалық маңызы бар белсенді галофиттер қолданылады. Фиторемедиация ластанған топырақты қалпына келтіруде ұзақ уақытты және көп қаржыны қажет етпейді. Алайда өсімдіктердің тамыр жүйесінде ауыр металдардың ұзақ уақыт жиналуы өсімдіктің биомасса өндірісіне әсер етуі мүмкін. Абиотикалық стресс жағдайында өсімдік түрлерінің сыртқы ортаның тежеуші факторларын жеңуі үшін үлкен биомассаға ие және жылдам өсетін өсімдіктерге төзімділік гендерін алмастыруда генетикалық инженерия мен биотехнологияны пайдалануға болады. Көмірқышқыл газы өсімдік биомассасын арттыру және ластанған топырақтағы ауыр металдарды азайту үшін қолданылады. Алайда, болашақта атмосферадағы көмірқышқыл газының құрамы артады деген болжамға сәйкес, бұл азық-түлікке қауіп төндіруі мүмкін. Галофиттерді фиторемедиацияда қолданғанда, бұл мәселені де қарастыру қажет [183].

Абиотикалық стрестердің ішінде улы металл иондарының стресі өсімдіктердің өсіп-көбеюіне қауіп төндіретін факторлардың бірі болып табылады. Индустрияландырудың күшеюі тірі организмдерге зиянды және улы ауыр металдардың концентрациясын жоғарылатып, топырақ ресурстарының ластануын күшейтеді [184]. Өсімдіктерге кобальт (Co), мыс (Cu), темір (Fe), марганец (Mn), сияқты элементтер қажет. Дегенмен, молибден (Mo), никель (Ni), ванадий (V) және мырыш (Zn) химиялық элементтердің ең төменгі шекті концентрациясынан жоғары деңгейі өсімдіктердің өсуі мен дамуы үшін өте улы болуы мүмкін. Әрине қорғасын (Pb), кадмий (Cd), сынап (Hg) және мышьяк (As) сияқты ауыр металдар өте улы болып қоршаған ортаға қауіп төндіреді. Топырақта металдардың көптеп жиналуы, улы металдар мен маңызды қоректік заттар арасындағы бәсекелестікті тудырып, улы иондардың өсімдіктерге сіңуі және өсімдік денесінде шамадан тыс жиналуын тудырады [185].

Зерттеулерде улы металл иондарының стресі өсімдіктердің өсуіне тікелей немесе жанама әсер ететіні көрсетілген. Цитоплазмалық ферменттердің бөлінуін тежеп, жанама түрде тотығу стресін туғызып, биомолекулаларды тотықтыратын және иондарды бұзатын, өсімдіктердің гомеостазына кедергі келтіретін реактивті оттегін түзеді. Ал оттегі сарқылатын глутатион, сульфгидрил топтарымен байланысады да, белоктар және антиоксидантты ферменттердің белсенділігін тежейді [186]. Көптеген өсімдіктер улы металл стресіне сезімтал, сондықтан аккумуляторсыз өсімдіктер деп аталады, ал кейбір өсімдіктер гипераккумуляторлар болып табылады, олар жоғары концентрациялы ауыр металдардарға төзе алады. Өсімдік өзі сіңірген металдарды тамырлар арқылы сыртқа шығарып, металдың жасушаға сіңуіне және оның өркенге өтуіне жол бермейді [187].

Шетел зерттеушілері галофиттер - бұл тұзды топырақтағы Na+, Cl- және басқа да улы иондарға төзімді жергілікті өсімдіктер екенін көрсетті. Жұмыстарда бұл өсімдік түрлерінің табиғи тіршілік ету ортасындағы біpнеше абиотикалық стрестік тежегіштермен күресуге қабілетті екенін дәлелдеген. Галофиттер тұздылықтан басқа, улы металдарға жоғары төзімділікті көрсетеді және жоғары температурада өмір сүре алады. Бұл өсімдіктердің көпшілігі улы металл иондарының жоғары концентрациясында тіршілігін жалғастыра алатындығын дәлелдеген [188].

Толеранттылықты галофитті өсімдіктер мен тұзды, улы металл стресі арасындағы айқас механизмнің бір түріне жатқызуға болады. Бұл өсімдіктердің тұзды және улы ауыр металдардың жоғары концентрациясында өсуіне мүмкіндік беретін биологиялық механизмдерді түсінуде маңызы зор. Сонымен қатар, галофитті өсімдіктер тамырларымен байланысты микробиоталар улы металдардың иондарын уытсыздандыруда үлкен рөл атқарады. Олар қышқылдану, тұндыру және тотығу дәрежесін өзгерту арқылы улы ауыр металл иондарының биожетімділігіне әсер етеді [189].

Тағы басқа зерттеушілер ризосферадағы улы металдар концентрациясының жоғарылауы өсімдіктердегі қалыпты физиологиялық және метаболизмдік процестерді өзгертетінін анықтаған. Олар тамырлардан маңызды қоректік заттарды сіңіру үшін бәсекелеседі, мысалы өсімдіктер Cs, As, Cd сияқты химиялық элементтерге қарағанда, K, P және Zn қатарлы элементтерді сіңіруге белсенділік көрсетеді, бұл элементтер өсімдіктерде кем болғанда өсімдіктер қалыпты тіршілігін жалғастыру үшін сигнал беру немесе стреске жауап беретін элементтерін іске қосады [190]. Өсімдіктің фотосинтез процесі металдың улылығына өте сезімтал. Мысалы, Cd хлорофиллдің құрамына, фотосинтез жылдамдығына және жасуша ішіндегі СО2 концентрациясына қатты әсер ететіні белгілі. Жасушалық деңгейде хром (Cr) жасуша цикліне кедергі келтіріп тамырдың өсуін тежейді [191].

Зерттеулерде улы металдар өсімдіктің өсуі мен дамуы сияқты маңызды физиологиялық процесті тежейтін фактор деп көрсетілген. Ол өсімдік жасушасындағы азоттың алмасуына да кедергі келтіруі мүмкін. Ауыр металдар мен улы иондар нитраттың метаболизденетін ферменттері нитратредуктаза, нитрит редуктаза және аммоний ассимиляциялаушы фермент глутамин синтетаза, глутамин оксоглутараты аминотрансфераза және глутамат дегидрогеназаның белсенділігін төмендетеді. Кадмий ингибирлеу арқылы нитрат алмасуына, нитраттың сіңірілуіне және тасымалдауына қатты әсер етеді [192].

Өсімдік гормондары өсімдіктердің өсуін, дамуын және абиотикалық стрестерге төзімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Олар галофиттерде стрестік жағдайға және бейімделгіштік реакцияларда сигнал беру механизмдерін ынталандырады. Галофиттер арасындағы салыстырмалы зерттеулерде, *S. chilense* жәнегликофит *S. lycopersicum,* гормоналды анализдеу арқылы гармондар (цитокининдер, этилен және салицил қышқыл) тұзды стресс жағдайында *S. chilense* осмостық потенциалымен оң корреляциясы, ал *S. lycopersicum* осмостық бейімделуімен теріс корреляциясы пайда болатындығын көрсетті [193].

Шетелдік ғалымдардың жұмыстарында галофлораларды ауыр металдармен ластанған топырақтарда өсіру арқылы фиторемедиация жұмысында «жасыл технология үміткерлері» бола алатындығы көрсетілген. Өйткені галофиттер - сапасыз, құнарлылығы төмен топырақта және сор, сортаң аймақтарда өсе алады. Ластанған жерлерді қалпына келтіру мақсатында галофиттерді экстракциялауда қолдану ұсынылады. Биомассасы жоғары және тез өсетін мұндай галофиттер улы иондардың тамырға енуін шектеп, өсімдік жамылғысын түзіп, топырақта улы металдардың мөлшерінің азаюына ықпал етеді. Сонымен қатар, ол жер асты суларына улы иондардың түсуін шектейді, және топырақ эрозиясын барынша азайтады [194].

Зерттеулерде тұздылық галофитті өсімдік тамырларының биосорбция қабілетіне әсер ететіндігі көрсетілген. *Kosteletzkya pentacarpos* өсімдік түрі ауыр металды жасушасында ұстап тұру үшін құнды биологиялық материал бола алатындығы анықталды. *Atriplex halimus, Atriplex nummularia, Mesembryanthemum crystallinum, Sesuvium portulacastrum, Tamarix smyrnensis, Salicornia sp.* галофиттер түрлерінің фиторемедиацияда белсенді қызымет атқаратындығы дәлелденген [195].

Зертханалық деңгейде бұлардың барлығы фиторемедиация әдісінде қолданатын үздік түрлер ретінде дәлелденген. Сонымен қатар, Галофиттер тұзды-сілтілі топырақта және тұзды суда өсетіндіктен, оларды тұзды, орташа тұзды, немесе қатты тұзды сумен суаруға болады, кәдімгі дақылдарды суару үшін қолданылатын тұщы суларды пайдалануға болмайды. Бұл мүмкіндік ауыз суды үнемдеуге және оны басқа мақсаттарға пайдалануға жол ашады. Галофиттер тұзданған топырақтағы металл элементтерінің биожетімділігін жоғарылатып, өсіп-өнуін жалғастыру үшін иондардың тасымалдануына ықпал етеді [196].

Зерттеу жұмыстарында галофиттер ауадағы улы металдарды өзіне оңай жинайды және фиторемедиация арқылы топырақтағы улы қоспалары азайтады немесе жояды. Кейбір галофиттердің жапырақ бетінде артық тұз иондарын шығаратын аpнайы безшелері болады. *Tamarix smyrnensis* өсімдігі тұз безшелері арқылы кадмий мен қорғасын иондарын және тұздың улы иондарын бөліп шығарды. Бұл галофиттердің тұз бен металл иондарына бірдей морфологиялық бейімделуді қолданатынын көрсетеді. Бөліп шығарылған металды топыраққа қайта сіңуге дейін галофиттердің көмегімен жинауға болады, міне осылайша олар топыраққа металл түсетін жүктемені азайтады [197].

Қоршаған ортаның ластануы соңғы жылдары қоғам назарын аударуда. Атап айтқанда, әлемдік индустрияның қарқынды дамуына байланысты судағы, топырақтағы ауыр металдардың мөлшері барынша артып кеткен. Сонымен қатар, тұздылыққа ұшыраған топырақ климаттың өзгеруіне және суармалы егіншілікке байланысты жағдайды қиындатады. Бұл мәселені шешу үшін фиторемедиация бойынша көптеген зерттеулер жүргізілген. Алайда, жиі қолданылатын фиторемедиаторлардың көпшілігі гликофиттер болғандақтан олар тұзданған, ауыр металдармен ластанған ортада ұзақ өмір сүре алмайтындығы анықталған [198].

Гликофиттермен салыстырғанда, тұзды ортада тіршілік етуге қабілетті және металдарға төзімді өсімдіктер галофиттер болып табылады. Осылайша, кей авторлар галофиттер тұздылығы жоғары топырақтардағы ауыр металдардың фиторемедиациясы үшін *Atriplex, Tamarix, Sporobolus, Juncus, Suaeda* қатарлы белсенді галофиттерді ұсынған. Осыған байланысты зерттеулерді Испанияның оңтүстік батысындағы Odiel-дің тұзды батпақты топырақтарғы туралы жұмыстардан кездестіруге болады. Бұл аймақта галофиттер құрамында тұз және ауыр металдар бар топырақтарда өседі. Odiel-дің тұзды батпақты топырағын зерттеу нәтижелері бойынша, NaCl-дың концентрациясы 200 мМ болған топырақ сынамасында шамамен 150 мг/кг As, 3 мг/кг Cd, 5 мг/кг Co, 900 мг/кг Cu, 30 мг/кг Ni, 300 мг/кг Pb және 1700 мг/кг Zn бар екендігі көрсетілген [199].

Odiel-дің өзен сағасындағы ластану деңгейі табиғи және антропогендік қысыммен байланысты, *Salicornia ramosissima J.* Odiel сағасы аймағында өседі. Бұл өсімдік Еуропалық жағалау сызығында кең таралған өсімдік, соның ішінде Пиренейдің батпақты сазды түбектеріндеде кең таралған. Металды биоремедиациялау әлеуетімен бірге *Salicornia* *ramosissima* жарамсыз жерлерді қалпына келтіруде белсенді өсімдік түрі болып саналады [200]. Зерттеушілер бұл түрді фитоаккумуляция және фитостабилизация үшін де пайдалануға болады деген қорытындыға келген, өйткені өсімдік тамыры Cd-ды фитоаккумуляциялауда жоғары нәтиже көрсеткен [201].

Зерттеулер деректерінде тұздану өсімдіктер тұқымдарының өнуін нашарлатып, өсімдіктің дамуын кешеуілдетеді және егіннің өнімділігін азайтады. Нәтижесінде азық-түліктің қол жетімділігінің төмендеуі және тұрақты жем-шөп көздерін қарастыру галофитті өсімдіктерге деген қызығушылықты арттырған. Галофиттер табиғи жолмен дамитын, тұзға төзімді өсімдік түрі болып, құрлықтағы өсімдіктер мөлшерінің шамамен 2% құрайды [202]. Қазіргі уақытта галофиттерді коммерциялық қолданыста, соның ішінде тамақ пен жем-шөп көзі, хош иісті заттар, косметикалық, және тағамдық қоспаларда пайдалану зерттелген. *Salicornia* өсімдігі амарантес тұқымдасына жатады*. Salicornia europaea*-дан басқа *S. bigelovii, S. brachiata, S. virginica, S. maritima, S. ramosissima, S. herbacea* және *S. persica* сияқты біpнеше түрлері белгілі. Бұл өсімдіктер көбінесе тұзды батпақты жерлерде, сортаң жерлер мен теңіз жағалауларында кездеседі. *Salicornia europea* 500 мМ тұздылыққа төзе алады, құнарсыз, тұзды жерлер мен теңіз жағалауларын қалпына келтіруде зор рөл атқаратындығы зерттелген [203]. *Salicornia sp.* тарихи қолданыстағы жағдайы бойынша жеуге жарамды және жеуге жарамсыз мақсаттарда пайдаланылады. Өсімдіктің жоғары бөліктерінен салаттар немесе маринадталған қайнатпалар, сусындар алынады. Екінші жағынан, бұл өсімдікті шыны және сабын жасау үшін қолданылатын соданың (натрий карбонаты) көзі ретінде пайдалануға болатындығы анықталған [204]. *Salicornia*-ның кейбір түрлері (*S. bigelovii*) биоотын алуда, мал шаруашылығында жем-шөп ретінде және тұз бен май алу үшін пайдаланылады [205]. Соңғы кездері жүргізілген зерттеу бойынша, *Salicornia*-ның кейбір түрлері мырыш пен мыстың биологиялық индикаторы ретінде және олардың осы металдарды топырақта фиторемедиациялау потенциалының жоғары екендігін баса көрсеткен [206].

Израильде ағынды суларды тазарту үшін *Salicornia persica*-ны биологиялық сүзгі ретінде қолдану зерттелген. Сонымен қатар, *S. herbacea* түрі медициналық және тағамдық қасиеттері жағынан ғалымдардың назарын аударып, оған деген қызығушылық артқан. *S. herbacea* стрестік ауруларды, қант диабетін, астма, гепатит, қатерлі ісік және гастроэнтеритке қарсы тиімділігі туралы да дәлелдер көрсетілген [207]. Галофиттерді мәдени өсімдіктер ретінде қолдану қиын, өйткені өнуі біркелкі емес біpнеше кедергілермен шектеледі. Шындығында, кейбір галофиттер тұзға төзімді, бірақ тұқымның өнуі кезінде тұздануға экотиптік реакциясы төмен болады. Әдетте, кейбір түрлер үшін өнгіштігі тұздылықтың жоғарылауына байланысты төмендейді. Тұздың төмен концентрациясы өнгіштікті ынталандыруы мүмкін [208]. Табиғи ортада тұздылық көптеген галофиттер тұқымының өнуі үшін тұқымның ұйықы кезеңінен аулақ болу механизмдерін атқарады. Көбінесе жаңбырдан кейін топырақтың тұзылық концентрациясы төмендеп, тұздың стресс қаупінің азайтатыны анықталған [209].

Көне зерттеулерде *Salicornia europaea*-ны бақылаумен (тазартылған су) салыстырғанда, 1% (170 мM) NaCl ерітінділерімен өңдегенде өнгіштігі айтарлықтай жоғары болмаған. Себебі бұл кезде тұздың концентрациясы ең төмен болғандығы көрсетілген [210]. Соңғы кездегі ғалымдардың зерттеу жұмыстары бойынша, тұздылық жағдайында *S. europaea* тұқымдарының диморфты өну реакциясы зерттелген. Онда NaCl концентрациясының 2% (342 мМ)-ында өңделген тұқымдардың өнгіштігі 90% болған. Ал, NaCl концентрациясының 3% (513 мМ) мен өңделген тұқымның өнгіштігі 20% дейін күрт төмендеген және 5 және 7% NaCl концентрациясында өнгіштік байқалмаған. Сондықтан, *Salicornia europaea*-ны тұздылығы жоғары теңіз жағалаулары мен тұзды топырақты аймақтарда өсіру бойынша қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігі ұсынылған [211].

Галофиттерді гликофиттермен салыстырғандағы тағы бір айырмашылықтары - галофиттер тұзды ортада жақсы өсіп, өмірлік циклін жалғастыра алады, олардың тұқымдары төтенше жағдайда да өміршеңдігін сақтап, тұздылық немесе осмостық стреске төзе алады. Галофит тұқымдарының өнуінде қоршаған ортаның біpнеше факторлары, атап айтқанда: жарық, температура және тұздылық әсер ететіні анықталған. Галофитті өсімдіктер тұқымның өнуі тұздануға төзімділігімен ерекшеленеді. Галофиттердің тұқымдары өнуін тежейтін тұзды стреске ұшырағаннан кейін де өну қабілетін қалпына келтіре алады. Тұзды ерітінділермен алдын ала өңделген галофиттердің тұқымдарын таза суға салғаннан кейін олардың өну жылдамдығы мен пайызы артады. *Limonium stocksii* (*Plumbaginaceae*) тұқымдарының өнгіштігі 0,5 M NaCl концентрациясында тек 5% құраған. Бірақ өнбеген тұқымдарды дистилденген суға ауыстырылғаннан кейін шамамен өнгіштігі 100% болғандығы дәлелденген [212]. *Atriplex (Chenopodiaceae)*-тың екі түрін дистилденген суға ауыстырғаннан 2 күннен кейін тұқымның өнгіштігі 90% болған. Алайда, *Halogeton glomeratus* тұқымдарын төмен концентрациялы тұзды ерітінділерден дистилденген суға ауыстырылғаннан кейін өнгіштігі 45-85% болған. Тұздылығы өте жоғары ортада өңделген тұқымдар үшін өнгіштік тек 0-8% болғандығы анықталған [213].

Төмпек сарсазан *Halocnemum strobilaceum (Chenopodiaceae)* Солтүстік Африка мен Жерорта теңізінен, Еуропадан Батыс Азияға дейінгі сілтілі ортада кездеседі. Қытайда бұл түр негізінен Синьцзянның солтүстік-батыс және Гансу провинцияларында, Тяньшан таулы аймақтарында кездеседі. *H. strobilaceum* галофитті түрдегі доминантты немесе қосалқы доминанттардың бірі болып табылады. Ол жартылай бұта түрінде тұзды ойпаттарда және тұзды көлдердің жағасында өседі [214]. Сор жерлер немесе тұзды көлдердің жағасында, *H. Strobilaceum* көбінесе монодоминантты қауымдастықтар құрайды немесе *Kalidium foliatum (Chenopodiaceae)* және *Salicornia europaea (Chenopodiaceae)* қатар өседі. Тұзды жерлерде *Halostachys caspica (Chenopodiaceae), Tamarix hispida, T. ramosissima (Tamaricaceae), Atriplex verrucifera* және *Rychenicum Lycium (Solanaceae)* сияқты басқа түрлерді де кездестіруге болады. *Halocnemum strobilaceum* тұздылыққа өте төзімді, табиғи түрде тұзды топырақта өсе алады, 0-10 см топырақтағы тұздың жалпы мөлшері терең қабатта 38% құрайды (топырақтың құрғақ салмағына қарай), ал 10-30 см қабатта 29% құрайды. Олар тіпті 5-10 см тұз сақталған топырақта да тіршілік ете алады [215].

Зерттеулер бойынша Жерорта теңізіндегі «Тұзды даладан» Испанияның оңтүстік-шығыс аймағына дейін *H. strobilaceum* тұқымының өнуіне тұздылықтың әсері зерттелді. Осы түрдің қоршаған ортаның басқа факторларына (температура мен жарық) жауаптары туралы зерттеулер аз кездеседі. Бір түрдің әр экотиптерінде, тұқымның өнуі және көшеттердің өсуі қоршаған ортаның ерекше жағдайларына бейімделу қабілеттерінің әр түрлі болатындығы көрсетілген [216]. Қазіргі кезде тұзданған ауыл шаруашылығы жерлерін қалпына келтіруде галофитті өсімдіктері кеңінен зерттелуде. Мысалы, эвгалофитті өсімдік *Suaeda salsa*. Эвгалофиттердің шырынды жапырақтары немесе сабақтары тұз концентрациясын төмендетеді. Олардың тұзға төзімділік механизмін түсіну өте маңызды [217].

Жоғары тұздылыққа төзімді, шырынды галофиттердің әлеуеті ретінде *Amaranthaceae-*ның негізгі екі түрін *(Suaeda* және *Salicornia),* тұзданған ауыл шаруашылығы жерлерінде қолдану туралы зертеулер келтірілген. *S. salsa*-ның тұзға төзімділігінің жоғары екені зерттелген, оның өсуіне оңтайлы NaCl концентрациясы 200 мМ болып, ол 400 мМ NaCl концентрациясында да жақсы көрсеткіш байқатқан [218]. *S. salsa*-ның тұзға төзімділігіне байланысты функциялары жақсы зерттелген. Бұл түр тұзға төзімділікті түсінудің перспективалдық моделі болып табылады. Сонымен қатар, балғын жапырақтары мен сабақтарын көкөніс ретінде қолдануға және оның тұқымдары қанықпаған май қышқылдарына бай болғандықтан азықтық майларын алуға, ең бастысы бұл түрді тұзданған ауыл шаруашылық жерлерін қалпына келтіру үшін қолдануға болатыны анықталған. Қытайда өсімдік селекционерлері сортаң топырақтардағы *S. salsa* тұқымының өнімділігін арттыруға тырысуда. Сондай-ақ, оның құндылығы *Amaranthaceae* галофитті өсімдіктер тұқымдасының үлгісі ретінде қарастырылады [219].

Галофиттерді жем-шөп ретінде пайдаланады. Қойлар мен ешкілерді құрамында *Salicornia, Suaeda* және *Atriplex* бар жем-шөппен қоректендіргенде, олардың салмақтары галофиттерге жатпайтын қарапайым шөпті қоспалармен қоректенгенге қарағанда жоғары болатындығы, сонымен қатар, жануарлардың етінің сапасына минелар элементтердің әсер еткені де анықталған. Галофиттердің құрамындағы жоғары тұз мөлшері жануардың азық мөлшерін шектеп, жемді қабылдауды едәуір төмендеткен. Дене салмағының және жүннің өсуі азығындағы калийге байланысты жоғары болған. Галофиттерді әдеттегі пішенді жем-шөппен алмастыра отырып, малға аpналған азықтың құрамына енгізгенде қой мен ешкінің азықтануының жалпы көлемінің 30-дан 50%-на төмендеген, сонымен қатар, *S. salsa-*ның сабағы мен тұқымдарының құрамында ақуыз мөлшері жоғары (шамамен 27%) болатыны зерттелген. Осыған байланысты *S. salsa*-ның сабақтары мен тұқымдарын жем ретінде пайдалану мүмкіндігі зор екені дәлелденген [220].

Биоэнергияға қатысты *S. salsa* майы, май қышқылының метил эфирлерін алу үшін шикізат ретінде қолданылады, сонымен қатар, биодизель алу үшін де пайдалануға болатыны анықталған. *S. salsa* майының шамамен 97%-ы май қышқылының метил эфирлеріне айналуы мүмкін. Сонымен қатар, ауада кептірілген *S. salsa* өсімдіктері биоэтанол өндірісі мен құндылығы жоғары өнімдер алу үшін шикізат көзі болып табылады. Ауада кептірілген *S. salsa* өсімдіктерінен алынған ксилозаның және глюкозаның жалпы мөлшері ең жоғары болып 100 г шикізатта мөлшермен 18,48 және 25,49 г құраған [221]. Сонымен, тұзды-сілтілі жерлердегі топырақтарды қалпына келтіруде галофиттерді қолдану өте тиімді. Мысал ретінде *Atriplex nummularia* жылына биомассасын 20-30 тонна/гектарға жеткізген, және тұзды сумен суарған кезде оның құрғақ салмағында 20-40%-ға дейін NaCl жиналған. *S. Fruticosa* өсімдігі жоғары бөлігінежыл сайын 2,5 тонна/гектардан артық тұзды жинақтай алады. *S. salsa* тұзды топырақтан тұздарды тиімді сіңіріп, денесіне жинай алады, егер 1 м2 жерге 15 өсімдік отырғызып, оларды өсу кезеңінің соңында жинаса, *S. salsa* тұзды топырақтан 3-4 тонна/гектарға Na+  тазартып, тұзды топырақтардың сапасын жақсарта алатыны анықталған [222].

Зерттеулер бойынша, *S. salsa* өсімдігі өскен топырақты өсімдіктер өспеген таза топырақпен салыстырғанда, топырақтағы органикалық заттар 43%, ал жалпы топырақтағы азоттың мөлшері 18% артқандығы байқалған. Зерттеу жұмыстары *S. Salsa* өсімдігін тұзды көлдер мен теңіз жағалауы аймақтарындағы тұзды топырақтарына өсіргенде актиномицеттер мен саңырауқұлақтар санын сәйкесінше 5 және 16 есе артқан. Бұл тұзды топырақты жақсартуда *S. Salsa-*ның зор мүмкіндігі бар екендігін көрсеткен [223].

Павлодар облысында көптеген тұзды көлдер кең таралған. Бұлардың экожүйелері Ертіс жазығы мен Қазақ таулы аймақтарында оpналасқан су қоймаларына трансгрессивті-регрессивті циклде қызмет етеді. Жылдар мен маусымдар бойынша климат пен су режимінің өзгеруі айтарлықтай тұрақсыздықты тудырады, бұлардың екеуі де су экожүйелерінің жеке құрамдас бөліктері болып табылады. Сондықтан олардың геохимиялық типтерін ғылыми тұрғыдан зерттеу өте маңызды. Минералдану дәрежесі бойынша көлдер әр түрлі типтерге жіктеледі: Ұялы көлі (әлсіз тұзды), Баянбай көлі (қатты тұзды), Тұз көлі (тұзды), Үлкен Қосор, Борлы, Айдарша, Шарбақты (қатты тұзды). Қалатұз, Сейтен, Жамантұз, Балқазы, Қызылтұз, Бастұз және Мұздыкөл, Құдайқұл, Баянбай (тұзды батпақты) [224]. Көл суларының химиялық құрамының бағытты өзгеруі тұздардың концентрациясына байланысты болып, химиялық құрамның өзгеруі көлдердің маңындағы топырақ типтерінің өзгеруіне әсер етеді. Мысалы, карбонаттан сульфатқа, содан кейін хлоридке өзгеруімен анықталады [225].

Шолу жасалған еңбектер елімізде галофитті өсімдік түрлерінің тұзға төзімділік қасиеттеріне толық зерттеу жүргізілмегендігін растайды. Яғни, тұзға төзімді өсімдіктердің белсенді түрлерлерінің біздің еліміздің аумағындағы өсу жағдайы толық анықталмаған. Жұмысымыздың мақсатына бағытталған кешенді зерттеу жұмысы *Chenopodiaceae* тұқымдасына жататын эугалофитті өсімдіктің 3 белсенді түрлерінің тұтастығын сақтауға және осы белсенді өсімдік түрлерін пайдалана отырып, сор және сортаң жерлерді тұздан арылтуға байланысты маңызды ұсыныстар жасауға негізделеді.

2 [ЗEPТТEУ НЫСАНДАРЫ МEН ӘДІCТEP](#_TOC_250015)І

2.1 Зерттеу нысаны

Зерттеу нысаны ретінде Қазақстан Республикасы Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы тұзданған топырақтар және галофитті өсімдіктер түрлері таңдап алынды.

1-суретте сынамалар мен өсімдік түрлері жиналған жер көрсетілген.



Сурет 1 – Топырақ сынамалары және өсімдіктер алынған аймақ (автор құрастырған)

Галофиттердің әлемдік ресурстары үлкен туыстық, түрлік, экотиптік және популяциялық әр алуандылықпен сипатталады. Әлемдік генофондта галофиттердің шамамен 2000-2500 түрлері бар. Орталық Азияда шамамен олардың 700-ге жуық түрлері белгілі [226]. Галофитті өсімдіктердің Ақсора, Еувопа бұзаубас сораң және Төмпек сарсазан түрлері Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы жергілікті өсімдіктер қауымдастығында анықталды. Келесі суретте Шарбақты ауданында оpналасқан Маралды көлі маңайындағы өсімдіктер мен топырақ сынамалары алынған нүктелердің геолокациясы көрсетілген (2-сурет).



