әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

ӘОЖ 581.91(574)(043.3)

Қолжазба құқығында

**МУСИНА МАРАЛ ЕЛУБЕКОВНА**

# Қазақстанның Оңтүстік- Шығысында кездесетін дәрілік *Calligonum leucocladum* (Schrenk) Bunge түрі популяциясының қазіргі жағдайын бағалау

8D05108-Геоботаника

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесшісі:
б.ғ.к., профессор Тыныбеков Б.М.

Шетелдік ғылыми кеңесшісі:
профессор, доктор Гүл Өз.
(Ыстанбұл қ., Түркия)

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2026

# МАЗМҰНЫ

**НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР** 4
**АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР** 6
**КІРІСПЕ** 8
**1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ** 13
1.1 Өсімдіктер қауымдастығын зерттеу ерекшеліктері және олардың экожүйедегі рөлі 13
1.1.1 Қазақстандағы өсімдіктердің зерттелу тарихы мен негізгі бағыттары 14
1.1.2 Қазақстандағы дәрілік өсімдіктердің таралу ерекшеліктері мен қазіргі күйі 17
1.1.3 Дәрілік өсімдіктердің табиғи популяцияларын зерттеу қажеттілігі мен практикалық мәні 18
1.1.4 Дәрілік өсімдіктердің сирек түрлерін қорғау және рационалды пайдалану мәселелері 20
1.2 Фитоценоздарды зерттеу әдістемелік негіздері және олардың экологиялық құндылығы 22
1.2.1 Оңтүстік-Шығыс Қазақстан өңірінің географиялық жағдайы мен экологиялық белгілері 23
1.2.2 Оңтүстік-Шығыс Қазақстандағы гидрологиялық ерекшеліктерінің сипаттамасы 25
1.3 *Calligonum* туысы: табиғи ерекшеліктері, таралу аймақтары және ғылыми маңыздылығы 27
1.3.1 *Calligonum* өсімдіктерінің экологиялық бейімделуі және қолданбалы маңызы 30
1.3.2 Шөлді аймақтардағы *Calligonum* өсімдіктерін қорғау стратегиялары 32
1.3.3 *Calligonum* туысының генетикалық қоры және оны сақтау мен қалпына келтіру жолдары 34
1.3.4 *Calligonum* туысының фитохимиялық ерекшеліктері мен фармакологиялық қолданылуы 36
**2 МАТЕРИАЛДАР МЕН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ** 39
2.1 Зерттеу нысаны мен аймағы 39
2.2 Зерттеу әдістері 40
2.2.1 Өсімдіктерді гербарийлеу және түрлік құрамын анықтау әдістері 40
2.2.2 Картография және далалық зерттеулер 41
2.2.3 Геоботаникалық әдістер 42
2.2.4 Топырақ үлгілерін анықтау әдістері 44
2.2.5 Фитохимиялық зерттеу әдістері 45
2.2.6 Геномдық ДНҚ бөліп алу және хлоропласт геномын талдау 47
2.2.7 Статистикалық талдау әдістері 48
**3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ** 50
3.1 Зерттеу аумағының сипаттамасы және экологиялық-фитоценозды жағдайы 50
3.1.1 Зерттеу аймағында анықталған өсімдіктердің таксономиялық құрамы мен тұқымдастық құрылымының талдауы 79

3.1.2 Зерттеу аймағы флорасының тұқымдастық құрамын салыстырмалы талдау 83
3.1.3 Зерттеу аумағы флорасының таксономиялық әртүрлілігі және ірі тұқымдастардың экологиялық рөлі 83
3.1.4 *C. leucocladum* түрі популяцияларының морфологиялық және фенологиялық сипаттамалары 84
3.1.5 Зерттелген флораның тіршілік формалары және экологиялық құрылымы 99
3.1.6 Шеннон индексі бойынша популяциялардың флоралық ұқсастық деңгейі 120
3.1.7 Өсімдік жамылғысының динамикасын NDVI индексі арқылы бағалау 122
3.2 *C. leucocladum* популяциясының топырағының морфологиялық сипаттамасы 125
3.3 *C. leucocladum* өсімдігін фитохимиялық талдау және олардың негізгі химиялық компоненттері 133
3.4 *C. leucocladum* популяцияларының пластидті геномына негізделген генетикалық алуантүрлілік пен тұрақтылығын бағалау 156
3.5 Зерттеу нәтижелерін талқылау 169
**ҚОРЫТЫНДЫ** 173
**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ** 176

## НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда төмендегі стандарттарға сілтемелер қолданылды:

Қазақстан Республикасының «Ғылым туралы» Заңы (18.02.2011 ж. №407-IV ЗРК) Бұл заң ғылыми зерттеулерді жүргізу тәртібін, ғылыми нәтижелерді қолдануды және оларды қаржыландыру механизмдерін реттейді. Қазақстан Республикасындағы ғылыми қызметтің құқықтық негізін қамтамасыз ететін негізгі нормативтік құжат.

ҚР Білім және ғылым министрлігінің № 603 бұйрығы (31.10.2018 ж.) Кандидаттық диссертацияларды дайындау, рәсімдеу және қорғауға қойылатын талаптарды белгілейді. Диссертациялық жұмыстардың құрылымын, мазмұнын және қорғау тәртібін реттейді.

Қазақстан Республикасының «Қызыл кітабы» (2014 жылғы басылымы) Сирек кездесетін және жойылып кету қаупі бар өсімдіктер мен жануарларды қорғау мәселелерін қамтиды. Зерттеу нысанының экологиялық маңыздылығын негіздеу үшін қолданылады.

ҚР СТ 1341-2016 «Экологиялық зерттеулер жүргізу әдістері» Биоалуантүрлілікті бағалау және экологиялық зерттеулер әдістерін сипаттайды. Өсімдіктер популяциясын зерттеу және олардың таралуын бағалау үшін қолданылады.

Қазақстан Республикасының «Экологиялық кодексі» (2021 ж.) Қоршаған ортаны қорғау және биоалуантүрлілікті сақтау мәселелерін реттейді. Ғылыми зерттеулерде экологиялық аспектілерді ескеру үшін қолданылады.

ҚР СТ 1625-2019 «Фармацевтикалық шикізат. Жалпы талаптар» Дәрілік өсімдіктерден алынатын шикізаттың сапасына қойылатын негізгі талаптарды белгілейді. Фармацевтикалық және биомедициналық зерттеулер үшін маңызды.

GACP (Дәрілік өсімдіктерді өсіру және жинаудың тиісті тәжірибесі) Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) нұсқаулығына сәйкес әзірленген. Дәрілік өсімдіктердің сапасын, қауіпсіздігін және тиімділігін қамтамасыз етеді.

ISO 11035:1994 «Сенсорлық талдау – Сипаттамалық талдау әдістері» Өсімдіктердің химиялық құрамын зерттеу кезінде қолданылатын халықаралық стандарт. Зерттеу нәтижелерінің сенімділігін және халықаралық талаптарға сәйкестігін қамтамасыз етеді.

ISO 23753-1:2019 «Топырақ сапасын бағалау – Микробиологиялық әдістер». Топырақтың биологиялық белсенділігін талдау әдістерін қамтиды. Экологиялық және агрохимиялық зерттеулер үшін маңызды.

ASTM D2974-20 «Органикалық заттарды талдау әдістері» Топырақтың құрамындағы органикалық заттардың мөлшерін анықтау

әдістерін сипаттайды. Экожүйелердің жағдайын бағалау үшін қолданылады.

## АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

**Түр** – тірі организмдердің (жануарлар, өсімдіктер мен микроорганизмдер) биологиялық систематикасының негізгі құрылымдық бірлігі; морфофизиологиялық, биохимиялық белгілері бірдей, өзара будандасуға қабілетті, тұқымдас беретін, белгілі бір ареал шекарасында таралған және сыртқы орта факторларының әсер етуінен бірдей өзгеретін дарақтар жиынтығы, таксондық, систематикалық бірлік.
**Эндем** – шектеулі ареалда тіршілік ететін биологиялық таксондар.
**Популяция** – ұзақ уақыттар бойы белгілі бір территорияда тіршілік ететін бір түр дарақтарының жиынтығы.
**Ценопопуляция** – белгілі бір тіршілік ортасын алып жатқан бір фитоценоз шекарасындағы түр дарақтарының жиынтығы.
**Фитоценоз** – белгілі құрамы бар, өзара бір-бірімен және сыртқы ортамен байланыста болатын өсімдіктер қауымы.
**ҚР БҒМ** – Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым министрлігі
**pH мәні** – ортаның қышқыл не сілтілік жағдайы
**J** – ювенильдік тіршілік күйі
**Im** – имматурлық тіршілік күйі
**V** – виргинильдік тіршілік күйі
**$G_1$** – жас генеративтік тіршілік күйі
**$G_2$** – орташа немесе піскен генеративтік тіршілік күйі
**$G_3$** – қартайған генеративтік тіршілік күйі
**Ss** – субсенильдік тіршілік күйі
**S** – сенильдік тіршілік күйі
**Sc** – құрап қалған тіршілік күйі
**Cop2** – copiosus әр жерде таралған – көп
**Cop1** – copiosus азырақ кездеседі
**Sp** – sparsus аз кездеседі
**Sol** – solitarus өте аз кездеседі
**GAE**– галл қышқылы эквиваленті
**DPPH** – 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
**GC/MS** – газды хроматография/масс спектрометрия (Gas Chromatography/Mass Spectrometry)
**MS** – масс-спектрометрия
**HPLC** – жоғары эффективті сұйық хроматография (High-performance liquid chromatography)
**NDV**I – нормаланған дифференциялды вегетация индексі (Normalized Difference Vegetation Index).
**NIR** – Жақын инфрақызыл диапазон (Near-Infrared).
**RED** – Қызыл диапазон.
**GIS** – Геоақпараттық жүйелер (Geographic Information Systems).
**QGIS** – Ашық бастапқы геоақпараттық жүйе (Quantum GIS).
**ArcGIS** – ArcGIS (Геоақпараттық жүйе).
**Landsat-8** – Landsat-8 спутнигі.

**Sentinel-2** – Sentinel-2 спутнигі.
**MODIS** – Орташа ажыратымдылықтағы бейнелеу спектрометрі (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).
**ESA** – Еуропа ғарыш агенттігі (European Space Agency).
**USGS** – АҚШ геологиялық қызметі (United States Geological Survey).
**Python** – Python бағдарламалау тілі.
**rr** – өте сирек;
**un. (unicum)** – сынақ алаңында жалғыз экземпляр.
**SNP** – Бір нуклеотидтік полиморфизм (Single Nucleotide Polymorphism)
**LD** – Жұптасу дисбалансы (Linkage Disequilibrium)
**PCoA** – Негізгі координаттар талдауы (Principal Coordinates Analysis)
**FST** – Фиксация индексі (Fixation Index)
**FIS** – Инбридинг коэффициенті (Inbreeding Coefficient)
**ANOVA** – Дисперсияны талдау (Analysis of Variance)
**Ho** – Көзделген гетерозиготалықтық (Observed Heterozygosity)
**He** – Күтілетін гетерозиготалықтық (Expected Heterozygosity)
**AR** – Аллельдік байлық (Allelic Richness)
**GATK** – Геномды талдау құралдары (Genome Analysis Toolkit)
**BWA** – Burrows-Wheeler үйлестірушісі (Burrows-Wheeler Aligner)
**HPLC** – Жоғары өнімді сұйықтық хроматографиясы (High-Performance Liquid Chromatography)
**DNA** – Дезоксирибонуклеин қышқылы (Deoxyribonucleic Acid)
**PCR** – Полимераздық тізбекті реакция (Polymerase Chain Reaction)
**CTAB** – Цетилтриметиламмоний бромиді (Cetyltrimethylammonium Bromide)
**FASTQC** – Жылдам сапа бақылауы (Fast Quality Control)
**VCFtools** – Вариантты формат құралдары (Variant Call Format Tools)
**$r^2$** – Квадратталған корреляция коэффициенті (Squared Correlation Coefficient)
**–** – өсімдік тек вегетация сатысында;
∧ – өсімдік сабағын немесе бүршігін шығарды, бүршіктер көрініп тұр;
⊃ – өсімдік гүлдену сатысында;
O – өсімдік толық гүлдеген;
C – өсімдік гүлденуден шығып, гүлдер ескірген;
– гүлдену аяқталған, бірақ тұқым әлі піспеген;
∼ – тұқым төгіліп, гүлденуден кейінгі вегетация.

# КІРІСПЕ

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы:** Бұл диссертациялық зерттеу Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында өсетін *C. leucocladum* (Schrenk) Bunge дәрілік өсімдігінің ценопопуляцияларының қазіргі жағдайын кешенді бағалауға арналған. Зерттеу өсімдіктің таралу аймағы мен популяция құрылымын, эко-ценоздық жай-күйі, соның ішінде соңғы 10 жылдағы NDVI индексі арқылы жасыл жамылғының өзгерістері салыстырылды. Сондай-ақ өсетін топырақтың физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, аталған өсімдіктің фитохимиялық құрамы талданды. Генетикалық алуантүрлілік көрсеткіштері зерттелді және популяцияның тұрақтылығы мен қоршаған орта жағдайларына бейімделу деңгейі бағаланды. Жұмыс нәтижелері дәрілік өсімдіктердің биологиялық алуантүрлілігін сақтау, оларды тұрақты пайдалану және қорғау бойынша ғылыми негіздер мен ұсыныстар жасауға бағытталған.

**Тақырыптың өзектілігі:** Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағының флорасы бай және алуан түрлі, оның құрамында дәрілік өсімдіктер ерекше орын алады. Олардың бірі-биологиялық және фармакологиялық қасиеттері өте маңызды *C. leucocladum* түрі. Алайда, соңғы жылдары бұл өсімдіктің табиғи популяциясы антропогендік әсерге, климаттың өзгеруіне және табиғи ресурстарды шамадан тыс пайдалануға байланысты айтарлықтай азайды. Сондықтан *C. leucocladum* өсімдігінің ценопопуляциялық жағдайын жан-жақты зерттеу бүгінгі күннің өзекті міндеті болып табылады.

*C. leucocladum* өсімдігінің экологиялық жағдайы мен таралу аймағын зерттеу биоалуантүрлілікті сақтауда маңызды рөл атқарады. Зерттеу барысында соңғы онжылдықтағы NDVI индексі бойынша жасыл жамылғының өзгерістері талданып, өсімдіктің өсу жағдайлары мен экожүйедегі орнын анықталады. Бұл көрсеткіштер өсімдіктің экологиялық жағдайын түсінуге және оның төзімділік деңгейін бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, өсімдіктің өскен топырақтың физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, оның экологиялық талаптары нақтыланады.

Фитохимиялық талдау *C. leucocladum* өсімдігіндегі биоактивті заттардың құрамын анықтауға және олардың фармакологиялық маңыздылығын анықтауға бағытталған. Бұл өсімдік құрамындағы белсенді қосылыстар медициналық және фармацевтикалық салаларда қолдану мүмкіндіктерін кеңейтуге негіз болады. Сонымен қатар, генетикалық зерттеулер аясында өсімдіктің пластидтерінің құрылымы мен әртүрлілігі қарастырылып, оның генетикалық тұрақтылығы мен бейімделу қабілеті бағаланады.

Осы зерттеудің нәтижелері дәрілік өсімдіктердің биоалуантүрлілігін сақтау, оларды орнықты пайдалану және қорғау үшін ғылыми ұсынымдар мен әдістемелерді әзірлеуге бағытталған. Бұл Қазақстанның биоресурстарын сақтау саясатын жетілдіруге, табиғатты қорғау және фармакологиялық әлеуетті тиімді пайдалануға арналған стратегиялық шешімдер қабылдауға негіз болады.

**Зерттеу нысаны:** Осы зерттеу жұмысының нысаны ретінде Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында табиғи жағдайда өсетін *C. leucocladum* дәрілік түрінің популяцияларының қазіргі жағдайы таңдалды. Зерттеу барысында осы өсімдіктің таралу аймағы, популяция құрылымы, эко-ценоздық жай күйін, топырақтың физика-химиялық қасиеттері, фитохимиялық құрамы және генетикалық әртүрлілігі егжей-тегжейлі қарастырылады. Бұл көрсеткіштер өсімдіктің тұрақтылығын бағалап және оның биологиялық алуантүрлілігін сақтау және тұрақты пайдалану мәселелерін шешуге бағытталған.

**Зерттеу пәні:** Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында өсетін *C. leucocladum* өсімдігінің табиғи популяцияларының құрылымы, олардың экологиялық бейімделуі, биоморфологиялық ерекшеліктері, өсу ортасының топырақ қасиеттері, фитохимиялық құрамы және пластид деңгейіндегі генетикалық әртүрлілігі.

**Жұмыстың мақсаты:** Оңтүстік Шығыс Қазақстан аймағында кездесетін *C. leucocladum* (Schrenk) Bunge дәрілік түрінің популяцияларының қазіргі жағдайын бағалау.

Жұмыстың негізгі мақсатына сәйкес, келесі міндеттер айқындалды:

1. Дәрілік *C. leucocladum* түрінің табиғи ценопопуляцияларын кешенді түрде зерттеп, олардың экологиялық-ценоздық жағдайына жан-жақты баға беру және сипаттау.

2. *C. leucocladum* түрінің популяциялық құрылымын, жастық спектрін және морфо-биологиялық ерекшеліктерін анықтау.

3. *C. leucocladum* популяцияларының жай-күйіне нормаланған дифференциалдық өсімдік индексі (NDVI) негізінде мониторинг жүргізу, сондай-ақ экотоп топырағының физика-химиялық қасиеттерін бағалау.

4. *C. leucocladum* өсімдігінің негізгі биологиялық белсенді қосылыстарын және геномдық құрылымын талдау

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы:**

Алғаш рет Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағында табиғи жағдайда өсетін *C. leucocladum* дәрілік түрінің популяциясы кешенді түрде зерттелді. Зерттеу барысында популяциялардың экологиялық және ценоздық жағдайы, өсімдіктің биоморфологиялық белгілері мен бейімделу ерекшеліктері, сондай-ақ соңғы онжылдықтағы NDVI индексінің өзгеруі бойынша жасыл жамылғының динамикасы анықталды.

Сонымен қатар, осы зерттеу шеңберінде алғаш рет *C. leucocladum* өсетін аймақтардың топырақтарының физика-химиялық қасиеттері мен құрамдық ерекшеліктері сипатталды. Фитохимиялық зерттеулер арқылы өсімдік құрамындағы биологиялық активті заттар анықталды.

Генетикалық зерттеу барысында *C. leucocladum* өсімдігінің пластидтік ДНҚ деңгейінде генетикалық әртүрлілігі анықталды және табиғи популяциялар арасындағы генетикалық құрылымның ерекшеліктері айқындалды. Бұл нәтижелер түрдің экологиялық бейімделу қабілетін және генетикалық төзімділігін бағалауға мүмкіндік берді.

**Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы**: Зерттеу нәтижелері *C. leucocladum* өсімдігінің табиғи популяцияларының

экологиялық, морфологиялық, фитохимиялық және генетикалық ерекшеліктерін кешенді түрде сипаттай отырып, осы түрдің биоэкологиялық қасиеттері туралы теориялық білім базасы толықтырылды. Атап айтқанда, популяцияның құрылымы мен таралу ерекшеліктері, өсімдіктің бейімделу стратегиялары, экожүйелік рөлі және қоршаған орта жағдайларына реакциясы туралы нәтижелер ботаника, экология және өсімдік ресурстарын тиімді пайдалану саласындағы маңызды ғылыми негіз болып табылады.

Практикалық тұрғыдан алғанда, зерттеу нәтижелері дәрілік өсімдіктерді қорғау, олардың табиғи ресурстарын тұрақты пайдалану және қалпына келтіру бойынша іс-шараларды жоспарлауға мүмкіндік береді. Фитохимиялық талдау арқылы алынған деректер фармакологиялық мақсаттарда пайдаланылатын табиғи шикізаттың сапасын бағалауға және жаңа дәрілік препараттардың бастапқы негізін құруға негіз бола алады. Сонымен қатар, топырақты және климаттық жағдайларды ескере отырып, өсімдікті табиғи ортада сақтау немесе мәдени жағдайда өсіру мүмкіндіктері бағаланды.

Генетикалық алуантүрлілікке қатысты нәтижелер *C. leucocladum* түрінің популяциялары арасындағы эволюциялық потенциалды, бейімделу мүмкіндіктерін және генетикалық байланыстарды түсінуге жол ашады. Бұл деректер сирек және құнды өсімдіктердің генофондын сақтау стратегияларын әзірлеуде маңызды рөл атқарады.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар**

1. Алғаш рет Оңтүстік-Шығыс Қазақстандағы *C. leucocladum* өсімдігінің табиғи популяцияларының ауқымы мен қазіргі жағдайы кешенді түрде бағаланды.
2. Популяцияның экоценотикалық сипаттамаларына және NDVI деректеріне сәйкес, соңғы 10 жылдағы жасыл жамылғының өзгеруі анықталды және бұл көрсеткіштер популяцияның деградация дәрежесін сипаттауға негіз болды.
3. Өсімдіктердің биоморфологиялық көрсеткіштері мен бейімделу стратегиялары анықталды және олардың әртүрлі қоршаған орта жағдайларына бейімделу қабілеті сипатталды.
4. *C. leucocladum* өсу аймақтарының топырақтарының физика-химиялық қасиеттері зерттелді және өсімдік пен орта арасындағы байланыс көрсетілді.
5. Фитохимиялық зерттеулер нәтижесінде өсімдік құрамындағы биологиялық белсенді қосылыстар анықталып, олардың фармакологиялық әлеуеті бағаланды. Генетикалық зерттеу пластид деңгейіндегі өсімдіктердің алуантүрлілігін анықтады және популяциялар арасындағы генетикалық алшақтық пен төзімділік деңгейі бағаланды.

**Қорғауға ұсынылатын ғылыми зерттеу жұмысының нәтижелерінің орындалуына қосқан диссертанттың жеке үлесі**

Зерттеу жұмысының барлық кезеңдері – далалық экспедициялық жұмыстардан бастап зертханалық талдаулар мен ғылыми нәтижелерді сараптауға дейін – диссертанттың тікелей қатысуымен және өз бетінше орындауымен жүзеге асырылды.

Диссертант ғылыми негізде Оңтүстік-Шығыс Қазақстан өңіріндегі зерттеу нысанын алдын ала таңдап алып, картографиялық және геоботаникалық деректер негізінде өңірдің табиғи және климаттық ерекшеліктерін ескере отырып, *C. leucocladum* өсімдігінің таралу аймағын анықтады. Бірнеше маусымда далалық маршруттар жойылып, табиғи популяциялардың таралу құрылымы мен тығыздығын зерттеу мақсатында ценопопуляция бойынша жан-жақты зерттеулер жүргізді. Зерттеу барысында өсімдіктердің биоморфологиялық көрсеткіштері биіктігі, бұтақталу сипаты, жапырақ пішіні, гүлдену фазасы сияқты параметрлер өлшеніп, статистикалық өңдеуге дайындалды.