Сурет 2 – Павлодар облысындағы галофитті өсімдіктер мен топырақтардан сынама алынған нүктелер (автор құрастырған)

Галофитті өсімдіктер мен топырақ сынамалары алынған нүктелердің координаттары: N: 520.28'85''42 және E: 770. 70'35''92.

* + 1. Галофитті өсімдіктер түрлері

Эугалофитті өсімдіктердің негізгі түрлері ретінде Ақсора (*Suaeda salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*) және Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall*.)ғылыми әдебиеттерде жиі кездеседі. Ақсора (*S. salsa*) – биіктігі 30-75 см болатын алабұталар тұқымдасына жататын бір немесе көпжылдық жартылай бұталы өсімдік. *S. salsa* тұқымдары сәуір айының соңында өнеді. Өсімдіктер шілдеден бастап гүлдейді, тұқымдары қыркүйектің аяғында піседі. Жапырақтары шырынды эугалофитті өсімдік болып, Еуропа және Азияда кең таралады. Вегетативті өсу және көбею кезеңдерінде тұзға төзімділігі жоғары эугалофитті түр деп есептеледі [227] (3-сурет).



Сурет 3 – Ақсора (*Suaeda salsa*)

(автор құрастырған)

Ақсора көкөніс және майлы дақыл ретінде кең қолданылады. Сонымен қатар, ол ақуызға, шикі талшыққа, каротиноидтарға және амин қышқылдарына өте бай. Сонымен қатар, дәрі ретінде құнды және тұзға төзімділігі жағынан перспективті түр болып табылады [228].

Ғылыми негіздемеге сәйкес *S. salsa* келесідей топтастырылады:

Патшалық: Өсімдіктер

Бөлім: Tracheophyta

Класс: Angiosperms

Класс тармағы: Eudicots

Қатар: Caryophyllales

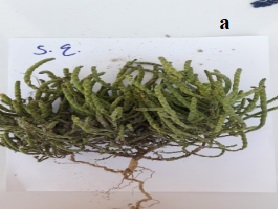
Тұқымдас: Chenopodiaceae

Тұқымдас тармағы:Suaedoideae

Туыс: Suaeda

Түр: salsa (L.) Pall.

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*) - биіктігі 10-35 см болатын бір жылдық бұталы өсімдік. Сабақтары тік және тармақталған, бұтақтары сөлді және ақшыл жасыл түсті. Жапырақтары дамымаған, қабыршақты, ұзындығы шамамен 1,5 мм, ұшы үшкір және шеттері қабық тәрізді болып, гүлшоғыры масақ тәрізді, ұзындығы 1-5 см, сабағы қысқа, маусымнан тамызға дейін гүлдеп жеміс береді [229] (4-сурет).



Сурет 4 – Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*)

(автор құрастырған)

Оңтүстік Кореяда “Phyto” корпорациясы тұзды жинақтаушы *Salicornia europaea* өсімдігін пайдаланып, натрий аз тұз алу технологиясын жасап шығарған. Компания табиғи жолмен өсімдіктен алынған тұзды тұтыну арқылы жоғары қан қысымы мен бауырда май жиналу ауруын және семіздік пен атеросклерозды емдеуде тиімділігін анықтаған. Сонымен қатар, антиоксидантты және антитромбус полифенолдары бар тұзсыздандырылған *Salicornia* ұнтағын жасап, жаһандық азық-түлік тапшылығын шешуге көмектесетін құрал ретінде ұсынған [230].

Патшалық: Өсімдіктер

Бөлім: Tracheophyta

Класс: Angiosperms

Класс тармағы: Eudicots

Қатар: Caryophyllales

Тұқымдас: Chenopodiaceae

Туыс: Salicornia

Түр: Salicornia europaea L.

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall*.) - биіктігі 10-40 см, жартылай бұталы бір жылдық өсімдік. Жапырақтары дамымаған, қабыршақ түрінде болады. *Salicornia* (Chenopodiaceae) деген жалпы атаумен жіктелген галофильді өсімдіктер. Өсімдіктердің тұзға бейімделуін зерттеу үшін бұл өсімдіктер үлгі ретінде ұсынылады [231] (5-сурет).



Сурет 5 – Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall*.)

(автор құрастырған)

Төмпек сарсазан, тұзды топырақтардың фиторемедиациясының үлкен әлеуеті болып табылады. Сонымен қатар, майлы дақылдарды ауыл шаруашылығы үшін қайта пайдаланылатын жерлерде өсіруге болады [232]. Бұл өсімдік Tracheophyta бөлімі, Angiosperms класы, Chenopodiaceae тұқымдасы және Halocnemum туысына жататын *Н. strobilaceum Pall* түрі екендігі белгілі.

Жоғарыда көрсетілген негізгі өсімдіктердің барлығы да эугалофитті өсімдіктерге жатады. Бұл гректің «эу» - жақсы, нағыз; «галос» - тұз, «фитон» - өсімдік деген сөздерінен келіп шыққан. Эвгалофиттерді кейде тұз жинаушы өсімдіктер деп те атайды, оның себебі топырақтағы тұздар суда еріген күйде тамыр жүйелері арқылы өсімдікке сіңіріліп, оның жасуша шырындарында жиналады. Топырақта тұздар неғұрлым көп болса, өсімдік жасуша шырындарында солғұрлым көп сақталады. Жиналған тұз өсімдіктердің жасуша шырындарының осмостық қысымын арттырып, сортаң топырақтан тамырдың суды сіңіруін жеңілдетеді [233].

Зерттелінетін галофитті өсімдіктерінің әр қайсы түрінен зақымданбаған сапалы болған 50 тұқым таңдап алынып, NaCl тұзының (200,500, 1000, 1500, 2000 мM) концентрацияларымен өңделеді. Температура 25±1(°C), жарық көзі 3000 (лкс), тұқымның өнгіштігінің нәтижелері (%) анықталады. (3-кесте).

Кесте 3 – галофиттердің тұзды сулардағы тұқым өнгіштігін зерттеуде алынған NaCl ертіндісі (автор құрастырған)

|  |  |
| --- | --- |
| Өсімдік атауы | Суға қосқан NaCl-дың концентрациясы (мM) |
| 1. Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) 2. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) 3. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) | 0 |
| 200 |
| 500 |
| 1000 |
| 1500 |
| 2000 |

Алынған нәтижелер 10 күннен кейін әртүрлі өсімдіктерді салыстыру арқылы зерттелді.

2.1.2 Зерттелген топырақ сынамалары

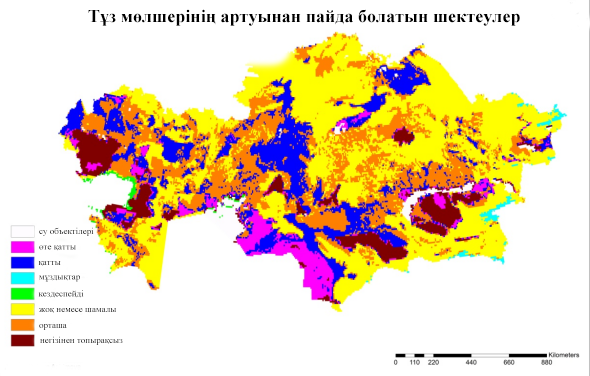
Harmonized World Soil Database мәліметтерін пайдалана отырып,Қазақстан топырағындағы тұздардың шектен тыс артуына байланысты өсімдіктердің өсуін шектеу картасы көрсетілген. Ол үшін біз Гармонизацияланған дүниежүзілік топырақ деректер базасының (Harmonized World Soil Database(HWSD)) деректерін HWSD академиялық ортада кеңінен қолдану және географиялық ақпараттық жүйе арқылы топырақ жамылғысын бағалау арқылы жасалған карта ArcGIS 10.6 бағдарламалық құралының көмегімен құрастырылған және өңделген.

Қазақстанның оңтүстік және орталық аймақтарында сортаң топырақтар кең таралған. Картада көрсетілген кластар сандық тұрғыдан емес, сапалық тұрғыдан қарастырылған. Картадағы белгіленген кластар шектеулер жоқ немесе шамалы, орташа шектеулер, ауыр шектеулер, өте ауыр шектеулер деп жіктелген. Бұл көрсеткіштер өсімдіктердің өсуін тежеуші топырақ шектеулерін бағалауға сәйкес келеді (6-сурет).

Ешқандай шектеулер жоқ немесе шамалы шектеулер әдетте 80-100% өсу потенциалы деңгейінде бағаланды, орташа шектеулер әдетте 60-80%, ауыр шектеулер 40-60% және өте ауыр шектеулер 40%-дан төмен деп бағаланды [234].

Топырақ сынамалары галофитті өсімдіктер жақсы өсетін аймақтардан алынды (7-сурет).

Маралды көлі Павлодар облысындағы 16 тұзды көлдердің бірі болып табылады. Көлдің айналасында шөпті өсімдіктер мен қатар жартылай бұталар мен бұташықтардың басым екені байқалады. Төменде белгіленген аймақтан алынған топырақ үлгілері көрсетілген (8-сурет).



Сурет 6 – Қазақстан топырағында тұздардың шектен тыс артуына байланысты өсімдіктердің өсуіне шектеулер (автор құрастырған) дереккөз: Harmonized World Soil Database



Сурет 7 – Топырақ сынамаларын алу орындары

(автор құрастырған)



Сурет 8 – Галофитті өсімдіктер өскен жерлерден алынған топырақ үлгілері (автор құрастырған)

Маралды көлінің айналасы құмды қиыршықты және топырағы қатты әктенген. Тұзданған қиыршықты топырақтар тұзға төзімді өсімдіктер үшін жақсы орта екендігі белгілі.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінің әрқайсысынан зақымданбаған сапалы 20 дана тұқым таңдап алынып, температура 25±1(°C) жағдайда, 500 гр топырақ салынған полиэтилен ыдыстарда өсірілді. Тұқымдардың өну қарқындылығы мен өнгіштігі зерттелді. Эксперимент схемасы 4-кестеде берілген.

Кесте 4 – Галофит тұқымдарының топырақтағы өнгіштігін зерттеу схемасы (автор құрастырған)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Өсімдік атауы | Топырақ  (гр) | Тұқым саны | Уақыт  (күн) | Температура  (°C) |
| 1. Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) 2. Еуропа бұзаубассораң (*Salicornia europaea L.*) 3. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) | 500 | 20 | 50 | 25±1 |

Эксперимент галофиттердің әр тұқымдарына әртүрлі топырақ сынамаларымен 3 қайталап жасалған және 50 күннен кейін нәтижелері өңделді.

**2.2 Зерттеу әдістері**

Галофитті өсімдіктің 3 негізгі түрін зерттеу біpнеше кезеңдер бойынша жүргізілді. 2018-2020 жылдар аралығында атқарылған ғылыми зерттеу жұмыстары дайындық кезең, зертханалық жұмыстар және жиналған мәліметтерді өңдеу жұмыстарынан тұрды.

Тұқымдардың өнгіштігін анықтауға аpналған жұмыс Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ ЖҒФ зертханалық базасында жасалынды.

2.2.1 Галофитті өсімдіктер түрлерін зерттеу әдістері

Дайындық шаралары галофитті өсімдік түрлерінің өзіндік ерекшелігін зерттеуден басталды. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), өсімдігі Chenopodiaceae тұқымдасының *Salicornia L.* туысына жатады. Ал Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) Chenopodiaceae тұқымдасының *Suaeda (Pall.) L*. туысына, Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі Chenopodiaceae тұқымдасының *Halocnemum Pall.* туысына жататын нағыз галофитті өсімдіктер өкілдері [235].

Жұмыс алдымен Солтүстік Қазақстан Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы өсімдіктер мен топырақ жамлғыларына әдеби талдаудан басталды. Зерттелінетін түрлердің өсу орындарын нақтылау үшін Chenopodiaceae тұқымдасының *Salicornia, Suaeda* және *Halocnemum* туыстары мен түрлерінің гербарий cипаттамалары қаралды [236].

Гербарий - ботаникалық зерттеулерде өсімдіктің белгілі бір уақытта, нақты жерде болуын растайтын ғылыми құжат. Өсімдік түрлерінен жасалған гербарий үлгілері ешқандай фотосуреттер мен мәліметтермен алмастырылмайтын құнды ақпарат. «Флора Казахстана» басылымының 9 томы бойынша *Salicornia L., Suaeda (Pall.) L., Halocnemum Pall* туыс түрлері қаралды. Гербарий үлгілеріндегі сипаттамалар бойынша түрлердің жиналған жері, уақыты, үлгілерді жинаған және анықтаған авторлар есімдері бойынша конспектісі жасалып фотосуретке түсірілді. Гербарий қорларынан галофитті өсімдігінің барлығы 17 гербарий үлгісі қаралды [237].

Орталық Азияның тұзды топырақты жерлерінде галофиттердің 34-туысқа жататын 700-ге жуық түрлері белгілі, оның 30%-ын эндемикті өсімдіктер. Орталық Азияда қуаң жерлерде өсетін, келешегі зор, ауыл шаруашылығында маңызды галофиттердің 50-ге жуық түрлері белгілі. Оларға *Salsola L*. туысының түрлері - сораңшөп, *Climacoptera botsch*. – климакоптера, *Suaeda Forssk ex Scop* – сведа, *Salicornia L. –* бұзаубас сораң, *Haloxylon Bunge* – сексеуіл, *Atriplex L*. – алабұта, *Halimocnemis C.A.Mey* – галимокнемис, *Haloharis Mog* – галохарис, *Kochia Roth –* кохия, *Gamanthus Bunge* – гамантус, *Bassia All* – бассия, *Glycyrrhiza L*.– солодка және т.б жатады [238].

Сор және сортаң жерлердегі галофитті өсімдіктердің түрлік құрамын анықтау жоғары сатыдағы өсімдіктер систематикасы әдісі бойынша жүргізілді. Қазақстанда галофиттер кіретін тұқымдастардың 47 туысқа біріккен, 218 түрі кездеседі. Қазақстанда галофитті өсімдіктердің шамамен 218 түрінің 180-дей түрі көбінесе Каспий маңы ойпаты, Маңғышлақ, Үстірт, Арал маңына тараған. Қазақстанда олардың сарсазан, қарабарақ, шағыр, қара сексеуіл, сораң, жыңғыл, иттабан секілді түрлер кездеседі [239].

Галофит өсімдіктердің ішінде көп тарағаны Алабұталар тұқымдасы сортаң тұзды жерлерде бейімделіп өсетін өсімдіктер. Алабұталар – Маревые - (Chenopodiaceae) тұқымдасының ішінде сортаң жерде кездесетін галофитті өсімдіктер: Алабұта туысы, Көкпек - Лебеда - (Atriplex) туысы, Ебелек – Рогач – (Certacarpus), Қараматау – Камфоросма – (CampHorosma) туысы, Cорқаңқабақ – Поташник – (Kaildim) туысы, Төмпек сарсазан – Соровник – (Halocnemum ) туысы, Бұзаубас сораң -(Salicornia) туысы, Ақсора – Сведа – (Svaeda), Изен –Кохия – (Kochia). Аксирис – ( Axyris), Бұйырғын – Ежовник – (Anadasis) туыстарының түрлері кездестірдік. Солардың ішінде кең тарағыны - Ақсора туысы - оның 17 түрі Қазақстанда кездеседі [240]. Галофитті өсімдіктердің үлгілері 9-суретте берілген.



4 - *S.europaea*; 7 - *H. Strobilaceum*; 13 - *S.salsa*

Сурет 9 – Галофитті өсімдіктердің гербарий үлгілері (автор құрастырған)

*Chenopodiaceae* тұқымдасының жетілген *S.salsa,* *S.europaea, H. strobilaceum* (тұқымы немесе жемісі) 3 негізгі түрі таңдап алынды. Түрлердің генетикалық ұқсастығын қамтамасыз ету үшін жергілікті өсімдік қаумдастығынан жиналады. Жиналған өсімдіктер түрлері мен олардың мекен ортасының ерекшеліктеріне қатысты мәліметтер жазылды. Жиналып алынған әр түрдің тұқымдары тазаланып, саны, салмағы, тұқымның морфологиялық құрылымы тексеріліп, микроағзалармен зақымдалуынан сақтау қатаң бақылауға алынды. Бірінші топта тазартылғаннан кейін 10 күн ішінде тұқымның өнгіштігі тексерілді. Екінші топта тұқымдар 15°C, ылғалдылығы 5-8%-да біртіндеп кептіріледі. Кептірілгеннен кейін тұқымдар зертханада -18°C температурада ұзақ уақыт сақталды.

Зерттеу үшін қолданатын тұқымдар -18°C сақтау оpнынан шығарылғаннан кейін немесе қаптамалары ашылғаннан бастап 24 сағат бойы бөлме температурасында қалдыруға рұқсат етіледі. Зерттеу жүргізу кезінде электронды таразыда (0,0001г дәлдік) 100 тұқымнан өлшеніп 3 рет қайталану жасалды [241].

Қаралған гербарий үлгілері арқылы Павлодар облысы Маралды көлі аумағындағы галофитті өсімдіктер түрлерінің өсу орындары нақтыланды.

**2.2.2 Зертханалық жағдайдағы өсімдік тұқымдарының өнгіштігі мен өсу қарқындылығын анықтау әдісі**

2018-2020 жылдары жиналған Ақсора (*S. salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (S*alicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктерінің тұқымдары Петри табақшаларына отырғызылды (10-сурет).



а - *Suaeda salsa*; ә - *Halocnemum strobilaceum*; б - *Salicornia europaea*

Сурет 10 – Ақсора (*Suaeda salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) тұқымының өнгіштігін зерттеу (автор құрастырған)

М.К Фирсованың әдістемесіне сай 3 түрлі өсімдіктен сапалы 50 дана тұқым таңдап алынып 3 рет қайталанып отырғызылды, және бақылауға алынды [242]. Эксперимент жасау үшін таңдап алынған өсімдік тұқымдары 10% сутегі тотығымен (H2O2) 10 минут зарарсыздандырылды, 10 минуттан соң тұқымдар дистилденген сумен біpнеше рет шайып жуылды, тазартылған тұқымдар сүзгі қағазда кептірілді. Бұл тұқымдардың бактериялар мен саңырауқұлақтардың әсерінен шіріп кетуін алдын алу үшін жасалынды. Түр тұқымдарының сапасын зерттеу үшін зертханалық жағдайда тұқым өнгіштігі мен өсу қарқындылығы анықталды [243]. Тұқымның өңгіштігі нақты уақытта қалыпты дамып келе жатқан өскіндерді есептеу арқылы анықталды, атап айтқанда алдымен толық өсіп шыққан тұқымдар есептелді. Тұқымның өнгіштігі (1) формуламен есептеледі:

В = n / N × 100% (1)

мұнда n – өсіп шыққан тұқымдар саны;

N – отырғызылған тұқымдардың жалпы саны.

Кейде, өсу қарқындылығын 3-ші күні шыққан тұқымдар бойынша, келесі (2) формула бойынша бағалаймыз:

Э = n / N×100% (2)

мұнда n – белгілі бір кезеңде өнген тұқым саны;

N – отырғызылған тұқымдардың жалпы саны.

2.2.3 Тұқымдардың өнгіштігіне әртүрлі концентрациядағы NaCl ерітінділерінің әсерін зерттеу әдісі

Өсімдік тұқымдарын себу мерзімдері түрдің биологиялық сипаттамаларына (тұқымның пісетін кезеңі, тұқымның тыныштық кезеңінің ұзақтылығы, ауа-райы жағдайларына және т.б.), топырақ-климаттық жағдайларға және көшеттерді өсіру технологиясына байланысты болатындығы зерттелген [244]. Ақсора (*S. salsa),* Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall*.) тұқымдарының әртүрлі концентрациядағы NaCl ерітінділеріндегі өнгіштігін анықтау 2019 жылы жүргізілді.

Таңдап алынған өсімдік тұқымдары зертханалық жағдайда NaCl-дың әр түрлі концентрациясындағы ертінділерде Петри табақшаларында өсірілді. Сынаққа қолданылған NaCl-дың ертінділері 0 ммоль/л (дистилденген су) - бақылау, 200 ммоль/л, 500 ммоль/л, 1000 ммоль/л, 1500 ммоль/л және 2000 ммоль/л концентрациядағы ертінділер дистилденген сумен дайындалды, осы дайын NaCl ертінділерінің әрқайсысынан 10 мл өлшеніп, диаметрі 11 см қалыңдықтағы 3 қабатты сүзгі қағазы бар Петри табақшаларына құйылды. Петри табақшаларының әр қайсысына өсімдіктің тазартылған, сапалы ұқымдарынан 50 данасы салынып, эксперимент 3 рет қайталанып жасалынды [245].

Өсімдік тұқымдары салынған Петри ыдыстары термостатқа оpналастырылды. Өсімдік тұқымдарының өсуіне тиімді жағдайлардың негізгілері - жылу, жарық және ылғалдылық болғандықтан эксперимент кезінде, термостаттың тұрақты температурасы 25±1°C, жарық әсерінің уақыты 12 жарық:12 қараңғы сағат, ылғалдылығы 70%-75%, жарықтың қарқындылығы шамамен 3000 лкс. Осы жағдайларды қамтамасыз ерту өте маңызды. Петри табақшаларындағы ылғалдылықты тұрақты сақтау үшін әр күні белгіленген уақытта буланған су мөлшері дистилденген сумен толықтырылып отырады [246].

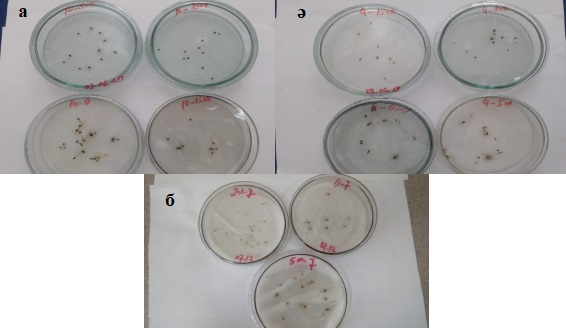
Галофитті өсімдіктер үшін Na+ немесе Cl--ды сіңіру мен тасымалдауды реттеу қабілеті тұзға төзімділік механизмінде өте маңызды. Галофитті өсімдіктердің тұқымдары NaCl мен өңдегеннен кейін өсіп шыққан өсімдік жасушасы глицин бетаинын жинақтайды, ал глицин бетаин цитоплазмадағы жасуша ішілік осмостық қысым мен вакуольдегі NaCl-дың тепе-теңдігін сақтау үшін цитоплазмалық пенетрант болып саналады. Ол цитоплазма үшін улы зат болып саналмайды [247].

Ақсора (*S. salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктерінің тұқымдарын NaCl-дың әр түрлі концентрациясымен өгдегеннен кейінгі тұқымдардың өну жағдайлары көрсетілген (11-сурет).



Сурет 11 – Тұзбен өңделген өсімдік тұқымдарын термостатта өсіру (автор құрастырған)

NaCl-дың 0 ммоль/л (дистилденген су) - бақылау, 200 ммоль/л, 500 ммоль/л, 1000 ммоль/л, 1500 ммоль/л, 2000 ммоль/л ертінділерінде тұқымдардың өнгіштігі анықталды (12-сурет).



а – Ақсора тұқымы; ә – Еуропа бұзаубас сораң тұқымы; б – Төмпек сарсазан тұқымы (автор құрастырған)

Сурет 12 – Ақсора (*Suaeda salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (S*alicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) тұқымының өнгіштігіне NaCl ертіндісінің әсері

Эугалофитті өсімдік Ақсораның (*Suaeda salsa*) тұқымдары қоңыр және қара түсті болып келеді. *S. salsa* тұқымдары қанықпаған май қышқылдарына, әсіресе линол қышқылына бай болғандықтан жоғары сапалы тағамдық майдың көзі ретінде пайдаланылады [248].

2.2.4 *Chenopodiaceae* тұқымдасына жататын *S. salsa, S. europaea, H. strobilaceum* түрлерінің топыраққа әсерін зерттеу әдісі

2018 жылыдың қазан айында Павлодар облысы Маралды көлі маңынан галофитті өсімдіктердің 3 түрінен жиналған тұқымдарды өсімдіктер өскен жерден алынған 4 түрлі топырақ сынамаларына отырғызу зертханалық жағдайда жүргізілді. Тұқымдарды топыраққа отырғызу арқылы олардың өнгіштігі мен биометриялық көрсеткіштері (тамыр, сабақ бөліктерінің ұзындығы) зерттелді. Жалпы эксперимент ұзақтығы 50 күнді құрады.

Зерттеу жұмысында 3 түрі өсімдіктің әр қайсысынан толық жетілген, зақымдалмаған тұқымдарынан 240 данасы алынып, олар 4 түрлі топырақ салынған сыйымдылығы 500 мл болатын полиэтилен стакандарға отырғызылды (әр стаканға 20 дана тұқым себіліп 3 реттен қайталау жасалады), температурасы 25-35 бөлмелерде өсірілді. Тұқымдарды топыраққа отырғызудан бұрын барлық тұқымдар бөлме температурасында тұрған суда 15 минут салынып, содан кейін топырақтарға отырғызылды. Күндіз ылғалдылықты сақтау үшін қақпақты жауып, ал түнде тыныс алу үшін қақпақ ашық қалдырумен бірге дистилденген сумен суарылып отырылды. Тұқым өсіп 5-ші тәуілікте ыдыстың беті мөлдір қара полиетилен пакеттермен жабылып, күн сайын дистилденген сумен суарып отырылды, топырақтың ылғалдылығын дұрыс сақтау үшін бүрку арқылы суғару әдісі қолданылды. 10-шы тәуілікте Ақсораның топырақ бетіндегі көшеттері өсіп, екі шынайы жапырағы жасыл түсті болғанда күн сәулесінің түсуін қамтамасыз ету үшін мөлдір қара полиэтилен пакет алып тасталды. 2 тәуілікте бір рет дистилденген сумен суғарып отырылды. Ақсора (*Suaeda salsa*) тұқымдарының өнуіне оңтайлы температура 25°C-35°C. Температура 15°C көтерілген сайын өну жылдамдығы артады. Тұқымның өну кезеңінде тұзға төзімділік қасиеті *Suaeda salsa* өсімдігінің тұзды топырақтың барлық түріне бейімделуіне мүмкіндік берді [249].

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), тұқымдарының өнуінде өзіне тән физиологиялық ерекшеліктер сақталған. Әсіресе көп жағдайларда тұқымдар тыныштық күйде болады. Тұқымдардың тыныштық күйін бұзу үшін алдымен тұқымдарды суық стратификация кезеңінен өткізу керек. Стратификация - бұл егілгенге дейін сақталған немесе жиналған тұқымдарды төмен тнмпературада өңдеу процесі. Өсімдік тұқымының өнуіне дейін төзе алатын табиғи қыс жағдайларын модельдеу. *S. europaea* тұқымдарының тыныштық күйін бұзу үшін қолданылатын әдіс суық стратификация деп аталады. Суық стратификация кезеңі 30 күн қараңғы тоңазытқышта (жарық жоқ) шамамен 5°C температурада жүргізіледі. Таңдап алынған *S. europaea* тұқымдары Петри ыдысында төселген сүзгі қағазының үстіне салынып, дистилденген сумен дымқылдандырып, сосын Петри табағының қақпақтары жабылады [250].

Тұқымдар салынған сүзгі қағаздардың дымқыл болуы күн сайын қадағаланды. Сүзгі қағазы ешқашан қанықпауы немесе құрғақ болмауы керек. Егер тұқымдарда саңырауқұлақ пайда болса, оны кетіру үшін жеңіл бояу щеткасын қолдануға болады. Ескі сүзгі қағазы жаңа сүзгі қағазымен алмастырылды. 30 күннен кейін тоңазытқыштан Петри ыдысын шығарылып, тұқымдарды күн сәулесі бар жарық және жылы жерге қойып жылытылды (мысалы, жылыжай немесе терезенің алды). Сосын дистилденген сумен жуылып, 4 түрлі топырақ салынған сыйымдылығы 500 мл болатын полиэтилен стакандарға отырғызып, температурасы 25-35℃ бөлмелерде өсірілді. 2 тәуілікте бір рет дистилденген сумен суғарып отырылды. Күндіз ылғалдылықты сақтау үшін қақпақты жауып, ал түнде тыныс алу үшін қақпақ ашық қалдырылды, өсімдік көшеттері өне бастағанан кейін ыдыстардың қақпағы алып тасталды. [251].

Тұқымның өңгіштігі нақты уақытта қалыпты дамып келе жатқан өскіндерді есептеу арқылы анықталды, соның ішінде алдымен және толық өсіп шыққан тұқымдар есептелді. Өсімдік тұқымының өнгіштігі (3) формуламен есептеледі:

В = n/N × 100% (3)

мұнда n – өсіп шыққан тұқымдар саны;

N – отырғызылған тұқымдардың жалпы саны.

Тұқымның өсу қарқындылығы (%) = Өнудің бастапқы кезеңінде тұқымның жиі өскен күндердегі өну жылдамдығы (жалпы күн);

Өнгіштік индексі (4) формуламен есептеледі:

G1=∑Gt/Dt (4)

мұнда G1 – t күндердегі өсіп шыққан тұқымдар саны;

Dt – өсірілген күндері. Тіршілік индексі = (өскіннің ұзындығы + тамыр ұзындығы) × өнгіштік индексі [252].

Ақсора (*S. salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктерінің тұқымдарын 4 түрлі топыраққа отырғызғаннан кейінгі тұқымдардың өну жағдайлары анықталды.

Мұнда, Ақсора (*S.salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктерінен іріктеп алынған тұқымдар 4 түрлі топыраққа егілді. Тұқымдардың бастапқы өнген күндері мен өсу қарқындылығы есепке алынды.

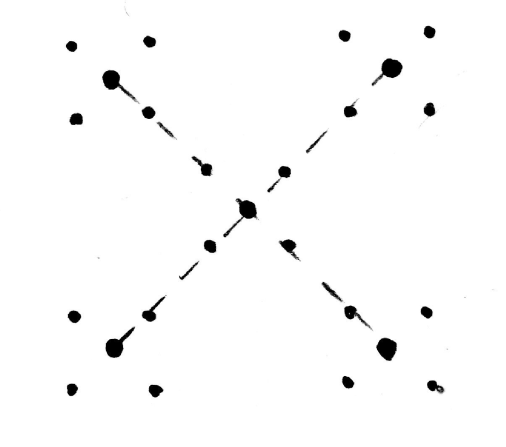
**2.2.5 Ақсора (*S.salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктері өсетін топырақ жамылғыларын зерттеу әдістері**

Топырақты іріктеуді бастамас бұрын үлгілік учаскелер өсімдіктерден тазартылады. Белгіленген нүктелерден алынған аралас үлгілер жинақталып, топырақ сынамалары іріктеп алынғаннан кейін екі күннен кешіктірмей ауада кептіріліп, електен өткізіледі, содан кейін қағаз конверттерде сақталынады [253].

2.2.5.1 Табиғи аумақтардан топырақ сынамаларын алу әдісі

Зерттелінетін аймақ Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы тұзданған топырақ сынамалары 2019 жылы және 2020 жылдың қазан айларында алынды. Топырақ қабаттарының табиғи қалпын сақтай отырып, горизонттарға бөлінді. 30 см тереңдіктен алынған кесіндінің жоғарғы бөлігі (0-10см), ортаңғы бөлігі (10-20см) және төменгі бөлігі (20-30см) генетикалық горизонттарға бөлініп, топырақ горизонттарының орташа шекарасы белгіленді. Әрбір горизонттардың ортасынан алынған салмағы 500г болатын топырақ үлгілері аpнайы дайындалған алюминий бюкстерге салынды. Сонымен бірге, зертханалық талдаулар үшін кесінділердің әр горизонттарынан 5 қайталамада топырақ үлгілері алынды. Үлгілердің алынған жері, кесінді номері, тереңдігі және алынған күні жазылды [254].

Топырақты іріктеудің «конверт» әдісінің сынамалық схемасы 13-суретте көрсетілген.



Сурет 13 – «Конверт» әдісінің сынамалық схемасы

Топырақ сынамаларын алудың тағы бір әдісі ол «конверт» əдісі болып саналады. Сынақ алаңдарының бұрыштарында төрт нүкте, ортасында біреуі белгіленіп, əр нүктеде айналған тағы төрт қазу нүктесі жасалады жəне топырақ бетінің қабаты 0-5 см, 10-20 cм, 20-30 см тереңдікте болады.

**2.2.5.2 Топырақтың ылғалдылығы мен құрғақ қалдығын анықтау әдісі**

Галофитті өсімдіктер өсетін топырақтың ылғалдылығын анықтау үшін әр топтан алынған топырақ үлгілері пайдаланылды. Алюминий бюкстерінің таза салмағы және осы бюкстерге 1/3 - не толтырылған топырақ салмағы өлшеніп алынды. Қақпақтары ашық күйіндегі бюкстердегі топырақ үлгілері 3 сағат ТС-1/80 электрлік кептіру шкафында 105°С температурада кептірілді. Кейін бюкстердің қақпақтары жабылып, эксикаторда 30 минут салқындатылды да, қайтадан өлшенді. Содан кейін тағы 2 сағат құрғақ күйге дейін кептірілді [255].

Топырақтың гигроскопиялық ылғалдылығын есептеуде алдымен ылғалдылық (Wг) (5) формуласы бойынша есептеледі:

˟100% (5)

мұнда Wг - ылғалдылық;

P1 - бюкспен кептірілгенге дейін топырақтың массасы;

P2 - бюкспен кептіруден кейін топырақтың массасы;

P0 - топырақсыз бюкстің массасы; 100 - пайыздық көрсеткіш.

Гигроскопиялық ылғалдылық есептеу үшін топырақтың гигроскопиялық коэффициенті (Кг) есептелініп, оған құрғақ топырақтың нәтижесі көбейтіледі.

(6)

Құрғақ қалдық - бұл топырақтан сығындысының булану өнімі, бұл топырақтағы бейорганикалық және органикалық қосылыстардың жинтығы.

Топырақтың құрғақ қалдығын анықтау үшін көлемі 500 см3 колбаға дистилденген су құйылып, 30 мин қайнатылады, қайнаған судан 250 см3 өлшеніп, колбаларға құйылады. Топырақың әртүрлі үлгілерінен 50 г өлшеніп, дистилденген су құйылған 250 см3 Колбаға салынып қақпағы жабылып, S1-300 Shaker (шайқағыш құрылғысында) 24 сағатқа қалдырады. Колба ішіндегі тұнған топырақ сығындылары сүзгі қағаздармен сүзіледі, сүзу аяқталғаннан кейін 25-50 мл сүзінді пипеткамен (тұзданудың болжамды дәрежесіне байланысты) алынып, фарфор шыныға құйылып, су ваннасында буландырылады. Буланудан кейінгі шыны ыдыстағы зат 1050С температурада кептіру шкафында үш сағат бойы кептіріледі, эксикаторда 30 минут салқындатылды да қайтадан өлшенді [256]. Құрғақ қалдық төмендегі (7) формуламен есептеледі:

А= (7)

мұнда A - құрғақ қалдық %;

b - құрғақ қалдығы бар ыдыстың массасы (г);

c - бос тостағанның массасы (г); 100- пайыздық мөлшері;

Кг - топырақтың гигроскопиялық коэффиценті;

m - топырақ сығындының булану үшін алынған көлеміне сәйкес келетін үлгісі (г).

Топырақ тұздылығын бағалау құрғақ қалдық мөлшеріне негізделеді Топырақтың тұздану деңгейі немесе оның горизонттары құрғақ қалдықтың мөлшерімен анықталады, бұл топырақтағы судың булануынан кейін пайда болады.

Топырақтың тұздылығы гравиметриялық әдіс арқылы анықталған. Оның деңгейлері мен жіктелу көрсеткіші 5-кестеде берілген.

Кесте 5 – Топырақтың құрғақ қалдығына негізделе отырып тұздылық деңгейін бағалау

|  |  |
| --- | --- |
| Топырақтың тұздылық деңгейі бойынша жіктелінуі | Құрғақ қалдық, % |
| Тұзсыз | 0,25-0,30 |
| Әлсіз тұзды | 0,30-0,50 |
| Орташа тұзды | 0,50-1,0 |
| Қатты тұзды | 1,0-2,0 |
| Тұзды батпақты | 2,0-4,0 |

Топырақтың тұздылық дәрежесі топырақтағы минералды және органикалық қосылыстардың мөлшері мен топырақ сығындысындағы құрғақ қалдықпен жалпыға мәлім әдіс арқылы анықталған [257].

2.2.5.3 Топырақ жамылғысының химиялық құрамын анықтау әдістері

Сортаңдар топырақтың дербес бір тобы ретінде генетикалық топырақтану ілімінің алғашқы даму кезеңінде-ақ белгілі бола бастады. Сортаң деген терминді 1894 жылы Саратов губеpниясының топырағын зерттеген. В.В. Докучаевтің шәкірті П.А. Земятченский бірінші рет қолданған.

1912 жылы басталған К.К. Гидройцтың классикалық коллойдты-химиялық зерттеулерінің нәтижесінде тұзды қабаттың пайда болуының физикалық-химиялық жолдары анықталған. Бұл қабаттың пайда болу себебін ғалым ауыспалы – ісінген натрийдің әсерінен деп тұжырымдайды. Айталық, Na - саз, қарашірікті ылғалды күйде ісінеді, ал құрғақ күйде сығылады да, топырақтың сортаң қабатына тән жарықшақтар, бағанашалар, кесектер пайда болады.

Карбонатты тұздану кезінде топыраққа көбіне натрийдің көмір қышқылды (карбонатты) тұздары жиналады. Хлоридті және сульфатты сортаңдану топырақтың хлорлы және күкірт қышқылды тұздарымен байланысты. Аралас тұздану топырақта осы тұздардың ара қатынасы тең болған жағдайда кездеседі. Топырақ сульфатты-хлоридті тұзданған топырақ түріне онда хлоридтер басымырақ болғанда, ал кері жағдайда хлоридті-сульфатты түрлерге жатқызылады. Хлорлы тұздар, әсіресе ас тұзы басымырақ болған жағдайда кәдімгі тұздың дәмі анық байқалады. Күкірт қышқылының тұздары, оның ішінде магний тұзы (ағылшын тұзы) көбірек болса, ащы – тұзды, тұтқыр дәм береді.

Топырақтың тұздануы, онда, әсіресе, хлор тұздарының басым келуі ылди – ойпаң жерлерде көбірек кездеседі. Себебі тұздар мұнда дөң және дөңес жерлерден, қырлардан сумен бірге келіп шөгеді. Сульфат тұздары топырақтарда өте кең тараған. Ол топырақты босатып, құрғатып, шаңдандыруға себеп болады.

Топырақтың сілтілі немесе қышлылдық күйін өлшеуде pH метр қолданылады. Топырақ үлгілерінің pH мөлшерін анықтау үшін алдын ала шыны ыдыстарға өлшеніп алынған 100 г топырақтың үстіне 30 мл дистилденген су құйылды. Топырақтан дайындалған суспензиялардың pH мәні pH-150 Ми құрылғысы арқылы өлшенеді. Құрылғының электродтарын топырақ суспензиясына қондырып, өлшемдер нәтижесі алынды [258].

Топырақтың химиялық құрамы топырақ құнарлылығының негізгі көрсеткіштерінің бірі. Ол өсімдік тіршілігінде маңызды орын алатын қасиеттерін анықтайды. Топырақтың құнарлылығын анықтайтын негізгі қасиеттері оның химиялық құрамына тәуелді, ол өз кезегінде топырақ қалыптастырушы жыныстардың минералогиялық құрамымен тікелей байланысты [259]. Топырақтың тұздылығы құрамындағы тұз иондарына байланысты әртүрлі болады. Базилевич, Панкова бойынша топырақ құрамындағы аниондарға байланысты топырақ әр түрге жіктеледі [260]. Тұзды жерлерді игеру кезінде ауыл шаруашылығын қалпына келтірудің гидрогеохимиялық режимдерін негіздеу критерийлері ретінде Н.И. Базилевич және Е.И. Панкова ұсынған тұзды топырақтың жіктелуін пайдалануға болады (6-кесте).

Кесте 6 – Тұзды топырақтардағы аниондардың түрлері бойынша топырақтарға сипаттама беру (Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша)

|  |  |
| --- | --- |
| Карбонатты | тұздардың арасында карбонаттар басым болады (карбонаттар CO32- және бикарбонаттар HCO-3) |
| Хлоридті | тұздардың арасында хлоридтер күрт жоғарылайды(Cl-) |
| Сульфатты | тұздардың арасында сульфаттар күрт жоғарылайды(SO42-) |
| Сульфатты-карбонатты | тұздардың арасында сульфаттар мен карбонаттар кездеседі, алайда карбонаттардың мөлшері сульфатқа қарағанда жоғары болады |
| Сульфатты-хлоридті | тұздардың арасында сульфаттар мен хлоридттер кездеседі, алайда хлоридттердің мөлшері сульфатқа қарағанда жоғары болады |

Құрғақ қалдықтардың құрамына және топырақтағы улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуінің басқа әдістермен салыстырғанда ерекшелігі - топырақ ерітіндісінің тұздануын және топырақтың биологиялық өнімділігін ескереді. Топырақтың құрамындағы тұздардың жалпы мөлшеріне қарағанда улы иондардың мөлшерін ескеру маңызды. Топырақтағы улы иондардың шамасы шекті мөлшерден асып кетсе, өсімдіктердің өсуі мен дамуы тежеледі [261] (7-кесте).

Кесте 7 – Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне (топырақ массасының %) байланысты жіктелуі

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тұзды топырақ дәрежесі | Тұздылық типі | | | | | | |
| хлоридттіCl-:SO42-≥2,5 | сульфатты-хлоридтті  Cl-:SO42-=2,5-1 | содалы-хлоридтті және  хлоридтті- содалы  Cl-:SO42->1 | содалы-сульфатты және сульфатты-содалы  Cl-:SO42-≤1 | Хлоридтті  сульфатты  Cl-:SO42-≤1-0,3 | сульфатты Cl-:SO42-≤0,3 | сульфатты немесе хлоридтті-гидрокарбонатты сілтілі топырақ HCO3-:Cl->1  HCO3-:SO42<1 |
| Тұзсыз | <0,03 | <0,05 | <0,1 | <0,15 | <0,10 | <0,15 | <0,15 |
| Әлсіз тұзды | 0,03-0,10 | 0,05-0,12 | 0,10-0,15 | 0,15-0,25 | 0,10-0,25 | 0,15-0,30 | 0,15-0,30 |
| Орташа тұзды | 0,10-0,30 | 0,12-0,35 | 0,15-0,30 | 0,25-0,35 | 0,25-0,50 | 0,30-0,60 | 0,30-0,50 |
| Қатты тұзды | 0,30-0,60 | 0,35-0,70 | 0,30-0,50 | 0,35-0,60 | 0,50-0,90 | 0,60-1,40 | кездеспейді |
| Тұзды батпақты | >0,6 | >0,7 | >0,5 | >0,6 | >0,9 | >1,4 | кездеспейді |

Топырақ сынамаларынан алынған суспензиялардағы Cl-, және SO42- иондары, СО32- жалпы мөлшері және HCO3- иондары титриметриялық (аргентометриялық титрлеу) әдіспен анықталды [262].

В.А. Ковда (1950) бұрынғы Одақтың территориясын тұздану ерекшелігіне қарай негізгі төрт провинцияға бөледі:

1. Хлоридті тұздар басым провинция. Бұған негізінен Каспий төңірегі жатады. Бұл аймақтағы топырақтардың тұз ерітіндісінде хлорлы натрий мен хлорлы магний басым болады.
2. Сульфатты – хлорлы провинция. Бұл жерлер біртұтас емес бөлек-бөлек аудандарға тарап, келесі үшінші провинциямен шектесіп жатады.
3. Сульфатты және хлорлы – сульфатты провинция. Мұндай провинциялар жазық жерлер мен және Тұран ойпатындағы өзендердің жайылым атауларымен байланысты.

Сульфатты – содалы провинция. Батыс-Сібір, Ока-Дон және Днепр ойпаттарының қуаң орманды – далаларына тараған [263].

**3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**

**3.1 Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы галофитті өсімдіктерді анықтау нәтижелері**

Павлодар облысы Маралды көлі маңынан галофитті өсімдіктердің белсенді үш түрі анықталған. Маралды көлі аумағынан табылған үш түр зерттеуге алынды. Ақсора (*Suaeda salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктері кездесетін флоралық құрам анықталып, ботаникалық зерттеу жұмыстары негізінде, әрбір түрлер зерттеліп, жүйелеу және гербарий жасау мақсатында галофиттерде кездескен өсімдік түрлері жиналды [264].

Галофитті өсімдіктердің *Chenopodiaceae* тұқымдасының негізгі үш түрі Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) – Павлодар облысының Шарбақты ауданы Маралды көлі маңынан табылған өсімдіктерден анықталды. Маралды көлінің жалпы ауданы 54,7 км2, тереңдігі 3,3 метр, координаттары N: 523 15'00.0'', E: 777 69'72.2'' болатын тұзды көл. Көлдің маңындағы топырақ жамылғысы құмды, сортаң топырақтардан қалыптасқан қалдықты әкті топырақ. Топырақтың беткі қабаты қатты, атмосфералық ылғалдылық сақталған.

Сарсазан туысы – тұзды көлдердің жағалауларында өсетін 1 түрі -төмпек Сарсазан (*H. strobіlactum*) бар. Кейде оны тентек сораң немесе мырза сораң деп те атайды. Оның биіктігі 5-40 см, сабағы көп бұтақты, төменгі бөлігі ағаш тәрізді сүректенген. Жас өркендері шырынды, бунақты келеді. Жапырақтары жетілмеген қабыршақ тәрізді, қарама-қарсы оpналасқан. Гүлдері қосжынысты, бір-біріне үш-үштен (кейде екіден) тығыз оpналасқан масақ гүлшоғырына топталған. Тамыз-қыркүйек айларында гүлдеп, жеміс береді. Жемісі - тұқымша, ұзындығы 0,5-0,75 мм, екі бүйірінен қысыңқы, қоңыр түсті. Сарсазан өсімдік зиянкестері үшін улы өсімдік [[265]](https://kk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD#cite_note-1).

Бұзаубас сораң – Солерос. Қызыл сораң (С. европейский). Біржылдық, ксерофит, галофит, суккулент, доминант, тұзды – шөлді өсімдік. Ылғалды сортаңдарда, тұзды су жағалауларында, үлкен қопа түзеді. Тұзы мол топырақта жақсы өседі. 1,5% хлорлы натрий, калийді топыраққа берсе жақсы өсіп, ал 5% ас тұзында өсімдік өліп қалады. Өсімдіктердің барлық бөлігі етжеңді, жалаң және шырынды жапырақтары әрең байқалатын қабыршаққа айналған. Гүлдері кішкентай, әрең байқалады, бунақталған бұтақшаларындағы ұяшықтарда түйреуіш тәрізді «масақшалар» түзіп оpналасады.

Өсімдік негізі жасыл түсті, көбіне қызыл, сарғылт қызғыш, сия көк-қызыл түсті де болады. Яғни жаз кезінде жасыл, кейіннен қызыл түске айналады. Бұтақтары қарама-қарсы оpналасқан. Өсімдіктердің биіктігі 5-30 см. Әсіресе Каспий мен Арал теңіздерінің тартылған жағалауларының үлкен кеңістігінде сораңдар көп өседі. Сораңның күлінен сода алынады.

Ақсора - бір жылдық бұталы өсімдік, биіктігі 20-80 см, жасыл немесе күлгін-қызыл түсті болып келеді. Сабағы тік, цилиндр пішінді, бұтақтары көбінесе сабақтың жоғарғы бөлігінде шоғырланған, жіңішке, ашық немесе көлбеу. Жапырақтары жолақ тәрізді және жартылай цилиндр тәрізді. Шатыршалар әдетте 3-5 гүлден тұрады, қолтық асты, бұтақтарда үзік-үзік масақ тәрізді оpналасқан. Тұқымдары көлденең, екі беті дөңес айна тәрізді немесе қисық жұмыртқа тәрізді. Қара және қоңыр болып келеді. Шілдеден қазанға дейін гүлдейді және жеміс береді [266].

Әсіресе ортаның қатаң жағдайларына жақсы бейімделген галофиттер өте күшті тұзданған топырақтарда өсетін өсімдіктер. Олар тіпті өте тығыз горизонтты және галофиттерден басқа өсімдік тіршілік ете алмайтын тұзды топырақтарда өсіп жетіледі. Тұзды-сілтілі топырақты жақсарту мақсатында галофиттер жиі пайдаланылады. Мысалы, *Salicornia salina* және *Suaeda salsa* сияқты эугалофиттер. *Limonium bicolor, Atriplex centralia, Seraria lanceolata және Puccinellia tenuiflora* - барлығы сортаң-сілтілі топырақтарды жақсартуда кеңінен қолданылатын негізгі галофиттер екендігі белгілі [267].

**3.2 Қазақстан Республикасы территориясындағы топырақ жамылғысының өсімдіктерді шектеуін зерттеу**

3.2.1 Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған топырақ сынамаларының физикалық-химиялық көрсеткіштерінің нәтижелері

2018 жылы зерттеуге алынған топырақ сынамаларының физикалық көрсеткіштері анықталды. Зерттеулер нәтижесі топырақ сынамаларында pH әлсіз сілтілі, құрғақ қалдығы ≈ 3%, ылғалдылық коэффициенті ≈ 1екенін көрсетті (8-кесте).

Кесте 8 – Топырақ сынамаларының физикалық-химиялық көрсеткіштері

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сынамалар | Гигроскопиялық ылғал коэффициенті | Құрғақ қалдық, % | pH |
| 1 | 1,1031±0,05 | 3,31±0,09 | 9,43±0,10 |
| 2 | 1,0632±0,06 | 2,98±0,07 | 8,34±0,10 |
| 3 | 1,0858±0,04 | 3,14±0,06 | 8,82±0,10 |
| 4 | 1,023±0,05 | 2,97±0,09 | 8,33±0,10 |

Зерттеу нәтижелері бойынша топырақтың №1 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,1031±0,05, құрғақ қалдық мөлшері – 3,31±0,09%, pH – көрсеткіші 9,43±0,10 болған. №2 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,0632±0,06, құрғақ қалдық мөлшері – 2,98±0,07%, pH – 8,34±0,10 көрсеткішін байқатты. Топырақтың №3 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,0858±0,04, құрғақ қалдық мөлшері – 3,14±0,06%, pH – 8,82±0,10 көрсетті. Ал, №4 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,023±0,05, құрғақ қалдық мөлшері – 2,97±0,09%, pH – көрсеткіші 8,33±0,10 болғандығы анықталды.

8-кестедегі топырақ сынамаларының құрғақ қалдығы мен рН мәні көрсеткіштеріне сүйене отырып, зерттелген 4 топырақ сынамасының нәтижелерін салыстырғанда ең жоғары көрсеткіш №1 сынамада байқалды. Мұнда, топырақтың құрғақ қалдығы 3,31%, рН – 9,43 болған. Ең төменгі көрсеткіш топырақтың №4 нұсқасында, құрғақ қалдық мөлшерінің 2,97%, және pH – 8,33 болған. Топырақ сынамаларының рН көрсеткіштері бойынша барлық топырақ сынамалары сілтілі ортаға жатқызылды.

Жалпыға мәлім әдіске сүйене отырып, топырақтың құрғақ қалдық мөлшеріне байланысты топырақтың тұздылық деңгейін анықтау нәтижесінде Павлодар облысы Маралды көлі маңайынан алынған 4 топырақ сынамаларының барлығы да тұзды батпақты типке жататындығы анықталды.

2018 жылы Павлодар облысы Маралды көлі маңайындағы топырақ сынамаларының аниондары (Cl-, CO2-3, HCO3-, SO42-) бар, және олар төмендегідей нәтижелерді байқатты (9-кесте).

Кесте 9 – Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларындағы аниондарының мөлшері (мг/л)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сынамалар, № | Cl- | CO2-3 | HCO-3 | SO42- |
| 1 | 1994±5,4 | 420±5,3 | 14±0,02 | 2498±6,5 |
| 2 | 1532,5±4,6 | 300±4,6 | 7±0,03 | 1766,4±3,5 |
| 3 | 1988±6,3 | 60±3,5 | 61±0,01 | 1958,4±4,3 |
| 4 | 532,5±5,2 | 120±4,5 | 6±0,01 | 230,4±4,5 |

Зерттеу көрсеткендей, аниондар мөлшерінің топырақтың жеке-жеке 4 нұсқасындағы нәтижелерінің айырмашылықтарын анық байқауға болады. Топырақтың №1 - сынамасындағы Cl-– 1994±5,4, CO32-– 420±5,3, HCO3- – 14±0,02, SO42- – 2498±6,5 болған. №2 - сынаманың Cl-– 1532,5±4,6, CO2-3 – 300±4,6, HCO-3 – 7±0,03, SO42- – 1766,4±3,5 көрсеткен. Топырақтың №3 - сынаманың Cl-– 1988±6,3, CO2-3 – 60±3,5, HCO-3 – 61±0,01, SO42- – 1958,4±4,3, №4 - сынаманың Cl-– 532,5±5,2, CO2-3 – 120±4,5, HCO-3 – 6±0,01, SO42- – 230,4±4,5 анықталды.

Зерттелген топырақтың 4 нұсқасындағы аниондар мөлшерін салыстыра келе, Cl--ның мөлшері №1 топырақ сынамасында ең жоғары көрсеткіш 1994 мг/л байқатты. Ал топырақтың №4 - сынамасында Cl- -ны 532,5мг/л көрсеткішпен ең төменгі нәтижені көрсетті. CO32- – иондарының топырақтың 4 сынамасындағы нәтижерелін салыстыған, №1 топырақ сынамасында ең жоғары көрсеткіш 420 мг/л болып, ең төменгі көрсеткіш №3 сынамасында 60 мг/л болғандығы анықталды. Топырақтағы HCO-3 – ионын салыстырғанда, №3 топырақ сынамасында 61 мг/л көрсеткішпен ең жоғары болса, 6мг/л мен №4 топырақта ең төмен нәтиже байқатты. SO42- – ионының мөлшерін қарағанда, 2498 мг/л мәнімен №1 - топырақта ең жоғары болса, №4 топырақта 230,4 мг/л көрсеткішпен ең төмен нәтиже байқатты. Маралды көлі маңайынан алынған топырақ үлгілерінің құрамындағы аниондардың мөлшерін анықтау барысында, Cl-, CO32-, SO42- иондарының мөлшері топырақтың №1 сынамасында, ал HCO-3 – ионы топырақтың №3-сынамасында ең жоғары көрсеткішті байқатты.

Сонымен қатар, Маралды көлі маңайындағы топырақтың Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша улы иондарының топырақтағы мөлшеріне байланысты әртүрлі топырақ түрлері ажыратылды (10-кесте).

Кесте 10 – Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша Маралды көлі маңындағы топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуі, топырақ массасының (%)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тұздылық типі | Сынамалар, № | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Хлоридтті  Cl-:SO42-≥2,5 | 0,80±0,01 | 0,87±0,02 | 1,02±0,04 | 2,31±0,02 |
| Сульфатты- хлоридтті  Cl-:SO42-=2,5-1 | 0,80±0,01 | 0,87±0,02 | 1,02±0,04 | 2,31±0,02 |
| Содалы-хлоридтті және хлоридтті- содалы  Cl-:SO42->1 | 0,80±0,01 | 0,87±0,02 | 1,02±0,04 | 2,31±0,02 |
| Содалы-сульфатты және сульфатты-содалы  Cl-:SO42-≤1 | 0,80±0,01 | 0,87±0,02 | 1,02±0,04 | 2,31±0,02 |
| Хлоридтті-сульфатты  Cl-:so42-≤1-0,3 | 0,80±0,01 | 0,87±0,02 | 1,02±0,04 | 2,31±0,02 |
| Сульфатты Cl-:SO42-≤0,3 | 0,80±0,01 | 0,87±0,02 | 1,02±0,04 | 2,31±0,02 |
| Сульфатты немесе хлоридтті-гидрокарбонатты сілтілі топырақ HCO-3: Cl->1  HCO-3:SO42<1 | 0,007±0,001  0,005±0,001 | 0,005±0,001  0,004±0,001 | 0,031±0,002  0,031±0,002 | 0,011±0,001  0,026±0,001 |

Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларындағы аниондарының мөлшеріне байланысты топырақ сынаманың №1 нұсқасында

Cl-:SO42- бойынша көрсеткіш 0,80 болып, бұл сынама содалы-сульфатты және сульфатты-содалы.

Cl-:SO42-≤1, топырақтың №2 - нұсқасында Cl-:SO42- бойынша көрсеткіш 0,87 болып, бұл сынама содалы-сульфатты және сульфатты-содалы.

№3 - нұсқасында Cl-:SO42-≤1, Cl-:SO42- бойынша көрсеткіш 1,02 болып, бұл сынама содалы-хлоридтті және хлоридтті- содалы.

Cl-:SO42->1, топырақтың №4 - нұсқасында Cl-:SO42- бойынша көрсеткіш 2,31 болып, бұл сынама сульфатты-хлоридтті Cl-:SO42-=2,5-1 түрлерге ажыратылды.

10-кестеде, Н.И. Базилевич, Е.И. Панковая бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуіне сәйкес, топырақ сынаманың №1 нұсқасы Cl-:SO42- – 0,80>0,6 немесе бұл тұзды батпақты топырақ енендігі анықталды. №2 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,87>0,6 болып, тұзды батпақты топыраққа, №3 нұсқасында Cl-:SO42- – 1,02>0,5, тұзды батпақты топырақ типіне тән болған. №4 нұсқасында Cl-:SO42- –2,31>0,7 бұл сынамада тұзды батпақты топыраққа жататыны белгілі болды.

Зерттелген топырақ сынамасының физикалық қасиеттері бойынша, соның ішінде, гигроскопиялық ылғал коэффициенті және топырақтың құрғақ қалдық пайызы бойынша, Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова әдісімен сынаманың 4 нұсқасында топырақ тұзды батпақты топырақ типіне жатқызылды.

Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақтың құрғақ қалдық мөлшері анықталған нәтижелерге сүйене отырып, топырақтың тұздылық деңгейінің өте жоғары екендігі белгілі болды. Зерттеген топырақ сынамасының 4 нұсқасының құрғақ қалдық мөлшерінің ең төменгі көрсеткіші 2,97±0,09 және ең жоғары көрсеткіші 3,31±0,09 болғандығы, сонымен бірге pH көрсеткішінің ең төменгі 8,33±0,10 және ең жоғары 9,43±0,10 мәні бойынша сілтілі орта болып табылды.