Диссертация соңғы 10 жыл ішінде қашықтықтан зондтау және геоақпараттық жүйелер арқылы NDVI (нормаланған дифференциалды вегетациялық Индекс) индексін талдады. Осы әдістердің көмегімен жасыл жабынның күйі және оның зерттелетін аймақтағы өзгеруі сандық түрде анықталды және өсімдіктің экологиялық жағдайы толық сипатталды.

Топырақтың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу барысында диссертант әр популяция алқаптарынан топырақ үлгілерін жинап, зертханалық жағдайда pH, тұздың, органикалық заттардың және құрылымдық ерекшеліктердің кешенді талдауын жүргізді.

Фитохимиялық зерттеулер аясында диссертант өсімдік материалдарынан сығынды алу, кептіру, ұнтақтау және экстракциялау сияқты зертханалық дайындық жұмыстарын дербес жүргізді. Биоактивті қосылыстарды (фенолдар, флавоноидтар, таниндер және т.б.) анықтау және сандық талдау хроматография және спектрофотометрия әдістерін қолдану арқылы жүргізілді.

Генетикалық зерттеулерде диссертант ДНҚ-ны үлгілерден бөліп алу, пластидтік деңгейде молекулалық талдаулар жүргізу, алынған деректерді молекулалық маркерлер арқылы салыстыру және генетикалық алуантүрлілікті бағалау бойынша жұмысты өз бетінше орындады. Зертханалық жұмыстарға толыққанды қатысып, нәтижелерді талдау және ғылыми түсіндіруді жүзеге асырды.

Сонымен қатар, Ыстанбұл университетінде жүргізілген зерттеу диссертанттың жеке үлесі ретінде *C. leucocladum* түрінің үш популяциясынан биоматериалдарды жинау, хлоропласт геномдарының реттілігін сиквенирлеуін ұйымдастыруды және жоғары сапалы геномдық деректерді алу үшін зертханалық жұмыстарды орындауды, алынған геномдық деректерді өңдеуді және салыстырмалы талдауға қатысуды қамтиды. Диссертант филогенетикалық талдау жүргізуге, нәтижелерді түсіндіруге және ғылыми тұжырымдар жасауға белсенді ықпал етті. Зерттеу барысында жұмысының ғылыми жаңалығын негіздейтін негізгі нәтижелерді дербес орындады, далалық және зертханалық зерттеулердің толық цикліне қатысты. Жиналған деректерді жүйелеп, оларды талдау үшін кестелер мен графиктер дайындады. Бұл деректер аталған өсімдік популяциясын сақтау, биоресурстарды ұтымды пайдалану және қалпына келтіру стратегияларын ғылыми негіздеуде маңызды құрал болып табылады. Сонымен қатар, ол ғылыми мақалалар мен

конференциялардағы баяндамаларға белсенді қатысып, нәтижелерді негізгі авторлардың бірі ретінде жариялауға тікелей үлес қосты.

**Жұмыстың апробациясы:** диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері халықаралық және республикалық деңгейдегі ғылыми конференцияларда, симпозиумдар мен семинарларда баяндалды және талқыланды. Атап айтқанда:

Диссертациялық жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері халықаралық және республикалық деңгейдегі ғылыми іс-шараларда сыналды. Зерттеу нәтижелері Scopus / Web of Science (Q1) дерекқорында индекстелген журналдарда екі мақала ретінде жарияланды. Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы сапасын қамтамасыз ету Комитеті ұсынған республикалық журналда бір мақала жарияланды. Сонымен қатар, Халықаралық ғылыми конференция материалдарында екі диссертация ұсынылды. Осылайша, жұмыстың ғылыми нәтижелері беделді басылымдарда жариялау және халықаралық конференцияларда талқылау арқылы ғылыми қоғамдастықта сыналды.

**Диссертацияның құрылымы.** Диссертация 186 беттен, кіріспе, отандық және шетелдік әдебиеттерге шолу, зерттеу нысандары мен әдістері, зерттеу нәтижелері мен оларды талқылау, қорытынды бөлімдерінен және 181 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 29 кестеден, 33 суреттен тұрады.

# 1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ

## 1.1 Өсімдіктер қауымдастығын зерттеу ерекшеліктері және олардың экожүйедегі рөлі

Қазақстан табиғатының алуан түрлілігі өсімдіктер қауымдастығын зерттеудің маңыздылығын арттырады. Флораның құрамы мен құрылымын, олардың таралу заңдылықтарын анықтау табиғи экожүйелердің жағдайын бағалауға мүмкіндік береді [1]. Өсімдіктер қауымдастығы биогеоценоздың негізгі бөлігі болғандықтан, олар топырақты қалыптастыруда, климатты реттеуде және биоалуантүрлілікті сақтауда шешуші рөл атқарады [2].

Өсімдіктер бірлестіктерін ғылыми зерттеу Қазақстанда бірнеше ғасырлар бойы жүргізіліп келеді. Ерте кезеңдерде саяхатшылар мен натуралистер аймақтың флорасын сипаттап, өсімдіктердің таралу аймақтары туралы алғашқы деректерді қалдырды [3]. Кейінгі уақытта геоботаникалық экспедициялар аясында өсімдік жамылғысының түрлері анықталып, олардың экологиялық ерекшеліктері жүйеленді [4].

Кеңес заманында Қазақстан аумағында ботаникалық институттар және гербарий қорлары құрылды. Бұл кезеңде өсімдіктер қауымдастығы туралы кең деректер жиналды және елдің флорасы туралы көп өлшемді ғылыми сипаттамалар жарияланды [5].

Тәуелсіздік жылдарында өсімдіктер қауымдастығын зерттеу жаңа деңгейге көтерілді. Қазіргі уақытта дәстүрлі геоботаникалық әдістермен қатар қашықтықтан зондтау, ГАЖ технологиялары, молекулалық-генетикалық және фитохимиялық талдау тәсілдері кеңінен қолданылады [6]. Бұл әдістер өсімдіктер қауымдастығының экологиялық маңыздылығын тереңірек түсінуге және олардың табиғатты қорғау ісіндегі рөлін нақтылауға мүмкіндік берді [7].

Өсімдіктер қауымдастығын зерттеу олардың түрлік құрамын анықтаумен шектелмейді. Ол экожүйелердің тұрақтылығы мен өнімділігін бағалауға, климаттың өзгеруінің әсерін болжауға және табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға бағытталған [8]. Сондықтан бұл саладағы ғылыми деректер экологиялық мониторинг жүргізу, сирек кездесетін түрлерді қорғау және биоалуантүрлілікті сақтау стратегияларын әзірлеу кезінде ерекше құнды болып табылады [9].

Өсімдіктер қауымдастығын зерттеу табиғи флораның құрылымын тану үшін ғана емес, сонымен қатар адамның экономикалық қызметінің әсерін бағалау үшін де маңызды [10]. Өсімдік жамылғысына ауыл шаруашылығы, мал жаю, жерді игеру, өнеркәсіптік өндіріс сияқты факторлар айтарлықтай әсер етеді. Осы әсерлердің салдарын бақылай отырып, экожүйе тепе-теңдігінің бұзылуын ерте анықтауға және алдын-алу шараларын қолдануға болады [11].

Климаттың өзгеруі өсімдіктер қауымдастығының динамикасына әсер етеді. Кейбір түрлердің таралу аймағы кеңейіп, біреуі тарылуы мүмкін, өсімдіктердің жаңа топтары пайда болуы ықтимал [12]. Сондықтан флораның өзгеруін жүйелі түрде зерттеу жаһандық климаттық тенденцияларды түсінуге ықпал етеді. Геоботаникалық зерттеулердің нәтижелері табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануда маңызды рөл атқарады [13]. Мысалы, жайылымдық

жерлердің өнімділігін анықтау, шабындықтардың жай-күйін бағалау немесе орманды қалпына келтіру жұмыстары өсімдіктер қауымдастығының ерекшеліктеріне негізделген [14]. Осылайша, геоботаника деректері ауыл шаруашылығы, орман шаруашылығы және жер ресурстарын басқару үшін маңызды ақпарат көзі болып табылады [15].

Қазақстанның әртүрлі табиғи аймақтарында — шөл, шөлейт, дала, орманды дала және таулы өсімдіктер қауымдастығының құрамы мен құрылымы бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді [16]. Әр аймақтың экологиялық жағдайына бейімделген эндемдік және реликті түрлердің болуы осы аймақтың экологиялық тұрақтылығы мен биологиялық құндылығын көрсетеді. Бұл тұрғыда Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағындағы өсімдіктер қауымдастығы ерекше зерттеуді қажет ететін маңызды объект болып табылады [17].

Сирек кездесетін және жойылып кету қаупі төнген өсімдіктердің өсу ортасын зерттеу олардың сақталуын қамтамасыз ету үшін маңызды. Бұл бағыттағы жұмыстар Қызыл кітапқа енгізілген, дәрілік және техникалық маңызы бар түрлердің популяциясын қорғауға бағытталған [18].

Сонымен қатар, өсімдіктер қауымдастығын зерттеу кезінде тұрақтылық принциптерін ескеру маңызды. Табиғатты қорғау және ресурстарды ұтымды пайдалану мәселелерін шешуде жергілікті халықтың экологиялық мәдениетін арттыру үлкен рөл атқарады [19]. Қоғамдық сананы арттыру, экологиялық білім беру және табиғатпен үйлесімді өмір сүру тәжірибесін тарату экожүйелердің тұрақтылығын сақтауға және өсімдік ресурстарын ұтымды пайдалануға ықпал етеді [20]. Осылайша, экологиялық мониторинг пен басқару шараларының тиімділігі артады, биологиялық алуантүрлілікті сақтау бойынша жұмыстар жүйелі түрде жүзеге асырылады.

### 1.1.2 Қазақстандағы өсімдіктердің зерттелу тарихы мен негізгі бағыттары

Қазақстан флорасы эндемдік түрлерінің байлығымен және молдығымен ерекшеленеді. Республика аумағында жоғары өсімдіктердің 6000-нан астам түрі кездеседі [21]. Бұл өсімдік әлемі биологиялық алуантүрлілік тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуде де маңызды. Өсімдіктер қауымдастығын зерттеу Қазақстанда бірнеше ғасырлар бойы жүргізіліп келеді және әрбір тарихи кезең осы бағыттың дамуындағы өзіндік ерекшеліктерін айқындап, жаңа ғылыми әдістер мен тұжырымдарды енгізді [22].

Қазақстан аумағындағы өсімдіктер туралы алғашқы жүйелі ғылыми деректер XVIII ғасырдың аяғы мен XIX ғасырдың басында Ресей империясының зерттеушілерінің экспедициялары кезінде пайда болды [23]. Осы кезеңде саяхатшылар мен натуралистердің еңбектері аймақтың флорасын зерттеуде ерекше маңызға ие болды. Мысалы, Петр Симон Паллас (1773-1776) өзінің "Ресей мемлекетінің әртүрлі провинцияларындағы жол" атты еңбегінде Қазақстанның дала және шөлейт аймақтарының өсімдіктеріне алғашқы сипаттама берді [24]. Оның зерттеулері сол кездегі гүл байлығының ауқымын

анықтап, аймақтың флорасы туралы алғашқы мәліметтер базасын құрды. Сонымен қатар, Иоганн Георги (1796) және Николай Северцов (1857-1867) сияқты ғалымдардың экспедициялары Қазақстанның өсімдіктер әлемін зерттеуде маңызды рөл атқарды. Олар флораның таксономиялық құрамын талдап, аймақтық флора түрлерінің таралу аймақтарын анықтады. Бұл зерттеулер Қазақстан өсімдіктерінің жүйелі сипаттамасын әзірлеуге негіз болды және қазіргі ботаника ғылымының дамуына үлес қосты [25]. Осы кезеңде жиналған материалдар Қазақстан флорасының алғашқы каталогтары мен сипаттамаларын жасауға мүмкіндік берді. Бұл деректер кейінгі ғылыми зерттеулерге негіз болды.

XX ғасырдың бірінші жартысында Қазақстандағы ботаникалық зерттеулер жүйелі және ұйымдасқан сипатқа ие болды. 1946 жылы Қазақ КСР Ғылым академиясының Ботаника институтының құрылуы осы саладағы ғылыми зерттеулерге жаңа серпін берді [26]. Бұл институт таксономияны, экологияны және өсімдіктердің таралу заңдылықтарын зерттеуде жетекші орынға ие болды.

1946-1960 жылдары "Қазақстан флорасы" полиомдық еңбегі жарық көрді (Н.В. Павлов, 1956-1966), онда республика аумағында кездесетін өсімдік түрлері егжей-тегжейлі сипатталған [27]. Бұл еңбек Қазақстанның өсімдіктер әлемін жүйелі түрде зерттеудегі үлкен қадам болды. Атап айтқанда, таксономиялық топтардың морфологиялық ерекшеліктері мен экологиялық диапазондары жан-жақты талданды.

Сонымен бірге Кеңес дәуірінің ғалымдары өсімдіктер қауымдастығының құрылымын, олардың экологиялық байланыстарын, сондай-ақ табиғи ресурстардағы маңыздылығын зерттеді. Мысалы, Б.А. Быковтың (1974) еңбектері дала және шөлейт аймақтардың өсімдік жамылғысының құрылымдық ерекшеліктерін ашуға бағытталған. А.И. Кучеревский (1982) және А. Байбатша (1996) сияқты ғалымдар өсімдіктер қауымдастығының экологиялық заңдылықтарын жүйелі түрде зерттеп, олардың табиғаттағы орны мен функцияларын анықтады [28]. Кеңес дәуірінде ғылыми орталықта өсімдіктердің популяциялық құрылымын сақтау, биоалуантүрлілік және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мәселелері де болды. Осы саладағы зерттеулер қазіргі экологиялық мониторингтің негізін қалады.

1980-1990 жылдары негізгі бағыттардың бірі өсімдіктерді экологиялық және популяциялық деңгейде зерттеу болды. Ю.А. Злобин популяция экологиясының теориясын жетілдіріп, сирек кездесетін түрлерді сақтаудың ғылыми негіздерін ұсынды. Н.Ф. Самсонова Қазақстан флорасының биоалуантүрлілігін, Г.Е. Рахимов өсімдіктердің стресстік жағдайларға төзімділігін зерттеді. Қ.Р. Рамазанов климаттың өзгеруінің әсерінен өсімдіктер популяциясының таралу аумағын болжаумен айналысты [29].

1991 жылы Қазақстан тәуелсіздік алғаннан кейін өсімдіктерді зерттеу әдістері мен бағыттары едәуір кеңейді. Молекулалық биология мен генетиканың заманауи әдістері ботаника саласына енді. Мысалы, молекулалық-генетикалық зерттеулер А.Т. Маматаева өсімдік түрлерінің

генетикалық алуантүрлілігін, популяция құрылымын және эволюциялық байланыстарын тереңірек түсінуге мүмкіндік берді [30].

Фитохимиялық талдаулар Қ.И. Шалабаев дәрілік өсімдіктердің құрамындағы биологиялық белсенді заттарды зерттеп, олардың фармакологиялық маңыздылығын дәлелдеді [31]. Бұл бағыт өсімдік ресурстарын медициналық мақсатта тиімді пайдалануда маңызды орын алды.

Сонымен қатар, қашықтықтан зондтау технологиялары (К.М. Баймырзаев, 2014; Б.С. Керімбаев, 2020) Қазақстандағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және маусымдық өзгерістерін бақылауға мүмкіндік берді. Sentinel-2 және NDVI сияқты спутниктік деректер өсімдіктердің жағдайын бақылау арқылы экологиялық бақылауды келесі деңгейге көтерді [32].

Қазіргі таңда сирек кездесетін және жойылып бара жатқан өсімдік түрлерін қорғау мәселесі өзекті болып отыр. Қазақстанның Қызыл кітабының соңғы басылымында (2014) отандық флорадағы 387 сирек түрдің таралуы мен экологиясы бойынша жүргізілген зерттеу жұмыстары жүйеленген [33].

2000-2010 жылдары Қазақстандағы ботаникалық зерттеулер жаңа бағыттарды қамтыды. Ғалымдар молекулалық-генетикалық әдістерді енгізді және экологиялық мониторинг жүйелерін жетілдірді. Ж.М. Ералиева дәрілік өсімдіктердің биологиялық белсенді заттарын зерттеді, Ж.Ж. Жанғазин өсімдіктер популяциясына экологиялық факторлардың әсерін бағалады. К.С. Қуанышбаев өсімдіктердің климаттық өзгерістерге бейімделуін зерттеді. М.С. Байтенов Қазақстан флорасына жүйелі зерттеулер жүргізді. Б.М. Тыныбеков өсімдіктердің экологиялық бейімделуін және өсу ортасына бейімделу стратегиясын анықтады [34].

2010-2020 жылдар аралығында молекулалық-генетикалық зерттеулер кеңінен қолданылды және флораны зерттеуде жаңа әдістер қолданылды. Ә. Ыдырыс өсімдік жамылғысының биогеографиялық ерекшеліктерін анықтап, сирек кездесетін және жойылып кету қаупі төнген түрлердің таралуын картаға түсірді [35]. Ә. Бегенов өсімдіктердің генетикалық төзімділігі мен алуантүрлілігін зерттеді. Ж.Ж. Қожантаева сирек кездесетін өсімдіктердің экологиялық ерекшеліктерін қарастырып, оларды қорғау және сақтау стратегияларын әзірледі. С. Айдосова өсімдіктер популяциясының құрылымы мен тұрақтылығын бағалады [36].

Қазіргі уақытта Қазақстандағы өсімдіктер популяциясын зерттеу экология, биотехнология, фармакология және ауыл шаруашылығы саласында үлкен маңызға ие болып отыр. Қазақстандық ғалымдар халықаралық деңгейде ынтымақтасады және биотехнологиялық әдістерді кеңінен қолданады [37]. Ғылыми мекемелер мен жоғары оқу орындары өсімдіктердің экологиялық бейімделуін, сирек кездесетін түрлерді қорғауды және жаңа дәрілік өсімдіктерді зерттеуді жалғастыруда. Бұл ғылыми жұмыстар еліміздің биоалуантүрлілігін сақтаудың, табиғи ресурстарды тиімді пайдаланудың және таза табиғатты келесі тұқымдасқа берудің негізі болып табылады [38]. Қазақстандағы өсімдіктер популяциясын зерттеу алдағы уақытта да өзекті

болатынына, табиғатты қорғау және биотехнология саласында жаңа көкжиектер ашатынына сенімдімін.

### 1.1.2 Қазақстандағы дәрілік өсімдіктердің таралу ерекшеліктері мен қазіргі күйі

Қазақстан флорасы байлығы мен алуан түрлілігімен ерекшеленеді. Республика аумағында жоғары өсімдіктердің 6000-нан астам түрі тіркелген, олардың 1000-ға жуығы халықтық медицина мен фармакологияда дәрілік шикізат көзі ретінде пайдаланылады. Оның ішінде 300-ден астам түрдің емдік қасиеттері ресми медицинада дәлелденген және фармакопеялық тізімге енгізілген. Бұл деректер Қазақстан флорасының биологиялық тұрғыдан ғана емес, әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан да айрықша құндылығын айғақтайды [39].

Қазақстанның географиялық, климаттық және экологиялық жағдайлары өсімдік түрлерінің таралуына ерекше ықпал етеді. Ел аумағының кеңдігі мен табиғи аймақтардың алуан түрлілігі дәрілік өсімдіктердің бай қорын қалыптастырды [40].

Таулы аудандарда-Алтай, Жоңғар Алатауы, Тянь-Шань және Қаратау жоталарында эндемдік және реликті дәрілік түрлер таралған. Мысалы, бұл аймақтарда *Gentiana olivieri, Rhodiola rosea, Ephedra equisetina* сияқты сирек кездесетін түрлер өседі [41].

Дала және шөлейт белдеулерде халық медицинасында кеңінен қолданылатын өсімдіктердің негізгі қорлары шоғырланған. Шөлді аймақтарда *Calligonum, Artemisia* тұқымдасының түрлері кең таралған, дала белдеулерінде *Achillea millefolium, Plantago major* сияқты өсімдіктер басым [42].

Орманды жерлерде емдік маңызы зор өсімдіктер де кездеседі. Солтүстік Қазақстанның қайың-қарағайлы ормандарында *Tilia cordata, Betula pendula, Pinus sylvestris* сияқты түрлер кең таралған. Геоботаникалық тұрғыдан дәрілік өсімдіктердің таралуы аймақтың климаттық жағдайына, топырақтың құрамына, су көздерінің болуына және антропогендік әсер ету деңгейіне байланысты [43].

Соңғы онжылдықтарда дәрілік өсімдіктердің табиғи қоры айтарлықтай төмендеді. Бұл тенденцияға бірнеше факторлар әсер етеді. Біріншіден, шикізаттың шамадан тыс жиналуына байланысты кеңінен қолданылатын өсімдіктердің популяциясы азайып, экожүйе тепе-теңдігіне қауіп төніп тұр [44]. Екіншіден, антропогендік қысымның жоғарылауы өсімдіктер қауымдастығының жойылуына әкеледі. Ауылшаруашылық жерлерінің кеңеюі, өнеркәсіптік инфрақұрылым және жол құрылысы көптеген табиғи өсу орындарын бұзады [45]. Үшіншіден, климаттық өзгерістердің әсері де айтарлықтай. Жаһандық жылыну, құрғақшылық және жердің деградациясы сирек кездесетін түрлердің таралу аймағын тарылтады және кейбір популяциялардың жойылу қаупін арттырады [46].

Қазіргі уақытта Қазақстанда 100-ден астам дәрілік өсімдіктер сирек кездесетін немесе жойылып бара жатқан түр болып саналады. Олардың бір бөлігі 2014 жылғы "Қазақстанның Қызыл кітабына" енгізілген. Мысалы,

*Glycyrrhiza glabra, Ferula foetida, Allium altissimum* ерекше қорғауды қажет етеді [47].

Дәрілік өсімдіктерді сақтау және олардың табиғи қорларын қалпына келтіру мақсатында бірқатар шаралар қабылдануда. Ең алдымен, ғылыми зерттеулерді кеңейту – фитохимиялық талдау, генетикалық алуантүрлілікті бағалау және экологиялық мониторинг жүргізілуде. Сондай-ақ, мәдени жағдайларда енгізу және өсіру жұмыстары жүргізілуде, *Valeriana officinalis, Hypericum perforatum* сияқты түрлердің плантациялары құрылуда [48].

Құқықтық негіз де маңызды. Сирек кездесетін түрлерді қорғау мақсатында "қоршаған ортаны қорғау туралы" заңдар қабылданып, Қызыл кітапқа енгізілген түрлерді қорғаудың ерекше шаралары қолданылады. Сонымен қатар, Қазақстан биоалуантүрлілікті сақтау жөніндегі халықаралық конвенцияларға қосылып, өңірлік бағдарламаларға белсенді қатысады [49].