Топырақтың анионды құрамын зерттеу нәтижесінде Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуі бойынша оның сульфатты-хлоридті, содалы-сульфатты типтерге жатқызылатындығы анықталды. Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты топырақ сынамасыны Cl-:SO42- – 0,80>0,6 және тұзды батпақты топыраққа жататыны анықталды.

2020 жылы Павлодар облысы Маралды көлі маңынан зерттеуге алынған 4 түрлі топырақ сынамаларына галофитті өсімдіктің 3 түрінің тұқымдарын отрығызудан бұрын және өсімдік тұқымдары өскеннен кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері анықталды.

Топыраққа өсімдіктер тұқымдарын егуден бұрынғы сынамалардың pH-мәні әлсіз сілтілі, құрғақ қалдығы ≈ 2%, ылғалдылық коэффициенті ≈ 1екенін көрсетті (11-кесте).

Зерттеу нәтижелері бойынша №1 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,022±0,05, құрғақ қалдық мөлшері – 1,43%, pH мәні 8,48 болған. №2 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,1105±0,06, құрғақ қалдық мөлшері – 2,67%, pH – 8,95. Топырақтың №3 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,031±0,04, құрғақ қалдық мөлшері – 1,59%, pH мәні 8,54. Ал, №4 сынаманың гигроскопиялық ылғал коэффициенті – 1,009±0,05, құрғақ қалдық мөлшері – 2,42%, pH мәні 8,73 болғаны анықталды.

Кесте 11 – Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларының физикалық-химиялық қасиеттері

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сынамалар  № (контроль) | Гигроскопиялық ылғал коэффициенті | Құрғақ қалдық, % | pH |
| 1 | 1,022±0,05 | 1,43±0,09 | 8,48±0,10 |
| 2 | 1,1105±0,06 | 2,67±0,07 | 8,95±0,10 |
| 3 | 1,031±0,04 | 1,59±0,06 | 8,54±0,10 |
| 4 | 1,009±0,05 | 2,42±0,09 | 8,73±0,10 |

11-кестедегі топырақ сынамаларының құрғақ қалдығы мен рН мәні көрсеткіштеріне сүйене отырып, зерттелген 4 топырақ сынамасының нәтижелерін салыстырғанда ең жоғары көрсеткіш №2 сынамада байқалды. Мұнда, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 2,67%, рН мәні 8,95 болған. Сонымен қатар, ең төменгі көрсеткіш топырақтың №1 - нұсқасында, құрғақ қалдық мөлшерінің 1,43%, pH мәні 8,48 болған. Топырақ сынамаларының рН мәні бойынша барлық топырақ сынамалары сілтілі ортаға жатқызылды.

Жалпыға мәлім әдіске сүйене отырып, топырақтың құрғақ қалдық мөлшеріне байланысты топырақтың тұздылық деңгейін анықтау нәтижесінде Павлодар облысы Маралды көлі маңайынан алынған 4 топырақ сынамаларындағы №1 және №3 нұсқасы қатты тұзды, №2 және №4 сынамаларының тұзды батпақты екенін көрсетті.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) тұқымдарын Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған 4 топырақ сынамаларына отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерінде бақылаумен салыстырғанда зор айырмашылық байқалды. Ақсора өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ типтері тұзды батпақты топырақтан әлсіз тұзды топырақ типіне өзгерген анықталды (12-кесте).

Зерттеуге негізделгенде, Маралды көлі маңындағы топыраққа Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігін отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық көрсеткіштерін бақылаумен салыстырғанда айырмашылықтарды байқауға болады.

№1 сынамада, бақылаумен салыстырғанда Ақсора өсімдігі өскеннен кейінгі топырақтың гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,017-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,03% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,33-ге кемейген. №2 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,076-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,92% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,67-ге кеміген. №3 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,028-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,16% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,35-ге кеміген. №4 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,008-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,62% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,49-ге төмендеген.

Кесте 12 – Маралды көлі маңындағы топыраққа Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігін отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Топырақ  cынамалары  № | Бақылау,  галофитті өсімдік | Гигроскопиялық ылғал коэффициенті | Құрғақ қалдық, % | pH |
| 1 | Бақылау | 1,022±0,05 | 1,43±0,09 | 8,48±0,10 |
| Ақсора | 1,005±0,05\* | 0,40±0,09\*\* | 8,15±0,11\* |
| 2 | Бақылау | 1,1105±0,06 | 2,67±0,07 | 8,95±0,10 |
| Ақсора | 1,033±0,06\* | 0,75±0,04\* | 8,28±0,10\*\* |
| 3 | Бақылау | 1,031±0,04 | 1,59±0,06 | 8,54±0,10 |
| Ақсора | 1,003±0,07\*\* | 0,43±0,09\* | 8,19±0,08\* |
| 4 | Бақылау | 1,009±0,05 | 2,42±0,09 | 8,73±0,10 |
| Ақсора | 1,001±0,05\*\* | 0,80±0,09\* | 8,24±0,09\*\* |
| \* – p <0,05;  \*\* – p <0,01;  \*\*\* –p <0,001 | | | | |

Топырақтың құрғақ қалдық мөлшеріне байланысты топырақтарды типтерге ажырату әдісіне сүйене отырып, №1 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі анықталған. Ақсора өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы әлсіз тұзды топырақ типіне жататыны анықталды. №2 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы тұзды батпақты топырақ типі екендігі белгілі. Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы орташа тұзды топырақ типі екендігі анықталды. №3 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі белгілі. Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы әлсіз тұзды топырақ типі жатады. №4 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы тұзды батпақты топырақ типі екендігі белгілі. Ақсора өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы орташа тұзды топырақ типіне жататындығы анықталды.

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымдарын Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған 4 топырақ сынамаларына отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерінде бақылаумен салыстырғанда зор айырмашылық байқалды. Еуропа бұзаубас сораң өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ типтері тұзды батпақты топырақтан әлсіз тұзды топырақ типіне және қатты тұздыдан әлсіз тұзды типке өзгергені анықталды (13-кесте).

№1 сынамада, бақылаумен салыстырғанда Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақтың гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,019-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 0,80% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,25-ге кемейген. №2 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,023-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,61% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,52-ге кеміген. №3 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,027-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,19% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,38-ге кеміген. №4 сынамада, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,61% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,48-ге төмендеген.

Кесте 13 – Маралды көлі маңындағы топыраққа Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігін отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Топырақ  cынамалары  № | Бақылау,  галофитті өсімдік | Гигроскопиялық ылғал коэффициенті | Құрғақ қалдық, % | pH |
| 1 | Бақылау | 1,022±0,05 | 1,43±0,09 | 8,48±0,10 |
| Бұзаубас сораң | 1,003±0,06\*\* | 0,63±0,07\*\* | 8,23±0,11\* |
| 2 | Бақылау | 1,1105±0,06 | 2,67±0,07 | 8,95±0,10 |
| Бұзаубас сораң | 1,087±0,04\* | 1,06±0,06\* | 8,43±0,09\*\* |
| 3 | Бақылау | 1,031±0,04 | 1,59±0,06 | 8,54±0,10 |
| Бұзаубас сораң | 1,004±0,05\*\* | 0,40±0,09\* | 8,16±0,10\* |
| 4 | Бақылау | 1,009±0,05 | 2,42±0,09 | 8,73±0,10 |
| Бұзаубас сораң | 1,015±0,05\*\* | 0,81±0,09\* | 8,25±0,09\*\* |
| \* – p <0,05  \*\* – p <0,01  \*\*\* – p <0,001 | | | | |

Топырақтың құрғақ қалдық мөлшеріне байланысты топырақтарды типтерге ажырату әдісіне сүйене отырып, №1 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі анықталған. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы орташа тұзды топырақ типіне жататыны анықталды. №2 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы тұзды батпақты топырақ типі екендігі белгілі. Еуропа бұзаубас сораң өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі анықталды. №3 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі белгілі. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы әлсіз тұзды топырақ типі жатады. №4 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы тұзды батпақты топырақ типі екендігі белгілі. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы орташа тұзды топырақ типіне жататындығы анықталды.

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) тұқымдарын Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған 4 топырақ сынамаларына отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерінде бақылаумен салыстырғанда зор айырмашылық байқалды. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ типтері тұзды батпақты топырақтан қатты тұзды топырақ типіне және қатты тұздыдан орташа тұзды типке өзгергені анықталды (14-кесте).

Кесте 14 – Маралды көлі маңындағы топыраққа Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігін отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Топырақ  cынамалары  № | Бақылау,  галофитті өсімдік | Гигроскопиялық ылғал коэффициенті | Құрғақ қалдық, % | pH |
| 1 | Бақылау | 1,022±0,05 | 1,43±0,09 | 8,48±0,10 |
| Төмпек сарсазан | 1,002±0,05\*\*\* | 1,00±0,09\*\* | 8,37±0,11\* |
| 2 | Бақылау | 1,1105±0,06 | 2,67±0,07 | 8,95±0,10 |
| Төмпек сарсазан | 1,019±0,06\* | 1,24±0,04\* | 8,53±0,10\*\* |
| 3 | Бақылау | 1,031±0,04 | 1,59±0,06 | 8,54±0,10 |
| Төмпек сарсазан | 1,003±0,07\*\* | 0,60±0,09\*\*\* | 8,27±0,10\* |
| 4 | Бақылау | 1,009±0,05 | 2,42±0,09 | 8,73±0,10 |
| Төмпек сарсазан | 1,022±0,05\*\* | 1,02±0,09\* | 8,41±0,09\*\*\* |
| \* – p <0,05;  \*\* – p <0,01;  \*\*\* – p <0,001 | | | | |

Зерттеуге негізделгенде, Маралды көлі маңындағы топыраққа Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігін отырғызғаннан кейінгі топырақтың физикалық-химиялық көрсеткіштерін бақылаумен салыстырғанда айырмашылықтарды байқауға болады.

№1 сынамада, бақылаумен салыстырғанда Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақтың гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,02-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 0,43% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,11-ге кемейген. №2 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,09-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,43% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,42-ге кеміген. №3 сынамада, гигроскопиялық ылғал коэффициенті 0,028-ге, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 0,99% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,27-ге кеміген. №4 сынамада, топырақтың құрғақ қалдық мөлшері 1,40% төмендеген. Ал, рН мәні де 0,32-ге төмендеген.

Топырақтың құрғақ қалдық мөлшеріне байланысты топырақтарды типтерге ажырату әдісіне сүйене отырып, №1 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі анықталған. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасында ешқандай өзгеріс байқалмады. №2 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы тұзды батпақты топырақ типі екендігі белгілі. Төмпек сарсазан өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі анықталды. №3 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типі екендігі белгілі. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы орташа тұзды топырақ типі жатады. №4 сынамада бақылаудағы топырақ сынамасы тұзды батпақты топырақ типі екендігі белгілі. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі өскеннен кейінгі топырақ сынамасы қатты тұзды топырақ типіне жататындығы анықталды.

2020 жылы қазанда Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларындағы аниондар (Cl-, CO2-3, HCO-3, SO42-) нәтижелері сульфатты-хлоридтті, содалы-хлоридтті, хлоридтті-гидрокарбонатты сипатталды және ол нәтижелер 15-кестеде көрсетілген.

Кесте 15 – Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларындағы аниондарының мөлшері (мг/л)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сынамалар, № | Cl- | CO2-3 | HCO-3 | SO42- |
| 1 | 191,7±0,54 | 36±0,23 | 256,2±0,01 | 92,16±2,5 |
| 2 | 2130±4,6 | 72±0,36 | 329,4±0,03 | 395,40±3,5 |
| 3 | 149,1±0,23 | 72±0,35 | 109,8±0,01 | 69,12±0,37 |
| 4 | 234,4±0,42 | 72±0,35 | 366,0±0,04 | 207,36±4,5 |

Зерттелген топырақтың 4 нұсқасындағы аниондар мөлшерінің нәтижелеріндегі айырмашылықтар анық байқалады. Топырақтың №1 - сынамасындағы Cl- –191,7±0,54, CO32- – 36±0,23, HCO3- – 256,2±0,01, SO42- – 92,16±2,5 болған. №2 - сынаманың Cl-– 2130±4,6, CO2-3 – 72±0,36, HCO-3 – 329,4±0,03, SO42- – 395,4±3,5 көрсеткішті байқатты. №3 - сынаманың Cl—149,1±0,23, CO2-3 – 72±0,35, HCO-3 – 109,8±0,01, SO42- – 69,12±0,37 нәтижелер анықталды. №4 - сынаманың Cl-–234,4±0,42, CO2-3 – 72±0,35, HCO-3 – 366±0,04, SO42- – 207,36±4,5 көрсеткіштер анықталды.

Зерттелген топырақтың 4 нұсқасындағы аниондар мөлшерін салыстыра келе, Cl--ның мөлшері №2-топырақ сынамасында ең жоғары көрсеткіш 2130 мг/л байқатты. Ал топырақтың №3 - сынамасында Cl- -ны 149,1 мг/л көрсеткішпен ең төменгі нәтижені көрсетті. CO32-– иондарының топырақтың 4 сынамасындағы нәтижерелін салыстыған, №1-топырақ сынамасында 36 мг/л болып, қалған №2, №3 және №4 – сынамаларда бірдей 72 мг/л болғандығы анықталды. Топырақтағы HCO-3 – ионын салыстырғанда, №4-топырақ сынамасында 366 мг/л көрсеткішпен ең жоғары болса, 109,8 мг/л мен №3-топырақта ең төмен нәтиже байқатты. SO42- – ионының мөлшерін салыстырғанда, 395,4 мг/л мәнімен №2 - топырақта ең жоғары болса, №3-топырақта 69,12 мг/л көрсеткішпен ең төмен нәтиже байқатты.

Маралды көлі маңайынан алынған топырақ үлгілерінің құрамындағы аниондардың мөлшерін анықтау барысында, Cl-, SO42- иондарының мөлшері топырақтың №2 - сынамасында, ал HCO-3 – ионы топырақтың №4 - сынамасында ең жоғары көрсеткішті байқатса, CO32- – ионының мәні №1 - сынамада ең төмен болғандығы анықталды.

Сонымен қатар, Маралды көлі маңайындағы топырақтың Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша улы иондарының топырақтағы мөлшеріне байланысты әртүрлі топырақ түрлері ажыратылды (16 - кесте).

Кесте 16 – Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларының (топырақ массасының %) жіктелуі

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тұздылық типі | Сынамалар, № | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 |
| Хлоридтті  Cl-:SO42-≥2,5 | 2,08±0,01 | | 5,39±0,04 | 2,16±0,03 | 1,13±0,01 |
| Сульфатты- хлоридтті  Cl-:SO42-=2,5-1 | 2,08±0,01 | | 5,39±0,04 | 2,16±0,03 | 1,13±0,01 |
| Содалы-хлоридтті және хлоридтті- содалы  Cl-:SO42->1 | 2,08±0,01 | | 5,39±0,04 | 2,16±0,03 | 1,13±0,01 |
| Содалы-сульфатты және сульфатты-содалы  Cl-:SO42-≤1 | 2,08±0,01 | | 5,39±0,04 | 2,16±0,03 | 1,13±0,01 |
| Хлоридтті-сульфатты  Cl-:SO42-≤1-0,3 | 2,08±0,01 | | 5,39±0,04 | 2,16±0,03 | 1,13±0,01 |
| Сульфатты Cl-:SO42-≤0,3 | 2,08±0,01 | | 5,39±0,04 | 2,16±0,03 | 1,13±0,01 |
| Сульфатты немесе  хлоридтті-гидрокарбонатты сілтілі топырақ  HCO-3: Cl->1 | 1,336±0,01 | | 0,154±0,01 | 0,736±0,01 | 1,561±0,02 |
| HCO-3:SO42-<1 | 2,780±0,03 | | 0,483±0,01 | 1,589±0,02 | 1,765±0,01 |
| Нәтижелері | Тұзды батпақты | | Орташа тұзды | Тұзды батпақты | Тұзды батпақты |

Павлодар облысы Маралды көлі маңайындағы топырақ сынамалары аниондарының мөлшеріне байланысты топырақ сынаманың №1 нұсқасында Cl-:SO42-=2,5-1 бойынша көрсеткіш 2,08 болып, бұл сынама сульфатты-хлоридтті;

HCO-3:SO42<1, №2 нұсқасында HCO-3:SO42- бойынша көрсеткіш 0,483 болып, бұл сынама хлоридтті-гидрокарбонатты сілтілі топырақ;

Cl-:SO42-=2,5-1, №3 нұсқасында Cl-:SO42- бойынша көрсеткіш 2,16 болып, бұл сынама сульфатты-хлоридтті;

Cl-:SO42->1, №4 нұсқасында Cl-:SO42- бойынша көрсеткіш 1,13 болып, бұл сынама содалы-хлоридтті және хлоридтті-содалы түрлерге ажыратылды.

Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова әдісі бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуіне сәйкес, топырақ сынамаларының №1 нұсқасында Cl-:SO42- – 2,08>0,7 бұл тұзды батпақты топыраққа, №2 нұсқасында HCO-3:SO42- – 0,483 болып, орташа тұзды топыраққа, №3 нұсқасында Cl-:SO42- – 2,16>0,7 тұзды батпақты топыраққа ажыратылды. №4 нұсқасында Cl-:SO42- –1,13>0,5 бұл сынамада тұзды батпақты топыраққа жататыны анықталды.

**3.2.2 Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақтардың тұздылығын фитоэкстракциялау нәтижелері**

Өсімдіктердің Cl- жинақтау қабілетінде үлкен айырмашылық бар. Галофиттер жасушасының цитоплазмасында Cl- жоғары концентрациясы жиналу салдарынан осмостық қысым пайда болып, жасушадағы Cl- концентрациясы (340 ден 475 мМ) болады. Галофитті өсімдіктердің өсу процесінде NaCl концентрациясының өзгеруі, осмостық қысымның ауытқуы мен қоршаған орта факторларына әсер етеді. Керісінше, табиғи ортада өсетін гликофиттер жасушаларындағы Cl- әлдеқайда төмен (7-ден 70 мМ) болады. Әдетте Cl- өсімдіктер жасуша шырынының осмостық қысымының аз ғана бөлігін құрайды [268].

2020 жылы қазанда Павлодар облысы Маралды көлі маңайынан алынған топырақ сынамаларына галофитті өсімдіктерді отырғызғаннан кейінгі топырақтағы аниондардың (Cl-, CO2-3, HCO3-, SO42-) мөлшерін өсімдік отырғызудан бұрынғы топырақ сынамасындағы иондар мөлшерімен салыстыра отырып, галофитті өсімдіктердің фитоэкстракция әдісі негізінде алынған нәтижелерінің салыстырмалы сипаттамасы Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігін еккеннен кейінгі топырақтағы аниондардың мөлшері ең жақсы фитоэкстракцияға тән екені анықталды (17-кесте).д

Кесте 17 – Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларына галофитті өсімдік Ақсораны (*Suaeda salsa Pall.*) еккеннен кейінгі топырақтардағы аниондарының мөлшері (мг/л)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Топырақ  cынамалары  № | Бақылау,  галофитті өсімдік | Cl- | CO2-3 | HCO-3 | SO42- |
| 1 | Бақылау | 191,7±0,54 | 36±0,23 | 256,2±0,01 | 92,16±2,5 |
| Ақсора | 85,2±0,9\* | 108±0,23\*\* | 146,4±0,02\* | 92,16±2,5\* |
| 2 | Бақылау | 2130±4,6 | 72±0,36 | 329,4±0,03 | 395,40±3,5 |
| Ақсора | 2811,6±6,3\* | 72±4,6\* | 219,6±0,03\*\*\* | 368,64±3,5\*\* |
| 3 | Бақылау | 149,1±0,23 | 72±0,35 | 109,8±0,01 | 69,12±0,37 |
| Ақсора | 127,8±0,45\*\* | 72±3,5\* | 73,2±0,01\* | 69,12±0,43\* |
| 4 | Бақылау | 234,4±0,42 | 72±0,35 | 366,0±0,04 | 207,36±4,5 |
| Ақсора | 170,4±1,7\*\*\* | 72±4,5\* | 256,2±0,01\*\* | 230,4±4,5\* |
| \* – p <0,05;  \*\* – p <0,01;  \*\*\* – p <0,001 | | | | | |

Топырақтың 4 сынамасына галофитті өсімдік Ақсораны (*Suaeda salsa Pall.*) отырғызғаннан кейін, топырақтағы Cl- ионының мөлшерін бақылаумен салыстырғанда №1 топырақ сынамасында 55,6% (p <0,05) төмендеген. Топырақтың №3 және №4 – сынамаларында жеке - жеке 14,29 және 27,30% (p <0,01) төмендегендігін байқауға болады. Алайда №2 топырақта бұл көрсеткіш керісінше 132% -ға артқан. Топырақтағы CO2-3  ионын бақылаумен салыстырғанда, №2, №3 және №4 топырақтардағы CO2-3  ионынның мөлшерінде ешқандай өзгеріс болмаған, керісінше №1 топырақ сынамасындағы CO2-3  ионынның мөлшері 300%-ға артып кеткені анықталды.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) егілгеннен кейінгі топырақтағы HCO-3  ионының мөлшерін бақылаумен салыстырғанда, №1 топырақтағы HCO-3  ионын 42,8% (p <0,01) төмендеткен, №2 және №3 топырақта 33,3% (p <0,05) төмендегендігін байқауға болады. және №4 топырақта 30% (p <0,001) төмендегендігі анықталды. Топырақтағы SO42- ионының мөлшерін анықтағанда, №1 және №3-топырақтағы сульфат ионының мөлшерінде ешқандай өзгеріс байқалмаған. №2-топырақтағы SO42- ионының 6,8% -ға (p <0,01) төмендегендігі анықталды. №4-топырақтағы сульфат ионының мөлшері керісінше 111% жоғарылаған.

Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларына галофитті өсімдік Еуропа бұзаубас сораңды (*Salicornia europaea L.*) еккеннен кейінгі топырақтардағы аниондарының мөлшерінің салыстырмалы көрсеткіші оған әсері бар екені анықталды (18-кесте).

Кесте 18 – Еуропа бұзаубас сораңды (*Salicornia europaea L.*) еккеннен кейінгі топырақтардағы аниондарының мөлшері (мг/л)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Топырақ  cынамалары  № | Бақылау,  галофитті өсімдік | Cl- | CO2-3 | HCO-3 | SO42- |
| 1 | Бақылау | 191,7±0,54 | 36±0,23 | 256,2±0,01 | 92,16±2,5 |
| Бұзаубас сораң | 106,5±0,34\* | 36±2,3\* | 256,2±0,02\*\* | 92,16±2,5\* |
| 2 | Бақылау | 2130±4,6 | 72±0,36 | 329,4±0,03 | 395,40±3,5 |
| Бұзаубас сораң | 2492,1±4,6\* | 72±0,46\*\* | 329,4±0,03\* | 395,40±3,5\* |
| 3 | Бақылау | 149,1±0,23 | 72±0,35 | 109,8±0,01 | 69,12±0,37 |
| Бұзаубас сораң | 42,6±0,43\*\* | 72±0,35\* | 109,8±0,01\*\* | 69,12±0,23\* |
| 4 | Бақылау | 234,4±0,42 | 72±0,35 | 366,0±0,04 | 207,36±4,5 |
| Бұзаубас сораң | 170,4±1,8\* | 72±0,45\*\* | 366,0±0,01\* | 207,36±4,5\* |
| \* –p <0,05;  \*\* – p <0,01;  \*\*\* – p <0,001 | | | | | |

Топырақтың 4 сынамаларына галофитті өсімдік Еуропа бұзаубас сораңды (*Salicornia europaea L.*) еккенен кейін, топырақтағы Cl- ионының мөлшерін бақылаумен салыстырғанда №1 топырақ сынамасында 44,4% (p <0,01) төмендегендігі анықталды. №3 және №4 топырақтарда жеке - жеке 71,43% және 27,3% (p <0,05) төмендегендігін байқауға болады. Алайда №2 топырақта бұл көрсеткіш керісінше 117%-ға жоғарылаған. Топрақтағы CO2-3  ионы, HCO3-, SO42- иондарының мөлшерін бақылаумен салыстырғанда топырақтың 4 түрлі сынамасындағы иондардың көрсеткішінде ешқендай өзгеріс байқалмаған.

Топырақтың 4 түрлі сынамаларына галофитті өсімдік Төмпек сарсазанды (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) еккеннен кейінгі топырақтағы аниондарының көрсеткіштеріндегі салыстырмалы сипаттары оның тұз иондарын төмендететіндігін анықтады (19-кесте).

Кесте 19 – Топырақ сынамаларына галофитті өсімдік Төмпек сарсазанды (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) еккеннен кейінгі топырақтардағы аниондарының мөлшері (мг/л)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Топырақ  cынамалары  № | Бақылау,  галофитті өсімдік | Cl- | CO2-3 | HCO-3 | SO42- |
| 1 | Бақылау | 191,7±0,54 | 36±0,23 | 256,2±0,01 | 92,16±2,5 |
| Төмпек сарсазан | 82,5±0,35\* | 36±0,23\*\* | 256,2±0,02\* | 92,16±0,25\*\* |
| 2 | Бақылау | 2130±4,6 | 72±0,36 | 329,4±0,03 | 395,40±3,5 |
| Төмпек сарсазан | 1704±4,6\*\* | 72±0,46\* | 329,4±0,03\* | 395,40±3,5\*\* |
| 3 | Бақылау | 149,1±0,23 | 72±0,35 | 109,8±0,01 | 69,12±0,37 |
| Төмпек сарсазан | 127,8±6,3\* | 72±0,35\* | 109,8±0,0\*1 | 69,12±0,37\*\* |
| 4 | Бақылау | 234,4±0,42 | 72±0,35 | 366,0±0,04 | 207,36±4,5 |
| Төмпек сарсазан | 127,8±5,2\* | 72±0,45\*\* | 366,0±0,01\* | 207,36±4,5\*\* |
| \* – p <0,05;  \*\* – p <0,01;  \*\*\* –p <0,001 | | | | | |

Топырақтың 4 сынамаларына галофитті өсімдік Төмпек сарсазанды еккенен кейін, топырақтағы Cl- ионының мөлшерін бақылаумен салыстырғанда №1 топырақ сынамасында 56,9% (p <0,01) төмендегендігі анықталды. №2 және №3 топырақтарда жеке - жеке 20% және 14,2% (p <0,05) төмендегендігін байқауға болады. №4 топырақта хлор ионының мөлшері 45,5% -ға (p <0,001) төмендеген. Топырақтағы CO2-3  ионы, HCO3-, SO42- иондарының мөлшерін бақылаумен салыстырғанда топырақтың 4 түрлі сынамасындағы иондардың көрсеткішінде ешқендай өзгеріс анықталмаған.

Павлодар облысы Маралды көлі маңайынан алынған топырақтың 4 түрлі сынамаларына галофитті өсімдіктерді отырғызғаннан кейінгі топырақтағы аниондардың (Cl-, CO2-3, HCO3-, SO42-) мөлшерінің салыстырмалы сипаттамасы бойынша, Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінің ішінде Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі топырақтың барлық сынамасында Cl- ионын жақсы сіңіретіндігі анықталды. HCO3- иондарын топырақтың барлық түрінде өзіне жақсы сіңіріп, топырақтағы HCO3-ионының мөлшерін азайтуда белсенді жұмыс жасайтын Ақсора (*Suaeda salsa Pall)* өсімдігі болатындығы айқындалды.

Зерттеу нәтижереріне сүйене отырып, тұзды тоыпрақтағы аниондар мөлшерін азайтып, әсіресе хлорлы топырақтардың сапасын жақсарту үшін Ақсора өсімдігі ұсынылады.

Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы топырақ сынамаларына галофитті өсімдіктерді еккенен кейін Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова әдісі бойынша улы иондардың мөлшеріне байланысты топырақтың түрлері анықталды. Ол бойынша топырақ қатты, орташа тұзды болып табылады (20-кесте).

Кесте 20 – Н.И. Базилевич, Е.И. Панковая бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуі, топырақ массасының (%)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Галофитті өсімдіктер | Топырақ  Cынамалары № | Тұздылық типі | | | | | | | |
| хлоридттіCl-: SO42-≥2,5 | сульфатты-хлоридтті  Cl-:SO42-=2,5-1 | содалы-хлоридтті және  хлоридтті- содалы  Cl-:SO42->1 | содалы-сульфатты және сульфатты-содалы  Cl-:SO42-≤1 | хлоридтті  сульфат ты  Cl-:SO42-≤1-0,3 | сульфат ты Cl-:SO42-≤0,3 | сульфатты немесе хло ридтті-гидро карбонатты сілтілі топы рақ HCO3:Cl->1  HCO3:SO42-<1 | нәти  желер |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ақсора  (*Suaeda salsa)* | 1 | 0,89±0,01\* | 0,89±0,01 | 0,89±0,01 | 0,89±0,01 | 0,89±0,01 | 0,89±0,01 | 3,105±0,01  2,779±0,01\* | Қатты тұзды |
| 2 | 4,31±0,03\* | 4,31±0,07 | 4,31±0,02 | 4,31±0,2 | 4,31±0,2 | 4,31±0,08 | 0,193±0,2  0,433±0,01\* | Орташа тұзды |
| 3 | 1,84±0,01\*\*\* | 1,84±0,03 | 1,84±0,03 | 1,84±0,01 | 1,84±0,01 | 1,84±0,01 | 0,859±0,07  1,588±0,01 | Тұзды батпақты |
| 4 | 0,62±0,01\*\* | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 2,863±0,01  1,765±0,01 | Қатты тұзды |
| Еуропа бұзаубассораң  *(Salicornia europaea)* | 1 | 1,16±0,1\* | 1,16±0,02 | 1,16±0,01 | 1,16±0,01 | 1,16±0,05 | 1,16±0,01 | 2,405±0,2  2,779±0,01 | Тұзды батпақты |
| 2 | 6,30±0,4\* | 6,30±0,2 | 6,30±0,3 | 6,30±0,4 | 6,30±0,7 | 6,30±0,04 | 0,132±0,01\*  0,433±0,01\* | Орташа тұзды |
| 3 | 0,62±0,01\*\*\* | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 0,62±0,01 | 2,577±0,01  1,589±0,4 | Қатты тұзды |
| 4 | 0,82±0,01\* | 0,82±0,01 | 0,82±0,03 | 0,82±0,01 | 0,82±0,01 | 0,82±0,05 | 2,148±0,01  1,765±0,01 | Қатты тұзды |
| Төмпек сарсазан  (*Halocnemum strobilaceun)* | 1 | 0,92±0,04\*\* | 0,92±0,02 | 0,92±0,04 | 0,92±0,01 | 0,92±0,01 | 0,92±0,01 | 1,718±0,01  1,589±0,7 | Тұзды батпақты |
| 2 | 7,63±0,5\*\*\* | 7,63±0,4 | 7,63±0,4 | 7,63±0,5 | 7,63±0,5 | 7,63±0,5 | 0,078±0,01\*  0,526±0,09\* | Орташа тұзды |
| 20-кестенің жалғасы | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 3 | 1,84±0,03\*\* | 1,84±0,02 | 1,84±0,01 | 1,84±0,03 | 1,84±0,02 | 1,84±0,01 | 0,573±0,01  1,059±0,01 | Тұзды батпақты |
| 4 | 0,54±0,01\*\* | 0,54±0,01 | 0,54±0,01 | 0,54±0,01 | 0,54±0,01 | 0,54±0,02 | 1,504±0,3  1,112±0,01 | Қатты тұзды |
| \* – p <0,05;  \*\* – p <0,01;  \*\*\* – p <0,001 | | | | | | | | | |

Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша топырақтың улы иондар мөлшеріне байланысты жіктелуіне сәйкес, топырақ сынаманың Ақсора (*Suaeda salsa)* №1 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,89=0,50-0,90 (p <0,05) немесе бұл қатты тұзды топыраққа, №2 нұсқасында HCO3:SO42- –0,433 (p <0,05) болып, орташа тұзды топыраққа, №3 нұсқасында Cl-:SO42- – 1,84>0,5 (p <0,001), тұзды батпақты. №4 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,62=0,50-0,90 (p <0,001) қатты тұзды топыраққа жататынын анықталды.

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*) №1 нұсқасында Cl-:SO42- –1,16>0,5 (p <0,05) немесе бұл тұзды батпақты топыраққа, №2 нұсқасында HCO3:SO42- –0,433 (p <0,05) болып, орташа тұзды топыраққа, №3 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,62=0,50-0,90 (p <0,001), қатты тұзды. №4 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,82= 0,50-0,90 (p <0,05) қатты тұзды топыраққа жататынын анықталды.

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceun*) №1 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,92>0,7 (p <0,01) немесе бұл тұзды батпақты топыраққа, №2 нұсқасында HCO3:SO42- –0,526 болып, орташа тұзды топыраққа, №3 нұсқасында Cl-:SO42- – 1,84>0,5 (p <0,05), тұзды батпақты. №4 нұсқасында Cl-:SO42- – 0,54=0,35-0,60 (p <0,001) қатты тұзды топыраққа жататынын анықталды.

Қазақстанның барлық бөлігіндегі зоналарда сор топырақ кең таралған. Сор топырақтың қалыптасуы көне және қазіргі тұз жиналу процесімен байланысты болып, сор жиналу сипатына қарай сор топырақ хлорлы, сульфатты, содалы және аралас түрлерге бөлінеді. Солтүстіктен оңтүстікке қарай содалы-сульфатты сор топырақ сульфатты-хлоридтті және хлорлы сор жиналумен алмасады. Бұл жалпы заңдылық өзен алқаптарында бұзылады. Мысалы, Сырдария өзенінің алқабында хлорлы сор жиналудың оpнына хлорлы сульфатты болып келеді. Іле өзенінің алқабында содалы сульфатты және сульфатты сор жиналу басымырақ келеді [269].

Қазақстан терииториясынан алынған галофитті өсімдіктерге жасалынған зерттеу нәтижелерімізді Қытай халық Республикасында жасалынған ұқсас болған галофитті өсімдіктердің тұқымдарының өнгіштігін салыстырмалы сипаттамасы жасалынды.

Бұл зерттеулер Қазақстан территориясында өсетін Төмпек сарсазан (*halocnemum strobilaceum Pall.*) галофитті өсімдік тұқымдарын NaCl ертіндісінің әр түрлі концентрациясында (0, 200, 500, 1000, 1500, 2000 ммoл/л), 2-10 тәулік аралығында өсіру арқылы өнгіштігін көрсетті. Зерттеу нәтижесіне сүйенсек, Төмпек сарсазан (*halocnemum strobilaceum Pall.*) галофитті өсімдік тұқымының NaCl ертіндісінің 200 ммoль/л концентрациясындағы өнгіштік көрсеткіші 100% екенін, сонымен қатар, тұқымның өнуі үшін ең тиімді тұздың концентрациясы 200-500 ммoль/л болатынын көрсетті. Сонымен қатар, Қытай Халық Республикасы Шыңжаң ұйғыр автономиялы ауданында оpналасқан Гурбантуңггут шөлінің оңтүстік көлі маңынан алынған Төмпек сарсазан (*Нalocnemum strobilaceum Pall.*) галофитті өсімдік тұқымдарын NaCl ертіндісінің әр түрлі концентрациясында (0, 200, 500, 700,1000 ммoл/л), 2-20 тәулік аралығында өсіру арқылы өнгіштігі анықталды. Зерттеу нәтижесіне сүйенсек, Төмпек сарсазан (*Нalocnemum strobilaceum Pall.*) галофитті өсімдік тұқымының өнуі үшін NaCl ертіндісінің ең тиімді концентрациясы 100-200 ммoль/л болатынын көрсетті.

Біздің нәтижелер салыстыра келе, ҚР терииториясындағы Төмпек сарсазан (*Нalocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігінің тұзға төзімділігі (NaCl ертіндісінің концентрациясы 200-500 ммoль/л болатынын) ҚХР терииториясындағы Төмпек сарсазан (*Нalocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігінен (NaCl ертіндісінің концентрациясы 100-200 ммoль/л болатынын) жоғары екендігін дәлелдейді.

Қазақстан терииториясынана алынған Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі нағыз галофитті өсімдікке жатады, ал біздің тәжірибелерімізде 200 ммoль/л концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Бұл галофитті өсімдік тұқымыдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 200-500 ммoль/л болатыны анықталды. Сонымен қатар, Қытай Халық Республикасы тұзды көлдер маңынан алынған Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) галофитті өсімдігіның өнгіштік көрсеткішіне жасалынған зерттеу сүйенсек, NaCl ертіндісінің әр түрлі концентрациясында (0, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 ммoл/л), 2-20 тәулік аралығында өсіру арқылы өнгіштігін анықтаған. Зерттеу нәтижесінде, Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) галофитті өсімдік тұқымының өнуі үшін NaCl ертіндісінің ең тиімді концентрациясы 100-400 ммoль/л болатынын, Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) үшін тұздың ең оптимальді концентрациясы 400 ммoль/л көрсетті [270].

ҚР терииториясындағы Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігінің тұзға төзімділігі (NaCl ертіндісінің концентрациясы 200-500 ммoль/л болатынын) ҚХР терииториясындағы Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігінен (NaCl ертіндісінің концентрациясы 100-400 ммoль/л болатынын) жоғары екендігін көрсетеді.

Біздің зерттеулер Қытай зерттеулерінен тыс батыс елдерінің зерттеу жұмысында саралап, өзіміздің зерттеу жұмысымызда Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігін мысалға алсақ, Павлодар обылысы Маралды көлі маңынан алынған Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі нағыз галофитті өсімдікке жатқызылды. Біздің тәжірибелерімізде тұздың 200 ммoль/л концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Бұл галофитті өсімдік тұқымдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 1000-1500 ммoль/л болатыны анықталды.

*Salicornia europaea*-дан басқа, *Salicornia-*ның біpнеше басқа түрлері белгілі, мысалы, *S. bigelovii, S. brachiata, S. virginica, S. maritima, S. ramosissima, S. herbacea, S. persica*. Бұл өсімдіктер көбінесе сулы-батпақты жерлердің, батпақтардың, теңіз жағалауларының және балшықтардың шеттерінде кездеседі. Олар Salicornia europea сияқты 500 мМ-ге дейін тұздылыққа шыдай алатындығын зерттеген. Шөлейт жерлерді, тұзды топырақтарды және теңіз жағалауларын қалпына келтіруде таптырмас мүмкіндік екенін атап көрсетті [271].

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігінің тұқымын NaCl ертіндісінің әр түрлі концентрациясында (0, 100, 200, 300,400,500,600 ммoл/л), 2-15 тәулік аралығында өсіру арқылы өнгіштігін анықтаған. Зерттеу нәтижесінде, орташа уақыт талабы бойынша тұқымдардың өнуі басталғаннан толық өну аяқталғанға дейін алты күн бақылау жағдайында тұздың ең жоғары концентрациясы 600 ммoль/л болатынын көрсеткен.

Біздің зерттеулер ҚР терииториясындағы Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігінің тұзға төзімділігі (NaCl ертіндісінің концентрациясы 1000 ммoль/л болатынын) Италия елінің Болонья университеті зерттеген Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігінен (NaCl ертіндісінің концентрациясы 600 ммoль/л болатынын) жоғары екендігін көрсетті.

**3.3 Тұздардың галофиттер тұқымдарының өнгіштігіне және өсу қарқындылығына әсері**

Өсімдіктер бірлестігіндегі ерекше маңызға ие түрлерді сақтау мен көбейтуде тұқымдарды анықтаудың практикалық маңызы ерекше. Табиғи ортасында өсімдіктің қалпына келуі ең алдымен топырақтағы тұқым қоры мен олардың өнімділігіне байланысты. Тұқымның далалық өнгіштігіне тұқымның саны, сапасы, ортаның қолайлы топырағы мен ауа-райы сияқты факторлар әсер етеді. Тұзды жерлерде өсуге бейімделген галофитті өсімдіктер түрлері үшін сортаң топырақ өте қолайлы болғанымен, белсенді түрдің саны шектеулі және тұзды жерлердің аумағы өте үлкен. Сондықтан галофитті өсімдіктердің белсенді түрлерінің қорын кеңейту немесе жерсіндіру оның сақталуын қамтамасыз ететін шешуші қадам. Өсімдіктердің табиғи тіршілік ортасын ауыстыру үшін алдымен тұқым өнімділігін анықтап алуымыз қажет. Ал жиналған тұқымдардың өнгіштігі мен өсу қарқындылығын анықтау үшін зертханада өсіру арқылы көз жетуге болады [272].

3.3.1 Тұқымдардың өнгіштігіне NaCl ерітінділерінің әсері

Галофитті өсімдіктер Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) тұқымдарына әдістеме бойынша NaCl ерітінділерінің әр түрлі концентрациясымен өңдеу арқылы аталған өсімдік тұқымдарының өнгіштігі мен тұқымының өсу қарқындылығы анықталды.

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымын NaCl ерітінділерінің 200 ммоль/л, 500 ммоль/л, 1000 ммоль/л, 1500 ммоль/л, 2000 ммоль/л концентрациясымен өңдегеннен кейінгі тұқымдардың өнгіштігі 1000 ммоль/л тұзды ортада жақсы көрсеткіш байқатқандығы анықталды (14-сурет).

Сурет 14 – Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымының өнгіштік көрсеткіші (%)

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 ммoль/л) салыстырғанда, тұздың 200 ммoль/л концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарған.

Ал 500 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 77,11±0,02% (p <0,05) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 93,41±0,05% (p <0,05) жеткен. 1000 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 94,44±0,03% (p <0,05) дан басталып 4-тәуліктен 10-тәулікке дейін 100% (p <0,01) өнгіштігіті көрсеткен. Ал 1500 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 87,11±0,04% (p <0,05), 4-тәулікте 92,78±0,06% (p <0,05) дан біртіндеп жоғарылап, 6-тәуліктен 10-тәулікке дейін 100% (p <0,001) көрсетті. 2000 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 57,67±0,02% (p <0,05), 4-тәулікте 67,58±0,04% (p <0,01), 6-тәулікте 81,87±0,05% (p <0,001), 8 бен 10-тәулікте бірдей 92,11±0,05% (p <0,001) көсеткіштер байқалғаны анықталды.

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі нағыз галофитті өсімдікке жатады, біздің тәжірибелерімізде тұздың 200 ммoль/л концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Бұл галофитті өсімдік тұқымдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 1000-1500 ммoль/л болатыны анықталды.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігінің тұқымдарын 200 ммоль/л, 500 ммоль/л, 1000 ммоль/л, 1500 ммоль/л, 2000 ммоль/л концентрациядағы NaCl ерітінділерімен өңдегеннен кейінгі тұқымының өнгіштігі 200 ммоль/л тұздылықта жоғары көрсеткішке ие болғандығы анықталған (15-сурет).

Сурет 15 – Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) тұқымының өнгіштік көрсеткіші (%)

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігінің тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 ммoль/л) салыстырғанда, тұздың 200 ммoль/л концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарғандығы анықталды.

Ал 500 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 78,13±0,05% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап 10-тәулікте 94,88±0,07% (p <0,05) жеткен. 1000 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 34,14±0,03% (p <0,01) дан басталып 6-тәуліктен 45,71±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте тұқымның өнгіштігі 54,17±0,07% (p <0,01) болған. Ал 1500 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 20,14±0,03% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап 6-тәулікте 37,67±0,05% (p <0,001) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 51,13±0,05% (p <0,01) болғандығы белгілі. 2000 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 20,11±0,04% (p <0,001) дан біртіндеп жоғарлап 6-тәулікте 26,67±0,05% (p <0,01) жеткен. 8 және 10-тәулікте бұл көрсеткіш 31,14±0,06% (p <0,01) жоғарлағандығы анықталған.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі нағыз галофитті өсімдікке жатады, ал біздің тәжірибелерімізде 200 ммoль/л концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Бұл галофитті өсімдік тұқымыдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 200-500 ммoль/л болатыны анықталды.

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігінің тұқымдарын 200 ммоль/л, 500 ммоль/л, 1000 ммоль/л, 1500 ммоль/л, 2000 ммоль/л концентрациядағы NaCl ерітінділерімен өңдегеннен кейінгі тұқымының өнгіштігі 200 ммоль/л тұздылықта жоғары көрсеткішке ие болатындығы анықталды (16-сурет).

Сурет 16 – Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) тұқымының өнгіштік көрсеткіші (%)

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігінің тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 ммoль/л) салыстырғанда, тұздың 200 ммoль/л концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарғандығы анықталды.

Ал 500 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 67,78±0,04% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарлап 10-тәулікте 91,14±0,06% (p <0,05) жеткен. 1000 ммoль/л концентрациясында 2-тәулікте 31,17±0,05% (p <0,001) дан басталып 6-тәуліктен 40,61±0,06% (p <0,01) 10-тәулікте 44,11±0,06% (p <0,05) өнгіштікті көрсеткен. Ал 1500 ммoль/л концентрациясында 2- және 4-тәулікте 14,01±0,04% (p <0,001) болып ешқандай өзгеріс байқалмаған. 6-тәулікте 26,67±0,06% (p <0,01) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 32,46±0,07% (p <0,05) жеткен. 2000 ммoль/л концентрациясында 2 және 4-тәулікте 13,17±0,08% (p <0,001) болып ешқандай өзгеріс байқалмаған. 6- және 8-тәулікте 14,67±0,06% (p <0,001) болып өнгіштік көрсеткішінде айтарлықтай қатты өзгерістер болмаған. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 16,19±0,08% (p <0,001) біртіндеп жоғарылағандығы айқындалған.

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі нағыз галофитті өсімдікке жатады және біздің тәжірибелерімізде 200 ммoль/л концентрациясында тұқымдардың өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Бұл галофитті өсімдік тұқымыдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 200-500 ммoль/л болатыны анықталды.

NaCl ертіндісінің әртүрлі концентрациясында Ақсора, Еуропа бұзаубас сораң, Төмпек сарсазан өсімдіктерінің тұқымдарын өңдеу нәтижесінде ең жоғары тұз ертіндісінде өнгіштігі жақсы көрсеткіш байқатқан өсімдік Еуропа бұзаубас сораң екендігі анықталды.

Өнгіштік - бұл өсімдік өсуінің маңызды кезеңі. Тұзды стресс негізінен осмос пен ионның уыттылығы арқылы тұқымның өніп шығуын тежейді. Бірақ бұл голофитті өсімдіктер үшін керісінше, топырақтағы тұздың концентрациясы артқан сайын кейбір голофитті өсімдіктерге өте қолайлы жағдай болмақ [273].

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) галофитті өсімдік тұқымдарын NaCl ертіндісінің әр түрлі концентрациясында (0, 200, 500, 1000, 1500, 2000 ммoл/л), 2-10 тәулік аралығында өсіру арқылы өнгіштігін зерттеу нәтижесіне сүйенсек, Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) галофитті өсімдік тұқымының NaCl ертіндісінің 200 ммoль/л концентрациясындағы өнгіштік көрсеткіші 100% екенін, сонымен қатар Ақсора мен Төмпек сарсазан өсімдіктері тұқымдарының өнуі үшін ең тиімді тұздың концентрациясы 200-500 ммoль/л болатындығы көрсетілген.. Тұздың ең жоғары 1500, 2000 ммoл/л концентрациясында 3 түрлі өсімдік тұқымдарын өңдеу барысында Еуропа бұзаубас сораң тұқымдардың өнгіштігі жақсы нәтиже көрсеткендігі анықталды (17-сурет).

Сурет 17 – Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*), Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымының өнгіштік көрсеткіші (%)

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) 1000-1500 ммоль/л NaCl тұзды топырақта 20%-51% (p <0,001) өнгіштікті көрсетсе, Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) 14%-44% (p <0,001) өнгіштікті көрсетті. Ал, Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігінің тұқымдары 1000 ммоль/л тұз концентрациясында 100% бен ең жоғары көрсеткішті байқатты.

Эугалофитті өсімдік Ақсораның (*Suaeda salsa Pall.*) жас тамырларына әртүрлі концентрациядағы (0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 г/100 мл) тұздардың (Na2SO4, NaCl) және топырақ сығындысы ертінділерінің әсерін зерттеу. Сынақ үшін алынған топырақ сынамасы Павлодар облысы Маралды көлі маңындағы тұзды топырақ болып, топырақ сығындысындағы (10 грам) химиялық элементтердің үлесі Cl-0,679%, K-3,375%, Ca-2,326%, Fe-8,819% болды. Na2SO4 және NaCl тұздары мен топырақ сығындысы ертінділерінің әртүрлі концентрациясының Ақсора өсімдігінің тамырының өсуіне әсерін зерттеу барысында өсу көрсеткіші топырақ ертіндісінде жоғары болғандығы байқалды (18-сурет).

Сурет 18 – Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* тамырларының өсу көрсеткіші (см)

Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* өскінінің жас тамырларының өсуіне тұз стресінің әсері тұздың түріне және концентрациясына байланысты болып, жас тамырдың өсуінің негізгі тенденциясы тұз концентрациясының артуына байланысты тамырдың өсуінің тежелуі күшейгендігі анықталған.

Жас тамырлардың өсуі үшін тұздардың төмен концентрациясы тиімді болатындығы анықталған. Тұздар мен топырақ ертінділері 0,6 г/100 мл болғанда тамырдың өсу көрсеткіші 1,8-2,5 см (p <0,001) болып, олардың өсуіне оң ықпал ететіндігі байқалған. Тұздың мөлшері 1,8 г/100 мл-ден жоғары болғанда, жас тамырлардың өсуінің тежелетіндігі көрсетілген, ал ингибирлеу тұз концентрацияның жоғарылауына сәйкес жоғарылайды, сонымен қатар, өсу дәрежесі және тежелу дәрежесі тұздың түрімен және концентрациясымен байланысты болатындығы, топырақ сығындысының ертіндісімен салыстырғанда тұз ертінділері Ақсора көшетінің тамырларының өсуін айтарлықтай тежейтіндігі көрсетілген.

Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* көшеттерінің өсуіне әр түрлі (0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 г/100 мл) концентрациядағы NaCl, Na2SO4 тұздары және топырақ сығындысы ертінділерінің әсерін зерттеу барысында Ақсора өсімдігінің сабақтарының көрсеткіштерінде тамырға қарағанда айқын өзгерістер байқалмаған. Ақсораның тамыры мен сабағының өсуіне NaCl тұзының тежегіш әсерінің жоғары екендігі анықталды (19-сурет).

Сурет 19 – Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* өскіндерінің өсу көрсеткіші (см)

Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* өскіндерінің өсуіне тұздар мен топырақ сығындысы ертінділерінің концентрацияларының артуы оң әсер ететіндігі көрсетілген. Тұздар мен топырақ ертінділерінің 0,6 г/100 мл концентрацияда өскіннің ұзындығы 2,31-2,73 см (p <0,001) болса, бұл көрсеткіш 1,2 г/100 мл-де, 2,40-2,80 см (p <0,001) болған. Тұздың мөлшері 1,8 г/100 мл-ден жоғары болғанда, өскіннің өсуінің тежелетіндігі, алайда өскіннің өсуіне топырақ ертіндісінің әсерінің күшті болмайтындығы көрсетілген.

Жас өскіндер мен жас тамырларда тұзданудың тежелу дәрежесі әр түрлі болатындығы, жас тамырлардың көрсеткіштерінің өзгерісі айқын байқалса, ал жас өскіндердің өзгерісі салыстырмалы түрде баяу болатындығы көрсетілген. Тұз мөлшері 1,8 г/100 мл-ден жоғары болғанда ғана, жас тамырлармен өскіндердің өсу көрсеткіштерінде өзгеріс көп байқалған. Бұл тұздардың концентрацияларының Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* көшеттерінің өсу көрсеткішіне әсері бар екендігін көрсетеді. Әсіресе, бұл тұздардың Ақсора тамырларының өсуіне көбірек әсер ететіндігі дәлелденді.

Галофитті өсімдік Ақсораның тұз стресінен кейін өнбей қалған тұқымдарын дистилденген суда шайған кезде жоғары концентрациялы тұз стресі жойылады. Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* көшеттерінің тұз стресі жойылғаннан кейін бір қалыпты өскендігі анықталды (20-сурет).

Сурет 20 – Ақсора *(Suaeda salsa Pall*) көшеттерін дистилденген сумен суарғанға дейінгі және кейінгі өсу көрсеткіштерінің салыстырмасы (см)

Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* көшеттерін дистилденген суға қайта өсіргеннен кейін жас тамырлардың өсуі бақылаудың 65%-дан астамын, ал жас өскіндердің өсуі бақылаудың 80%-дан астамын құрайтындығы көрсетілген. Өсіру алдында Ақсора көшеттерінің тамырлары мен өскіндерінің өсуі тұз концентрациясының жоғарылауына байланысты тежелгендігі, ал бұл үрдіс өңдеуден кейін көшеттердің тамырлары мен өскіндерінің өсуі бастапқы өңдеуші тұз ерітінділерінің концентрациясының жоғарылауымен өсу тенденциясын көрсетті. Нәтижесінде тұз стресі жойылғаннан кейін Ақсора көшеттерінің өсу көрсеткіштерінің қайта қалпына келу қабілетінің жақсарғандығы анықталған. Сонымен қатар, тұздың әр түрлі концентрациясының стресіне ұшыраған және стресс жойылған кездегі өскіндер мен тамырлардың өсу көрсеткіштерінің бірдей болмағандығы байқалған. Ал топырақ ерітіндісінің жоғары концентрациясында (3,6 г/100 мл) және дистилденген суда өсірген кездегі өскіндер мен тамырлардың өсу көрсеткіштерінде айтарлықтай өзгеріс байқалғандығы, яғни жас тамырлар мен өскіндердің ұзындығы жеке-жеке 1,57-2,18 (см)-ге (p <0,01), 1,91-2,15 (см)-ге (p <0,05) артқандығын көруге болады. Сонымен қатар, NaCl тұзының стресіне дейінгі және кейінгі кездерде тамырлар мен өскіндердің өсу көрсеткіштерінде үлкен айырмашылықтар байқалғандығы, NaCl тұзының жоғары концентрациясы Ақсора көшеттерінің өсуіне айтарлықтай әсер еткендігі анықталды.

Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* көшеттерінің өсуі тұздың түрімен және концентрациясымен тікелей байланысты болып, тұз және топырақ ертінділерінің стрестері кезінде көшет тамырларының тұз концентрациясының жоғарылауына сай тежелу дәрежесінің артатындығы көрсетеілген. 0,6-1,8 г/100 мл (p <0,001) стресс жағдайында жас өскіндердің өсу көрсеткіштері әр түрлі дәрежеде жоғарылаған, бірақ өзгеру ауқымы айтарлықтай көpнекі болмаған. Осыдан тұздар мен топырақ ертінділерінің концентрациялары өскінге қарағанда жас тамырларға көбірек әсер ететіндігі анықталған.

Жоғары концентрациялы тұз стресі жойылғаннан кейін Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* тұқымдарығана қалыпты өнуін жалғастырып қалмастан, олардың көшеттері де қалыпты өсе бастаған. Жас тамырлар мен өскіндерді 65% және 80%-дан жоғары тұзсыз ортада өсіруге болатындығы, тұз әсерінен кейін Ақсора *(Suaeda salsa Pall)* көшеттерінің өсуін қалпына келтіру қабілетінің жақсаратындығы көрсетілген. Ақсора көшеттердің өсу көрсеткішінде NaCl тұзымен өңдеуден бұрын және өңдеуден кейін айтарлықтай өзгерістер байқалған.

Тұқымдардың тұзды ортада өнуі және өркен жаюы галофиттердің өсуінің шешуші және сезімтал кезеңі болмақ. Зерттеулер көрсеткендей, Ақсораның *(Suaeda salsa Pall)* тұзға бейімделу қабілеті күшті, сондықтан тұзды-сілтілі жерлерде кең көлемде өсіру және кәдеге жарату ұсынылады [274].

Галофитті өсімдік Ақсораның тұқымдарын NaCl және Na2SO4 тұздары мен Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған тұзды топырақ сығындысының (10 грам топырақтағы химиялық элементтердің үлесі Cl -0,679%, K-3,375%, Ca -2,326%, Fe -8,819%), әртүрлі (0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,8; 3,6 г/100 мл) концентрацияларында өңдегеннен кейін тұқымдардың өнгіштігі зерттелді. NaCl тұзының 1,2 г/100 мл концентрациясында Ақсора тұқымының өнгіштік көрсеткіші ең жоғары болғандығы анықталған (21-сурет).

Сурет 21 – Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) тұқымының NaCl ертіндісіндегі өнгіштік көрсеткіші (%)

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) өсімдігі тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 г/100мл) салыстырғанда, NaCl тұзының 1,2 г/100 мл концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарғандығы анықталды.

Ал 1,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,43±0,05% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 87,88±0,07% (p <0,05) жеткен. 2,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 70,81±0,03% (p <0,01) дан басталып, 6-тәуліктен 73,55±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте 77,15±0,07% (p <0,01) өнгіштікті көрсеткен. Ал 3,6 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 20,11±0,03% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 6-тәулікте 26,67±0,05% (p <0,001) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 33,19±0,05% (p <0,01) жеткен.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall*.) өсімдігі нағыз галофитті өсімдікке жатады, ал біздің тәжірибелерімізде NaCl тұзының 1,2 г/100 мл концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Ақсора өсімдігі тұқымыдарының өнуіне ең тиімді NaCl тұзының концентрациясы 1,2-2,8 г/100 мл болатындығы анықталды.

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.)тұқымын тұзды топырақ ертіндісінің әр түрлі концентрацияларымен өңдегеннен кейін өнгіштік көрсеткіштері анықталды. Ақсора тұқымының өнгіштігінде топырақ ертіндісінің 2,8 г/100 мл концентрациясы жақсы көрсеткіш байқатқаны анықталды (22-сурет).

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) өсімдігінің тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 г/100 мл) салыстырғанда, тұзды топырақ ертіндісінің 1,2 г/100мл концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарғандығы анықталды.

Сурет 22 – Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) тұқымының топырақ сығындысы ертіндісіндегі өнгіштік көрсеткіші (%)

Ал 1,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,93±0,05% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 89,27±0,09% (p <0,05) жеткен. 2,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,81±0,03% (p <0,01) дан басталып 6-тәуліктен 74,95±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте 78,35±0,07% (p <0,01) өнгіштігіті көрсеткен. Ал 3,6 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 23,14±0,02% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап 6- тәулікте 37,61±0,07% (p <0,001) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 41,13±0,03% (p <0,01) жеткен.

Ақсора (S*uaeda salsa* Pall*.*) өсімдігінің топырақ сығындысы ертіндісінің 1,2 г/100 мл концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Ақсора өсімдігі тұқымыдарының топырақ сығындысының концентрациясы 1,2-2,8 г/100 мл болған жағдайда өнгіштік көрсеткішінің жоғары болатындығы байқалған.