Осылайша, Қазақстанда дәрілік өсімдіктердің таралуы географиялық аймақтардың табиғи ерекшеліктеріне сәйкес кең ауқымды сипатқа ие. Алайда, антропогендік қысым мен климаттың өзгеруі олардың табиғи қорының азаюына әкеледі. Осыған байланысты дәрілік өсімдіктердің экологиялық жағдайын ғылыми зерттеу, олардың табиғи популяциясын сақтау және олардың ресурстарын ұтымды пайдалану қазіргі ботаника мен экологиялық ғылымның маңызды міндеттерінің бірі болып табылады.

### 1.1.3 Дәрілік өсімдіктердің табиғи популяцияларын зерттеу қажеттілігі мен практикалық мәні

Қазақстан флорасындағы дәрілік өсімдіктер табиғи ресурстардың ең құнды бөлігі болып саналады. Олардың популяциясын зерттеу тек теориялық экология үшін ғана емес, сонымен қатар практикалық қолдану тұрғысынан да маңызды [50].

Дәрілік өсімдіктердің табиғи популяциясын зерттеу, ең алдымен, олардың экологиялық жағдайын бағалау үшін қажет. Популяцияны талдау түрдің жас құрылымын, онтогенетикалық даму кезеңдерін, табиғи жаңару мүмкіндіктерін және популяцияның тұрақтылық деңгейін анықтайды. Мұндай деректерсіз өсімдіктің табиғи қорын дұрыс бағалау немесе оны тиімді пайдалану мүмкін емес [51].

Климаттың өзгеруі, шөлейттену, антропогендік қысым сияқты факторлар дәрілік өсімдіктер популяциясының өмір сүру жағдайларына тікелей әсер етеді. Сондықтан популяцияны зерттеу олардың бейімделу механизмдерін түсінуге, таралу аймағының қысқару немесе кеңею процестерін болжауға мүмкіндік береді [52].

Қазіргі ғылым дәрілік өсімдіктердің популяциясын зерттеуде молекулалық-генетикалық әдістерді, қашықтықтан зондтау (NDVI, спутниктік бақылау) технологияларын және экологиялық модельдеуді кеңінен қолдануды талап етеді [53]. Бұл тәсілдер түрлердің генетикалық алуантүрлілігін, популяциялар арасындағы байланыстарды, экологиялық тауашаларды және болашақтағы таралуды жоғары дәлдікпен болжауға мүмкіндік береді. Мұндай кешенді зерттеулерсіз Қазақстанда дәрілік өсімдіктерді қорғаудың

толыққанды ресурстық бағасын және ұзақ мерзімді стратегиясын құру мүмкін емес.

Мысалы, шөлді аймақтарға бейімделген *C. leucocladum* популяцияларын зерттеу кезінде олардың жас құрылымы, тұқымдар арқылы жаңару жылдамдығы және стресс факторларына төзімділік арнайы далалық бақылаулар мен генетикалық маркерлер арқылы бағаланды [54]. Мұндай деректер популяцияның тұрақтылығын сақтауға және шөлейттену жағдайында түрдің бейімделу әлеуетін түсінуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, дәрілік өсімдіктердің популяциясын зерттеу олардың экологиялық рөлін ашуға көмектеседі. Көптеген дәрілік түрлер топырақтың құнарлылығын арттыруда, шөлді аймақтарды нығайтуда немесе фитонцидтік қасиеттері арқылы микробиологиялық тепе-теңдікті сақтауда маңызды орын алады [55]. Осы факторларды ескермегенде, тек фармакологиялық мәнге мән беру ғылыми тұрғыдан толық болмайды.

Популяцияны зерттеу нәтижелері табиғи ресурстарды басқаруда ерекше маңызға ие. Біріншіден, популяцияның сандық және сапалық жағдайын анықтау дәрілік шикізатты жинау көлемін ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді. Екіншіден, популяция динамикасын ұзақ мерзімді бақылау өсімдік өнімділігін болжауға көмектеседі. Үшіншіден, сирек кездесетін немесе жойылып кету қаупі төнген түрлердің популяциясын зерттеу оларды қорғау стратегияларын әзірлеуге негіз болып табылады.

Практикалық тұрғыдан алғанда, популяциялық деректер дәрілік өсімдіктерді мәдени жағдайға бейімдеу (интродукциялау) және оларды өсіру технологиясын дамыту үшін өте маңызды. Табиғи популяциялардың генетикалық әртүрлілігін зерттеу арқылы шаруашылыққа құнды және жоғары өнімді формаларды іріктеп алуға болады. Мәселен, *Glycyrrhiza glabra* (қызылмия) немесе *Rhodiola rosea* (алтын тамыр) табиғи популяцияларының формалары селекциялық жұмыстарда құнды бастапқы материал ретінде кеңінен қолданылады [56].

Халықаралық тәжірибе көрсеткендей, дәрілік өсімдіктердің табиғи популяциясын сақтау және зерттеу тек ұлттық деңгейде ғана емес, сонымен қатар аймақаралық және жаһандық деңгейде де маңызды. Еуропа мен Қытайдағы шөп медицинасының жетістіктері осы елдерде жүргізілген ұзақ мерзімді популяция мониторингіне негізделген. Қазақстан үшін де осындай жүйелі зерттеулерді жолға қою фармацевтика саласын дамытуға, табиғи ресурстарды ұтымды басқаруға және халықаралық нарыққа бәсекеге қабілетті өнім шығаруға мүмкіндік береді.

Қазақстан жағдайында популяциялық зерттеулер табиғатты қорғау саясатымен тікелей байланысты. "Қазақстанның Қызыл кітабына" енгізілген көптеген дәрілік түрлердің таралуының қазіргі ауқымы, халықтың тығыздығы және экологиялық бейімделу мүмкіндіктері толық түсінілмеген [57]. Сондықтан далалық экспедициялар жүргізу, гербарий материалдарын талдау және олардың нақты жағдайын заманауи ГАЖ технологияларының көмегімен анықтау қажет.

Осылайша, дәрілік өсімдіктердің табиғи популяциясын зерттеу биоалуантүрлілікті сақтауда, дәрілік ресурстарды тиімді пайдалануда және экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуде негізгі ғылыми — практикалық құрал болып табылады. Осы бағыттағы зерттеулердің нәтижелері Қазақстанның фармакологиясы, медицинасы, ауыл шаруашылығы және табиғат қорғау саласы үшін орасан зор практикалық маңызға ие. Сонымен қатар, мұндай зерттеулер ұлттық биоресурстарды ұтымды пайдалану арқылы экономикалық және әлеуметтік дамуға ықпал етеді.

1.1.4 Дәрілік өсімдіктердің сирек түрлерін қорғау және рационалды пайдалану мәселелері

Қазақстан флорасында емдік қасиеттері бар өсімдіктердің түрлік құрамы өте бай. Алайда, олардың арасында шектеулі табиғи қорлары бар, тарылған және жойылып кету қаупі бар көптеген түрлер бар. 2014 жылы жарық көрген Қазақстанның Қызыл кітабына енгізілген 387 түрдің едәуір бөлігі дәрілік маңызы бар екені белгілі. Бұл жағдай сирек кездесетін дәрілік өсімдіктерді қорғау және олардың ресурстарын тиімді пайдалану мәселесін алдыңғы қатарға шығарады [58].

Сирек дәрілік өсімдіктер фармакологиялық маңыздылығымен ғана емес, сонымен қатар экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етудегі рөлімен де құнды. Өсімдіктердің көптеген түрлері топырақ эрозиясының алдын алуға шөлді және шөлейт аймақтардың экологиялық тепе-теңдігін сақтауға ықпал етеді. Мысалы, *Calligonum leucocladum* және *Calligonum triste* құмды, шөлді өсімдіктерді нығайтуда маңызды рөл атқарады, ал *Glycyrrhiza glabra* және *Glycyrrhiza korshinskyi* топырақ құрылымын жақсарта отырып, дәрілік шикізат ретінде кеңінен қолданылады [59]. Бұл ерекшеліктер сирек кездесетін өсімдіктерді қорғаудың биологиялық тұрғыдан ғана емес, экологиялық тұрғыдан да өзектілігін көрсетеді.

Қазақстан аумағында қорғауды қажет ететін сирек кездесетін өсімдік түрлеріне: *Rhodiola rosea* (алтын тамыр), *Adonis vernalis* (көктемгі жанаргүл), *Ephedra equisetina* (қылша немесе қос масақты қылша), *Valeriana chionophila* (ақбас шүйіншөп), *Primula minkwitziae* (Минквиц бізшөбі), *Tulipa greigii* (Грейг қызғалдағы), *Tulipa schrenkii* (Шренк қызғалдағы), *Iris alberti* (Альберт құртқашашы), *Paeonia hybrida* (дала таушымылдығы) сияқты түрлер жатады. Олар дәстүрлі медицинада да, қазіргі фармакологияда да кеңінен қолданылады, бірақ олардың шамадан тыс жинақталуы, таралу аймағының тарылуы және табиғи жаңарудың төмен қарқыны олардың жойылу қаупін арттырады [60]. Сирек дәрілік өсімдіктерді қорғау бірнеше деңгейде жүзеге асырылады. Ең алдымен, *in situ* сақтау – түрлерді табиғи ортада қорғау, яғни ұлттық парктерде, қорықтарда және ерекше қорғалатын аумақтарда жүргізіледі. Сонымен қатар *ex situ* сақтау тәсілі де маңызды орын алады. Бұл бағытта Алматы, Жезқазған, Қарағанды ботаникалық бақтарында интродукциялау, Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығы елдерімен бірлескен тұқым банктерінде жинақтау және гербарий қорларында сақтау жұмыстары іске асуда. Бұған қоса, құқықтық негіздің рөлі зор. Қазақстан

Республикасының «Қоршаған ортаны қорғау туралы» заңнамалары, сондай-ақ халықаралық CITES және БҰҰ биоалуантүрлілік жөніндегі конвенциясы сирек өсімдіктерді қорғауды қамтамасыз етеді [61].

Бүгінгі күннің маңызды мәселелерінің бірі дәрілік өсімдіктерді қорғау ғана емес, оларды ұтымды пайдалану болып табылады. Табиғи популяциялардың саны мен жас құрылымын ескере отырып, шикізат жинау көлемін шектеу қажет. Шикізатты жинау мерзімдерін қатаң сақтау және табиғатқа зиян келтірмейтін әдістерді қолдану өсімдік ресурстарын сақтауда да маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, мәдени жағдайларда сирек кездесетін түрлерді өсіру және оларды экономикалық айналымға қосу олардың табиғи қорларына қысымды төмендетеді. Мысалы, *Valeriana officinalis* және *Hypericum perforatum* сияқты түрлер мәдени жағдайларда кеңінен өсіріледі және бұл тәжірибені тіпті жергілікті эндемдерге бейімделу сирек қажет [62].

Қазіргі уақытта Қазақстанда сирек кездесетін өсімдіктерді қорғауға бағытталған ғылыми жобалар іске асырылуда. Атап айтқанда, биотехнологиялық әдістер (*in vitro* көбейту), жасанды плантациялар құру, гербарий материалдарын цифрлық форматқа көшіру және ГАЖ технологияларын қолдану тәжірибесі кеңеюде. Мысалы, қызғалдақтарды *Tulipa greigii* және *Tulipa schrenkii* тұқым банктерінде сақтау, алтын тамыр *Rhodiola rosea in vitro* көбейту олардың генетикалық қорын сақтауға мүмкіндік береді [63].

Халықаралық тәжірибе де осы мәселенің өзектілігін дәлелдейді. Еуропа елдерінде сирек кездесетін фитотерапиялық өсімдіктердің тұқым банктері құрылды және генетикалық материал ұзақ уақыт сақталады. Қытайда дәрілік өсімдіктерді мәдени жағдайда өсіру және фармацевтикалық өндіріс қажеттіліктеріне бейімделу мемлекеттік деңгейде қолдау тапты [64]. Қазақстан үшін мұндай тәжірибелерді енгізу және бейімдеу табиғи ресурстарды сақтаудың ең тиімді тәсілдерінің бірі болып табылады.

Болашақта Қазақстанда сирек кездесетін дәрілік өсімдіктерді қорғау бойынша бірнеше ғылыми-практикалық басымдықтар айқындалуы тиіс. Біріншіден, экологиялық мониторинг жүйесін кеңейту және ұзақ мерзімді мәліметтер базасын құру қажет. Екіншіден, сирек кездесетін түрлердің генетикалық алуантүрлілігін зерттеу арқылы олардың бейімделу әлеуетін анықтау маңызды. Үшіншіден, жергілікті қауымдастықтарды табиғатты қорғау қызметіне тарту арқылы халық медицинасында қолданылатын өсімдіктерді ұтымды пайдалану мәдениетін қалыптастыру қажет. Төртіншіден, шетелдік тәжірибені бейімдей отырып, Қазақстанның жағдайына сәйкес келетін өсімдіктердің *ex situ* жаңа сақтау орталықтарын құру қажет [65].

Демек, сирек кездесетін дәрілік өсімдіктерді қорғау және оларды ұтымды пайдалану – биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың және Қазақстандағы табиғи ресурстарды тиімді басқарудың басты міндеттерінің бірі. Осы бағыттағы ғылыми зерттеулердің нәтижелері тек фармакология, медицина және экология үшін ғана емес, сонымен қатар елдің әлеуметтік-

экономикалық дамуы үшін де үлкен маңызға ие. Бұдан басқа, сирек кездесетін түрлерді қорғау Қазақстанның халықаралық міндеттемелерін орындауға және болашақ ұрпақ үшін табиғи тепе-теңдігін сақтауға ықпал етеді.

### 1.2 Фитоценоздарды зерттеу әдістемелік негіздері және олардың экологиялық құндылығы

Фитоценоз – белгілі бір аумақта қалыптасқан өсімдіктер қауымдастығы, ол түрлердің ішкі байланысы мен қоршаған ортамен өзара әрекеттесуінің нәтижесі болып табылады. Фитоценоздардың құрылымы мен динамикасын зерттеу экожүйелердің тұрақтылығын бағалауға, биоалуантүрлілікті сақтауға және табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Қазақстан сияқты шөлді және шөлейт аумақтар басым ел үшін бұл зерттеулердің айрықша маңызы бар [66].

Фитоценоздарды зерттеу әдістемесі бірнеше ғылыми бағыттарды қамтиды. Геоботаникалық түсірілімнің көмегімен өсімдіктер қауымдастығының түрлік құрамы, тығыздығы және биіктік параметрлері анықталады. Фитоценотикалық талдау доминантты және субдоминантты түрлердің арақатынасын және қауымдастық ішіндегі деңгейлі құрылымды сипаттайды [67]. Сандық әдістер биомасса мен өнімділік деңгейін, өсімдіктің тығыздығын есептеуге мүмкіндік береді. Популяцияны талдау онтогенетикалық құрылымды, табиғи жаңару қарқынын және қауымдастықтардың өміршеңдігін бағалауға бағытталған. Қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын қашықтықтан зондтау және геоақпараттық технологиялар фитоценоздардың маусымдық және жылдық динамикасын, деградация немесе қалпына келтіру тенденцияларын анықтауға мүмкіндік береді [68].

Қазақстанның шөлді аймақтарында таралған *Haloxylon ammodendron* (қара сексеуіл), *Haloxylon persicum* (ақ сексеуіл) және *Astragalus ammodendron* (зеравшан сексеуіл) түрлері басым қауымдастықтар қашықтықтан зондтау деректері негізінде бақыланады және олардың құмды экожүйелерді тұрақтандыру үшін маңызы бағаланады. Бұл өсімдіктер құмды көшкіндердің таралуын шектеуде, топырақ эрозиясының алдын алуда және шөл экожүйелерінің тұрақтылығын сақтауда шешуші рөл атқарады. Сексеуіл фитоценоздары, атап айтқанда, көптеген жануарлар мен құстардың өсу ортасын қамтамасыз етеді және шөл экожүйелерінің қаңқасын құрайды [69].

Қазақстандағы шөл фитоценоздарын зерттеу тарихы өткен ғасырдың ортасынан басталады. Егер алғашқы геоботаникалық карталарда сексеуіл ормандарының ауданы бірнеше миллион гектарға жеткені көрсетілсе, қазіргі уақытта олардың ауданы айтарлықтай қысқарды. Бұған отынды шамадан тыс пайдалану, мал жаюдың артуы және климаттың өзгеруі себеп болды. Осыған байланысты қазіргі зерттеулер тек флораны сипаттауға емес, сексеуіл қауымдастықтарының қалпына келу әлеуетін бағалауға бағытталған. Сексеуіл фитоценоздарының тағы бір ерекшелігі – олардың микроклимат жасау қабілеті [70]. Бұл өсімдіктер топырақтың ылғалдылығын сақтайды және температураның жергілікті ауытқуын азайтады. Осылайша, олардың

көлеңкесінде шөлге бейімделген басқа түрлердің өмір сүруіне қолайлы жағдайлар жасалады. Демек, *Haloxylon ammodendron* және *Astragalus ammodendron* қауымдастықтары топырақ түзеткіштері ретінде ғана емес, сонымен қатар экожүйенің "өзегі" ретінде де қызмет етеді. Фитоценоздарды қорғауда және басқаруда бірқатар қиындықтар бар. Біріншіден, сексеуіл ормандарының табиғи қалпына келуі өте баяу. Екіншіден, антропогендік қысым (отын кесу, мал жаю) олардың қайта жануына жол бермейді. Үшіншіден, климаттық өзгерістер мен шөлейттену тенденциялары құрғақ аймақтардың фитоценоздарын әлсіретеді. Сондықтан олардың тұрақты мониторингі және табиғатты қорғау іс-шараларын жетілдіру өзекті мәселе болып отыр [71].

Фитоценоздардың қолданбалы маңызыда айрықша. Жайылымдық қауымдастықтар мал шаруашылығының негізгі азықтық базасы болып табылады. Сексеуілдер халық үшін отын ретінде қызмет етіп қана қоймай, құмды алқаптарды игеруде және шөлейттенуге қарсы күресте басты құрал болып саналады. Сонымен қатар, бұл қауымдастықтар дәрілік өсімдіктердің табиғи қорын сақтау үшін қолайлы орта жасайды [72]. Халықаралық тәжірибеде шөлді фитоценоздарды қорғау және басқару кеңінен қолданылады. Мысалы, Қытайда сексеуілді және осыған ұқсас түрлерді Гоби шөліне жасанды отырғызу бағдарламалары жүзеге асырылуда. Моңғолияда жайылымдық фитоценоздардың өнімділігі жыл сайын қашықтықтан зондтау арқылы бағаланады және мал шаруашылығы саясатына енгізіледі. Бұл тәжірибелер Қазақстан үшін де өзекті, өйткені елдің құрғақ өңірлері көлемі жағынан өте ауқымды және оларды сақтау ұлттық қауіпсіздік және табиғи ресурстарды орнықты пайдалану тұрғысынан маңызды [73].

Фитоценоздарды зерттеу әдістемесі – Қазақстанның экологиясы мен геоботаникасының негізгі бағыттарының бірі. Ол өсімдіктер қауымдастығының құрылымы мен қызметін сипаттап қана қоймайды, сонымен қатар табиғи ресурстарды тиімді пайдалану, шөлейттену тенденцияларын басу және сирек кездесетін түрлерді қорғау үшін ғылыми негіз жасайды. Сексеуіл мен астрагалдың фитоценоздарын зерттеу экожүйелік тұрақтылықты қамтамасыз етеді және елдің биоалуантүрлілігін сақтауға және табиғатты ұтымды басқаруға ерекше үлес қосады.

### 1.2.1 Оңтүстік-Шығыс Қазақстан өңірінің географиялық жағдайы мен экологиялық белгілері

Оңтүстік-Шығыс Қазақстан-табиғи жағдайлардың алуан түрлілігімен ерекшеленетін республиканың маңызды өңірлерінің бірі. Географиялық орналасуы Еуразия континентінің орталығында, биік таулы жүйелер мен шөлді жазықтардың түйіскен жерінде орналасқандықтан, мұнда табиғи-климаттық және экологиялық жағдайлардың бірегей үйлесімі қалыптасты. Бұл аймақ флора мен фаунистиканың алуан түрлілігімен, сондай-ақ табиғи ресурстардың көптігімен сипатталады [74].

Өңірге Алматы, Жетісу және Жамбыл облыстарының бірқатар аумақтары кіреді. Солтүстігінде Балқаш көлдері мен Сарыесік-Атырау

құмдары, шығысында Жоңғар Алатауы, оңтүстігінде Іле Алатауы мен Тянь-Шань жоталары орналасқан. Жер бедері күрделі: жазықтар, тау аралық аңғарлар, биік жоталар мен құмды массивтер кең таралған. Мұндай геоморфологиялық алуантүрлілік өсімдіктердің байлығын анықтайды. Гидрологиялық тұрғыдан алғанда, аймақ Іле, Шу, Талас, Қаратал сияқты ірі өзендерге бай. Бұл өзендер аймақтың су режимін қалыптастырып қана қоймай, ауыл шаруашылығының, суармалы егіншіліктің және табиғи экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді [75].

Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның таулы аудандарында тік белдеулік заңдылық айқын көрінеді. Тау бөктерінде жусан-шөлейт өсімдіктер, орта белдеулерде - арша және шырша ормандары жиі кездеседі. Биік таулар альпілік шалғындар мен субальпілік өсімдіктер қауымдастығынан құралған. Әсіресе көптеген эндемдік өсімдіктер Іле Алатауы мен Жоңғар Алатауында кездеседі. Белдеудің бұл ерекшеліктері биік таулы экожүйелердің табиғи тепе-теңдігін қамтамасыз етеді және биоалуантүрлілікті сақтауға негіз болады [76].

Балқаш маңында және Сарыесік-Атырау құмдарында шөлді және шөлейт экожүйелер таралған. Мұнда негізгі қауымдастықтар *Haloxylon ammodendron* (қара сексеуіл), *Haloxylon persicum* (ақ сексеуіл) және *Astragalus ammodendron* сияқты шөлге бейімделген өсімдіктерден тұрады. Бұл түрлер көшкінді тоқтатады, топырақты нығайтады және шөлді экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, Artemisia тұқымдасының жусан түрлері де флоралық құрылымда маңызды орын алады [77].

Шөлге төзімді ағаштар мен бұталардың арасында сексеуілдер ерекше маңызға ие. *Haloxylon ammodendron* жергілікті тұрғындар үшін дәстүрлі отын көзі болып саналса, *Haloxylon persicum* құмды шөлдердің негізгі тұрақтандырғышы ретінде экожүйелік рөл атқарады. Сонымен қатар, *Salsola arbuscula* және *Salsola orientalis* тұзды топыраққа бейімделуімен ерекшеленсе, *Tamarix ramosissima* және *Tamarix hispida* (жыңғылдар) тұзды батпақтарда өседі және құмды алқаптарды бекіту үшін қолданылады. *Calligonum* туысының қанаттары көбінесе құмды жерлерде таралады, топырақты терең тамыр жүйесі арқылы ұстайды. Ал *Astragalus ammodendron* (құм астрагал) өсімдіктер қауымдастығының төзімділігін арттыра отырып, ең төзімді шөл бұталарының бірі болып саналады [78].