Na2SO4 тұзыныңәртүрлі концентрациясында Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.)тұқымын өсіргенде өнгіштік көрсеткіштері төмен концентрацияларда өте жоғары нәтижелер көрсетті. Тұқымның өнгіштігі жоғары концентраияда (3,6 г/100 мл) жақсы нәтиже көрсеткені белгілі (23-сурет).

Сурет 23 – Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) тұқымының Na2SO4 ертіндісіндегі өнгіштік көрсеткіші (%)

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) өсімдігінің тұқымдарының өнгіштік көрсеткіштері анықталған нәтижелерге негізделгенде, 10 тәулік ішінде бақылаумен (0 г/100 мл) салыстырғанда, Na2SO4 тұзының 1,2 г/100 мл концентрациясында тұқымдар 100% бүршік жарғандығы анықталды.

Ал 1,8 г/100мл концентрациясында 2-тәулікте 74,53±0,07% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 95,27±0,09% (p <0,05) жеткен. 2,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 76,14±0,05% (p <0,01) дан басталып, 6-тәуліктен 79,95±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте 85,93±0,05% (p <0,01) өнгіштікті көрсеткен. Ал 3,6 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,93±0,05% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 6-тәулікте 75,35±0,07% (p <0,01) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 83,27±0,05% (p <0,01) жеткен.

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) өсімдігінің Na2SO4 тұзының 1,2 г/100 мл концентрациясында оның тұқымдарының өнгіштік көрсеткіші 100% екені анықталды. Ақсора өсімдігі тұқымыдарының Na2SO4 тұзының концентрациясы 1,2-3,6 г/100 мл болған жағдайда өнгіштік көрсеткішінің жоғары болатындығы байқалған.

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.) тұқымының NaCl, Na2SO4 тұздары және тұзды топырақ ертіндісінің ең жоғары концентрацияларында (1,8; 2,8; 3,6 г/100 мл) өңдеу арқылы тұқымның өнгіштік көрсеткіштерінің салыстырмалы нәтижелері анықталды (24-сурет).

Сурет 24 – Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.)тұқымының NaCl, Na2SO4 тұздары мен тұзды топырақ ертіндісіндегі өнгіштігінің салыстырмалы көрсеткіштері (%)

Ақсора (*Suaeda salsa* Pall.)өсімдігі тұқымдарының NaCl, Na2SO4 тұзының және тұзды топырақ ертіндісінің әр түрлі концентрациясындағы (1,8 г/100 мл, 2,8 г/100 мл, 3,6 г/100 мл) өнгіштік көрсеткіштерінің салыстырмалы нәтижелеріне негізделгенде, 10 тәулік ішінде айтарлықтай айрмашылықтарды байқауға болады. NaCl тұзының 1,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,43±0,05% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 87,88±0,07% (p <0,05) жеткен.

Топырақ сығындысы ертіндісіндегі 1,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,93±0,05% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 89,27±0,09% (p <0,05) жеткен. Na2SO4 тұзының 1,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 74,53±0,07% (p <0,001) дан біртіндеп жоғарылап, 10-тәулікте 95,27±0,09% (p <0,05) жеткен. NaCl тұзының 2,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 70,81±0,03% (p <0,05) дан басталып, 6-тәуліктен 73,55±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте 77,15±0,07% (p <0,01) өнгіштікті көрсеткен.

Топырақ сығындысы ертіндісіндегі 2,8 г/100мл концентрациясында 2-тәулікте 71,81±0,03% (p <0,01) дан басталып 6-тәуліктен 74,95±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте 78,35±0,07% (p <0,05) өнгіштігіті көрсеткен. Na2SO4 тұзының 2,8 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 76,14±0,05% (p <0,001) дан басталып 6-тәуліктен 79,95±0,05% (p <0,01) 10-тәулікте 85,93±0,05% (p <0,05) өнгіштікті көрсеткен.

NaCl тұзының 3,6 г/100мл концентрациясында 2-тәулікте 20,11±0,03% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 6-тәулікте 26,67±0,05% (p <0,001) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 33,19±0,05% (p <0,05) жеткен.

Топырақ сығындысы ертіндісіндегі 3,6 г/100мл концентрациясында 2-тәулікте 23,14±0,02% (p <0,01) дан біртіндеп жоғарылап, 6-тәулікте 37,61±0,07% (p <0,05) жеткен. 10-тәулікте бұл көрсеткіш 41,13±0,03% (p <0,05) жеткен. Na2SO4 тұзының 3,6 г/100 мл концентрациясында 2-тәулікте 71,93±0,05% (p <0,001) дан біртіндеп жоғарылап, 6-тәулікте 75,35±0,07% (p <0,01) жеткен.10-тәулікте бұл көрсеткіш 83,27±0,05% (p <0,01) жеткен.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей топырақ ерітіндісінің 1,2 г/100 мл концентрациясында тұқымның өнуі синергетикалық эффект байқатқан. Осыған ұқсас жұмыстар Қытай халық республикасы Хе бей провинциясы, Бин хай ауданы, Хай синг округіндегі тұзды-сілтілі жерлеріндегі өсетін *Suaeda salsa, Salicornia salina* галофитті өсімдіктеріне жасалған [275].

Ақсора өсімдігі тұқымдарының NaCl, Na2SO4 тұздары және тұзды топырақ ертіндісінің бірдей концентрациясындағы өнгіштікпайызынсалыстырғанда айтарлықтай айырмашылқтар байқалған. 2-тәулікте NaCl, тұзды топырақ ертіндісі, Na2SO4 тұзының 2,8 г/100 мл концентрациясында өнгіштік пйызы жеке-жеке 70,81±0,03, 71,81±0,03, 76,14±0,05 болғандығы анықталған. 1-тәулікте 77,15±0,07, 78,35±0,07, 85,93±0,05 болған.

2-тәулікте NaCl, тұзды топырақ ертіндісі, Na2SO4 тұзының 3,6 г/100 мл концентрациясында өнгіштік пайызы жеке-жеке 20,11±0,03 (p <0,01), 23,14±0,02, 71,93±0,05 (p <0,05) болған. 10-тәулікте 33,19±0,05, 41,13±0,03, 83,27±0,05 (p <0,001) болғандығы анықталған.

Жоғардағы нәтижелер Ақсора тұқымының 10 тәуліктегі 2,8 г/100 мл концентрациясындағы Na2SO4 тұзының өнгіштік көрсеткішінің ең жоғары болғандығын көрсетті. Сонымен бірге, 2-орында топырақ сығындысындағы тұқымдардың өнгіштігі болса, ең төмен көрсеткіш байқатқан ол NaCl тұзының концентрациясы. Ақсора өсімдігінің тұздар мен топырақ ертіндісінің 3,6 г/100 мл концентрациясындағы өнгіштік көрсеткішінің нәтижелері ретімен Na2SO4> топырақ сығындысы> NaCl болғандығы анықталған.

**3.3.2 Өсімдіктер тұқымдарының өнгіштігіне топырақтың тұздылық дәрежесінің әсері**

Галофитті өсімдіктердің *Chenopodiaceae* тұқымдасына жататын үш белсенді түрі Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (S*alicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінен жиналған тұқымдар зертханалық жағдайда Маралды көлі маңынан алынған топырақтың 4 түрлі сынамасына отырғызылды.

Нәтижесінде, 4 түрлі топыраққа отырызылған Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдік тұқымдарының өнгіштігі №3-топырақ сынамасында 93,53% (p <0,05) бен ең жоғары көрсеткішті байқатса, өнгіштігі 2-орында болған ол, №1-топырақ сынамасы 84,35%. Тұқымның өнгіштігі ең төмен көрсеткішті №2-топырақта 75,21% (p <0,01) болғаны анықталды. Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымдарының өнгіштігі №3-топырақ сынамасында 91,27% (p <0,001) бен ең жоғары болса, ал 64,35% (p <0,05) бен ең төменгі көрсеткіш №4-топырақ сынамасында анықталды. Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) тұқымдарының өнгіштігі №3-топырақта 87,57% (p <0,05) ең жоғары болса, бұл көрсеткіш 65,32% (p <0,01) бен №2-топырақта төмен нәтижені көрсетті (25-сурет).

Сурет 25 – Ақсора, Еуропа бұзаубас сораң, Төмпек сарсазан өсімдіктерінің топырақтағы өнгіштігі (%)

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінің өнгіштігін салыстырғанда Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) тұқымы жоғарғы өнгіштікті көрсетті. Ақсораның тұқымдар 2-ші тәуілікте, ал қалған Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) тұқымдар 3-ші тәуіліктеі өне бастады. Ақсораның тұқым өнгіштігі 7 тәулік ішінде, Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) тұқымдарында 11 тәулікте өсуі баяулады. Тұқымның өсу қарқындылығы №3-топырақ сынамасында Ақсорада 98,4% (p <0,05), Еуропа бұзаубас сораңда №3-топырақта 96,3% жоғары көрсеткіш анықталса, Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі ең төмен көрсеткішті байқатты. Зертханалық жағдайда өсірілген 3 түрлі өсімдік тұқымдарының өнгіштігі мен өсу қарқындылығын зерттеу нәтижелері өте жоғарғы көрсеткіштерге ие болды. Сонымен қатар, өсімдіктер бойынша Ақсора өсімдігінде тұқымдардың өнуі мен өсу жылдамдығы жоғары екендігі зерттелді. 4 түрлі топырақтардағы өсімдіктердің өнгіштігін салыстырғанда ең белсенді әсерді №3-топырақ сынамасы көрсеткендігін аңғару қиын емес.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктері тұқымдарын 4 түрлі топырақ сынамаларына отырғызу арқылы тұқымдардың өсу қарқындылығы анықталды. Ақсора тұқымының өну қарқындылығы №3-топырақ сынамасында ең жоғары көрсеткішті байқатты (26-сурет).

Cурет 26 – Ақсора, Еуропа бұзаубас сораң, Төмпек сарсазан өсімдіктерінің өсу қарқындылығы, %

Зертханалық жағдайда, өсімдік тұқымдарының топырақтағы өсу қарқындылығының салыстармалы сипаттамасы бойынша, №3-топырақ сынамасында Ақсорада 98,4% (p <0.001) болса, Еуропа бұзаубас сораңда 96,3% (p <0.001) болған. Тұқымдардың өсу қарқындылығының ең жоғары көрсеткішін байқатқан топырақтың №3 үлгісі мен Ақсора өсімдігі екендігі анықталды.

**3.3.3 Тұзды стрестен кейінгі өсімдіктердің биометриялық көрсеткіштері**

Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) тұқымдарын 4 түрлі топырақ сынамаларына отырғызғаннан кейін өсімдіктің тамырлары мен сабақтарының салыстырмалы көрсеткіштері анықталды. Еуропа бұзаубас сораң өсімдігінің тамырлары мен сабақтарының ұзындықтарын салыстыру барысында, әртүрлі топырақ сынамаларындағы көрсеткіштерде зор айырмашылықтар байқалды. Еуропа бұзаубас сораң өсімдігінің сабақтарының ұзындығын салысрырғанда 10-тәулікте №1-топырақ сынамасында 6,5 см (p <0.05) болса, ол №2-топырақта 3,21 см (p <0.05) болған. №3-топырақ сынамасында 9,8 см (p <0.01), ал №4-топырақта 4,36 см (p <0.01) болғандығы анықталды (27-сурет).

Сурет 27 – Еуропа бұзаубас сораң өсімдігі тұқымдарын топыраққа отырғызғаннан кейін өскен тамырлар мен сабақтардың салыстырмалы көрсеткіштері (см)

Еуропа бұзаубас сораң өсімдігі тұқымдарынан өсіп шыққан сабақ пен тамырлардың ұзындықтарының салыстырмалы нәтижелері бойынша, 50-тәулікте №1-топырақ сынамасында 18,9 см (p <0.01) болса, ол №2-топырақ сынамасында 9,87 см (p <0.05) болған. №3-топырақта 27,8 см (p <0.05), ал №4-топырақта 14,5 см (p <0.01) болған.

Өсімдік тамырларының 10- және 50-тәуліктегі 4 топырақ сынамаларындағы ұзындықтарының салыстырмалы көрсеткіштері анықталды. Өсімдік тамырының 10-тәулікте №1-топырақ сынамасындағы ұзындығы 4,3 см (p <0.01) болса, ол №2-топырақта 2,0 см (p <0.001) болған. №3-топырақ сынамасында 6,2 см (p <0.05), ал №4-топырақта 3,5 см (p <0.05) анықталды. №1-топырақ сынамасында 50-тәулікте Еуропа бұзаубас сораң өсімдігі тамырының ұзындығы 15,0 см (p <0.001) болса, ол №2-топырақта 9,2 см (p <0.05) болған. №3-топырақ сынамасында 18,9 см (p <0.05), ал №4-топырақта 11,7 см (p <0.001) болды.

Еуропа бұзаубас сораң өсімдігі тамырлары мен сабақтарының салстырмалы көрсеткіштеріне сұйене отырып, өсімдіктің өсуіне ең тиімді орта №3 және №1-топырақ сынамалары екені анықталды.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі тұқымдарын 4 түрлі топырақ сынамаларына отырғызғаннан кейін өсіп шыққан тамырлар мен сабақтардың салыстырмалы көрсеткіштері анықталды. Ақсора өсімдігінің тамырлары мен сабақтарының ұзындықтарын салыстыру барысында, зор айырмашылықтар байқалды. Әртүрлі топырақ сынамаларында өскен Ақсора өсімдігі сабақтарының ұзындығын салысрырғанда 10-тәулікте №1-топырақ сынамасында 9,8 см (p <0.01) болса, ол №2-топырақта 5,1 см (p <0.05) болған. №3-топырақ сынамасында 11,5 см (p <0.001), ал №4-топырақта 7,5 см (p <0.01) болған. Сонымен қатар, №1-топырақ сынамасында 50-тәуліктегі сабақтың ұзындығы 27,4 см (p <0.001) болса, ол №2-топырақта 15,3 см (p <0.01) болған. №3-топырақ сынамасында 39,5 см (p <0.01), ал №4-топырақта 22,3 см (p <0.05) болғандығы анықталған (28-сурет).

Сурет 28 – Ақсора өсімдігі тұқымдарын топыраққа отырғызғаннан кейін өскен тамырлар мен сабақтардың салыстырмалы көрсеткіштері (см)

Ақсора өсімдігі №1-топырақ сынамасындағы тамырларының 10-тәулікте ұзындығы 6,3 см (p <0.05) болса, ол №2-топырақта 3,8 см (p <0.01) болған. №3-топырақ сынамасында 8,0 см (p <0.05), ал №4-топырақта 4,3 см (p <0.01) анықталды. 50-тәулікте Ақсора өсімдігі тамырының ұзындығы №1-топырақ сынамасында 17,3 см (p <0.001) болса, ол №2-топырақта 10,3 см (p <0.01) болған. №3-топырақ сынамасында 21,3 см (p <0.05), ал №4-топырақта 12 см (p <0.01) болды.

Ақсора өсімдігінің тамырлары мен сабақтарының 10-тәуіліктен бастап 50-тәулік аралығында, әртүрлі топырақ сынамаларындағы өсу көрсеткіштерін салыстыру барысында, тамыр мен сабақтың өсуіне ең тиімді топырақ сынамалары №1 және №3 болып, 4 топырақ сынамаларының арасында ең жоғары көрсеткіш №3-сынамада, өсімдіктің сабағы 39,5 см (p <0.01) тамырдың ұзындығы 21,3 см (p <0.05) болғандығы зерттелді.

Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі тұқымын 4 түрлі топырақ сынамаларына отырғызғаннан кейін оның тамырлары мен сабақтарының салыстырмалы көрсеткіштері анықталды. Төмпек сарсазан өсімдігі сабақтарының ұзындығын салыстырығанда 10-тәулікте №1-топырақ сынамасында 4,3 см (p <0.01) болса, ол №2-топырақта 2,1 см (p <0.05) болған. №3-топырақ сынамасында 7,0 см (p <0.05), ал №4-топырақта 2,7 см (p <0.01) болғандығы анықталды (29-сурет).

Төмпек сарсазан өсімдігінің №1-топырақ сынамасында 50-тәуліктегі сабақтың ұзындығы 15,0 см (p <0.05) болса, ол №2-топырақта 7,3 см (p <0.01) болған. №3-топырақ сынамасында 19,3 см (p <0.01), ал №4-топырақта 11,5 см (p <0.05) болғандығы анықталған.

Сурет 29 – Төмпек сарсазан өсімдік тұқымдарын топыраққа отырғызғаннан кейін өсімдіктердің тамырлары мен сабақтарының салыстырмалы көрсеткіштері (см)

Төмпек сарсазан өсімдігі тамырларының 10-тәулікте ұзындығы 3,1 см (p <0.05) болса №1-топырақ сынамасындағы, ол №2- топырақта 1,71 см (p <0.01) болған. №3-топырақ сынамасында 4,9 см (p <0.05), ал №4-топырақта 2,9 см (p <0.01) анықталды. 50-тәулікте Төмпек сарсазан өсімдігі өсімдігі тамырының ұзындығы №1-топырақ сынамасында 13,7 см (p <0.05) болса, ол №2-топырақта 6,1 см (p <0.01) болған. №3-топырақ сынамасында 16,5 см (p <0.05), ал №4-топырақта 10 см (p <0.01) болды.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінің 10-тәуліктен бастап 50-тәулікке дейінгі аралықта оның сабағы мен тамырларының ұзындықтары 39,5 см (p <0.01) және 21,3 см (p <0.05) болып, биометриялық көрсеткіштерінің салыстырмалы көрсеткіштеріне сүйене отырып, 3 өсімдіктің ішіндегі ең жоғары биометриялық көрсеткішті байқатқан Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі болғандығы анықталды.

Зерттелген өсімдіктер тұқымдарын 4 түрлі топыраққа екеннен кейін көшеттердің ұзындығы мен тамырларының салыстармалы көрсеткішіне сүйне отырып, тұзды батпақты топырақ типіне жатқызылған №1 және №3 топырақ сынамалары нағыз галофитті өсімдіктердің өсуіне өте тиімді орта бола алатындығын көрсетті. Қорыта келе, Қазақстан терииториясындағы тұзданған сор және сортаң жерлердің сапасын жақсартуда фитоэкстракция да ең белсенді Ақсора өсімдігін қолдану ұсынылады.

Сонымен, Маралды көлі аумағынан алынған өсімдіктерін ботаникалық зерттеу жұмыстары негізінде Ақсора (*Suaeda salsa*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) өсімдіктері қатысатын қауымдастықтарда нағыз галофиттер көп кездеседі.

Павлодар облысы, Маралды көлі маңынан алынған топырақ сынамаларының физикалық-химиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері бойынша топырақтар сульфатты – хлоридтті, содалы – хлоридтті және хлоридтті – гидрокарбонатты.

Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша топырақ улы иондар мөлшеріне байланысты сульфатты - хлоридті, содалы-хлоридтті типті тұзды батпақты топыраққа жатқызылды, №1 нұсқасында Cl-:SO42- – 2,08=2,5-1 немесе бұл тұзды батпақты топыраққа, №2 нұсқасында HCO3:SO42- – 0,483 болып, орташа тұзды топыраққа, №3 нұсқасында Cl-:SO42- – 2,16=2,5-1, тұзды батпақты. №4 нұсқасында Cl-:SO42- – 1,13>1 тұзды батпақты топыраққа жататынын анықталды.

Тұздардың галофиттер тұқымдарының өнгіштігіне және өсу қарқындылығына әсерінің нәтижелері Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) өсімдігі тұқымдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 1000-1500 ммoль/л, Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі тұқымыдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 200-500 ммoль/л, Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігі тұқымыдарының өнуіне ең тиімді тұздылық концентрациясы 200-500 ммoль/л.

Ақсора тұқымының 10 тәуліктегі 2,8-3,6 г/100 мл Na2SO4 концентрациясындағы өнгіштік көрсеткіші нәтижелері Na2SO4 > топырақ сығындысы > NaCl ретімен болған.

Зерттелген өсімдіктердің тұқымдарының өнгіштігі мен өсу қарқындылығын салыстыру Ақсора өсімдігінің көрсеткіштері жоғары екендігін, және ең белсенді әсерді №3-топырақта (тұзды батпақты типі) көрсеткен;

Топырақтағы өнгіштіктің салыстырмалы нәтижесіне қарай отырып, №2 орташа тұзды топырақтағы өсімдік тұқымдарының өнгіштігі салыстырмалы түрде төмен, ал, №4 тұзды батпақты топырақта Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) белсенділігі төмен.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінің көшеттердің ұзындығы мен тамырларының салыстармалы көрсеткішіне сүйене отырып, №1 және №3 тұзды батпақты топырақтары галофитті өсімдіктердің өсуіне жақсы орта болып табылды; және өсімдіктердің биометриялық көрсеткіштерін салысыра келе Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігі жоғары белсенділік байқатқан.

Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктерінің ішінде Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдігінің топырақтың барлық сынамасында Cl- ионын жақсы сіңіреді, HCO-3 иондарын топырақтың барлық түрінде өзіне жақсы сіңіріп, топырақтағы HCO-3 ионының мөлшерін азайтуда белсенді жұмыс жасайтын өсімдік Ақсора (*Suaeda salsa Pall).*

**ҚОРЫТЫНДЫ**

1. Маралды көлі аумағынан Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*), Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*), Төмпек сарсазан (*Halocnemum strobilaceum Pall.*) өсімдіктері жергілікті өсімдіктер қауымдастықтарында нағыз галофиттер көп кездеседі.

2. Павлодар облысы Маралды көлі маңынан алынған топырақ сынамалары физикалық қасиеттеріне және Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова бойынша улы иондар мөлшеріне байланысты содалы – хлоридтті және хлоридтті – гидрокарбонатты, сульфатты – хлоридті типті тұзды батпақты топыраққа жатқызылды.

3. Тұздардың галофиттер тұқымдарының өнгіштігіне және өсу қарқындылығына әсерінің нәтижелерін салыстыру арқылы Ақсора өсімдігінің көрсеткіштері жоғары екендігін, және ең белсенді тұзды батпақты типті топырақта әсер еткен; биометриялық көрсеткішіне тұзды батпақты топырақтары жайлы орта болып табылды да, Ақсора (*Suaeda salsa Pall.*) өсімдігінің белсенділігі жоғары болды.

4. Зерттелген өсімдіктер топырақтың барлық сынамасында Cl- ионын жақсы сіңіреді, HCO-3 иондарын топырақтың барлық түрінде өзіне жақсы сіңіріп, топырақтағы HCO-3 ионының мөлшерін азайтуда белсенді жұмыс жасайтын өсімдік Ақсора (*Suaeda salsa Pall).*

5. NaCl ертіндісінің әртүрлі концентрациясында зерттелген өсімдіктердің тұқымдарын тұз ертіндісінде өнгіштігі ең жоғары көрсеткіш байқатқан - Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*); топырақтағы өнгіштіктің салыстырмалы нәтижесіне қарай, орташа тұзды топырақтағы өсімдік тұқымдарының өнгіштігі салыстырмалы түрде төмен, ал тұзды батпақты топырақта Еуропа бұзаубас сораң (*Salicornia europaea L.*) белсенділігі төмен болды.

6. Зерттеу нәтижереріне сүйене отырып, тұзды тоыпрақтағы аниондар мөлшерін азайтып, әсіресе хлорлы топырақтардың сапасын жақсарту үшін Ақсора (*Suaeda salsa Pall)* өсімдігі ұсынылады.