Шөлге бейімделген шөптесін өсімдіктердің ішінде негізгі доминанттар *Artemisia terrae-albae* және *Artemisia lerchiana* жусаны болып табылады. *Anabasis salsa* және *Anabasis aphylla* сияқты сораңшөптер тұзды және тұзды топырақтарға бейімделген. *Kraschenninnikovia ceratoides* мал азығы ретінде бағаланса, *Peganum harmala* халық медицинасында кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, *Ammothamnus lehmannii* құмды алқаптарда кең таралған эндемдік түр ретінде ерекше қорғауды қажет етеді, ал *Saussurea sals*a тұзды батпақтарда өсетін сирек шөптесін өсімдік ретінде маңызды [79].

Эндемдік және дәрілік маңызы бар шөл өсімдіктері ерекше экологиялық рөл атқарады. Мысалы, *Ephedra equisetina* (тау қылшасы) медицинада қолданылатын құнды дәрілік шикізат болғанымен, *Glycyrrhiza glabra* (кәдімгі мия) және *Glycyrrhiza korshinskyi* (Коржинский миясы) фармакологияда

жоғары бағаланады. *Rhodiola rosea* (алтын тамыр) биік шөл белдеулерінде өсетін адаптогенді өсімдік ретінде белгілі. *Ferula* туысының (сасырлар) фитохимиялық құрамының бай болуына байланысты халық медицинасында және ғылыми зерттеулерде кеңінен қолданылады [80].

Алайда, соңғы онжылдықтарда аймақтың экожүйелеріне антропогендік қысым күшейе түсті. Суармалы егіншілікті, өнеркәсіптік өндірісті, пайдалы қазбаларды игеруді және мал шаруашылығын дамыту өсімдіктер қауымдастығының табиғи құрылымына теріс әсер етеді. Жайылымдардың деградациясы, орман алқаптарының азаюы, өзендердің гидрологиялық режимінің өзгеруі экожүйе тепе-теңдігін бұзады. Климаттық өзгерістерге байланысты аридизация және шөлейттену процестері күшейіп, биоалуантүрліліктің төмендеуіне әкеледі [81].

Аймақтағы қорғалатын табиғи аумақтар жүйесі табиғатты қорғауда маңызды рөл атқарады. Іле Алатау, Алтын Емел ұлттық паркі және Ақсу-Жабағылы қорығы сияқты табиғи объектілер сирек кездесетін жануарлар мен құстарды ғана емес, дәрілік және эндемдік өсімдіктерді де сақтауға үлкен үлес қосады.

Болашақта аймақтың экожүйелерін қорғаудағы ғылыми бағыттар айқындалған. Қашықтықтан зондтау және геоақпараттық жүйелерді пайдалана отырып, экожүйелерге ұзақ мерзімді мониторинг жүргізу, шөлді фитоценоздардың бейімделу механизмдерін зерттеу, өсімдік ресурстарын ұтымды басқару және дәрілік түрлерді сақтау жөніндегі шараларды жетілдіру қажет [82].

Оңтүстік-Шығыс Қазақстан аймағының географиялық жағдайы мен экологиялық ерекшеліктері бай және алуан түрлі флора мен фаунаға қолайлы жағдай жасайды. Бұл аймақ Қазақстандағы биологиялық алуантүрліліктің маңызды орталықтарының бірі болып табылады. Сонымен бірге антропогендік қысым мен климаттық өзгерістердің күшеюі табиғи экожүйелерді қорғау мен тұрақты пайдаланудың өзектілігін арттырады. Сондықтан болашақ ғылыми зерттеулер мен табиғатты қорғау шаралары осы аймақтың биологиялық ресурстарын сақтауға бағытталуы керек.

### 1.2.2 Оңтүстік-Шығыс Қазақстандағы гидрологиялық ерекшеліктерінің сипаттамасы

Оңтүстік – Шығыс Қазақстан-су ресурстарына бай және гидрологиялық жағынан біртекті емес өңір. Мұнда жер үсті сулары (өзендер, көлдер, бұлақтар) және жер асты сулары жиі кездеседі. Олардың қалыптасуы мен таралуы жер бедерінің ерекшеліктерімен, климаттық жағдайлармен және геологиялық құрылыммен тығыз байланысты. Су жүйелері табиғи ортаның тұрақтылығын сақтауда ғана емес, сонымен бірге әлеуметтік-экономикалық дамуды қамтамасыз етуде де шешуші рөл атқарады [83].

Аймақтың негізгі су артериясы-Іле өзені. Ол Тянь-Шань тауларынан бастау алады, Балқаш көліне құяды және Қазақстанның ең ірі өзен жүйелерінің бірі болып саналады. Өңірдің гидрологиялық режимін қалыптастыруда Іле – Шарын, Түрген, Қаскелең өзендерінің салалары және көптеген тау бұлақтары

үлкен рөл атқарады. Ауыл шаруашылығын, өнеркәсіпті және халықты сумен қамтамасыз етуде Шу, Талас, Қаратал және Лепсі өзендері де ерекше маңызға ие. Балқаш көлі-гидрологиялық тұрғыдан ғана емес, сонымен қатар балық шаруашылығы мен жергілікті халықтың әлеуметтік өмірінде де маңызды орын алатын өңірдегі ең ірі су айдыны [84].

Ірі өзендерден басқа, бұл аймақта маңызды шағын су ағындары да бар. Солардың бірі – Быжы өзені. Ол Жетісу аймағында орналасқан және Қаратал өзенінің басты салаларының бірі болып табылады. Өзен Алтынемел жотасының беткейлерінен бастау алып, Балқаш маңындағы шөлейт аймақтарға дейін созылады. Өзен негізінен қар суымен және жауын-шашынмен, сондай-ақ жер асты суларымен қоректенеді. Жаз айларында су деңгейі төмендеп, ағыны баяулағанымен, ол мал шаруашылығында және шағын егістік жерлерді суаруда маңызды рөл атқарады. Гидрологиялық тұрғыдан Быжы өзені Балқаш-Алакөл алабының жүйесіне жатады және өңірдің жергілікті экожүйесін, соның ішінде жайылмалық тоғайларды сақтауда стратегиялық маңызға ие [85].

Жер үсті сулары экожүйелік тұрғыдан аса құнды. Өзен аңғарларында тоғай ормандары қалыптасқан, мұнда жиде, тал, терек сияқты ағаш-бұта қауымдастықтары кең таралған. Бұл тоғайлар көптеген жануарлардың мекен ортасын қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар сирек кездесетін және дәрілік өсімдіктердің өсуіне қолайлы микроклимат жасайды. Мысалы, өзен жағалауларындағы торанғы, жыңғыл және жиде сияқты шөлге бейімделген ағаштар құмды массивтерді бекітіп, эрозиядан қорғау арқылы аймақтың биоалуантүрлілігін сақтауда стратегиялық рөл атқарады [86].

Аймақта жер асты сулары да кең таралған. Олар көбінесе тау бөктерінде, алқаптағы аллювиалды шөгінділерде және құмды жерлерде кездеседі. Жер асты сулары шөлейт және шөлді аймақтардағы өсімдіктер қауымдастығын сақтауға ықпал етеді. Өсімдіктердің өміршеңдігі, әсіресе Сарыесік-Атырау құмдарында, жер асты суларының деңгейімен тікелей байланысты. Терең артезиан сулары ауыл шаруашылығында, мал жайылымдарын сумен қамтамасыз етуде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, аймақта бальнеологиялық мақсатта қолданылатын және сауықтыру туризмі үшін маңызды ресурс болып табылатын минералды сулар мен жылу көздері бар [87].

Су ресурстары ерекше экологиялық маңызға ие. Біріншіден, олар өсімдіктер қауымдастығының таралуына және түрлердің алуантүрлілігін қалыптастыруға жағдай жасайды. Екіншіден, су жүйелері климаттық тепе-теңдікті сақтауда маңызды рөл атқарады, өйткені өзен аңғарлары мен көл аймақтары микроклиматты жұмсартады және шөлейттену процестерін баяулатады. Үшіншіден, су ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп және тұрмыстық қажеттіліктер үшін негізгі табиғи ресурс болып табылады [88].

Қазіргі уақытта Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның су ресурстарына климаттық өзгерістер қатты әсер етуде. Соңғы онжылдықтарда жауын-шашынның азаюы мен температураның жоғарылауы өзендердегі су деңгейін төмендетеді және Балқаш көлінің экожүйесіне теріс әсер етеді. Өзен

ағынының төмендеуі немесе көл суының тұздылығын арттырады және балықтардың түрлеріне және Тоғай ормандарының тіршілігіне қауіп төндіреді [89]. Мұндай өзгерістер су ресурстарын ұтымды басқару қажеттілігін айқын көрсетеді.

Сонымен қатар, су ресурстарының әлеуметтік маңызы ерекше. Іле, Шу және Талас өзендерінің бойындағы суармалы егіншілік жүйелері Қазақстанның оңтүстігіндегі ауыл шаруашылығының негізгі негізін құрайды. Жүздеген мың гектар егістік жерлер осы өзен суларына тәуелді. Сондықтан су қорының азаюы экожүйеге ғана емес, халықтың азық-түлік қауіпсіздігіне де әсер етеді.

Аймақтағы минералды және термалды сулардың да маңызы зор. Жетісу облылындағы Арасан-Қапал, Қапал-Арасан сияқты емдік көздердің халықтың жағдайын нығайтуда және медициналық туризмді дамытуда үлкен әлеуеті бар. Осы табиғи байлықтарды сақтау және ғылыми зерттеулер болашақта денсаулық сақтау үшін қосымша мүмкіндіктер береді [90].

Оңтүстік-Шығыс Қазақстандағы гидрологиялық желіні кешенді зерттеу экологиялық мониторингтің маңызды бөлігіне айналуда. Қашықтықтан зондтау әдістері мен геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) су объектілерінің динамикасын, арналардың өзгеруін және жер асты суларының деңгейін бақылауға мүмкіндік береді [91]. Мұндай заманауи тәсілдер ұзақ мерзімді перспективада табиғи экожүйелердің жай-күйін болжауға және қорғаныс шараларын уақтылы жүргізуге мүмкіндік береді.

Алайда соңғы жылдары су ресурстарына қысым күшейіп келеді. Суармалы егіншіліктің ұлғаюы, өзендер бойындағы су қоймаларының құрылысы, өнеркәсіптік өндіріс және климаттың өзгеруі нәтижесінде су тапшылығы мәселесі өзекті бола түсуде. Кейбір аймақтарда жер асты суларының деңгейі төмендейді, жер үсті суларының ластануы байқалады. Бұл жағдай экожүйелердің деградациясына, тоғай ормандарының азаюына және биоалуантүрліліктің төмендеуіне әкеледі. Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның гидрологиялық ерекшеліктері өңірдің табиғи экожүйелерінің тұрақтылығын айқындайтын негізгі факторлардың бірі болып табылатынын атап өткен жөн. Жер үсті және жер асты сулары, соның ішінде кішігірім өзендер, әсіресе флора мен фаунаны сақтауға, халық шаруашылығын дамытуға және халықтың өмір сүру сапасын жақсартуға ықпал етеді. Сондықтан су ресурстарын қорғау және тиімді пайдалану қазіргі уақытта аймақтың экологиялық қауіпсіздігі мен әлеуметтік-экономикалық өркендеуі үшін басты басымдық болып табылады.

### 1.3 *Calligonum* туысы: табиғи ерекшеліктері, таралу аймақтары және ғылыми маңыздылығы

Біздің зерттеуге алынған *C. leucocladum* - Орталық Азияның шөл және шөлейт аймақтарына тән ксерофитті бұта. Оның таксономиясы, экологиясы, географиясы және бейімделу ерекшеліктері XIX ғасырдан бері зерттеліп келеді. Түр алғаш рет ғылыми әдебиетте Александр фон Шренк еңбектерінде сипатталып, Арал маңы мен Балқаш өңіріндегі ботаникалық зерттеулердің негізін қалады [92].

Әлем бойынша Calligonum туыс және оның ішінде *C. leucocladum* түрін бірнеше бағытта зерттеген. Қытайлық зерттеушілер Li Xuerong, Jiayi Su, Shiqing Liu, Pan Borong түрдің генетикалық алуантүрлілігін, популяциялық құрылымын, морфологиясын және экологиялық бейімделуін қарастырды. Соңғы жылдары зерттеулер құрақшылыққа төзімділік, фотосинтездік және антиоксиданттық тетіктерді молекулалық деңгейде талдауға бағытталды. Иран, Өзбекстан және Түрікменстан ғалымдары родун морфологиялық сипаттары мен флоралық таралуын зерттеп, шөл экожүйелеріндегі рөлін бағалады. Еуропалық зерттеушілер, оның ішінде В.И. Грубов және Н.Н. Цвелев, родонның классикалық таксономиялық сипаттамаларын жасады [93].

Қазақстанда *C. leucocladum* зерттеулері XX ғасырдың ортасынан бастап белсенді түрде жүргізіледі. Г.Т. Есжанова, И.Т. Жақупов және Д.Т. Рахимжанова өсімдіктің этанолды сығындысының антимикробтық белсенділігін зерделеп, оның құрамындағы флавоноидтардың, кумариндердің, таниндер мен алкалоидтардың патогенді бактерияларға қарсы жоғары әсерін анықтады. Сонымен қатар, Фанг Янг өз зерттеулерінде ұзақ мерзімді құрғақшылық стресі жағдайында *C. leucocladum* өсімдігінің антиоксидантты жүйесінің белсенуі, еритін қанттардың жиналуы және фотосинтездік гомеостазды сақтауы арқылы жүзеге асатын бейімделу механизмдерін сипаттаған [94].

Осы зерттеулер нәтижесінде *C. leucocladum* бойынша негізгі ғылыми бағыттар анықталды: таксономия және түрлер жүйесі, географиялық таралу және биоалуантүрлілік, молекулалық-генетикалық алуантүрлілік, физиология және стресс бейімделу, биологиялық белсенді заттар және фармакологиялық әлеует, сондай-ақ экология, топырақ экологиясы және экожүйе тұрақтылығы. Әлемдік және отандық зерттеулер бұл түрдің шөл экожүйелеріндегі маңызын, тұрақтылығын және оны сақтау қажеттілігін нақты ғылыми тұрғыдан көрсетеді [95].

Бұл тұқымдасқа біржылдық және көпжылдық шөптесін өсімдіктер, бұталар мен бұташықтыр жатады. Жапырақтары кезектесіп орналасады, қарапайым, шеттері бүтін, түбінде қынап түзетін үлпілдек немесе жартылай мәңгі жасыл қосжапырақшалары бар. Гүлдер ұсақ, қос немесе екіжақты, актиноморфты. Гүлсерігі қарапайым, 3-6 қалақшаға бөлінеді, жемістер пайда болған кезде ол аздап үлкейеді. Аталықтарының саны 4-9 - ға, кейде 12-18 - ге дейін жетеді. Жатыны жоғары, бір ұялы, бір тұқымды. Жемісі жаңғақша, үшқырлы немесе қанатты болып келеді [96].

Әлем бойынша Polygonaceae тұқымдасына шамамен 57 туыс және 1000 түр кіреді. Олар негізінен солтүстік жарты шардың қоңыржай аймағында, сондай-ақ тропикалық және субтропикалық аймақтарда жиі кездеседі. Ірі туыстары: Polygonum (≈300 түр), Rumex (≈200 түр), Calligonum (≈80-90 түр), Rheum (≈60 түр), Fagopyrum (≈15 түр), Eriogonum (≈250-300 түр, Солтүстік Америкаға тән) [97].

Қазақстанда Polygonaceae (Тарандар) тұқымдасының 8 туысына жататын 189 түр кездеседі. Ең көп таралған туысы – *Calligonum* (жүзгін, 85 түр). Сонымен қатар *Polygonum* (таран, 52 түр), *Rumex* (қымыздық, 24 түр)

және *Atraphaxis* (түйесіңір, 14 түр) кеңінен таралған. Бұлардан бөлек, Қазақстан флорасында *Rheum* (рауғаш, 10 түр), *Fagopyrum* (қарамық, 2 түр, соның ішінде мәдени дақыл бар), *Oxyria* (саумалдық, 1 түр) және *Koenigia* (кенигия, 1 түр) кездеседі [98].

Calligonum L. - жүзгін тұқымдасы Орта Азия мен Қазақстанның шөлдерінде ерекше рөл атқарады. Бұрынғы КСРО аумағында бұл тұқымға 100-ден астам түр кірді, ал Қазақстанда 85-ке жуық түрі анықталды. Олар Балқаш, Сарыесік-Атырау, Мойынқұм, Бетпақдала, Қызылқұм сияқты құмды алқаптарда өседі. Жүзушілер құмды бекітуде, шөл экожүйелерінің тұрақтылығын сақтауда негізгі өсімдік ретінде үлкен экологиялық маңызға ие. Сонымен қатар, олар дәстүрлі медицинада мал азығы, отын көзі, дәрілік шикізат ретінде қолданылады [99].

*Calligonum туысы* (Polygonaceae тұқымдасы) – шөлді және шөлейт экожүйелерге тән бұталы өсімдіктер тобы. Бұл тұқымға жататын түрлер құрғақ ортаға бейімделген морфологиялық және физиологиялық ерекшеліктерімен сипатталады. Бұл өсімдіктің гүлдері екі қабатты, әдетте 1-3-тен жиналады, қоңырау тәрізді өскіндерінің қуысында орналасқан. Серіктес гүл қарапайым, бес мүшелі, жеміс беру кезінде үлкеймейді, жапырақтары жиі төмен қарай бүгіледі. Аталықтары 12-18, түбінде түкті жіптер біріктірілген. Жатыршасы жоғарғы, төрт қырлы, қырлары айқын немесе доғал жиектері бар, төрт аналық аузы бар. Жеміс жаңғақша түрінде дамиды және тік немесе сәл бұралған түрге ие. Оның шеттерінде диедральды өсінділер дамиды, ал қанаттарының шеттері бүтін, ұсақ тісті немесе диедралды болуы мүмкін, кейбір түрлерінде олар тіпті шашақты жиектерге айналады. Өсімдіктің тіршілік формасы — бұта, биіктігі 0,5-тен 5 метрге дейін жетеді. Көпжылдық бұтақтары тік, кейде ирек немесе қисық келеді; қабығы ашық сұр, қоңыр немесе қызғылт түсті. Біржылдық өркендері жасыл немесе сұрғылт-жасыл, түкті болып келеді және ұшында жарғақшалы қынаппен аяқталады. Жапырақтары өте кішкентай, пішіні сызықты немесе сызықты-ланцетті, ұзындығы 2-7 мм, көбінесе қынапқа бірігіп кеткен. Фотосинтездің негізгі қызметін жапырақтар емес, жас ассимиляциялық өркендер атқарады. Бірнеше метр тереңдікке бойлайтын қуатты тамыр жүйесі құмды топырақты нығайтуда шешуші рөл атқарады [100].

*Calligonum туысының* табиғи диапазоны Еуразияның шөлді және шөлейт белдеулерін қамтиды. Оның өкілдері Қазақстанда, Орта Азияда, Қытайда, Моңғолияда, Таяу Шығыста және Солтүстік Африкада таралған. Қазақстанда бұл өсімдіктер Балқаш, Бетпақдала, Сарыесік-Атырау, Қызылқұм, Мойынқұм сияқты құмды алқаптарда кең таралған. Іле және Шу–Талас ойпаттарында, Үстірт пен Аралға жақын жерлерде де таралған. Әр аймақтағы популяциялар жер бедері мен климаттық жағдайларға бейімделген және олардың морфологиялық ерекшеліктері бар.

Қазақстанда кең таралған негізгі түрлерге *C. leucocladum* (ақ қабықты жүзгін), *C. aphyllum* (жапырақсыз жүзгін), *C. junceum* (қамыс жүзгіні), *C. caput-medusae* (медуза басты жүзгін) және *C. eriopodu*m (*Жүнтамыр жүзгін)* жатады. Олардың ішінде бірқатар түрлер эндемдік сипатқа ие және құмды

шөлдердің фитоценоздық құрылымында доминантты (басым) рөл атқарады. Бұл өсімдіктер құмды массивтерді бекітуде және шөлді экожүйелердің биоалуантүрлілігін сақтауда маңызды орын алады.

Егіншілік тұрғысынан жүзгін түрлері үлкен маңызға ие. Бұл өсімдік – жылжымалы құмды бекітуге арналған ең тиімді өсімдіктердің бірі. Олар тұқым себу немесе бір жылдық қаламшаларын отырғызу арқылы оңай таралады. Жас өркендер қойлар мен түйелер үшін құнды жем болып табылады, ал ағаш бөліктері шөлді аймақтарда отын ретінде пайдаланылады. Жемістерінің құрамында таниндер бар, ал гүлдері шырынға (нектарға) бай болғандықтан, ара шаруашылығы үшін құнды балды өсімдік болып саналады. Осылайша, жүзгін ауыл шаруашылығында, оның ішінде мал азығын дайындау мен ортаны көгалдандыруда, сондай-ақ экологиялық тепе-теңдікті сақтауда маңызды рөл атқарады.

Халық медицинасында жүзгіннің кейбір түрлері дәрілік шикізат ретінде қолданылған. Олардың тамырынан алынған тұнбалар асқазан-ішек жолдарының ауруларында қолданылған. Қазіргі уақытта бұл өсімдіктердің фитохимиялық құрамын, әсіресе биологиялық белсенді заттарды анықтау бойынша қарқынды жұмыс жүргізілуде [101].

Ғылыми тұрғыдан алғанда, аталған туысы экология, морфология, популяция генетикасы және фитохимия саласындағы зерттеу нысаны болып табылады. Бұрын осы туыс түрлерінің белгілері тұрақсыз және популяцияларда гибридті кедергілер жиі кездеседі деп есептелген. Алайда, В. П. Дробов жүргізген тәжірибелер *Calligonum* түрлерінің біртекті және тұрақты екенін көрсетті. Түр диагностикасында ұрықтың құрылымы мен қанаттарының пішіні ерекше маңызды белгі болып табылады. Соңғы жылдары молекулалық-генетикалық зерттеулер олардың филогенетикалық байланыстарын анықтауға және климаттың өзгеруі жағдайында бейімделу стратегияларын түсінуге мүмкіндік берді [102].

Морфологиялық тұрғыдан бірегей бейімделген және экожүйенің тұрақтылығын сақтауда шешуші рөл атқаратын өсімдіктер тобы. Олардың Қазақстандағы алуан түрлілігі құмды-шөлді экожүйелердің биологиялық тепе-теңдігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, экономикалық, дәрілік және ғылыми маңызы бұл туысты болашақта да ауқымды зерттеулерді қажет ететін объектіге айналдырады.

### 1.3.1 *Calligonum* өсімдіктерінің экологиялық бейімделуі және қолданбалы маңызы

*Calligonum туысы*на жататын өсімдіктер Қазақстанның шөлді және шөлейтті аймақтарына тән ксерофитті бұталар болып табылады. Олар Мойынқұм, Қызылқұм, Сарыесік-Атырау, Бетпақдала және Балқаш құмды алқаптарында таралған. Қатал құрғақ климаттық жағдайларда бейімделу қасиеттерін қалыптастыру арқылы бұл өсімдіктер шөлді экожүйелердің тұрақтылығын сақтауға айтарлықтай үлес қосады.