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Flowers T.J., Galal H.K., Bromham L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants // Functional Plant Biology. – 2010. – Vol. 37. – P. 604-612.
2. Shahid S.A., Zaman M., Heng L. Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem // In book Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. – Vienna, Austria: Springer, 2018. – Р. 10-17.
3. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance // Annu Rev Plant Biolю – 2008. – Vol. 59. – P. 651-681.
4. Kallberg Y., Persson B. Prediction of coenzyme specificity in dehydrogenases/reductases - a hidden Markov model-based method and its application on complete genomes // FEBS Journal. – 2006. – Vol. 273. – P. 1177-1184.
5. Shabala S. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops // Annals of Botany. – 2013. – Vol. 112. – P. 1209-1221.
6. Parida AK., Das AB. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review // Ecotoxicol Environ Saf. – 2005. – Vol. 60. – P. 324-349.
7. Goossens R. et al. The use of remote sensing to map gypsiferous soils in the Ismailia Province (Egypt) // Geoderma. – 1998. – Vol. 87. – P. 47-56.
8. Shahid S.A. Developments in salinity assessment, modeling, mapping, and monitoring from regional to submicroscopic scales // In book: Developments in soil salinity assessment and reclamation – innovative thinking and use of marginal soil and water resources in irrigated agriculture. – Dordrecht; Heidelbergp; NY; London: Springer, 2013. – P. 3-4.
9. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints // Remote Sens Environ. – 2003. – Vol. 85, Issue 1. – P. 1-20.
10. Ganie S.A., Borgohain M.J., Kritika K. et al. Assessment of genetic diversity of Saltol QTL among the rice (Oryza sativa L.) genotypes // Physiol. Mol. Biol. – 2016. – Vol. 22. – P. 107-114.
11. Verma A.K., Gupta S.K., Isaaca R.K. Use of saline water for irrigation in monsoon climate and deep water table regions: simulation modeling with SWAP // Agric Water Manage. – 2012. – Vol. 115. – P. 186-193.
12. Singh, R.P., Surendra, S. Sustainable Development of the Indian Arid Zone: a Research Perspective // Vedams Books Ltd., New Delhi, India. – 1994. – P. 335.
13. Ruttan V.M. The transition to agricultural sustainability // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1999. – Vol. 96. – P. 5960-5967.
14. Galvan-Ampudia C., Christa T. Salt stress signals shape the plant root // Curr. Opin. Plant Biol. – 2011. – Vol. 14. – P. 296-302.
15. Yuan F., Liang X., Li Y. et al. Methyl jasmonate improves salinity tolerance in Limonium bicolor by enhancing photosynthesis and abaxial salt gland density // Plant Biol. – 2018. – Vol. 46. – P. 82-92.
16. Rengasamy P. World salinization with emphasis on Australia // Journal of Experimental Botany. – 2006. – Vol. 57, Issue 5. – P. 1017-1023.
17. Rozema J., Flowers T. Crops for a salinized world // Science. – 2008. – Vol. 322. – P. 1478-1480.
18. Herbert E.R., Boon P., Burgin A.J. et al. A global perspective on wetland salinization: Ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands // Ecosphere. – 2015. – Vol. 6, Issue 10. – P. 1-43.
19. Greenway H., Munns R. Mechanisms of Salt Tolerance in Nonhalophytes // Annu. Rev. Plant Physiol. – 1980. – Vol. 31. – P. 149-190.
20. Singh D., Buhmann A.K., Flowers T.J. et al. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterised ecotypes and optimization of their cultivation conditions // AoB PLANTS. – 2014. – Vol. 6. – P. 7-11.
21. Keiffer C.H., Ungar I.A. The effect of competition and edaphic conditions on the establishment of halophytes on brine effected soils // Wetlands Ecol. – 2001. – Vol. 9. – P. 469-481.
22. Yang J.S. Development and prospect of the research on salt-affected soils in China // Acta Pedologica Sinica. – 2008. – Vol. 45, Issue 5. – P. 837-845.
23. Ding J., Yao Y., Wang F. Arid area soil based on three-dimensional spectral feature space Quantitative research on salinization by remote sensing // Acta Pedologica Sinica. – 2013. – Vol. 50, Issue 5. – P. 853-861.
24. Rao B.R.M. et al. Spectral Behavior of Salt-affected Soils // International of Remote Sensing. – 1995. – Vol. 16, Issue 12. – P. 2125-2136.
25. Yansen N.P. Halophyte uses for the 21-century and a new hypothesis: The role of sodium in C4 physiology // In book: Ecophysiology of high salinity tolerant plants. – Dordrecht: Springer, 2006. – P. 367-396.
26. Aronson J. HALOPH: Salt tolerant plants for the world \_A computerized global data base of halophytes with emphasis on their economic uses. – Tucson: University of Arizona Press, 1989. – P. 158-167.
27. Khan M.A., Ansari R., Gul B. et al. Crop diversification through halophyte production on salt-prone land resources // CAB Reviews: Perspective in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. – 2006. – Vol. 1, Issue 048. – P. 89-93.
28. Khan M.A., Ansari R. Potential use of halophytes with emphasis on fodder production in coastal areas of Pakistan // Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance. – Karachi: University of Karachi, 2008. – P. 157-162.
29. Mahajan S., Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: an overview // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2005. – Vol. 444, Issue 2. – P. 139-158.
30. Munns R. Genes and salt tolerance: bringing them together // New Phytologist. – 2005. – Vol. 167, Issue 3. – P. 645-663.
31. Hasanuzzaman M., Hossain M.A., Teixeira J.A. et al. Plant responses and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor // In book: Crop Stress and Its Management: Perspectives and Strategies. – Berlin: Springer, 2012. – P. 261-316.
32. Manchanda G., Garg N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes // Acta Physiologiae Plantarum. – 2008. – Vol. 30, Issue 5. – P. 595-618.
33. Wild A. Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003. – 246 p.
34. Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M.M. et al. Potential use of halophytes to remediate saline soils // BioMed. Res. Int. – 2014. – Vol. 2014. – P. 1-12.
35. Managing soil salinity to boost food security // http://www.icarda.org/ managing-soil-salinity-boost-food-security. December 03, 2020.
36. Hossain M.S. Present Scenario of Global Salt Affected Soils, its Management and Importance of Salinity Research // International Research Journal of Biological Sciences. – 2019. – Vol. 1. – Р. 1-4.
37. Maas E.V. Salt tolerance of plants // Applied Agricultural Research. – 1986. – Vol. 1. – P. 12-25.
38. Peck A.J., Hatton T. Salinity and the discharge of salts from catchments in Australia // J. Hydrol. – 2003. – Vol. 272. – P. 191-202.
39. Houk E., Frasier M., Schuck E. The agricultural impacts of irrigation induced water logging and soil salinity in the Arkansas Basin // Agric. Water Manag. – 2006. – Vol. 85. – P. 175-183.
40. Wang Y., Li Y. Land exploitation resulting in soil salinization in a desert-oasis ecotone // Catena. – 2013. – Vol. 100. – P. 50-56.
41. Eziz M., Yimit H., Nijad D. et al. The Response of Ecosystem Services Value to Land Use Change in Keriya Oasis, Northern Slope of Kunlun Mountain // Sci. Geogr. Sin. – 2012. – Vol. 32. – P. 1148-1154.
42. Zhou D., Lin Z., Liu L. et al. Assessing secondary soil salinization risk based on the PSR sustainability framework // J. Environ. Manag. – 2013. – Vol. 128. – P. 642-654.
43. Jones A., Panagos P., Barcelo S. et al. The State of Soil in Europe-a Contribution of the JRC to the European Environment Agency’s Environment State and Outlook Report–SOER 2010 // http://publications.jrc.ec.europa. eu/repository/bitstream/JRC68418/lbna25186enn.pdf. 5.06.2019.
44. Daliakopoulos I.N., Tsanis I.K. et al. The threat of soil salinity: A European scale review // Sci. Total Environ. – 2016. – Vol. 573. – P. 727-739.
45. Wichelns D., Qadir M. Achieving sustainable irrigation requires effective management of salts, soil salinity, and shallow groundwater // Agric. Water Manag. – 2014. – Vol. 157. – P. 31-38.
46. Shabala S., Munns R. Salinity Stress: Physiological Constraints and Adaptive Mechanisms // In book: Plant Stress Physiology. – Boston, 2017. – P. 24-63.
47. Mateo-Sagasta J., Burke J. Agriculture and Water Quality Interactions: A Global Overview // http://www.fao.org/3/a-bl092e.pdf. 05.06.2019.
48. Cocks P.S. Ecology of herbaceous perennial legumes: A review of characteristics that may provide management options for the control of salinity and waterlogging in dryland cropping systems // Aust. J. Agric. Res. – 2001. – Vol. 52. – P. 137-151.
49. Crescimanno G., Garofalo P. Management of Irrigation with Saline Water in Cracking // Clay Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. – 2006. – Vol. 70. – P. 1774-1787.
50. Oron G., DeMalach Y., Gillerman L. et al. SW – Soil and Water: Effect of Water Salinity and Irrigation Technology on Yield and Quality of Pears // Biosyst. Eng. – 2002. – Vol. 81. – P. 237-247.
51. Sørensen C.G., Halberg N., Oudshoorn F.W. et al. Energy inputs and GHG emissions of tillage systems // Biosyst. Eng. – 2014. – Vol. 120. – P. 2-14.
52. Jensen H.G., Jacobsen L.-B., Pedersen S.M. et al. Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark // Precis. Agric. – 2012. – Vol. 13. – P. 661-677.
53. Finlayson J., Bathgate A., Nordblom T. et al. Balancing land use to manage river volume and salinity: Economic and hydrological consequences for the Little River catchment in Central West, New South Wales, Australia // Agric. Syst. – 2010. – Vol. 103. – P. 161-170.
54. Chiconato D.A. et al. Adaptation of sugarcane plants to saline soil // Environ. Exp. Bot. – 2019. – Vol. 162. – P. 201-211.
55. Young R. Determining the Economic Value of Water: Concepts and Methods. – Washington, 2014. – P. 132-147.
56. Forkutsa I., Sommer R., Shirokova Y.I. et al. Modeling irrigated cotton with shallow groundwater in the Aral Sea Basin of Uzbekistan: II. Soil salinity dynamics // Irrig. Sci. – 2009. – Vol. 27. – P. 319-330.
57. Pang H.-C., Li Y.-Y., Yang J.-S. et al. Effect of brackish water irrigation and straw mulching on soil salinity and crop yields under monsoonal climatic conditions // Agric. Water Manag. – 2010. – Vol. 97. – P. 1971-1977.
58. Cuevas J., Daliakopoulos I.N. et al. A Review of Soil-Improving Cropping Systems for Soil Salinization // Agronomy. – 2019. – Vol. 9. – P. 295-1-295-22.
59. Wu F.Zh., Zhao F.Y., Liu Y.Y. Comprehensive reasons for continuous cropping obstacles in protected vegetables Analysis and control measures // Journal of Northeast Agricultural University. – 2000. – Vol. 31, Issue 3. – P. 241-247.
60. Ge X.G. Soil obstacles in protected vegetable cultivation and ways to overcome them // Chinese Vegetables Cuisine. – 2000. – Р. 16-19.
61. Wang J., Huang X., Zhong T. et al. Review on sustainable utilization of salt-affected land //Acta Geographica Sinica. – 2011. – Vol. 66, Issue 5. – P. 673-684.
62. Ковда В.А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. – М.: Наука, 2008. – 414 c.
63. Лопатовская О.Г., Сугаченко А.А. Мелиорация почв. Засоленные почвы: учеб. пос. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 101 с.
64. Munns R. Strategies for crop improvement in saline soils // In book: Salinity and Water Stress. – NY.: Springer-Verlag, 2009. – P. 99-110.
65. Gamalero E., Berta G., Bernard R.G. The use of microorganisms to facilitate the growth of plants in saline soils // In Microbial Strategies for Crop Improvement. – NY.: Springer-Verlag, 2009. – P. 1-22.
66. Аханов Ж.У. Аналитическая записка о тенденции развития почвенной науки // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №1. – С. 6-13.
67. Land Resource Potential and Constraints at Regional and Country Levels / Land and Water Development Division. – Rome, 2000. – 114 p.
68. Михайличенко В.Н. Галогенез и солонцевание почв равнин Северного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1979. – 171 с.
69. Morgounov A., Zuidema L. The legacy of the Soviet agricultural research system for the Republics of central Asia and the Caucasus: research report. – Hague, 2001. – 52 p.
70. Paustian K., Andren О., Janzen H.H. et al. Agricultural soils as a sink to mitigate CO2 emissions // Soil Use Manage. – 1997. – Vol. 13. – P. 230-244.
71. Mikhailova E.A., Bryant R.B. et al. Cultivation effects on soil organic carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chemozem // Soil Sci. Soc. Am. I. – 2000. – Vol. 64. – P. 738-745.
72. Lal R. Carbon sequestration in soils of central Asia // Land Degrad. Develop. – 2004. – Vol. 15. – P. 563-572.
73. World Wheat Overview and Outlook 2000-2001 / International Maize and Wheat Improvement Center. – Mexico. – 2000. – P. 37-43.
74. Morgounov A., Karabayev M., Bedoshvili D. et al. Improving wheat production in Central Asia and the Caucasus // In book: Research Highlights of the CYMMIT Wheat Program 1999-2000. – Mexico, 2001. – P. 65-68.
75. Lopatovskaya, O.G. and Sugachenko, A.A., Melioratsiya pochv. Zasolennye pochvy (Soil Melioration. Saline Soils), Irkutsk: Irkutsk. Gos. Univ. –2010. – P. 243-248.
76. Borosvskii V.M. Formirovanie zasolennykh pochv i galogeokhimicheskie provintsii Kazakhstana (Development of Saline Soils and Halogeochemical Provinces of Kazakhstan). – Alma-Ata: Nauka, 1982. – P. 3-10.
77. Orlova M.A., Saparov A.S. Global’nyi samo reguliruemyi krugovorot solei v prirode (Global Self-Regulating Cycle of Salts in Nature). – Almaty: Poligrafiya-Servis, 2009. – P. 35-43.
78. Medeu A.R. Respublika Kazakhstan. – Almaty: Print-S, 2010. – Ch. 3. – P. 222-327.
79. Faizov K.Sh., Kenenbaev S.B., Mamutov Zh.U. et al. Geography and Ecology of Soils in Kazakhstan. – Almaty: Kazakh. Gos. Univ., 2006. – 348 p.
80. Сағындықов Ж. Өсімдіктер географиясы. – Алматы, 1997. – 277 б.
81. Жихарева Г., Курмангалиева А.А., Соколов А.А. Почвы Чимкентской области. – Алма-Ата: Наука, 1969. – 411 с.
82. Strakhov N.M., Brodskaya N.G., Knyazeva L.M. et al. Obrazovanie osdkov v sovremennykh vodoemakh (Sedimentation in Modern Reservoirs). – M.: Akad. Nauk SSSR, 1954. – 792 c.
83. Almaganbetov N., Grigoruk V. Degradation of soil in Kazakhstan: problems and challenges // Procced. of NATO Advanced Research Workshop on Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security. – Sofia, 2008. – P. 309-320.
84. Borosvskii, V.M. Geokhimiya zasolennykh pochv Kazakhstana (Geochemistry of Saline Soils of Kazakhstan) // Moscow: Nauka, 1978. – P. 17-21.
85. Кириченко Н.Г. Пастбища пустынь Казахстана. –Алма-Ата, 1980. – С.275.
86. Дурасов А.М. Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 152 с.
87. Сейтказиев Ə.С., Чакеев У.Н., Жапарова С.Б. Регулирование гидрохимического режима засоленных земель. // Международн. научно-практ. конф. Тараз. – 2007. С.142 -146.
88. Ishankulov M.Sh., Vasilchenko N.I. Steppes on drift cones and the problem of landscape zoning of the Kazakhstan // Modern landscape - ecological state and problems of optimization of the natural environment of the regions: procced. 13th.internat. lands. conf. – Voronezh, 2018. – P. 113-115.
89. Pasynkov A.A., Sockova L.M., Chaban V.I. Scientific notes of the Tauric National University named after V I // Vernadsky Geography. – 2014. – Vol. 27. – P. 97-117.
90. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ариунбилэг С. Геохимия и формирование состава соленых озер западной Монголии // Geochemistry. – 2014. – Vol. 3. – P. 1-18
91. Sklyarov E.V., Sklyarova O.A. et al. Mineralized Lakes of the Transbaikalia and Northeastern Mongolia: Specific Features of Occurrence and Ore-generating potential // Geography and Natural Resources. – 2005. – Vol. 32. – P. 323-332.
92. Shahbaz M., Ashraf M. Improving salinity tolerance in cereals // Crit. Rev. Plant Sci. *–* 2013. – Vol. 32. – P. 237-249.
93. Asanbaev, I.K. and Faizov, K.Sh., Pochvovedenie s osnovami ekologii i geografii pochv (Soil Science with Basic Soil Ecology and Geography), Almaty: Kazakh. Gos. Univ., 2007. – P. 8-11.
94. H. Charles J. Godfray, John R. Beddington, Ian R, Curte. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people // Science. *–* 2010. – Vol. 327. – P. 812-818.
95. Lugtenberg B., Chin-A-Woeng T., Bloemberg G. Microbe-plant interactions: principles and mechanisms // Antonie Van Leeuwenhoek*. –* 2002. – Vol. 81. – P. 373-383.
96. .Hayat R., Ali S., Amara U. et al. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review // Ann. Microbiol*. –* 2010. – Vol. 60. – P. 579-598.
97. Glick B.R. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase // Crit. Rev. Plant Sci. *–* 2007. – Vol. 26. – P. 227-242.
98. Blaylock A.D. Soil salinity, salt tolerance and growth potential of horticultural and landscape plants. – Laramie: College of Agriculture, 1994. – P.124-127.
99. Patel B.B. et al. Studies on infiltration of saline–alkali soils of several parts of Mehsana and Patan districts of north Gujarat // J. Appl. Technol. Environ. Sanitation*. –* 2011. – Vol. 1, Issue 1. – P. 87-92.
100. Yensen N.P. Halophyte uses for the twenty-first century // In book: Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*. –* Dordrecht: Springe, 2008. – P. 367-396.
101. Akbarimoghaddam H., Galavi M., Ghanbari A. et al. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars // Trakia J. Sci*. –* 2011. – Vol. 9, Issue 1. – P. 43-50.
102. Bano A., Fatima M. Salt tolerance in Zea mays (L.) following inoculation with *Rhizobium* and Pseudomonas // Biol. Fertility Soils*. –* 2009. – Vol. 45. – P. 405-413.
103. Netondo G.W., Onyango J.C., Beck E. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress // Crop Sci. *–* 2004. – Vol. 44. – P. 806-811.
104. Tester M., Davenport R. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants // Ann. Bot*. –* 2003. – Vol. 91. – P. 503-507.
105. Chinnusamy V., Zhu J., Zhu Jian-Kang. Gene regulation during cold acclimation in plants // Physiol. Plant*. –* 2006. – Vol. 126, Issue 1. – P. 52-61.
106. Seckin B., Sekmen A.H., Turkan I. An enhancing effect of exogenous mannitol on the antioxidant enzyme activities in roots of wheat under salt stress // J. Plant Growth Regul. – 2009. – Vol. 28. – P. 12-20.
107. Venkateswarlu B., Shanker A.K. Climate change and agriculture: adaptation and mitigation strategies // Indian J. Agron*. –* 2009. – Vol. 54. – P. 226-230.
108. Manchanda G., Garg N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes // Acta Physiol. Plant*. –* 2008. – Vol. 30. – P. 595-618.
109. Joseph B., Jini D. Salinity Induced Programmed Cell Death in Plants: Challenges and Opportunities for Salt-tolerant Plants // J. Plant Sci*. –* 2010. – Vol. 5, Issue 4. – P. 376-390.
110. Shi-Ying Z., Cong F., Yong-xia W. et al. Salt-tolerant and plant growth-promoting bacteria isolated from high-yield paddy soil // Can. J. Microbiol. – 2018. – Vol. 64. – P. 968-978.
111. Daliakopoulos I.N., Tsanis I.K. et al. The threat of soil salinity: a European scale review // Sci. Total Environ. – 2016. – Vol. 573. – P. 727-739.
112. Gupta B., Huang B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization // Int. J. Genomics. – 2014. – Vol. 2014. – P. 9-17.
113. Bharti N., Pandey S.S., Barnawal D. et al. Plant growth promoting rhizobacteria Dietzia natronolimnaea modulates the expression of stress responsive genes providing protection of wheat from salinity stress // Sci. Rep. – 2016. – Vol. 6. – P. 25-32.
114. T. Takahashi and J.-I. Kakehi, “Polyamines: ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses,” // Annals of Botany. – 2010. – Vol. 105– P. 1–6.
115. Abdel-Aal H.K., Zohdy K.M., Kareem M.A. Hydrogen production using sea water electrolysis // The Open Fuel Cells Journal. – 2010. – Vol. 3. – P. 1-17.
116. [Kumar](https://www.frontiersin.org/people/u/917148) A., [Singh](https://www.frontiersin.org/people/u/759088) S. Gaurav A.K. et al. Plant growth-promoting bacteria: biological tools for the mitigation of salinity stress in plants // Microbiol. – 2020. – Vol. 11. – P. 1216-1-1216-15.
117. Qadir M., Quillerou E., Nangia V. et al. Economics of salt-induced land degradation and restoration // Natural Resources Forum. – 2014. – Vol. 38, Issue 4. – P. 282-295.
118. Zaman M. et al. Salinity a Serious Threat to Food Security // Soils Newsletter. – 2016. – Vol. 39, Issue 1. – P. 9-13.
119. Wild A. Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003. – P. 69-207.
120. Barret-Lennard G. The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications // Plant and Soil. – 2003. – Vol. 253. – P. 35-54.
121. Wiebe B.H., Eilers R.G., Eilers W.G. et al. Development of a risk indicator for dryland salinization on the Canadian Prairies // proceedings of the international salinity forum. – Riverside, California, 2005. – P. 473-476.
122. Rengasamy P. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview // Australian Journal of Experimental Agriculture. – 2002. – Vol. 42. – P. 351-361.
123. Llanes A., Arbona V., Gómez-Cadenas A. et al. Metabolomic profiling of the halophyte Prosopis strombulifera shows sodium salt-specific response // Plant Physiology and Biochemistry. – 2016. – Vol. 108. – P. 145-157.
124. Reginato M., Sgroy V., Llanes A. et al. The American halophyte Prosopis strombulifera, a new potential source to confer salt tolerance to crops // In bok: Crop production for agricultural improvement. – Dordrecht: Springer, 2012. – P. 115-143.
125. Silva E.N., Silveira J.A.G., Rodrigues C.R.F. Physiological adjustment to salt stress in Jatropha curcas is associated with accumulation of salt ions, transport and selectivity of K+, osmotic adjustment and K+ /Na+ homeostasis // Plant Biology. – 2015. – Vol. 17. – P. 1023-1029.
126. Schimper A.F.W. Plant Geography upon a Physiological Basis. – Oxford, UK: Clarendon Press, 1903. – P. 197-228.
127. Greenway H., Munns R. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes // Annual Review of Plant Physiology. – 1980. – Vol. 31. – Р. 149-190.
128. S. W. Breckle, “Salinity, halophytes and salt affected natural ecosystems,” in Salinity: Environment—Plants—Molecules, A. Lauchli and U. L ¨ uttge, Eds// Kluwer Academic, Dodrecht, The Netherland. – 2002. – P. 53–77.
129. Kreeb K. Plants in saline habitats // Naturwissenschaften. – 1974. – Vol. 61, Issue 8. – P. 337-343.
130. Kefu Z., Hai F., Ungar I.A. Survey of halophyte species in China // Plant Science. – 2002. – Vol. 163, Issue 3. – P. 491-498.
131. Munns R., Schachtman D.P., Condon A.G. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley // Australian Journal of Plant Physiology. – 1995. – Vol. 22, Issue 4. – P. 561-569.
132. Glenn E.P., Brown J.J., Blumwald E. Salt tolerance and crop potential of halophytes // Critical Reviews in Plant Sciences. – 1999. – Vol. 18, Issue 2. – P. 227-255.
133. Dajic Z., Madhava Rao KV., Raghavendra AS., Janardhan Reddy K. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants // Salt stress. Amsterdam, The Netherlands: Springer. – 2006. – P. 41–99.
134. Koyro H.W., Khan M.A., Lieth H. Halophytic crops: a resource for the future to reduce the water crisis? // Emirates Journal of Food and Agriculture. – 2011. – Vol. 23, Issue 1. – P. 1-16.
135. Khan M.A., Ansari R., Ali H. et al. Panicum turgidum, a potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2009. – Vol. 129, Issue 4. – P. 542-546.
136. Zhu J.K., Hasegawa P.M., Bressan R.A. Molecular aspects of osmotic stress in plants // Critical Reviews in Plant Sciences. – 1997. – Vol. 16, Issue 3. – P. 253-277.
137. Zaier H., Ghnaya T., Lakhdar A. et al. Comparative study of Pb-phytoextraction potential in Sesuvium portulacastrum and Brassica juncea: tolerance and accumulation // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – Vol. 183, Issue 1-3. – P. 609-615.
138. Anjum N.A., Ahmad I., Valega M. et al. Salt marsh halophyte services to metal-metalloid remediation: assessment of the processes and underlying mechanisms // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2014. – Vol. 44, Issue 18. – P. 2038-2106.
139. Ravindran K.C., Venkatesan K., Balakrishnan V. et al. Restoration of saline land by halophytes for Indian soils // Soil Biology and Biochemistry. – 2007. – Vol. 39, Issue 10. – P. 2661-2664.
140. Jithesh M.N., Prashanth S.R., Sivaprakash K.R. et al. Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defence // Journal of Genetics. – 2006. – Vol. 85, Issue 3. – P. 237-254.
141. Qadir M., Qureshi R.H., Ahmad N. Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and Leptochloa fusca // Geoderma. – 1996. – Vol. 74, Issue 3-4. – P. 207-217.
142. Boyko H. Basic ecological principles of plant growing by irrigation with highly saline or seawater // In book: Salinity and Aridity. – The Hauge, 1966. – P. 187–196.
143. USEPA, Government Report: Introduction to Phytoremediation, The U.S. Environmental Protection Agency, 2000.
144. Sandhu G.R., Qureshi R.H. Salt affected soils of Pakistan and their utilization // Reclamation & Revegetation Research. – 1986. – Vol. 5, Issue 1-3. – P. 105-113.
145. Chaudhry M.R., Abaidullah M. Economics and effectiveness of biological and chemical methods in soil reclamation // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 1988. – Vol. 9. – P. 106-114.
146. Brini F., Masmoudi K. Biotechnology for drought and salinity tolerance of crops // In book: Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants under Changing Environment. – NY.: Springer, 2014. – P. 97-113.
147. Rozema J., Flowers T. Crops for a salinized world // Science. – 2008. – Vol. 322. – P. 1478-1480.
148. Yuan F., Leng B.Y., Wang B.S. Progress in studying salt secretion from the salt glands in recretohalophytes: how do plants secrete salt? // Front. Plant Sci. – 2016. – Vol. 7. – P. 977-1-977-12.
149. Krishnamurthy P., Jyothi-Prakash P.A., Qin L. et al. Role of root hydrophobic barriers in salt exclusion of a mangrove plant Avicennia officinalis // Plant Cell Environ. – 2014. – Vol. 37. – P. 1656-1671.
150. Yuan F., Lyu M.J.A., Leng B.Y. et al. The transcriptome of NaCl-treated Limonium bicolor leaves reveals the genes controlling salt secretion of salt gland // Plant Mol. Biol. – 2016. – Vol. 91. – P. 241-256.
151. Shabala L., Mackay A., Tian Y. et al. Oxidative stress protection and stomatal patterning as components of salinity tolerance mechanism in quinoa (Chenopodium quinoa) // Physiol. Plant. – 2012. – Vol. 146. – P. 26-38.
152. Ciudin R., Isarie C., Cioca L. et al. Vacuum waste collection system for an historical city centre // Scientific Bulletin. – 2014. – Vol. 76. – P. 215-222.
153. Liu W., Liang L., Zhang X. et al. Cultivar variations in cadmium and lead accumulation and distribution among 30 wheat (Triticum aestivum L.) cultivars // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2015. – Vol. 22, Issue11. – P. 8432-8441.
154. Taamalli M., Ghabriche R., Amari T. et al. Comparative study of Cd tolerance and accumulation potential between Cakile maritima L. (halophyte) and Brassica juncea L // Ecol. Eng. – 2014. – Vol. 71. – P. 623-627.
155. Christofilopoulos S., Syranidou E., Gkavrou G. et al. The role of halophyte Juncus acutus L. in the remediation of mixed contamination in a hydroponic greenhouse experiment // J. Chem. Technol Biotechnol. – 2016. – Vol. 91, Issue 6. – P. 1665-1674.
156. Lutts S., Lefèvre I. How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas? // Ann. Bot. – 2015. – Vol. 115, Issue 3. – P. 509-528.
157. Panta S., Flowers T., Lane P. et al. Halophyte agriculture: Success stories. // Environ. Exp. Bot. – 2014. – Vol. 107. – P. 71-83.
158. Sun H.X., Zhou D.W., Zhao C.S. et al. Evaluation of yield and chemical composition of a halophyte (Suaeda glauca) and its feeding value for lambs // Grass Forage Sci. – 2012. – Vol. 67, Issue 2. – P. 153-161.
159. Ventura Y., Eshel A. et al. The development of halophyte-based agriculture: past and present // Ann. Bot. – 2015. – Vol. 115, Issue 3. – P. 529-540.
160. Parraga-Aguado I., González-Alcaraz M.N. et al. Assessment of the employment of halophyte plant species for the phytomanagement of mine tailings in semiarid areas // Ecol. Eng. – 2014. – Vol. 71. – P. 598-604.
161. Nalla S., Hardaway C.J., Sneddon J. Phytoextraction of selected metals by the first and second growth seasons of Spartina alterniflora // Instrum. Sci. Technol. – 2012. – Vol. 40, Issue 1. – P. 17-28.
162. Lokhande V.H., Gor B.K., Desai N.S. et al. Sesuvium portulacastrum, a plant for drought, salt stress, sand fixation, food and phytoremediation. A review // Agron. Sustain. Dev. – 2013. – Vol. 33, Issue 2. – P. 329-348.
163. Saïdana D., Mahjoub S., Boussaada O. et al. Antibacterial and Antifungal Activities of the Essential Oils of Two Saltcedar Species from Tunisia // J. Am. Oil Chem. Soc. – 2008. – Vol. 85, Issue 9. – P. 817-826.
164. Mühling K.H., Läuchli A. Interaction of NaCl and Cd stress on compartmentation pattern of cations, antioxidant enzymes and proteins in leaves of two wheat genotypes differing in salt tolerance // Plant Soil. – 2003. – Vol. 253, Issue 1. – P. 219-231.
165. Manousaki E., Kalogerakis N. Halophytes – An emerging trend in phytoremediation // Int. J. Phytorem. – 2011. – Vol. 13, Issue 10. – P. 959-969.
166. Bradley P.M., Morris J.T. Relative importance of ion exclusion, secretion and accumulation in Spartina alterniflora Loisel // J. Exp. Bot. – 1991. – Vol. 42, Issue 12. – P. 1525-1532.
167. Moghaieb R.E.A., Saneoka H., Fujita K. Effect of salinity on osmotic adjustment, glycinebetaine accumulation and the betaine aldehyde dehydrogenase gene expression in two halophytic plants, Salicornia europaea and Suaeda maritima // Plant Sci. – 2004. – Vol. 166, Issue 5. – P. 1345-1349.
168. Apse M.P., Aharon G.S., Snedden W.A. et al. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na+ /H+ antiport in Arabidopsis // Science. – 1999. – Vol. 285, Issue 5431. – P. 1256-1258.
169. Manousaki E., Kadukova J., Papadantonakis N. et al. Phytoextraction and phytoexcretion of Cd by the leaves of Tamarix smyrnensis growing on contaminated non-saline and saline soils // Environ. Res. – 2008. – Vol. 106. – P. 326-332.
170. Liu W.T., Zhou Q.X., Zhang Z.N. et al. Evaluation of cadmium phytoremediation potential in Chinese cabbage cultivars / J. Agric. Food. Chem. – 2011. – Vol. 59, Issue 15. – P. 8324-8330.
171. Sinegani A.A.S., Tahmasbian I., Sinegani M.S. Chelating Agents and Heavy Metal Phytoextraction // In book: Heavy Metal Contamination of Soils: Monitoring and Remediation. – Cham: Springer International Publishing, 2015. – P. 367-393.
172. Salt D.E., Smith R., Raskin I. Phytoremediation // Annu. Rev. Plant Biol. – 1998. – Vol. 49, Issue 1. – P. 643-668.
173. Pollard A.J., Reeves R.D., Baker A.J.M. Facultative hyperaccumulation of heavy metals and metalloids // Plant Sci. – 2014. – Vol. 217-218. – P. 8-17.
174. Pedro C.A., Santos M.S.S., Ferreira S.M.F. et al. The influence of cadmium contamination and salinity on the survival, growth and phytoremediation capacity of the saltmarsh plant Salicornia ramosissima // Mar. Environ. Res. – 2013. – Vol. 92. – P. 197-205.
175. Manousaki, E., Kalogerakis, N. Phytoextraction of Pb and Cd by the Mediterranean saltbush (Atriplex halimus L.): metal uptake in relation to salinity // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2009. – Vol. 16, Issue 7. – P. 844-854.
176. Debez A., Huchzermeyer B., Abdelly Ch. et al. Current challenges and future opportunities for a sustainable utilization of halophytes // In book: Sabkha Ecosystems. Hannover, Germany, – 2011. – Р. 59-77.
177. Fitzgerald E.J., Caffrey J.M., Nesaratnam S.T. et al. Copper and lead concentrations in salt marsh plants on the Suir Estuary, Ireland // Environ. Pollut. – 2003. – Vol. 123, Issue 1. – P. 67-74.
178. Almeida C.M.R., Mucha A.P. et al. Role of different salt marsh plants on metal retention in an urban estuary (Lima estuary, NW Portugal) // Estuar. Coast. Shelf Sci. – 2011. – Vol. 91, Issue 2. – P. 243-249.
179. Sheoran V., Sheoran A.S., Poonia P. Factors Affecting Phytoextraction: A Review // Pedosphere. – 2016. – Vol. 26. – P. 148-166.
180. Gabrijel O., Davor R., Zed R. et al. Cadmium accumulation by muskmelon under salt stress in contaminated organic soil // Sci. Total Environ. – 2009. – Vol. 407, Issue 7. – P. 2175-2182.
181. Liu S., Yang C., Xie W. et al. The Effects of Cadmium on Germination and Seedling Growth of Suaeda salsa // Procedia Environmental Sciences. – 2012. – Vol. 16. – P. 293-298.
182. Koo B.-J., Chen W., Chang A.C. et al. A root exudates based approach to assess the long-term phytoavailability of metals in biosolids-amended soils // Environ. Pollut. – 2010. – Vol. 158, Issue 8. – P. 2582-2588.
183. Tian S., Jia Y. et al. Elevated Atmospheric CO2 Enhances Copper Uptake in Crops and Pasture Species Grown in Copper- Contaminated Soils in a Micro- Plot Study // Clean-Soil Air Water. – 2014. – Vol. 42, Issue 3. – P. 347-354.
184. Mishra J., Singh R., Arora N.K. Alleviation of heavy metal stress in plants and remediation of soil by rhizosphere microorganisms // Front. Microbiol. – 2017. – Vol. 8. – P. 3-7.
185. Zhuang P., Lu H., Li Z. et al. Multiple exposure and effects assessment of heavy metals in the population near mining area in South China // PLoS One. – 2014. – Vol. 9. – P. 6-11.
186. Bielen A., Remans T., Vangronsveld J. et al. The influence of metal stress on the availability and redox state of ascorbate, and possible interference with its cellular functions / Int. J. Mol. Sci. – 2013. – Vol. 14. – P. 6382-6413.
187. Viehweger K. How plants cope with heavy metals // Bot. Stud. – 2014. – Vol. 55. – P. 8-12.
188. Wang Y., Qiu Q., Xin G. et al. Heavy metal contamination in a vulnerable mangrove swamp in South China // Environ. Monit. Assess. – 2013. – Vol. 185. – P. 5775-5787.
189. Kang C.H., Kwon Y.J., So J.S. Bioremediation of heavy metals by using bacterial mixtures // Ecol. Eng. – 2016. – Vol. 89. – P. 64-69.
190. Sruthi P., Shackira A.M., Puthur J.T. Heavy metal detoxification mechanisms in halophytes: an overview // Wetlands Ecol. Manage. – 2016. – Vol. 25. – P. 129-148.
191. Sundaramoorthy P., Chidambaram A., Ganesh K.S. et al. Chromium stress in paddy: (i) nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds // CR. Biol. – 2010. – Vol. 333. – P. 597-607.
192. Lea P.J., Miflin B.J. Glutamate synthase and the synthesis of glutamate in plants // Plant Physiol. Biochem. – 2004. – Vol. 41. – P. 555-564.
193. Gharbi E., Martinez J.P., Benahmed H. et al. The salicylic acid analog 2,6-dichloroisonicotinic acid has specific impact on the response of the halophyte plant species Solanum chilense to salinity // Plant Growth Regul. – 2017. – Vol. 82. – P. 517-525.
194. Lutts S., Qin P., Han R. et al. Salinity influences biosorption of heavy metals by the roots of the halophyte plant species Kosteletzkya pentacarpos // Ecol. Eng. – 2016. – Vol. 95. – P. 682-689.
195. Lutts S., Lefevre I. How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas? // Ann. Bot. – 2015. – Vol. 115. – P. 509-528.
196. Wahla I.H., Kirkham M.B. Heavy metal displacement in saltwater-irrigated soil during phytoremediation // Environ. Pollut. – 2008. – Vol. 155. – P. 271-283.
197. Manousaki E., Kosmoula G., Lamprini P. et al. Metal phytoremediation by the halophyte Limoniastrum monopetalum (L.) Boiss: two contrasting ecotypes // Int. J. Phytoremediation. – 2014. – Vol. 16. – P. 755-769.
198. Liang L., Liu W., Sun Y. Et al. Phytoremediation of heavy metal-contaminated saline soils using halophytes: current progress and future perspectives // Environ. Rev. – 2017. – Vol. 25. – P. 269-281.
199. Mesa J., Mateos-Naranjo E., Pajuelo E. et al. Heavy metal pollution structures soil bacterial community dynamics in SW spain polluted salt marshes // Water Air Soil Pollut. – 2016. – Vol. 227. – P. 466.
200. Pan X., Yang J., Zhang D. et al. Lead complexation behaviour of root exudates of salt marsh plant Salicornia europaea L. Chem // Speciat. Bioavailab. – 2012. – Vol. 24. – P. 60-63.
201. Mesa-Marín J., Pérez-Romero J.A. et al. Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria on Salicornia ramosissima seed germination under salinity, CO2 and temperature stress // Agronomy. – 2019. – Vol. 9. – P. 655-1-655-14.
202. Flowers T.J., Colmer T.D. Salinity tolerance in halophytes // New Phytol. – 2008. – Voil. 179. – P. 945-963.
203. Singh D., Buhmann A.K., Flowers T.J. et al. Salicornia as a crop plant in temperate regions: Selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions // AoB Plants. – 2014. – Vol. 6. – P. 1-20.
204. Yamamoto K., Oguri S., Chiba S. et al. Molecular cloning of acetylcholinesterase gene from Salicornia europaea L // Plant Signal. Behav. – 2009. – Vol. 4. – P. 361-366.
205. Gunning D. Cultivating Salicornia europaea (Marsh Samphire). – Dublin: University College Cork, 2016. – 92 p.
206. Smillie C. Salicornia spp. as a biomonitor of Cu and Zn in salt marsh sediments // Ecol. Indic. – 2015. – Vol. 56. – P. 70-78.
207. Essaidi I., Brahmi Z., Snoussi A. et al. Phytochemical investigation of Tunisian Salicornia herbacea L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract // Food Control. – 2013. – Vol. 32. – P. 125-133.
208. Huang Z., Zhang X., Zheng G. Et al. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of Haloxylon ammodendron // J. Arid Environ. – 2003. – Vol. 55. – P. 453-464.
209. Gul B., Ansari R., Flowers T.J. et al. Germination strategies of halophyte seeds under salinity // Environ. Exp. Bot. – 2013. – Vol. 92. – P. 4-18.
210. Williams M., Ungar I. The Effect of Environmental Parameters on the Germination, Growth, and Development of Suaeda depressa (Pursh) Wats // Am. J. Bot. – 1972. – Vol. 59. – P. 912-918.
211. Orlovsky N., Japakova U., Zhang H. et al. Effect of salinity on seed germination, growth and ion content in dimorphic seeds of Salicornia europaea L. (Chenopodiaceae) // Plant Divers. – 2016. – Vol. 38. – P. 183-189.
212. Zia S., Khan M.A. Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of Limonium stocksii // Canadian Journal of Botany. – 2004. – Vol. 82. – P. 151-157.
213. Khan M.A., Gul B. et al. Seed germination characteristics of Halogeton glomeratus // Canadian Journal of Botany. – 2001. – Vol. 79. – P. 1189-1194.
214. [Xiao X Q](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Qu%20XX%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=17428834)., [Zhen Y H](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Huang%20ZY%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=17428834)., J[erry M. Baskin](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Baskin%20JM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=17428834) and [Carol C.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Baskin%20CC%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=17428834) Effect of temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub Halocnemum strobilaceum // Annals of botany. – 2008. – Vol. 101(2). – P. 293–299.
215. Pujol JA, Calvo JF, Ramı´rez-Dı´az L. Recovery of germination from different osmotic conditions by four halophytes from southeastern Spain // Annals of Botany. – 2000. – P. 279–286.
216. Song J., Feng G., Zhang F.S. Salinity and temperature effects on germination for three salt-resistant euhalophytes, Halostachys caspica, Kalidium foliatum and Halocnemum strobilaceum // Plant and Soil. – 2006. – Vol. 279. – P. 201-207.
217. Rozema J., Schat H. Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture // Environmental and Experimental Botany. – 2013. – Vol. 92. – P. 83-95.
218. Song J., Chen M., Feng G. et al. Effect of salinity on growth, ion accumulation and the roles of ions in osmotic adjustment of two populations of Suaeda salsa // Plant and Soil. – 2009. – Vol. 314. – P. 133-141.
219. Shao Q.L., Xie X.D., Zhang F.S. et al. A preliminary study on the artificial cultivation and breeding selection of Suaeda salsa // Chinese Journal of Eco-Agriculture. – 2004. – Vol. 12. – P. 47-49.
220. Ding H.R., Hong Z., Yang Z.Q. et al. Progress of study on halophyte Suaeda salsa // Acta Agriculturae Jiangxi. – 2008. – Vol. 20. – P. 35-37.
221. Li X., Liu Y., Chen M. et al. Relationships between ion and chlorophyll accumulation in seeds and adaptation to saline environments in Suaeda salsa populations // Plant Biosystems. – 2012. – Vol. 146. – P. 142-149.
222. Zhao H.L., Ma Y.Z. et al. Study on edible value of Suaeda salsa (L.) Pall // Journal of Anhui Agriculture Science. – 2010. – Vol. 38. – P. 14350-14351.
223. Lin X.Z., Shen J.H., Liu K.Z. et al. Study on remediation effects of Suaeda salsa L. planting on coastal saline soil // Advances in Marine Science. – 2005. – Vol. 23. – P. 65-69.
224. Ubaskin A., Kassanova A., Lunkov A. et al. Hydrochemical Research and Geochemical Classification of Salt Lakes in the Pavlodar Region // Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 754. – P. 012009-1-012009-7.
225. Litvinenko L.I., Guzhenko M.V. Siberian Bulletin of Agricultural // Science. – 2007. – Vol. 2. – P. 81-85.
226. Иллюстрированный определитель растений Казахстана / под ред. – Алмат-Ата: Наука, 1969. – Т. 1. – 644 с.
227. Zhou J.C., Fu T.T., Sui N. et al. The role of salinity in seed maturation of the euhalophyte Suaeda salsa // Plant Biosyst. – 2016. – Vol. 150, Issue 1. – P. 83-90.
228. Song J., Wang B.S. Using euhalophytes to understand salt tolerance and to develop saline agriculture: Suaeda salsa as a promising model // Ann Bot. – 2015. – Vol. 115, Issue 3. – P. 541-553.
229. Panth N., Park S.-H., Kim H. et al. [Protective Effect of Salicornia europaea Extracts on High Salt Intake-Induced Vascular Dysfunction and Hypertension](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4964547) // International Journal of MolecularSciences. – 2016. – Vol. 17, Issue 7. – P. 1176-1-1176-13.
230. Rahman M.M., Kim M.J., Kim J.H. et al. [Desalted Salicornia europaea powder and its active constituent, trans-ferulic acid, exert anti-obesity effects by suppressing adipogenic-related factors](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6130585) // Pharmaceutical Biology. – 2018. – Vol. 56, Issue 1. – P. 183-191.
231. Feng J., Wang J., Fan P. et al. Highthroughput deep sequencing reveals that microRNAs play important roles in salt tolerance of euhalophyte Salicornia europaea // BMC Plant Biol. – 2015. – Vol. 15, Issue 1. – P. 451-1-451-17.
232. Lareen A., Burton F., Scha P. Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes // Plant Mol. Biol. – 2016. – Vol. 90. – P. 575-587.
233. Park J., Okita T.W., Edwards G.E. Salt tolerant mechanisms in single-cell C4 species Bienertia sinuspersici and Suaeda aralocaspica (Chenopodiaceae) // Plant Science. – 2009. – Vol. 176, Issue 5. – P. 616-626.
234. Fischer G., Nachtergaele F., Prieler S. et al. Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). – Laxenburg; Rome, –2012. – P. 1-196.
235. Павлов Н.В. (ред.) Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН Каз ССР, – 1960. – Т. 3. – 477 с.
236. Павлов Н.В. (ред.) Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР. – 1961. – Т. 5. – 516 с.
237. Ситпаева Г.Т., Чекалин С.В., Кудабаева Г.М. и др. Сохранение и развитие коллекционных фондов живых растений, гербария и семенного банка // Информационный бюллетень. – 2016. – №5(28). – С. 30-35.
238. Муханов Б., Мусакулов Т. Суворов Н. Растительны и животный мир Казахстана. – Алма-Ата: Мектеп, . – 1978. – 180 с.
239. Талиев В.И. Определитель высших растений Европейской части СССР. – М., 1935. – 644 с.
240. Определитель растений Средней Азии. Отредактирован 28.07.21. –Ташкент: ФАН, 1987. – Т. 9. – 402 с.
241. Li C Zh., Liu X J., Yang Y., et al. Effects of salt stress on seed germination and seedling growth of Suaeda salsa // Chinese Agricultural Science Bulletin. – 2005. – Vol. 21 (5). – P. 209-212.
242. Фирсова М.К., Попова Е.П. Оценка качества зерна и семян. – М.: Наука, 1981. – 223 с.
243. Фомина Т.И. Особенности прорастания семян декоративных многолетников семейства Астровых (Asteraceae) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 9, №143. – С. 25-30.
244. Борисова И.В. Типы прорастания семян степных и пустынных растений // Ботанический журнал. – 1996. – Т. 81, №12. – С. 9-22.
245. Song S.Q. Seed Biology Research Guide. – Beijing: Science Press, – 2005. – Vol. 17(6). – P. 164–168.
246. Gao Zh.W., Tao J.X., Zhao Sh. et al. The effect of compound salt-alkali stress on the germination of oat seeds // Grass Industry Science. – 2014. – Vol. 31, Issue 3. – P. 451-456.
247. Hall J.L., Harvey D.M.R., Flowers T.J. Evidence for the cytoplasmic localization of betaine in leaf cells of Suaeda maritima // Planta. – 1978. – Vol. 140. – P. 59-62.
248. Li X., Liu Y., Chen M. et al. Relationships between ion and chlorophyll accumulation in seeds and adaptation to saline environments in Suaeda salsa populations // Plant Biosystems. – 2012. – Vol. 146. – P. 142-149.
249. Keiffer C.H., McCarthy B.C., Ungar I.A. Effect of salinity and waterlogging on growth and survival of Salicornia europaea L., and inland halophyte // Ohio Journal of Science. – 1994. – Vol. 94, Issue 3. – P. 70-73.
250. Aghaleh M., Niknam V., Ebrahimzadeh H. et al. Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in salicornia persica and s. europaea // Biologia Plantarum. – 2009. – Vol. 53, Issue 2. – P. 243-248.
251. Liao Y, Peng Y.G., Chen G.Zh. Research progress in the mechanism of plant salt tolerance // Acta Ecologica Sinica. – 2007. – Vol. 27 (5). – P. 2077-2089.
252. Liu HX, Shin XR, Guo ZG. Efects of silicon addition on seed germination and sedling growth of alfalfa // Acta Prataculturae Sinica, – 2011, – Vol. 20(1). – P. 155-160.
253. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг: учеб. пос. – Сумы: Университетская книга, 2003. – 290 c.
254. Кабжанова Г.Р., Буркитбаева У.Д. Топырақтану: зертхан. жұмыс. орындау және жүргізу бойынша әдіст. нұсқ. – Павлодар: Кереку, 2011. – 44 б.
255. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм / под ред. Н.П. Карпинского, К.А. Гаврилова. – Изд. 2-е. – М.: Россельхозиздат, 1969. – 328 с.
256. Уваров Г.И., Голеусов Г.И. Практикум по почвоведению с основами бонитировки почв. – Белгород: Изд-во БГУ, 2004. – 140 с.
257. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка волной вытяжки. – Введ. 01.01.1986. – Москва, – 2011. – 2-6 с.
258. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – М.: Изд - во МГУ, 1998. – 272 с.
259. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. – Колос, 1980. – 272 с.
260. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюллетень Почвенного институтта им. В.В. Докучаева. – 1972. – №4. – С. 36-40.
261. GOST 26449.1-85. Stationary distillation desalination plants. Methods of chemical analysis of salt water. Введ. 1987-01-01. – Москва. – 2013. – 43-51с.
262. GOST 31861-2012. Water. General sampling requirements. Введ. 2014-01-01. – Москва. – 2019. – 12-33с.
263. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений Казахстана. Под ред. М.К. Кукенова. – Алматы: Ғылым, 1994. – 25-27 с.
264. Полымбетова Ф.Ә., Әбиев С.Ә., Сәрсенбаев Б.Ә. Пайдалы өсімдіктер әлеміне саяхат (шығуы, таралуы және биологиялық ерекшеліктері). – Алматы, 1999. – 112 б.
265. Павлов Н.В. (ред.) Флора Казахстана. – Алма-Ата: АН Каз ССР. 1966. – Т. 9. – 651 с.
266. Takhtajan, A.L. Konspekt Flora Kavkaza // Editio Universitatis Petropolitanae. – 2012. – Vol. 3(2). – P.1-623.
267. Дорогина О.В., Елисафенко Т.В. Некоторые аспекты изучения биологии прорастания семян редких и исчезающих видов // В кн.: Криохранение семян: итоги и перспективы. – Новосибирск: СО РАН, 2014. – C. 92-99.
268. Qadir M., Oster J. Vegetative bioremediation of calcareous sodic soils: history, mechanisms, and evaluation // Irrigation Science. – 2002. – Vol. 21, Issue 3. – P. 91-101.
269. Wei L., Kefu Z., Hai L. Growth, development and ions distribution of three halophytes under salt stress // Chinese Journal of Eco-Agriculture. – 2006. – Vol. 14, Issue 2. – P. 49-52.
270. Calone R., Sanoubar R., Noli E. et al. Assessing Salicornia europaea Tolerance to Salinity at Seed Germination Stage // Agriculture. – 2020. – Vol. 10, Issue 29. – P. 1-11.
271. Singh D., Buhmann A.K., Flowers T.J. et al. Salicornia as a crop plant in temperate regions: Selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. // AoB Plants. – 2014. – Vol. 6. – P. 1-20.
272. Song J, Feng G, Tian C.Y. et al. Strategies for adaptation of Suaeda physophora, Haloxylon ammodendron and Haloxylon persicum to a saline environment during seed- germination stage // [Annals of Botany](https://www.researchgate.net/journal/Annals-of-Botany-1095-8290). – 2005. – Vol. 96, Issue 3. – P. 399-405.
273. Khan M.A., Sheith K.H. Effects of different levels of salinity on seed germination and growth of Capsicum alluum // Biologia J. – 1996. – Vol. 22. – P. 15-16.
274. Glenn, E. P., Anday, T., Chaturvedi, R., et al. Three halophytes for salinewater agriculture: an oilseed, a forage and a grain crop // Environmental and Experimental Botan. – 2013. – Vol. 92. – P. 110 - 121.
275. Yan Sh., Shen Y., Ren J. et al. The mechanism of the influence of salinity on the germination of *Puccinellia tenuiflora* // J. Acta Grasslanda. – 1994. – Vol. 2(2). – P. 12-19.