Морфологиялық бейімделудің негізгі ерекшелігі-олардың тамыр жүйесінің күшті дамуы. Тамырлар топырақтың төменгі қабаттарына жетіп,

жер асты ылғалдылығын пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл қасиет өсімдіктердің ұзақ құрғақшылыққа төтеп беруіне жағдай жасайды. Жапырақтарды азайту суды үнемдеудің тиімді механизмі болып табылады. Нәтижесінде фотосинтез жас өскіндер мен жасыл сабақтарда жүреді. Бұл бейімделу өсімдіктің транспирациялық жоғалуын азайтады және оның суды ұстау қабілетін арттырады [103].

Физиологиялық тұрғыдан *Calligonum* түрлері фотосинтездік белсенділіктің жоғары деңгейін сақтай алады және ұзақ ыстық кезеңде де ассимиляция процестерін жалғастыра алады. Жасушаларда органикалық және минералды заттардың жиналуы суды ұстап тұруға және физиологиялық белсенділікті тұрақты деңгейде ұстауға көмектесетін осмостық реттеу механизмін қамтамасыз етеді. Мұндай қасиеттер шөлдің экстремалды жағдайында тіршілікті қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі болып саналады.

Экожүйенің маңызы да ерекше. *Calligonum* қауымдастықтары құмды бекітіп, эрозия мен дефляцияны азайтады. Бұл арқылы олар ауылшаруашылық жерлерін құмды жарудан қорғайды, сонымен қатар шөлді аймақтардағы биоалуантүрлілікті ң тұрақтылығына ықпал етеді. Calligonum популяциясы құмды шөлдердің микроклиматын қалыптастыруда, топырақтағы Органикалық заттардың айналымына қатысуда және жергілікті фаунаның өсу ортасын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады [104].

Қолданбалы тұрғыдан алғанда, бұл өсімдіктердің мағынасы көп қырлы. Біріншіден, олар мал шаруашылығындағы түйелер мен қойлар үшін құнды азық көзі болып табылады. Екіншіден, халық медицинасында *Calligonum* түрлерінің қабығы мен өркендері дәстүрлі түрде қабынуға қарсы, тыныс алу жолдарының ауруларын емдеуде қолданылады. Үшіншіден, бұл өсімдіктер отын ретінде ғана емес, сонымен қатар шөлді көгалдандыру және қалпына келтіру жобаларында кеңінен қолданылады.

Орталық Азия мен Қытайдың шөлді флорасында экологиялық жағынан *Calligonum туысы*на ұқсас өсімдіктердің басқа топтары бар. Солардың бірі-*Haloxylon ammodendron* (сексеуіл). Сексеуіл сонымен қатар терең тамыр жүйесі арқылы жер асты ылғалына қол жеткізеді және жас өскіндер мен жасыл сабақтармен жапырақтарын азайту арқылы фотосинтез қызметін атқарады. Бұл бейімделу *Calligonum* сипаттамасымен қатар жүреді. Алайда сексеуілдің морфологиялық құрылымы үлкенірек және биік, сондықтан ол шөлді экожүйелерде топырақтың физикалық тұрақтылығын сақтауда жетекші рөл атқарады. Тағы бір салыстырмалы туысы – *Salsola* (сораңдар). Сүтті өсімдіктер жапырақтардың азаюы мен сабақтарының фотосинтездік белсенділігінің арқасында құрғақ ортаға бейімделген. Бірақ олардың ерекшелігі-олардың тұзға төзімділігі жоғары, сондықтан тұзды және тұзды шөлді аймақтарда кең таралған. Бұл жүзгін өсімдіктерінен экологиялық тұрғыдан ерекшеленетін бейімделу стратегиясын көрсетеді [105].

Қытайдағы Такламакан мен Гоби шөлдерінде жүзгін түрлері сексеуіл мен қарағайлар бірге құмды бекітуде және экожүйе тепе-теңдігін сақтауда күрделі рөл атқарады. Мысалы, бір зерттеу *Calligonum mongolicum* және

*Haloxylon ammodendron* популяциялары өсімдіктердің тұрақтылығын қамтамасыз ететін құмды жерлерде қосымша функцияны орындайтынын көрсетті [106]. *Calligonum* өсімдіктері Орталық Азия мен Қытайдың негізгі басым шөлді өсімдіктерімен бірлесе отырып, әртүрлі бейімделу стратегияларын пайдалана отырып, экстремалды экологиялық жағдайларда экожүйелердің тұрақтылығын сақтайды. Бұл салыстырмалы талдау осы өсімдіктер туысының экологиялық рөлін нақтылауға және оны шөлейттену процесін бәсеңдетудің маңызды факторы ретінде анықтауға мүмкіндік береді.

Ғылыми тұрғыдан алғанда, *Calligonum* модельдік объект ретінде экологиялық, генетикалық және физиологиялық зерттеулерде ерекше орын алады [107]. Олардың популяциялық құрылымын, бейімделу стратегияларын және климаттық факторларға реакциясын зерттеу климаттың өзгеруі жағдайында биоалуантүрлілікті сақтау үшін маңызды деректер береді.

Сонымен қатар, бұл өсімдіктердің биотехнологиялық әлеуеті назар аударарлық. Олардың биологиялық белсенді қосылыстарын зерттеу фармацевтика және тамақ өнеркәсібі үшін жаңа өнімдер алуға мүмкіндік береді. Мысалы, фенолдық қосылыстар мен флавоноидтардың жоғары мөлшері антиоксиданттық қасиеттерімен ерекшеленеді, бұл дәстүрлі медицинадан басқа қазіргі ғылымда да үлкен қызығушылық тудырады [108].

Осылайша, *Calligonum туысы*на жататын өсімдіктердің экологиялық бейімделуі олардың құрғақ аймақтарда тұрақты өмір сүруін қамтамасыз етеді және шөлді экожүйелерді сақтауға тікелей ықпал етеді. Сонымен қатар, олардың қолданбалы маңызы зор: топырақты қорғау, мал шаруашылығын қолдау, дәрілік шикізат көзі ретінде пайдалану және ғылыми зерттеулерде модельдік объект ретіндегі рөлімен ерекшеленеді.

### 1.3.2 Шөлді аймақтардағы *Calligonum* өсімдіктерін қорғау стратегиялары

Қазақстанның шөлді және шөлейт аудандары табиғи нәзік және тұрақсыз экожүйелерге жатады. Мұндай ортада *Calligonum туысы*на жататын өсімдіктер ерекше орын алады. Олар құмды массивтерді бекітеді, эрозия мен дефляцияны болдырмайды, флораның алуантүрлілігін қолдайды және көптеген жануарлардың өсу ортасын жасайды. Алайда, соңғы онжылдықтарда антропогендік қысымның жоғарылауы, Жер ресурстарын шамадан тыс пайдалану және климаттық өзгерістердің күшеюі осы өсімдіктердің табиғи популяцияларына кері әсерін тигізуде. Сондықтан *Calligonum* түрлерін қорғау экологиялық және әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан маңызды міндет болып саналады.

Бұл өсімдіктер қоршаған орта үшін ерекше маңызға ие. Олар құмды шөлдерде топырақ эрозиясының алдын алады, биоалуантүрлілікті сақтауға ықпал етеді және сирек кездесетін түрлер үшін экологиялық ошақ жасайды [109]. Сонымен қатар, *Calligonum* түрлері мал шаруашылығы үшін құнды азық көзі болып табылады және халық медицинасында дәрілік шикізат ретінде қолданылады. Осылайша, олардың экологиялық ғана емес, сонымен бірге Табиғи ортадағы әлеуметтік-экономикалық маңызы да артады.

Қорғау стратегиялары кешенді бағытта жүзеге асырылуы тиіс. Ең алдымен, табиғи ортада сақтау шаралары (*in situ*) маңызды. Ол үшін ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың қатарына *Calligonum* өсетін құмды алқаптарды енгізу, ұлттық саябақтар мен қорықтарға жүйелі мониторинг жүргізу, сондай-ақ жайылымдық қысымды төмендету арқылы мал жаюға шектеулер белгілеу қажет. Сонымен қатар, олардың табиғи өсу ортасынан (*ex situ*) тыс сақтау әдістері де маңызды рөл атқарады. Ботаникалық бақтарда *Calligonum* түрлерін енгізу, олардың генетикалық қорын тұқым банктерінде сақтау және жасанды өсіру технологияларын дамыту табиғи ресурстарды қорғаудың тиімді әдістеріне жатады [110].

Қазақстанда *Calligonum* өсімдіктерін қорғау бойынша нақты эксперименттер жүргізілуде. Мысалы, Жетісу облылының Алтынемел ұлттық паркінде *Calligonum* популяциясы құмды алқаптарды тұрақтандыру және биологиялық алуантүрлілікті сақтау мақсатында қорғалады. Бұл аймақта өсімдіктердің табиғи жамылғысы жергілікті жабайы табиғат үшін маңызды азық-түлік және экологиялық ресурс болып табылады. Сонымен қатар, Іле–Балқаш өңірінде жүргізіліп жатқан рекультивациялық жұмыстарда C*alligonum* жас көшеттерін отырғызу арқылы құмды көшкіндердің таралуын тежеу бойынша жобалар қабылдануда. Мұндай шаралар ауылшаруашылық жерлерін құмды жарудан қорғап қана қоймай, аймақтың әлеуметтік-экономикалық тұрақтылығына оң әсер етеді [111].

Орталық Қазақстанда Бетпақдала мен Сарыесік-Атырау құмдарында *Calligonum* өсімдіктерінің табиғи популяциясын қорғау жұмыстары жүргізілуде. Бұл өңірлерде мал жаю қысымын төмендету және экологиялық білім беру бағдарламаларын іске асыру арқылы жергілікті қоғамдастықтардың қатысуымен табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану тәжірибесі енгізілуде [112].

Ресурстарды басқару шаралары да назардан тыс қалмауы керек. Шикізат жинауды реттеу, табиғи ресурстарды пайдаланудың ғылыми негізделген нормаларын енгізу және жергілікті тұрғындар арасында экологиялық ағарту жұмыстарын жүргізу аталған өсімдіктерді сақтауға ықпал етеді. Сонымен қатар, ғылыми мониторинг жүйесі маңызды орын алады. Популяциялардың сандық және жас құрылымын зерттеу, климаттың өзгеруінің әсерін анықтау және молекулалық әдістер арқылы генетикалық алуантүрлілікті бағалау қорғаныс шараларын ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді [113].

Жүзгін өсімдіктерін қорғау мәселесі Қазақстан үшін ғана емес, Орталық Азия елдері мен Қытайдың шөлді өңірлері үшін де ортақ экологиялық міндет болып табылады. Қытайдағы Такламакан мен Гоби шөлдерінде C*alligonum mongolicum* және *Calligonum caput-medusae* түрлерінің табиғи популяциясы құмды бекітуде және экожүйелердің тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады. Бұл аймақтарда арнайы мемлекеттік бағдарламалар арқылы құмды шөлдерді биологиялық қалпына келтіру жұмыстары жүргізілуде. *Calligonum* түрлерін отырғызу тәжірибесі әсіресе *Haloxylon ammodendron* (сексеуіл) және *Nitraria sibirica* сияқты шөлді өсімдіктермен бірге кеңінен қолданылады. Бұл

кешенді тәсіл құмды шөлдерді тұрақтандырудың тиімді әдісі ретінде қарастырылады [114].

Моңғолиядағы Гоби шөлінде Calligonum түрлерін қорғауға бағытталған *in situ* шаралары да қабылдануда. Мұнда ерекше қорғалатын табиғи аумақтарды құру арқылы табиғи популяцияларды сақтау жұмыстары жүргізілуде. Сонымен қатар, *ex situ* бағытында Ұлан-Батордағы ұлттық ботаникалық бақта жүзгін мен басқа да шөл өсімдіктерінің тұқымдарын сақтайтын тұқым банкі ұйымдастырылған. Бұл тәжірибе ұзақ мерзімді перспективада генетикалық алуантүрлілікті қорғаудың ең тиімді әдістерінің бірі болып табылады.

Қазақстан үшін Қытай мен Моңғолияда осындай тәжірибеден үйрену өте маңызды. Әсіресе құмды алқаптарды қалпына келтіру кезінде, көптік принципін ұстана отырып, жүзгінді басқа шөл өсімдіктерімен бірге отырғызу экожүйенің тұрақтылығын арттыра алады. Бұдан басқа, халықаралық деңгейде ғылыми мониторинг пен генетикалық зерттеулер жүргізу тәжірибесін кеңейту Қазақстандағы *Calligonum* популяцияларын қорғаудың тиімділігін арттыруға ықпал ететін болады.

Орталық Қазақстанда Бетпақдала мен Сарыесік-Атырау құмдарында Calligonum өсімдіктерінің табиғи популяциясын қорғау жұмыстары жүргізілуде. Бұл өңірлерде мал жаю қысымын төмендету және экологиялық білім беру бағдарламаларын іске асыру арқылы жергілікті қоғамдастықтардың қатысуымен табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану тәжірибесі енгізілуде.

Ғылыми тұрғыдан Қазақстанда *Calligonum* түрлерін қорғау мақсатында популяциялық экология және молекулалық генетика әдістері қолданыла бастады. Бұл зерттеулер олардың генетикалық алуантүрлілігін, бейімделу стратегияларын және климаттың өзгеруіне жауап беру қабілетін бағалауға мүмкіндік береді [115].

Осылайша, Қазақстандағы *Calligonum* түрлерін қорғау жөніндегі шаралар халықаралық тәжірибемен ұштастырылған. Қытай мен Моңғолиядағы үлгілер сияқты, бұл өсімдіктер біздің еліміздегі құмды аймақтарды қалпына келтіруде ерекше маңызға ие. Болашақта тек *in situ* және *ex situ* әдістерін жан-жақты үйлестіру, ғылыми ресурстарды пайдалану және жергілікті қауымдастықтарды табиғатты қорғау жұмыстарына тарту арқылы ұзақ мерзімді перспективада *Calligonum* популяцияларының тұрақтылығын қамтамасыз етуге болады.

### 1.3.3 *Calligonum* туысының генетикалық қоры және оны сақтау мен қалпына келтіру жолдары

Шөлді және шөлейт аймақтарда өсетін *Calligonum* туысының өсімдіктері табиғи экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Бұл туыстың генетикалық қоры шөлді флораның бейімделу әлеуетін анықтайтын құнды биологиялық ресурс болып табылады. Генетикалық алуантүрлілікті сақтау биоалуантүрлілікті қорғау үшін ғана емес, сонымен қатар экожүйелердің тұрақтылығы мен экономикалық тиімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін де қажет [116].

Жүзгін түрлерінің генетикалық қоры бірнеше негізгі ерекшеліктерге ие. Табиғи популяциялардағы аллельдік вариациялар олардың экологиялық бейімделу қабілетін арттырады. Географиялық тұрғыдан оқшауланған популяциялар, әсіресе әртүрлі құмды жерлерде жиі кездесетіндер генетикалық жағынан ерекшеленеді. Сонымен қатар, онтогенетикалық құрылым популяциялардың жаңару қабілетін және ұзақ мерзімді тұрақтылығын анықтайды. Соңғы жылдары ISSR, SSR және AFLP сияқты молекулалық маркерлерді пайдалану *Calligonum* популяцияларындағы генетикалық алуантүрлілікті зерттеуде тиімді нәтиже берді [117].

Генетикалық қорды сақтау бағыттары екі деңгейде іске асырылады. *In situ* әдістері Табиғи диапазондағы популяцияларды қорғауды қамтиды. Ерекше қорғалатын табиғи аумақтарға тұрақты мониторинг жүргізу, жайылымдық қысымды төмендету және антропогендік әсерді төмендету – *in situ* сақтаудың негізгі шаралары. *Ex situ* әдістері генетикалық материалды табиғи ортадан тыс жағдайларда сақтауды қамтиды. Мұнда ботаникалық бақтарда коллекциялық плантацияларды құру, үлгілерді тұқым банктерінде ұзақ уақыт сақтау және микроклональды көбею сияқты биотехнологиялық әдістерді қолдану ерекше маңызға ие [118].

Экожүйені қалпына келтіру жолдары да маңызды бағыт болып табылады. Деградацияға ұшыраған құмды алқаптарда жас көшеттерді отырғызу — топырақ құнарын қайта жаңғыртуға мүмкіндік береді. Табиғи популяциялары жойылып кету қаупі төнген аймақтарда жасанды екпелерді орналастыру арқылы жаңа өсу ошақтарын қалыптастыруға болады. Әр түрлі аймақтық популяциялар арасындағы генетикалық алмасуды қамтамасыз ету генетикалық әртүрліліктің артуына және өсімдіктің бейімделгіштігіне оң ықпал етеді. Сонымен қатар, дәрілік және шаруашылық мақсаттағы шикізатты жинауға шектеу қою, ресурстық мониторинг жүргізу сияқты шаралар ғылыми негізделген басқару жүйесін қалыптастырады [119].

Халықаралық тәжірибелер осы бағыттың тиімділігін дәлелдейді. Қытайда Такламакан мен Гоби шөлдерінде *Calligonum mongolicum* және *Calligonum caput-medusae* түрлерінің генетикалық ресурстарын сақтау үшін *in situ* және *ex situ* жобаларының кең ауқымы жүзеге асырылуда. Жүздеген үлгілер арнайы жасалған тұқым банктерінде ұзақ уақыт сақталады және молекулалық зерттеулер олардың бейімделу стратегияларын анықтауға мүмкіндік береді. Моңғолияда Ұлан-Батор ұлттық ботаникалық бағында шөл өсімдіктерінің генетикалық материалы, оның ішінде Каллигонум тұқымдары сақталады. Мұндай шаралар сирек кездесетін түрлерді халықаралық деңгейде қорғаудың маңыздылығын көрсетеді [120].

Қазақстан үшін осы тәжірибеден үйрену маңызды. Әсіресе, Қытайдағыдай, кешенді тәсілдерді қолдану – яғни *Calligonum* – басқада шөл өсімдіктерімен бірге отырғызу және молекулалық деңгейде генетикалық мониторинг жүргізу – құмды массивтердің тұрақтылығын арттыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, Моңғолиядағы тұқым банктерінің мысалында генетикалық қорды ұлттық деңгейде сақтау бағдарламаларын күшейту қажет [121].

Қорытындылай келе, *Calligonum* туысының генетикалық қоры Қазақстанның шөлді флорасының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Оны сақтау және қалпына келтіру жолдары *in situ* және *ex situ* әдістерінің кешенді үйлесімін, генетикалық мониторинг жүргізуді және антропогендік қысымды төмендетуді талап етеді. Қытай мен Моңғолияның тәжірибесін ескере отырып, халықаралық деңгейге және Қазақстанда сәйкес келетін тиімді стратегияларды әзірлеу болашақ тұқымдас үшін биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың сенімді кепілі болады.

### 1.3.4 *Calligonum* туысының фитохимиялық ерекшеліктері мен фармакологиялық қолданылуы

*Calligonum туысы*на жататын өсімдіктер шөлді және шөлейт аймақтардың экологиялық бейімделген өкілдері болумен қатар, биохимиялық құрамының байлығымен ерекшеленеді. Олардың құрамындағы биологиялық белсенді қосылыстар фармакологияда, халық медицинасында және функционалды тамақ өндірісінде кеңінен қолданылады. Фитохимиялық құрамы мен фармакологиялық әсерін зерттеу тек теориялық қана емес, сонымен қатар қолданбалы маңызы бар бағыт болып саналады.

Зерттеулер нәтижесінде Calligonum (жүзгін) өсімдігінің әртүрлі мүшелерінде (өркендері, жапырақтары, қабығы мен тамыры) биологиялық белсенді қосылыстардың кең тобы анықталды. Олардың ішінде флавоноидтар, атап айтқанда, кверцетин (quercetin) мен кемпферол (kaempferol) сияқты қосылыстар ерекше орын алады. Бұл заттар жоғары антиоксиданттық қасиетке ие болып, жасушалардың тотығу стресі мен қартаюын баяулатады, сондай-ақ қабыну процестерін тежейді. Фенол қышқылдары — кофе (caffeic), ферула (ferulic) және галл (gallic) қышқылдары — микробқа қарсы белсенділігімен және бос радикалдарды бейтараптандыру қабілетімен танымал. Ал өсімдік құрамындағы алкалоидтар мен кумариндер орталық жүйке және жүрек-тамыр жүйелерінің қызметін реттейтін физиологиялық белсенді заттар ретінде сипатталады. Сонымен қатар, терпеноидтар мен эфир майлары антимикробтық және иммуномодуляциялық әсерімен құнды болса, полисахаридтер шырышты қабықтарды қорғап, ағзаның иммундық жүйесін нығайтуға қатысады [122].

Бұл биохимиялық байлық өсімдіктердің экстремалды табиғи ортадағы төтенше жағдайларға бейімделуін қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар олардың дәрілік және фармакологиялық әлеуетін анықтайды. Қазіргі уақытта антиоксидантты, қабынуға қарсы және адаптогендік қасиеттер ерекше ғылыми қызығушылық тудырады.

Жүзгін өсімдіктерін халық медицинасында қолдану ежелден бері белгілі. Жергілікті тұрғындар тыныс алу жолдарының ауруларын, соның ішінде бронхит пен пневмонияны емдеу үшін өркендер мен тамыр қабығын пайдаланады. Сығындылар жараларды, тері ауруларын емдеу үшін қолданылған. Антиоксиданттық қасиеттер дененің жалпы төзімділігін арттыруға, қартаю процестерін бәсеңдетуге көмектеседі. Жүрек-тамыр жүйесіне әсер ету қан айналымын жақсартады және қан қысымын реттеуге

көмектеседі. Сонымен қатар, биостимуляторлық және адаптогендік әсерлер дененің стресс факторларына қарсы тұру қабілетін арттырады [123].

Қазіргі уақытта фармацевтика өнеркәсібінде жаңа дәрілік препараттарды жасау үшін жүзгін түрлерінің сығындыларын қолдану бойынша зерттеулер жүргізілуде. Флавоноидтар мен фенол қышқылдарының жоғары концентрациясы олардың кардиопротекторлық және нейропротекторлық әсерін эксперименттік зерттеулерде дәлелдеді. Сонымен қатар, полисахаридтерге негізделген иммуномодуляциялық қоспаларды алу, сондай-ақ эфир майларына негізделген табиғи антисептикалық препараттарды өндіру мүмкіндіктері қарастырылуда. Бұл қосылыстардың кешені жүзгін өсімдіктерін фармакологияда ғана емес, сонымен қатар тамақ биотехнологиясы мен қоректік заттарда да перспективалы шикізат көзі етеді [124].

Басқа шөл өсімдіктерімен салыстырғанда, *Calligonum* туысының өкілдері флавоноидтар мен фенол қышқылдарына айрықша бай екендігімен ерекшеленеді. Ал сексеуіл (*Haloxylon ammodendron*) негізінен көмірсулар мен шайырлы заттардың жиналуымен сипатталады, жусан (*Artemisia* spp.) — эфир майларының жоғары мөлшерімен, ал сора (*Salsola* spp.) алкалоидтар мен бейорганикалық тұздарға физиологиялық тұрғыдан бейімделген. Мұндай салыстырмалы талдау *Calligonum* өсімдіктерінің бірегей биохимиялық профилін және олардың әлеуетті фармакологиялық артықшылықтарын айқын көрсетеді.

Қазіргі фармакологиялық зерттеулер *Calligonum* сығындыларының антиоксидантты және ісікке қарсы белсенділігі *in vitro* дәлелденгенін көрсетті, ал жануарларға *in vivo* эксперименттері оның жүрек-қан тамырлары мен жүйке жүйесіне оң әсер ететінін көрсетті.

Биотехнологиялық тұрғыдан жасуша дақылдарын қолдана отырып, биологиялық белсенді қосылыстардың көбею әдістері зерттелуде. Полисахаридтерге негізделген пробиотикалық қоспаларды әзірлеу, флавоноидтарға бай сығындылардан тағамдық қоспаларды әзірлеу перспективалы бағыттар болып табылады [125].

Тағамдық қолдану саласында жүзгін түрлерін антиоксиданттардың табиғи көзі ретінде пайдалануға болады. Олар шөп шайларын, фитосутриенттерді және биологиялық өнімдерді жасау арқылы функционалды тағамдардың қатарына енеді деп күтілуде.

Экологиялық-физиологиялық байланыс та назар аударуға тұрарлық. Қоршаған ортаның қатал жағдайында, әсіресе құрғақшылық пен жоғары температураға байланысты фенолдар мен флавоноидтардың жинақталуы артады. Бұл биохимиялық бейімделу өсімдіктің өмірін эволюциялық түрде қолдайды және оның фармакологиялық белсенділігін арттырады [126].

Өңірлік этнофармакология тәжірибесі Қазақстанмен шектелмейді. Өзбекстанда жүзгін өсімдіктері асқазан-ішек жолдарының ауруларында, Қытайда қабыну процестерінде, ал Моңғолияда адаптоген ретінде қолданылғаны белгілі. Бұл дәстүрлер заманауи фармакологиялық зерттеулермен бірге жаңа препараттарды әзірлеуге негіз болады [127].

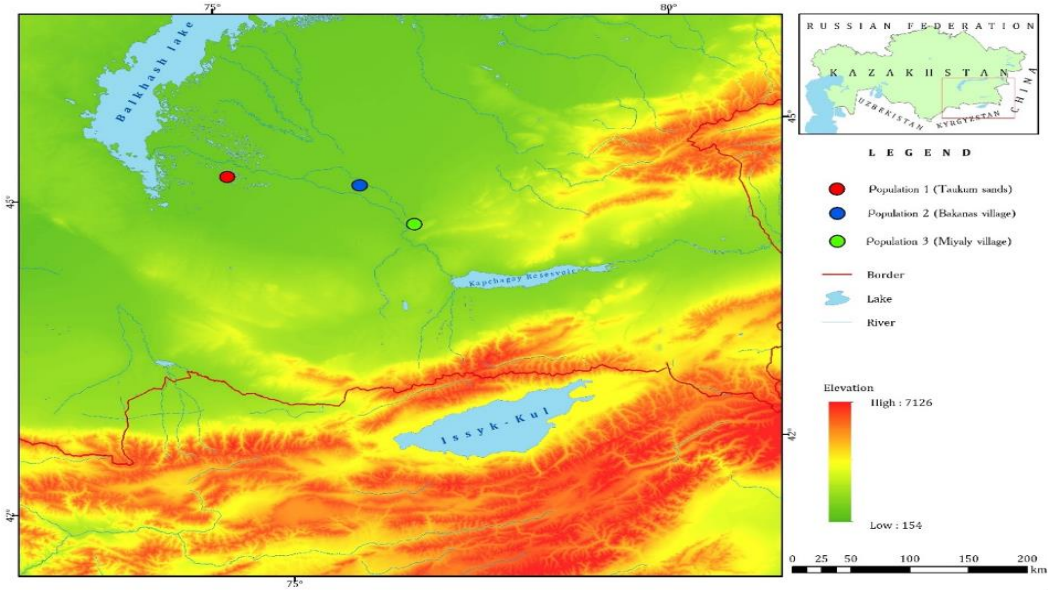
Қорытындылай келе, *Calligonum* түрлерінің фитохимиялық ерекшеліктері оларды экологиялық бейімделуімен ғана емес, сонымен қатар фармакологиялық әлеуетімен де құнды өсімдіктердің біріне айналдырады. Биологиялық белсенді заттардың көптігі олардың дәстүрлі медицинада қолданылуын түсіндіреді, ал қазіргі ғылым тұрғысынан ол жаңа дәрі-дәрмектер мен функционалды тамақ өнімдерінің көзі ретінде перспективаны анықтайды.

## 2 МАТЕРИАЛДАР МЕН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

### 2.1 Зерттеу нысаны мен аймағы

Түрлердің толық таксономиялық жіктелуі:
Бөлім: Magnoliophyta – Гүлді өсімдіктер
Класс: Magnoliopsida – Қосжарнақтылар
Тұқымдас: Polygonaceae – Тарандар
Туыс: Calligonum L. – Жүзгін
Түр: *C. leucocladum* (Schrenk) Bunge – Аққабықты жүзгін

Зерттеу нысаны ретінде Қазақстанның оңтүстік-шығысында өсетін Polygonaceae (Қарақұмықтар) тұқымдасына жататын Calligonum leucocladum түрі таңдалды. Бұл — биіктігі 0,5–4 метрге дейін жететін, өте тармақталған, бөрікбасы сирек жайылған бұта. Негізгі сабақтары мен көпжылдық бұтақтары көбіне ирек, қисық келеді. Жас өркендері ұзын, ирек (зигзаг тәрізді), жасыл немесе сұрғылт-жасыл түсті, түкті және жапырақсыз болады; олар күзде толықтай қурап, түсіп қалады. Жапырақтары тым кішкентай, редукцияға ұшыраған; пішіні сызықты, ұзындығы 3–7 мм. Жапырақ негізінде сабақты ішінара қоршап тұратын қатты, жарғақшалы қынап (раструб) дамиды. Гүлдері жапырақ қолтығында орналасқан, дара, қосжынысты және дұрыс пішінді (актиноморфты). Гүлсерігі 5 мүшелі, жапырақшалары ақ, қызғылт немесе жасыл түсті болуы мүмкін. Аталықтарының саны 12–18, жатыны жоғарғы, төрт қырлы. Жемісі — ұзын қауырсынды өсінділері немесе қылшықтары бар жаңғақша; бұл өсінділер жемістің көлемін грек жаңғағынан бірнеше есе үлкейтіп, оған шар тәрізді пішін береді және желмен таралуына (анемохория) ықпал етеді. Calligonum туысының 80-ге жуық түрі бар, олардың басым бөлігі Орталық және Орта Азияның шөлді аймақтарына тән.




Сурет 1 – Зерттеу аумағының картасы

*C. leucocladum* үлгілері Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы Балқаш–Алакөл флора аймағында орналасқан әртүрлі құмды экожүйелерден жиналды. Зерттеуге қатысқан үш табиғи популяция (P1, P2, P3) географиялық тұрғыдан бір-бірінен оқшауланған және аймақтың құм массивтеріне тән көптеген экологиялық ерекшеліктерді қамтиды (сурет 1). Алғашқы популяция (P1) Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Тауқұм құмынан 369 м биіктікте жиналды.

Кесте 1 – *C. leucocladum* жиналған үш популяцияның координаттары

| Өсімдік атауы | № | Флоралық аудан | Жиналған жері | Координаттар (N, E) | Биіктігі, м |
|---|---|---|---|---|---|
| *C. leucocladum* Аққабықты жүзгін | P1 | Балқаш-Алакөл | Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Тауқұм құмдары; | 44°27'42.4"N 76°48'30.0"E | 369 |
| | P2 | Балқаш-Алакөл | Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдары, Бақанас ауылына жақын; | 44°59'04.1"N 76°54'00.4"E | 390 |
| | P3 | Балқаш-Алакөл | Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдары, Малайсары жері. | 44°56'46.0"N 75°03'20.0"E | 582 |

Бұл аймақ ұсақ бұдырлы құмдармен және ксерофитті өсімдіктермен сипатталады. Екінші популяция (P2) Сарыесік–Атырау құмдарының Бақанас ауылының маңындағы 390 м биіктіктегі бөлігінен алынды; бұл аймақ ауқымды құм массаларымен және жел белсенділігінің жоғары қарқындылығымен ерекшеленеді. Үшінші популяция (P3) Малайсары маңындағы Сарыесік – Атырау құмдарының аумағынан 582 м биіктікте жиналды (кесте 1). Бұл нүкте рельефтің күрделі құрылымымен және салыстырмалы түрде жоғары құмды белдеуімен сипатталады. Биіктік градиентінің (369-582 м) және жиналған нүктелердің микрожүйелерінің алшақтығы *C. leucocladum* популяциялардың экологиялық бейімділігі мен морфологиялық өзгергіштігін бағалауға мүмкіндік береді. Координаттармен анықталған кеңістіктік айырмашылықтар популяциялар арасындағы аймақтық вариация мен генетикалық алуантүрлілікті талдаудың маңызды негізі болып табылады.

## 2.2 Зерттеу әдістері

2.2.1 Өсімдіктерді гербарийлеу және түрлік құрамын анықтау әдістері

Зерттеу барысында өсімдіктерді гербарийлеу және анықтау Қазақстан флорасының ерекшеліктеріне сәйкес жүргізілді. Табиғи популяциялардан жиналған үлгілердің морфологиялық сипаттамалары зерттеліп, түрі нақтыланды.

Өсімдіктер табиғи ортадан сабақ, жапырақ, гүл және жеміс бөліктерімен бірге жиналып, олардың өсу орны, топырақ түрі, жарық мөлшері мен ылғалдылығы тіркелді. Морфологиялық параметрлері өлшеніп, фотосуретке түсірілді. Гербарий жасау барысында өсімдіктер қағазға орналастырылып, арнайы пресстермен кептірілді және ұзақ сақталуы үшін арнайы ерітінділермен өңделді.

Өсімдіктерді анықтау үшін Қазақстан флорасына арналған "Қазақстан флорасы", "Қазақстан өсімдіктерінің анықтағышы", "Қазақстанның жоғары сатыдағы өсімдіктерінің анықтағышы" сияқты еңбектер, сондай-ақ "КСРО флорасы", "Орта Азия өсімдіктерінің анықтағышы" және "Сібір флорасы" пайдаланылды. Халықаралық деңгейде Plants of the World Online (POWO), The Plant List, International Plant Names Index (IPNI) және World Flora Online (WFO) мәліметтері қолданылды [128].

Морфологиялық белгілер салыстырылып, таксономиялық сипаттамалары зерттелді, ерекше белгілер егжей-тегжейлі сипатталды. Кейбір өсімдіктердің түрін нақтылау үшін қосымша сараптама әдістері қолданылды.

Зерттеу нәтижесінде толыққанды гербарийлік коллекция жасалды. Бұл материалдар болашақ зерттеулер үшін маңызды дереккөз болып, өсімдіктердің морфологиялық, экологиялық, генетикалық және фитохимиялық ерекшеліктерін зерттеуге мүмкіндік береді. Жиналған ақпарат Қазақстанның табиғи өсімдіктерін қорғау мен тиімді пайдалану шараларын ұйымдастыруға негіз бола алады.

### 2.2.2 Картография және далалық зерттеулер

Орташа масштабтағы (1:250000) егіншілік картографиясы зерттеу аймағының физикалық-географиялық ерекшеліктерін ескере отырып, топографиялық карталар мен спутниктік суреттер негізінде жүзеге асырылды. Бұл әдіс ландшафттық құрылымды бағалауға, өсімдіктер қауымдастықтарының таралу заңдылықтарын анықтауға және экологиялық жағдайлардың кеңістіктік вариациясын сипаттауға мүмкіндік береді.

Картографиялық зерттеу барысында бағыттық және ландшафттық-экологиялық профильдеу әдістері қолданылды. Бұл әдістер өсімдіктердің таралу ерекшеліктерін, топырақ жамылғысын және геоморфологиялық факторларды бағалау үшін тиімді болды. Контурлық карта ArcGIS 10.8 бағдарламасында жасалып, орташа кеңістіктік рұқсаттағы спутниктік суреттер (SRTM, 90 м рұқсаты) мен топографиялық карталарды салыстыру арқылы құрылды.

Қолданылған дереккөздер мен талдау әдістері жер бедерінің ерекшеліктерін анықтап, экожүйелердің кеңістіктік орналасуын нақтылау үшін пайдаланылды. Ландшафттық құрылымдарды ажырату барысында спектралды мәліметтер мен биіктік градиенттері талданып, өсімдіктер қауымдастықтарының таралу динамикасына әсер ететін факторлар айқындалды.

Далалық зерттеулер нәтижесінде алынған мәліметтер картографиялық деректермен біріктіріліп, зерттеу аймағының табиғи-климаттық жағдайларын

кешенді түрде сипаттауға мүмкіндік берді. Бұл мәліметтер болашақта экологиялық мониторинг, табиғи ресурстарды басқару және қоршаған ортаны қорғау шараларын жоспарлау үшін маңызды негіз бола алады [129].

2.2.3 Геоботаникалық әдістер

Зерттеуде классикалық ботаникалық әдістер қолданылды: маршруттық-барлау, экологиялық - жүйелік және экологиялық-географиялық. Жиналған материалды анықтау үшін келесі негізгі жұмыстар пайдаланылды: "Қазақстан флорасы", "Орталық Азия және Қазақстан өсімдіктерін анықтаушы" және т.б. латын және орыс атаулары International Plant Names Index (IPNI) және Plants of the world Online (POWO) дерекқорларына сәйкес берілген [130]. Кейбір түрлер үшін номенклатуралық өзгерістерді растайтын жеткілікті филогенетикалық дәлелдердің болмауына байланысты бұрынғы атаулар сақталды. Polygonaceae тұқымдасының түрлерін зерттеуге арналған авторлардың жұмыстары да қолданылды.

Өсімдік жамылғысы геоботаникалық далалық зерттеулердің дәстүрлі әдістерімен сипатталды. Сипатталған үлестердің стандартты ауданы – 30 × 30 м.

Таралу аймағы маршруттық зерттеу әдісімен анықталды. Популяциялардың морфологиясын, фитоценоздарын, экологиясы мен биологиясын зерттеу үшін классикалық әдістер қолданылды. Өсімдік қауымдастықтарының түрлік құрамы "Қазақстан флорасы", "Орталық Азия өсімдіктерін анықтағыш" және А.А. Тахтаджян жүйесіне негізделген анықтамалықтар көмегімен анықталды [131].

*Флоралық зерттеулер және деректерді талдау.* Шеннон индексі (Шеннон–Уивер индексі деп те аталады) (1) – биоалуантүрлілікті анықтауда ең көп қолданылатын көрсеткіштерінің бірі. Ол түрлердің байлығын (түрлердің санын) және жеке даралардың түрлер арасында біркелкі таралуын ескереді. Симпсон индексі (2) түр ішілік және түр аралық әрекеттесулердің еркіндік дәрежелері санының арақатынасын сипаттайтын өлшем болып табылады. Индекстің мәні 0 мен 1 аралығында өзгереді: 0 мәні шексіз биологиялық алуантүрлілікті, ал 1 мәні қауымдастықтағы флоралықтолық болмауын көрсетеді.

$$H' = \sum_{i=1}^{s} p_i \cdot ln(p_i) \quad (1)$$

$$D = \sum_{i=1}^{S} p_i^2; \quad (2)$$

Мұнда, • H′ — Шеннон индексі; $D$ – Симпсон Индексі

- S— қауымдастықтағы түрлердің жалпы саны;
- $p_i$ — $i$-ші түрдің салыстырмалы саны (үлесі), $p_i = \frac{n_i}{N}$
- $n_i$— $i$-ші түрдің даралар саны;
- N — барлық даралардың жалпы саны.

Түрлердің байлығы – бұл қауымдастықтағы түрлердің жалпы саны. Таралудың біркелкілігі – даралар санының түрлер арасында қаншалықты біркелкі бөлінгенін көрсетеді. Ресми түрде индекс ақпараттық энтропия тұжырымдамасына негізделген және кездейсоқ таңдалған даралардық белгілі бір түрге жататындығын болжаудағы белгісіздікті көрсетеді. Шеннон индексі әртүрлі қауымдастықтардың биоалуантүрлілігін салыстыру немесе қоршаған орта факторларының әсерін бағалау үшін өсімдіктер, жануарлар және микроорганизмдер экологиясында және онымен байланысты салаларда (топырақтану, микробиология, ландшафт экологиясы) кеңінен қолданылады. Фитоценоздардағы түрлердің саны бойынша бағаланды. Әрбір ценопопуляция үшін генеративтік және вегетативтік даралардың саны, генеративтік өркендердің биіктігі, жапырақ саны, гүлсабақтың ұзындығы, гүлшоғырының өлшемі және гүл саны тіркелді. Бұл өлшемдер 20 қайталау бойынша анықталды [133].

Өсімдіктер популяцияларын зерттеу бекітілген хаттамаларға сәйкес жүргізіліп, олардың морфологиялық, экологиялық және фитоценозды ерекшеліктері бағаланды.

*Жастық құрамды анықтау әдістемесі.* Жастық құрамды анықтау үшін әрбір зерттелген нүктеде 10×10 м өлшеміндегі трансекталар салынды. Рельеф ерекшеліктеріне байланысты 10–20 м сайын 1 м² үлгі алаңшалары белгіленді. Әрбір алаңшада зерттелетін түрдің барлық дарақтары жастық кезеңіне қарай есепке алынды [134].

*Популяциялық құрылымды зерттеу.* Зерттеу барысында таңдалған алқаптардің көлемі 1×1 м-ден 2×2 м-ге дейінгі алаңдар түрінде белгіленіп, өсімдіктер саны есептелді. Әр дарақтың морфологиялық сипаттамалары тіркеліп, олардың жастық топтарға бөлінуі анықталды. Жиналған мәліметтер негізінде әрбір жас топтың популяциядағы үлесі пайыздық көрсеткішпен есептелді [135].

Популяция құрылымы өсуші, тұрақты немесе азаюшы деп сипатталып, экологиялық жағдайлар мен антропогендік факторлардың әсері бағаланды.

*NDVI көмегімен өсімдік жамылғысын зерттеу әдістері.* Өсімдіктердің жай-күйін бағалау үшін қашықтықтан зондтау деректеріне негізделген NDVI (нормаланған дифференциалды вегетациялық Индекс) индексі пайдаланылды. Бұл әдіс зерттеу аумағындағы фотосинтездік белсенділікті, жабынның тығыздығын және өсімдіктер қауымдастығының жалпы экологиялық жағдайын сандық сипаттауға мүмкіндік береді. NDVI кеңістіктік – уақыттық динамиканы талдауға жарамды әмбебап құрал болып табылады және қазіргі экологиялық зерттеулерде кеңінен қолданылады.

Зерттеу жұмысына қажетті деректерді алу үшін Sentinel-2A спутнигінің деңгейіндегі алдын ала өңделген көп спектрлі кескіндері пайдаланылды. бұл кескіндер 2015, 2020 және 2024 жылдарға сәйкес таңдалды. 2015 жылы ұшырылған Sentinel-2A спутнигі 10 күндік айналу жылдамдығымен түсіріледі және бір реттік түсірілімде 290 км ендікті қамтиды [136]. Спутникке орнатылған Multispectral Instrument (MSI) құралы өсімдіктерді зерттеуге қолайлы спектрлік мүмкіндіктерге ие.

Multispectral Instrument (көпспектрлі құрал) құрылғысы шағылысқан 13 спектрлік диапазоннан тұрады: олардың ішінде көрінетін және жақын инфрақызыл (NIR) аймақтардағы төрт 10 метрлік диапазон, қызыл жиек, жақын инфрақызыл және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) аймақтардағы алты 20 метрлік диапазон және үш 60 метрлік диапазон [137]. Бұл диапазондардың тіркесімі өсімдік жамылғысының физиологиялық жағдайын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.

NDVI индексін есептеу үшін келесі кеңінен қолданылатын формула қолданылды:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED}$$

мұндағы NIR-инфрақызылға жақын шағылысу мәні (Band 8, 842 нм), ал RED – қызыл диапазондағы шағылысу мәні (Band 4, 665 нм).

Алынған суреттер ArcGIS 10.4 бағдарламалық жасақтамасымен өңделді. Бұл кезеңде радиометриялық және геометриялық түзетулер енгізіліп, әр жылға арналған NDVI карталары жасалды [138]. Кейіннен дайындалған карталар негізінде өсімдік жамылғысының уақытша өзгерістері талданды. Бұл тәсіл зерттелетін аумақтағы экожүйелік өзгерістердің кеңістіктік құрылымын анықтауға және олардың динамикасын жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді.

2.2.4 Топырақ үлгілерін анықтау әдістері

*C. leucocladum* популяциялары кең таралған аймақтардағы топырақ құрамын зерттеу үшін далалық және зертханалық әдістер пайдаланылды.

Далалық зерттеулері кілттік қима әдісімен жүргізілді. Маршруттық-далалық зерттеулер кезеңінде морфологиялық әдістер қолданылды [139]. Тек популяциялар табылған жерлерде 3 топырақ кесіндісі жасалды. Топырақтың физика-химиялық талдауы үшін 10 үлгі алынды және әрбір үлгі үш қайталауда зерттелді. Барлық топырақ үлгілері морфологиялық ерекшеліктері мен химиялық қасиеттеріне байланысты топырақтың 3 түріне біріктірілді. Далалық жұмыстар, үлгілерді іріктеу және дайындау жалпы қабылданған әдістемелерге сәйкес жүзеге асырылды [140].

Зертханалық зерттеулер (топырақтың химиялық қасиеттері мен гранулометриялық құрамын анықтау). Далалық зерттеу жұмыстары барысында зерттелетін алаңдардың табиғи жағдайлары сипатталды, топырақ кесінділері жасалды және зертханалық талдау үшін топырақ үлгілері алынды. Химиялық көрсеткіштер ұлттық стандарттарға сәйкес анықталады. Қозғалмалы қоректік заттардың (азот, фосфор және калий) мөлшері ГОСТ 26205-91 стандартына сәйкес талданды, ол өсімдіктердің қол жетімділігін анықтау әдістерін реттейді. Концентрациясы еритін тұздар, оның ішінде аниондар ($CO_3 2^-$, $HCO_3^-$, $Cl^-$, $SO_4 2^-$) мен катиондардың ($Ca2^+$, $Mg2^+$, $Na^+$, $K^+$) мөлшері, сондай-ақ құрамы мен тұздану топырақтың бағалауға мүмкіндік

беретін деңгейі карбонаттардың сілтілену ГОСТ 26425-85 стандарты бойынша анықталды. pH мәні топырақтың қышқыл-сілті тепе-теңдігін сенімді сипаттауға мүмкіндік беретін стандартқа сәйкес өлшенеді. Органикалық заттардың (гумустың) сандық құрамы топырақтың құнарлылығын бағалауда кеңінен қолданылатын ГОСТ 23740-79 стандартына сәйкес анықталды. Әдістерді стандарттау алынған нәтижелердің қайталануын және Орталық Азияның құрғақ және шөлейт аймақтарындағы басқа экологиялық зерттеулермен салыстыруды қамтамасыз етті [141]. Бұл зерттеу нәтижелері *C. leucocladum* популяциялары өсетін аймақтардың топырақ сипаттамаларын кешенді түрде анықтауға мүмкіндік берді.