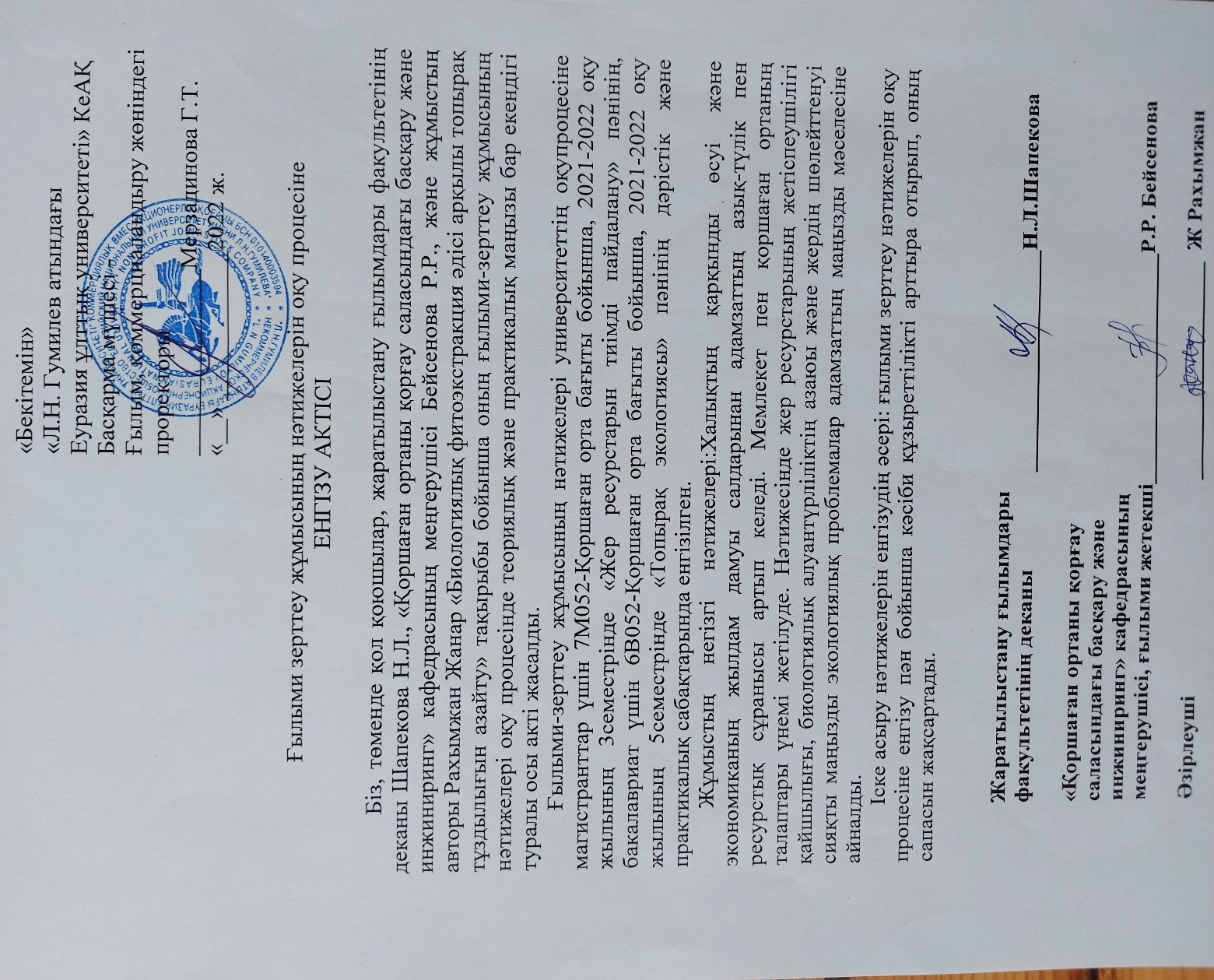
**ҚОСЫМША А**

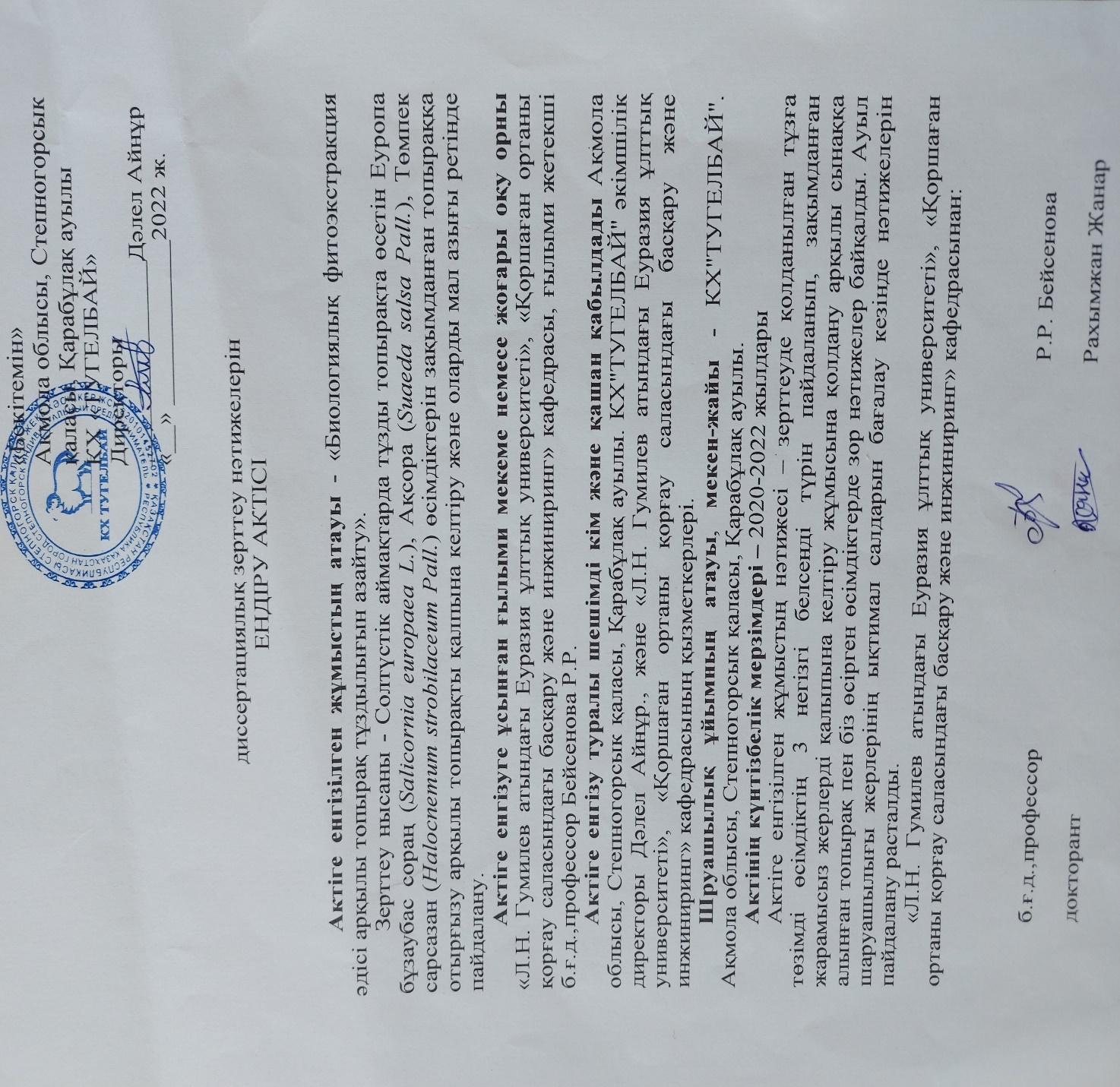
Зерттеу нәтижелері бойынша авторлық құқық куәлігі

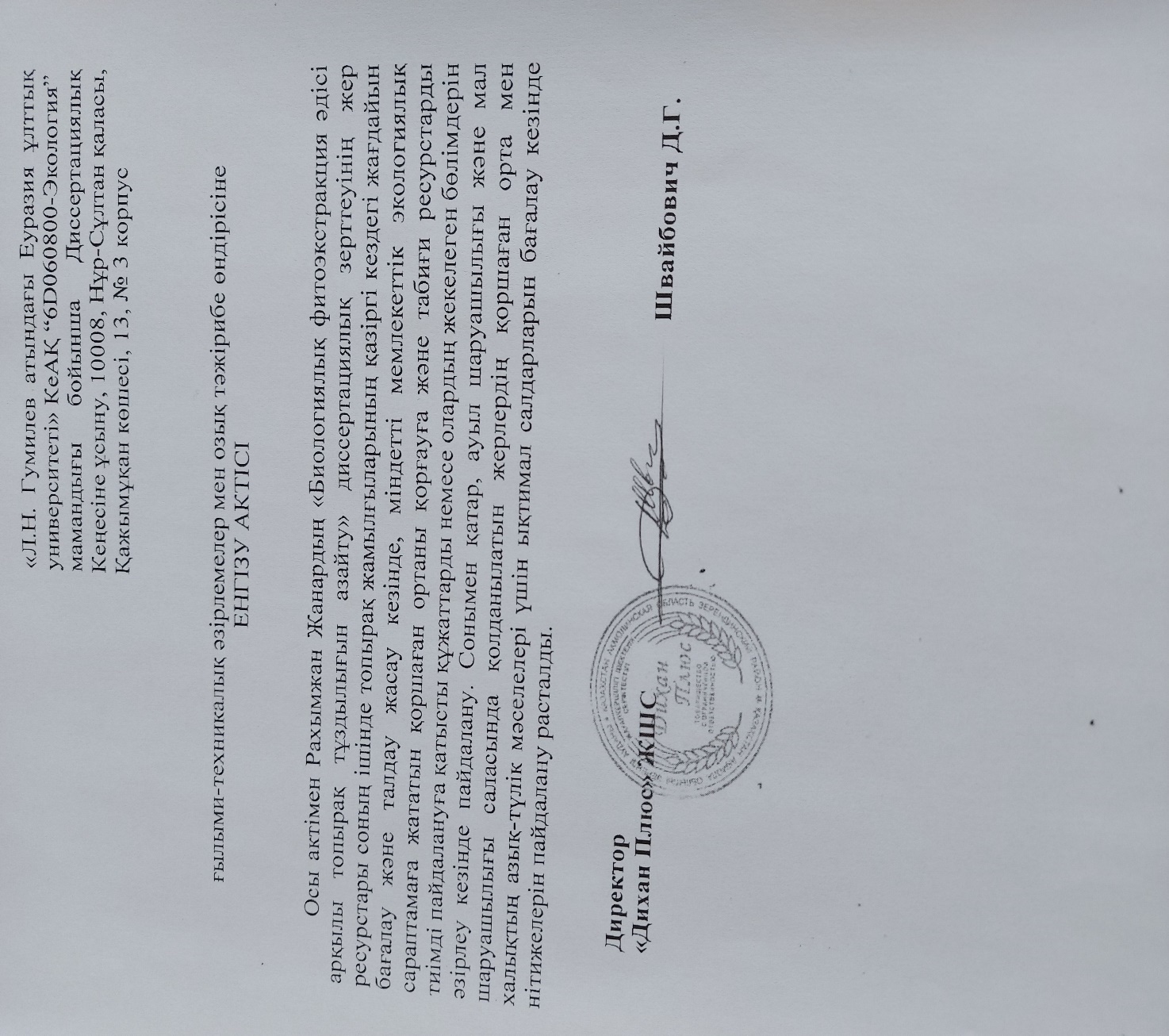


**ҚОСЫМША Ә**

Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін ендіру актілері







**ҚОСЫМША Б**

Этикалық комитет отырысының хаттамасы