2.2. Фитохимиялық зерттеу әдістері

*Өсімдік үлгілерін жинау және дайындау.* 2024 жылдың мамыр-маусым айларында *C. leucocladum* үлгілері осы түрдің гүлдену кезеңімен бір уақытта Қазақстанның үш географиялық бөлек аймағынан жиналды. Жиналған өсімдік материалы көлеңкелі, жақсы желдетілетін, тұрақты жағдайда (25 °C және 40% салыстырмалы ылғалдылықта) екі апта бойы табиғи түрде кептірілді. Құрғақ үлгілер Retsch zm200 (Германия) диірменінде ұсақ ұнтаққа ұсақталып, ауа өткізбейтін контейнерде -20 °C температурада сақталды.

*Биологиялық белсенді қосылыстарды алу.* 1,5 г ұсақталған өсімдік материалы тұрақты жиілігі 40 кГц және температурасы 40 °C болатын elma Transsonic t570 (Германия) ультрадыбыстық су ваннасында ультрадыбыстық экстракция (UAE) әдісімен алынды. Еріткіш ретінде 25 мл 80% метанол (MeOH), 0,1% тұз қышқылы (HCl) қышқылданған ерітінді қолданылды. Экстракция уақыты 50 минутты құрады, содан кейін үлгілер Beckman Coulter Allegra x-30R (c0650 роторы) центрифугасында 4 °C температурада 10000 айн/мин жылдамдықпен 10 минут бойы центрифугаланды. Супернатант 0,22 мкм PTFE (Millipore, АҚШ) мембраналық сүзгісі арқылы сүзіліп, одан әрі талдауға дейін -80 °C температурада *сақталды* [142].

*Фенолдық қосылыстардың жалпы санын анықтау.* Жалпы фенолдық қосылыстар (TPC) стандартталған хаттамаға сәйкес фолин–Чокальттау әдісімен колориметриялық талдау арқылы анықталды. Қысқаша айтқанда, 20 мкл сығынды 100 мкл Фолин–Чокальт реагентімен (Сигма-Алдрих, АҚШ) араластырылып, бөлме температурасында қараңғыда 5 минутқа қалдырылды. Содан кейін 80 мкл 7,5% натрий карбонаты ($Na_2co$) қосылды және реакция 60 минут ішінде жүргізілді. Сіңіру 760 нм biotek epoch микропластиналық оқырманымен (VT, АҚШ) өлшенді. Гал қышқылы (0,01–0,1 мг/мл) калибрлеу стандарты ретінде пайдаланылды және нәтижелер Гал қышқылының (GAE) эквивалентінің мг/г құрғақ үлгісі ретінде көрсетілді [143].

*Флавоноидтардың жалпы санын анықтау*. Флавоноидтардың жалпы саны (TFC) алюминий хлориді (ALCL) әдісімен анықталды. 100 мкл сығынды метанолдағы 100 мкл 2% ALCL ерітіндісімен араластырылды. Үлгі бөлме температурасында 10 минут инкубацияланды, содан кейін 510 нм-де сіңіру өлшенді. Кверцетин стандарт ретінде пайдаланылды және нәтижелер кверцетин (que)/г эквивалентінің мг құрғақ үлгісі ретінде көрсетілді [144].

*Проантоцианидиндердің жалпы санын анықтау*. Жалпы проантоцианидиндер ванилин-HCl әдісімен анықталды. 100 мкл сығынды 500 мкл 4% ванилинмен (метанолда) және 250 мкл концентрацияланған HCl ерітіндісімен араластырылды. Қоспа бөлме температурасында 15 минут инкубацияланды, содан кейін сіңіру 500 нм-де өлшенді. Катехин стандарт ретінде пайдаланылды және нәтижелер катехин (CE)/г эквивалентінің мг құрғақ үлгісі ретінде көрсетілді.

*Каротиноидтардың жалпы санын анықтау.* Каротиноидтар гексанның еріткіш жүйесі арқылы алынды: ацетон (7:3). 1 г өсімдік ұнтағы гомогенизацияланды және 20 минут ішінде 40 °C температурада ультрадыбыстық өңдеуден өтті. 5000 айн/мин центрифугалаудан кейін супернатант жиналып, сіңіру 450 нм-де өлшенді. Каротиноидтардың жалпы саны 1 г үлгіге мкг β-каротин түрінде берілді [145].

*Антиоксиданттық белсенділікті талдау*. Cuprac әдісі. 10 мкл сығынды 90 мкл cuprac реагентімен араластырылып, 30 минут бойы қараңғыда инкубацияланды. Сіңіру 450 нм - де өлшенді. Нәтижелер мг тролокс эквивалентінің (TE)/г құрғақ үлгісі ретінде көрсетілді.

*Dpph әдісі*. 100 мкл сығынды 100 мкл 0,1 мМ метанол dpph ерітіндісімен араластырылды. Қоспа бөлме температурасында қараңғыда 30 минут инкубацияланды. Сіңіру 510 нм-де өлшенді. Нәтижелер тролокс эквивалентінің мг/г үлгісі ретінде берілді [146].

*LC-MS/MS көмегімен полифенолды талдау.* Полифенолдарды алу. 100 мг өсімдік материалы 1 мл метанол:су:құмырсқа қышқылы (80:19:1) ерітіндісінде гомогенизацияланды және ультрадыбыстық өңдеуден өтті, содан кейін 4 °C температурада 5 минут бойы 13 500 айн/мин жылдамдықпен центрифугаланды.

*LC-MS/MS шарттары.* Полифенолдар Thermo Tsq Quantis LC-MS/MS, электроспрей иондану көзі (ESI) арқылы анықталды. Хроматографиялық бөлу Phenomenex C18 (150 × 2.1 мм, 2.6 μm) бағанында 40 °C температурада жүргізілді. Жылжымалы фаза-а ерітіндісі (судағы 0.1% құмырсқа қышқылы) және В ерітіндісі (ацетонитрил) 20 минут ішінде 5-95% в градиентімен элюцияланды. Ағынның жылдамдығы 0,3 мл / мин, ал инъекция көлемі 5 мкл болды. Сапалық және сандық анықтау эталондық стандарттар бойынша Калибрлеу қисықтары бойынша жүргізілді.

*Аминқышқылдарының анықтамасы.* Аминқышқылдары метанол ерітіндісімен алынды: су:құмырсқа қышқылы (80:20: 1). Үлгілер 14 000 айн / мин температурада 30 минут ішінде 4 °C температурада гомогенизацияланды және центрифугаланды.Супернатант LC-MS/MS үштік квадруполды масс-спектрометр арқылы талданды [147].

### 2.2.6 Геномдық ДНҚ бөліп алу және хлоропласт геномын талдау

*C. leucocladum* Қазақстандағы 3 популяциядан жиналды. Зерттелген материалдар популяциясы атауына сәйкес P1, P2 және P3 кодтарымен белгіленді. Материалдар ҚазҰУ-дің ботаника және фитоинтродукция институтына Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар

министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетіне орналастырылды, ал жиналған деректер қосымша кестеде берілген.

*C. leucocladum* хлоропласт геномының сақиналы картасы. Шеңбердің ішіндегі және сыртындағы гендер сағат тілімен және сағат тіліне қарсы бағытта транскрипцияланады. LSC - үлкен бірегей көшірме аймағы; SSC - кіші бірегей көшірме аймағы; IR - кері қайталанатын аймақ.

Жалпы гДНҚ (геномдық ДНҚ) 50 мг жас жапырақ үлгісінен Li және әріптестерінің әдісі бойынша (кейбір модификациялармен) бөліп алынды [142]. NaCl көмегімен тұндыру кезеңі екі рет қайталанды. Бөлінген гДНҚ-ның сапасы мен мөлшері NanoDrop (Thermo Scientific, АҚШ) және Qubit (Invitrogen, АҚШ) құрылғыларында тексерілді. Кітапхана дайындау үшін келесі көрсеткіштердегі ДНҚ үлгілері қолданылды: жалпы мөлшері ≥ 5-10 мкг, концентрациясы ≥ 50 нг/мкл және OD260 /OD280 қатынасы 1,8–2,0 диапазонында. Геномдық секвенирлеу, *de novo* құрастыру, аннотация және визуализация

gDNA кітапханасын дайындау үшін Illumina TruSeq Nano DNA Kit қолданылды, кейін HiSeq2500 жүйесінде жұпталған ұштық секвенирлеу (2 × 150 bp) жүргізілді (Macrogen, Оңтүстік Корея). Жаңа жұпталған Illumina оқу деректерінің сапасын бақылау үшін FastQC қолданылып, төмен сапалы оқушыларды кесу үшін BBDuk (Adapter/Quality Trimming Version 38.84, Brian Bushnell) пайдаланылды [149]. Оқулар Q30 сапа көрсеткіші мен минималды ұзындығы 20 bp-ге дейін кесілді. Жоғары сапалы деректер алынғаннан кейін SPAdes арқылы de novo құрастыру жүргізілді. De novo құрастырылған скэффолдтарды BLAST арқылы түрлерін анықтау кезінде 95 kmer өлшемі қолданылды, үлгілердің «*C. leucocladum*» расталды. De novo аннотацияланған скефолдтар Geneious Prime 2025.0.3 нұсқасымен, жарияланған *C. leucocladum* хлоропласт геномына (NC _ 049141.1) сүйене отырып жүзеге асырылды. Аннотацияланған скефолдтар Geneious Prime mapper көмегімен «Fine Tuning: Iterate up to 10 times» опциясы арқылы сілтеме геномына орналастырылды. *C. leucocladum* хлоропласт геномының шеңберлі картасы OGDRAW 1.3.1 нұсқасымен салынған. [149]

SSR және кодон қолдану талдауы.

CpDNA-да қайталанатын тізбектерді анықтау үшін REPuter веб интерфейсі (https://bibiserv.cebitec.uni-bielefeld.de/reputer/) қолданылды. Жай тізбек қайталамалары (SSRs) MISA-web (https://webblast.ipk-gatersleben.de/misa/) арқылы анықталды, минималды қайталану саны 10, 6, 5, 5, 5, 5 алынды. Синтаксистік кодонды қолдануды талдау үшін CodonW 1.4.2 (http://downloads.fyxm.net/CodonW-76666.html) қолданылды. Бұл талдаулар аясында жалпы кодон қолдану жиілігі мен салыстырмалы синтаксистік кодон қолдану (RSCU) мәндері есептелді.

*C. leucocladum* хлоропласт геномын салыстыру.

Үш Calligonum хлоропласт геномындағы үлкен бірегей көшірме (LSC), кері қайталанатын (IR) және кіші бірегей көшірме (SSC) аймақтарының шекаралары IRscope (https://irscope.shinyapps.io/irapp/) арқылы салыстырылды. Салыстырмалы талдаулар үшін *Rheum palmatum* (NC _

027728) және *Fagopyrum luojishanense* (NC _ 037706) хлоропласт геномдарының тізбектері GenBank дерекқорынан алынды. Calligonum түрлерінің филогенетикалық байланыстарын анықтау үшін *Rheum palmatum* және *Fagopyrum luojishanense* хлоропласт геномдары салыстырмалы талдауға сыртқы топ ретінде қолданылды. Барлық тізбектерді көп реттік туралау MAFFT 7 нұсқасының жетілдірілген алгоритмі арқылы жүзеге асырылды. [150]. Филогенетикалық шежіре құру үшін максималды сенімділік (ML) әдісі қолданылды, статистикалық сенімділік 1000 бутстреп репликация арқылы MEGA 6 бағдарламасында қамтамасыз етілді [151].

2.2.7 Статистикалық талдау әдістері

Зерттеу барысында жиналған мәліметтердің дұрыстығын бағалау және алынған нәтижелерді ғылыми тұрғыда интерпретациялау үшін статистикалық талдау әдістері қолданылды. Мәліметтерді өңдеу SPSS (20-нұсқа) бағдарламалық пакеті арқылы жүргізілді, ал зерттеудің маңыздылық деңгейі $p \leq 0.05$ деп белгіленді.

Деректерді өңдеу нәтижелерін визуализациялау және графикалық түрде көрсету үшін Microsoft Excel және RStudio бағдарламалары пайдаланылды. Корреляциялық талдау нәтижелері өсімдіктердің экологиялық факторларға тәуелділігін сипаттауға көмектесті, ал ANOVA және Duncan тесті түрлі орта жағдайларындағы өсімдік жамылғысының өзгерістерін статистикалық тұрғыда бағалауға мүмкіндік берді [152].

Әдістерді стандартталуы алынған деректердің қайталануын қамтамасыз етіп қана қоймай, оларды Орталық Азияның құрғақ және шөлейт аймақтарында жүргізіліп жатқан басқа экологиялық зерттеулермен салыстыруға мүмкіндік берді [153]. Нәтижесінде *C. leucocladum* популяциясы өсетін аймақтардың топырақ құрамына кешенді сипаттама береді. Бұл деректер шөл экожүйелеріндегі өсімдіктер қауымдастығының тұрақтылығын түсінуге және экологиялық бейімделу механизмдерін анықтауға негіз болады.

Барлық эксперименттер үш рет қайталанды ($n = 3$), деректер орташа ± стандартты ауытқу (SD) түрінде ұсынылды. Статистикалық салыстырулар graphpad prism 9 бағдарламасында бір факторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) және Tukey ХОК-тестінен кейінгі ($p < 0,05$) көмегімен жүргізілді.

*C. leucocladum* түрінің генетикалық әртүрлілігі мен популяция құрылымын бағалау үшін статистикалық талдау жүйелі түрде жүргізілді. Bioinformatics (adegenet, poppr) үшін R бағдарламалау тілі мен арнайы пакеттер қолданылды, генетикалық алуантүрлілік индекстері есептелді, негізгі координаталық талдау (PCoA) жүргізілді және генетикалық байланыс теңсіздігі талданды (Linkage Disequilibrium, LD). Сонымен қатар, үш популяция арасындағы гетерозиготалық және аллельдік байлық айырмашылықтарының маңыздылығын бағалау үшін бір факторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) жүргізілді [154]. Сонымен қатар, генетикалық алуантүрлілік пен қоршаған орта параметрлері арасындағы байланысты бағалау үшін корреляциялық талдау жүргізілді. Пирсонның корреляция коэффициенті аллельдік байлық пен су көздерінен қашықтық арасында

статистикалық маңызды теріс байланыс бар екенін көрсетті ($r = -0,67$, $p < 0,01$). Бұл тұжырым тұрақты су көздеріне жақын орналасқан популяциялар қолайлы микроорта жағдайлары мен ген ағынының артуы арқылы көбірек генетикалық алуантүрлілікті сақтай алатынын білдіреді. Мұндай статистикалық бағалаулар экологиялық және генетикалық өзара әрекеттесулерді түсіндіруге қосымша сенімділік береді [155]. Зерттеуде қолданылған бағдарламалық құралдар деректердің мөлдірлігін, қайталануын және дәлдігін қамтамасыз етті. Plink, Arlequin, GenAlEx, BWA, SAMtools, GATK, Trimmomatic, FASTQC және VCFtools сияқты биоинформатикалық бағдарламалар геномдық деректерді өңдеу, вариацияларды анықтау және популяциялық генетикалық бағалау үшін пайдаланылды. Бұл құралдарды ортақ пайдалану бастапқы реттілік нәтижелерінен популяция деңгейіндегі генетикалық тұжырымдамаларға дейін жан-жақты талдауға мүмкіндік берді. Бұл әдістерді құрғақ экожүйелерде біріктіру. *C. leucocladum* түрдің популяциялық генетикасын түсіну үшін берік аналитикалық негіз құрды.

# 3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

## 3.1 Зерттеу аумағының сипаттамасы және экологиялық-фитоценозды жағдайы

Зерттеу жұмысы Қазақстанның Оңтүстік-Шығысындағы Балқаш маңындағы шөлейт аймақта жүргізілді. Бұл аумақ Тауқұм, Сарыесік - Атырау құмды массивтерінің арасында орналасқан және Балқаш көлінің жағалауына жақын аудандарды қамтиды.

Геоботаникалық тұрғыдан аймақ шөлді және шөлейт аймақтардың түйіскен жерінде орналасқан. Топырақ жамылғысы құмды, құмдақ, кей жерлерде сортаң және сазды қабаттармен алмасып отырады. Климаттық жағдайлар күрт континентальды: жазы ыстық және құрғақ, қысы суық және қар аз. Жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері 120-дан 200 мм-ге дейін.

Мұндай гетерогенді экологиялық жағдайлар өсімдік жамылғысының мозаикалық құрылымын құрайды. Аймақтың флорасы 89 тұқымдасқа, 552 туысқа жататын 1306 түрді қамтиды. Негізгі флора түзетін тұқымдастар қатарына күрделігүлділер (Asteraceae), алабұталар (Chenopodiaceae), бұршақ тұқымдастар (Fabaceae), астық тұқымдастар (Poaceae) және қырыққабаттылар (Brassicaceae) жатады.

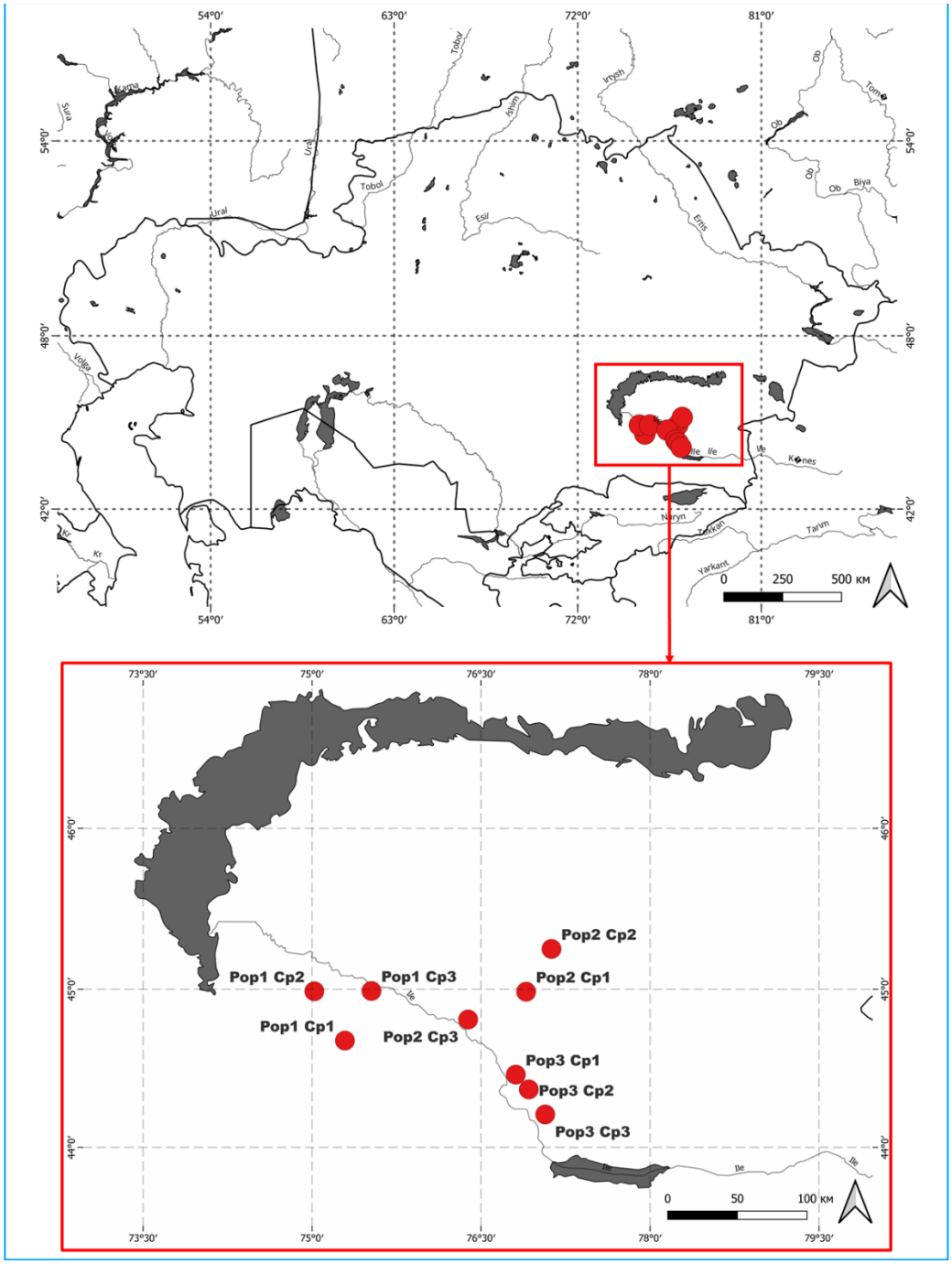
Аймақта ксерофитті, галофитті және псаммофитті өсімдік түрлері басым. Сонымен қатар, сирек кездесетін және тар экологиялық бейімделген түрлердің болуы Балқаш флорасының эксклюзивтілігі мен құндылығын дәлелдейді.

2022-2024 жылдар аралығында жүргізілген далалық экспедициялар кезінде *C. leucocladum* түрінің үш негізгі популяциясы алғаш рет кешенді зерттелді. Олардың экологиялық және фитоценозды сипаттамалары жасалды. Бұл түр шөл және шөлейт экожүйелердің тұрақтылығында маңызды рөл атқарады, бірақ табиғи ортаның өзгеруіне, әсіресе антропогендік факторларға айтарлықтай сезімтал. Негізгі қауіптердің қатарында мал жаюды күшейту, құмды жерлерді игеру және түрдің табиғи жаңаруына айтарлықтай кедергі келтіретін өрт факторлары бар. Сондықтан популяциялардың құрылымын, таралу ерекшеліктерін және өсу ортасының жағдайларын жан-жақты зерттеу олардың сақталуын қамтамасыз ету үшін маңызды.

Қазақстанның физикалық-географиялық аудандастыру картасына сәйкес зерттелетін аумақ Балқаш облысына жатады. Ол негізінен үшінші аймаққа – Түркістан жазығына (шөлейт аймақ) кіреді және сегізінші Іле Алатауы мен тоғызыншы Тянь-Шань тауларына іргелес орналасқан. Бұл аумақ шөлейт және шөлді аймақтардың шекарасында орналасқан күрделі және гетерогенді рельефпен, құмды массивтер мен сортаңды жазықтардың алмасуымен ерекшеленеді.

Флоралық аудандастыру картасына сәйкес зерттелетін аумақ негізінен 18 – Балқаш-Алакөл флоралық аудандарына кіреді. Бұл аудандар Іле Алатауының (25) және Батыс Тянь-Шаньның (29) таулы аймақтарына жақын орналасқан. Геоботаникалық тұрғыдан алғанда, зерттеу аймағы құмды

ландшафтар, тұзды жазықтармен және жер бедерінің алуан түрлілігімен ерекшеленеді.




1-популяция – Тауқұм құмдарында, 2-популяция – Бақанас ауылының маңында, ал 3-популяция – Малайсары ауылының маңында орналасқан.

Сурет 2 – Қазақстанның оңтүстік-шығысында өсетін *C. leucocladum* түрінің ценопопуляция картасы

Жаһандық флоралық аймақтарға бөлу бойынша зерттелген аумақ Сахара–Гоби флоралық аймағына, ал аймақтық деңгейде Иран–Тұран субаймағына жатады. Олардың ішінде Балқаш құмды алқаптары (Тауқұм және

Сарыесік-Атырау) IVc – Шығыс–Оңтүстік Тұран провинциясының жазық бөлігіне кіреді. Бұл провинцияның айрықша ерекшелігі – құмды және тұзды батпақтардың кең таралуы, шөлейт және шөлді экожүйелердің басым болуы және ксерофитті, галофитті, псаммофитті өсімдік түрлерінің көптігі (сурет 2).

Экспедициялық жұмыстардың нәтижесінде *C. leucocladum* түрінің үш негізгі популяциясы анықталды. Олардың географиялық орналасуына сәйкес келесі атаулар берілді:

Бірінші популяция -Тауқұм-Батыс популяциясы (Балқаш көлінің батыс бөлігі, Тауқұм құмдарының шеті), екінші популяция-Сарыесік-Атырау популяциясы (Балқаш көлінің оңтүстік-шығыс бөлігі, Сарыесік-Атырау құмдары), үшінші популяция – Малайсары популяциясы (Балқаш көлінің солтүстік-шығыс бөлігі, Іле сағасындағы құмды-сортаңды аймақ). Бұл популяциялар үш түрлі флоралық аймаққа сәйкес келеді және олардың кеңістіктік таралуы картада көрсетілген.

*C. leucocladum* түрі әртүрлі экологиялық-фитоценоздық жағдайларда таралған. Далалық зерттеулер барысында бұл түрдің үш негізгі мекен ортасы анықталды: сирек бұталы қауымдастықтар, құмды алқаптардың ашық жерлері және өзен аңғарларындағы шөптесін өсімдіктер қауымдастығы. Мұндай биоалуантүрлілік түрдің жоғары экологиялық пластикасын (бейімделу қабілетін) дәлелдейді және оның табиғи тіршілік орталарын қорғаудың маңыздылығын айқындайды.

**Бірінші популяция** Тауқұм популяциясы Жетісу облылының Балқаш ауданындағы тауқұм құмында орналасқан. Географиялық координаттары – 44,946111° N, 75,055555° E, теңіз деңгейінен 369 м биіктікте. Бұл популяцияға Балқаш көлінің батыс бөлігіндегі құмды алқаптар жатады. Жалпы рельефі барханды-құмды, негізгі қауымдастықтар бархан ойпаттарында және олардың тау бөктерінде шоғырланған. Микрорельеф ұсақ толқынды, ал бархан баурайында жүзгін сирек кездеседі. Құмдар негізінен нығайтылған, механикалық құрамы жеңіл, тұзды қабаттар жергілікті ойпаттарда кездеседі. Антропогендік жойылу деңгейі төмен, бірақ жолға жақын жерлерде малдың тапталуы және топырақтың әлсіз бұзылуы байқалады.

Флоралық құрамы бойынша бұл қауымдастық жүзгінді-сексеуілді типіне жатады. Популяцияны құрайтын негізгі түрлер – жүзгін (*C. leucocladum*), оған қосарлана сексеуіл (*Haloxylon ammodendron*), жусан (Artemisia spp.), бұйырғын (*Anabasis salsa*) және әртүрлі шөптесін өсімдіктерді қамтиды. Жалпы проективті қамту шамамен 40% құрайды. Зерттелетін популяцияның флоралық құрамында барлығы 21 тұқымдас, 42 туыстас және 58 түр тіркелді. Бұл көрсеткіш *C. leucocladum* қауымдастықтарының флоралық алуантүрлілігін анықтайды және құмды шөлдердің тұрақты экожүйесін сақтау үшін олардың маңыздылығын көрсетеді.

Экологиялық тұрғыдан популяция құмды шөл жағдайларына бейімделген ксерофитті және псаммофитті түрлерден тұрады. Фитоценоздың құрылымы түрдің табиғи бейімделуін анықтайды, ал жамылғының салыстырмалы түрде сирек болуы өсімдіктің құмды экожүйелерде орналасу ерекшелігін көрсетеді.

Фенофазалық тұрғыдан алғанда, *C. leucocladum* зерттеу кезеңінде негізінен вегетативті және гүлдену кезеңдерінде байқалды. Түрлердің көптігі қалыпты, жекеленген даралар топтасып өскен. Жалпы, бірінші популяция Тауқұм құмдарының флоралық құрамын анықтайтын негізгі компоненттердің бірі болып табылады. Бұл популяция құмды шөл экожүйесінің тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады.

Бірінші ценопопуляция жүзгінді – сексеуілді қауымдастық (*C. leucocladum, Haloxylon ammodendron*) фитоценозынан тұрады. Бұл популяция Жетісу облылы Балқаш ауданының Тауқұм құмында (координаттары: 44.946111° N, 75.055555° E; теңіз деңгейінен 369 м биіктікте) орналасқан (сурет 3). Қауымдастық барханның төменгі бөлігінде, жолға жақын жерде құрылды. Жалпы жер бедері құмды-бахандық, ойыс жерлер басым, микрорельефі ұсақ толқынды. Құмдар негізінен табиғи түрде бекітілген, антропогендік бұзылу деңгейі әлсіз.

Ценопопуляция өсімдіктері орташа тығыздыққа ие, жалпы проективті жабын шамамен 40% құрайды. Алаң ауданы 30 × 30 м.

Бірінші ярус (биіктігі 150–200 см): Бірлестіктің негізгі құрылымы сексеуіл (*Haloxylon ammodendron*) және жүзгін (*C. leucocladum*) құрайды. Бұл түрлер қауымдастықтың негізгі популяция құраушы өсімдіктері болып табылады. *C. aphyllum* аз мөлшерде де кездеседі.

Екінші ярус (биіктігі 40–100 см): *Kraschenninnikovia ceratoides, Bassia prostrata, Atraphaxis replicata, Astragalus flexus, Astragalus physocarpus* сияқты бұталар мен жартылай бұталардан тұрады.

Үшінші ярус (шөпті, биіктігі 10–40 см): Түрлі шөптесін өсімдіктерден тұрады. Олардың ішінде *Descurainia sophia, Scorzonera sericeolanata, Delphinium camptocarpum, Eremopyrum orientale, Alyssum desertorum, Ceratocarpus arenarius, Erodium oxyrhinchum, Meniocus linifolius, Carex physodes, Lappula squarrosa, Heliotropium dasycarpum, Erysimum siliculosum, Corispermum hyssopifolium, Allium sabulosum, Eremurus inderiensis* және басқа да түрлері тіркелді (кесте 2).

Бұл қауымдастықтың флорасында барлығы 27 түр анықталды. Олар әртүрлі экологиялық топтарға жатады: ксерофиттер, псаммофиттер және эфемерлер. Құмда өсетін эфемерлер көктемгі кезеңде қауымдастық құрамына айтарлықтай үлес қосады.

Фенофазалық тұрғыдан алғанда, зерттеу кезеңінде *C. leucocladum* және серіктес түрлердің көпшілігі гүлдену және вегетативті даму сатысында болды. Кейбір эфемерлік түрлер жемістердің қалыптасу кезеңіне жетті.

Бұл ценопопуляция экологиялық тұрақты, өсімдіктердің кеңістіктік таралуы біркелкі, түрлердің құрамы әртүрлі. Дегенмен, жолға жақын болу және мал жаю ықтималдығы популяцияның ұзақ мерзімді сақталуына қауіп төндіруі мүмкін. Сондықтан мұндай қауымдастықтарды сақтау үшін бақылау және қорғау шаралары қажет.



Сурет 3 – Таукұм құмдарындағы *C. leucocladum* бірінші ценопопуляциясының таралу

Кесте 2 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | *Haloxylon ammodendron* | sp | 180 | 5 | - |
| 2. | *C. leucocladum* | cop1 | 120 | 10 | + |
| 3. | *Calligonum aphyllum* | sp | 100 | 5 | + |
| 4. | *Krascheninnikovia ceratoides* | sp | 50 | 5 | - |
| 5. | *Bassia prostrata* | sol | 40 | 1 | - |
| 6. | *Atraphaxis replicata* | un | 45 | 0,1 | ~ |
| 7. | *Astragalus flexus* | un | 75 | 0,1 | + |
| 8. | *Descurainia sophia* | sp | 70 | 5 | + |
| 9. | *Scorzonera sericeolanata* | sp | 35 | 5 | O |
| 10. | *Delphinium camptocarpum* | sp | 25 | 5 | O |
| 11. | *Astragalus physocarpus* | sol | 23 | 1 | + |
| 12. | *Eremopyrum orientale* | sp | 15 | 5 | + |
| 13. | *Alyssum desertorum* | sol | 15 | 1 | # |
| 14. | *Ceratocarpus arenarius* | sp | 10 | 5 | + |
| 15. | *Nonea caspica* | rr | 10 | 0,5 | O |
| 16. | *Salsola tragus* | rr | 8 | 0,2 | - |

2 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 17. | *Erodium oxyrhinchum* | sol | 7 | 1 | + |
| 18. | *Tragopogon marginifolius* | rr | 7 | 0,2 | ⊃ |
| 19. | *Meniocus linifolius* | rr | 12 | 0,5 | # |
| 20. | *Carex physodes* | sp | 15 | 5 | ~ |
| 21. | *Lappula squarrosa* | rr | 9 | 0,2 | + |
| 22. | *Heliotropium dasycarpum* | sol | 25 | 1 | O |
| 23. | *Erysimum siliculosum* | un | 50 | 0,1 | O |
| 24. | *Eremopyrum distans* | sol | 10 | 1 | ~ |
| 25. | *Corispermum hyssopifolium* | un | 10 | 0,1 | + |
| 26. | *Allium sabulosum* | rr | 25 | 0,2 | ⊃ |
| 27. | *Eremurus inderiensis* | rr | 30 | 0,2 | + |

Екінші ценопопуляция – сексеуілді өсімдік (Haloxylon) қауымдастығынан тұрады. Жетісу облысы Балқаш ауданының аумағында, Тауқұм құмдарының барханды бөлігінде орналасқан. Географиялық координаттары: 44°5914 С.Е., 75°0113 Ш.Б., теңіз деңгейінен 365 м биіктікте (сурет 4).

Аймақтың жер бедері барханды, микрорельефі ұсақ толқынды. Құмдар негізінен табиғи түрде бекіген, топырақ құрамы жеңіл механикалық құрылымға ие, құнарлылығы төмен. Ылғалдылық деңгейі шектеулі, тек көктемде эфемеридтер мен эфемероидтардың өсуіне қолайлы жағдайлар жасалған. Антропогендік әсер әлсіз, жайылымдық қысым төмен. Жалпы проективті қамту 30-40% құрайды. Өсімдіктер сирек кездеседі, бірақ айқын ярустық құрылым байқалады.

Бірінші ярус (биіктігі 150-200 см): теріс түрі – *Haloxylon ammodendron*. Оған серіктес ретінде *C. leucocladum* және аз мөлшерде *C. aphyllu*m қосылады.

Екінші ярус (биіктігі 40-100 см): бұталы және жартылай бұталы түрлерден тұрады. Бұл яруста *Kraschenin*nikovia *ceratoides, Atraphaxis replicata, Astragalus ammodendron* таралған. Сонымен бірге көктемгі маусымда эфемероидтар – *Eremurus inderiensis* және *Eremurus anisopterus* кеңінен кездеседі.

Үшінші ярус (ярустың биіктігі 10-40 см): түрлік құрамы бай. *Descurainia sophia, Scorzonera sericeolanata, Delphinium camptocarpum, Carex physodes, Poa bulbosa, Neotrinia splendens, Astragalus flexus, Erodium oxyrhinchum, Alyssum desertorum, Eremopyrum orientale, Eremopyrum distans, Ceratocarpus*

*arenarius, Erysimum siliculosum, Lappula squarrosa, Nonea caspica* және *Ephedra intermedia* тіркелді.

Бұл ценопопуляцияда барлығы 15 тұқымдас, 24 туыс және 28 түр анықталды. Негізгі экологиялық топтар-ксерофиттер, псаммофиттер және эфемерлер (кесте 3).

Фенофазалық *C. leucocladum, Eremurus enteriensis, Astragalus physocarpus* және басқа түрлер гүлдену сатысында болды, ал эфемерлік түрлердің көпшілігі жеміс қалыптастыру сатысында байқалды.

Бұл қауымдастық құмды шөл экожүйелеріне тән сексеуілді-жүзгінді фитоценоз ретінде сипатталады. Ол құмды ландшафттардың тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Алайда, болашақта антропогендік қысымның жоғарылауы популяция құрылымына теріс әсер етуі мүмкін. Сондықтан мұндай қауымдастықтарды қорғау шаралары арқылы сақтау өзекті болып табылады.



Сурет 4 – Таукум құмдарындағы *C. leucocladum* екінші ценопопуляциясының таралу

Кесте 3 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Haloxylon ammodendron* | sp | 200 | 5 | - |
| 2 | *C. leucocladum* | sp | 150 | 5 | + |
| 3 | *Atraphaxis replicata* | sol | 95 | 1 | ~ |
| 4 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | sol | 50 | 1 | - |
| 5 | *Artemisia terrae-albae* | sol | 30 | 1 | É |
| 6 | *Bassia prostrata* | sol | 25 | 1 | - |
| 7 | *Astragalus ammodendron* | un | 50 | 0,1 | + |

3 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | *Calligonum aphyllum* | un | 70 | 0,1 | + |
| | *Eremurus inderiensis* | Cop1 | 70 | 10 | + |
| 9 | *Descurainia sophia* | sol | 80 | 1 | + |
| 10 | *Eremurus anisopterus* | sp | 60 | 5 | + |
| 11 | *Scorzonera sericeolanata* | sol | 50 | 1 | C |
| 12 | *Heliotropium dasycarpum* | sol | 25 | 1 | O |
| 13 | *Delphinium camptocarpum* | sol | 20 | 1 | O |
| 14 | *Carex physodes* | sp | 15 | 5 | + |
| 15 | *Poa bulbosa* | sol | 20 | 1 | + |
| 16 | *Neotrinia splendens* | sol | 30 | 1 | ~ |
| 17 | *Astragalus flexus* | sol | 30 | 1 | + |
| 18 | *Erodium oxyrhinchum* | Sp | 15 | 1 | + |
| 19 | *Alyssum desertorum* | sol | 15 | 1 | + |
| 20 | *Salsola tragus* | sol | 15 | 1 | - |
| 21 | *Eremopyrum orientale* | sol | 10 | 1 | + |
| 22 | *Nonea caspica* | rr | 7 | 0,5 | O |
| 23 | *Eremopyrum distans* | rr | 10 | 0,5 | ~ |
| 24 | *Erysimum siliculosum* | sol | 50 | 1 | O |
| 25 | *Ceratocarpus arenarius* | sol | 5 | 1 | + |
| 26 | *Astragalus physocarpus* | rr | 15 | 0,5 | + |
| 27 | *Ephedra intermedia* | rr | 20 | 0,5 | + |
| 28 | *Lappula squarrosa* | rr | 10 | 0,5 | + |

Үшінші ценопопуляция – сексеуілді-жүзгінді өсімдік (Haloxylon – Calligonum) қауымдастығынан тұрады. Бұл ценопопуляция Жетісу облылы, Балқаш ауданы аумағында, Таукұм құмдарының барханды бөлігінде орналасқан. Географиялық координаттары: 44°59′21″ с.е., 75°31′37″ ш.б., теңіз деңгейінен 376 м. Қауымдастық жол маңындағы бархандарда таралған (сурет 5).

Жалпы рельефі барханды, микрорельефі ұсақ толқынды. Құмдар негізінен бекіген, антропогендік бұзылу деңгейі әлсіз. Үлгілік алаң көлемі 30 × 30 м, жалпы проективтік жамылғысы шамамен 40%. Өсімдік жамылғысы сиректеу, бірақ айқын ярустық құрылымға ие.

Бірінші ярус (биіктігі 150–200 см): Қауымдастықтың негізгі құрылымын *Haloxylon ammodendron* (сексеуіл) және *C. leucocladum* (жүзгін) түзеді. Бұл түрлер қауымдастықтың басты популяция түзушілері болып табылады.

Екінші ярус (биіктігі 40–100 см): Бұталы қабатта *Kraschenninnikovia ceratoides* және *Atraphaxis replicat*а таралған.

Үшінші ярус (шөптесін қабат, биіктігі 10–40 см): Түрлік құрамы әртүрлі эфемерлер мен эфемероидтардан тұрады. Негізгі түрлер: *Eremurus inderiensis, Eremurus anisopterus, Descurainia sophia, Scorzonera sericeolanata, Delphinium camptocarpum, Carex physodes, Poa bulbosa, Alyssum desertorum, Eremopyrum orientale, Eremopyrum distans, Erodium oxyrhinchum, Lappula squarrosa, Senecio subdentatus, Corispermum hyssopifolium, Astragalus physocarpus, Nonea caspica, Heliotropium dasycarpum, Tragopogon marginifolius, Euphorbia rapulum, Horaninovia ulicina.*

Барлығы бұл үлгілік алаңда 13 тұқымдасқа, 21 туыс 26 түр тіркелді. Түрлік құрамда ксерофиттер мен псаммофиттер басым, эфемерлер көктемгі кезеңде қауымдастыққа айтарлықтай үлес қосады (кесте 4).

Фенофазалық тұрғыдан *C. leucocladum* және эфемероидтар гүлдеу сатысында байқалды, ал эфемерлі түрлердің бір бөлігі жеміс түзу кезеңіне жетті.

Бұл қауымдастық құмды шөл экожүйесіне тән сексеуілді-жүзгінді фитоценоз ретінде сипатталады. Ол құмды ландшафттардың тұрақтылығын қамтамасыз етіп, флоралық алуантүрліліктің сақталуына ықпал етеді. Алайда жолға жақын орналасуы мен мал жайылымы әсерінен қауымдастықтың болашақта бұзылу қаупі сақталады.



Сурет 5 – Таукұм құмдарындағы *C. leucocladum* үшінші ценопопуляциясының таралу

Жетісу облылы, Балқаш өңіріндегі және Тауқұм құмындағы зерттелетін қауымдастықтар флорасы үш негізгі типпен сипатталады: жүзгінді-сексеуілді, сексеуілді және сексеуіл-жүзгінді қауымдастықтар. Бұл қауымдастықтар шағылдар мен олардың ойпаттарында кең таралған және әртүрлі флоралық

құрамымен ерекшеленеді. Әрбір қауымдастық зерттелетін аумақтардағы экологиялық ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік беретін өсімдік жамылғысының, молшылықтың және фенологиялық фазалардың айырмашылығын көрсетеді.

Кесте 4 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Haloxylon ammodendron* | sp | 170 | 5 | - |
| 2 | *C. leucocladum* | cop1 | 120 | 10 | + |
| 3 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | sol | 70 | 1 | - |
| 4 | *Bassia prostrata* | sp | 50 | 5 | - |
| 5 | *Atraphaxis replicata* | sol | 75 | 1 | ~ |
| 6 | *Eremurus inderiensis* | sp | 70 | 5 | + |
| 7 | *Descurainia sophia* | sol | 70 | 1 | + |
| 8 | *Scorzonera sericeolanata* | sol | 65 | 1 | C |
| 9 | *Senecio subdentatus* | sol | 15 | 1 | # |
| 10 | *Meniocus linifolius* | sol | 15 | 1 | # |
| 11 | *Salsola tragus* | sol | 10 | 1 | - |
| 12 | *Lappula squarrosa* | sol | 40 | 1 | + |
| 13 | *Alyssum desertorum* | sol | 25 | 1 | # |
| 14 | *Eremopyrum orientale* | sol | 10 | 1 | + |
| 15 | *Erodium oxyrhinchum* | sol | 15 | 1 | + |
| 16 | *Nonea caspica* | sol | 10 | 1 | O |
| 17 | *Corispermum hyssopifolium* | sol | 15 | 1 | C |
| 18 | *Astragalus physocarpus* | sol | 30 | 1 | C |
| 19 | *Heliotropium dasycarpum* | sol | 15 | 1 | O |

4 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | *Horaninovia ulicina* | rr | 15 | 0,5 | - |
| 21 | *Delphinium camptocarpum* | rr | 15 | 0,5 | O |
| 22 | *Euphorbia rapulum* | rr | 10 | 0,5 | C |
| 23 | *Poa bulbosa* | rr | 10 | 0,5 | + |
| 24 | *Tragopogon margi* | rr | 20 | 0,5 | + |
| 25 | *Eremopyrum distans* | rr | 10 | 0,5 | + |
| 26 | *Eremurus anisopterus* | rr | 60 | 0,5 | + |

Жүзгінді-сексеуілді қауымдастығы (бірінші ценопопуляция) барханның төменгі бөлігінде, жолдың жанында орналасқан. Жер бедері таяз толқынды, құмдар нығайтылған, табиғи тепе-теңдік жойылу деңгейінің әлсіз дәрежесіне байланысты сақталады. Қауымдастықта *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum* және *Krascheninnikovia ceratoides* басым, бұл олардың құмды және шөлейт экожүйелерге тән екенін көрсетеді. Жалпы проективті қамту шамамен 40% құрайды. Түрлер әртүрлі фенологиялық фазаларда байқалады: гүлдену кезеңіндегі өсімдіктерден бастап солу сатысына жеткен дараларға дейін, бұл аймаққа тән маусымдық өзгерістерді көрсетеді.

Сексеуіл қауымдастығы (екінші ценопопуляция) бархан үстінде орналасқан. Бұл құмды экожүйелердің дамуына жағдай жасайтын орта, ал экожүйе бұзылу деңгейінің төмендігіне байланысты сақталған күйде. Қауымдастықта негізінен *Haloxylon ammodendron* және *C. leucocladum* өседі. Сонымен қатар *Eremurus inderiensis* және *Descurainia sophia* сияқты түрлер де кездеседі. Бұл өсімдіктердің барлығы құрғақшылық жағдайларына жақсы бейімделген. Қауымдастықта гүлдену кезеңінде де, солу кезеңінде де түрлердің кездесуі олардың даму циклі климаттық жағдайларға байланысты екенін көрсетеді.

Сексеуілді-жүзгінді қауымдастық (үшінші ценопопуляция) жолдың жанындағы барханаларда кең таралған. Мұндағы жер бедері таяз толқынды, құмдары бекітілген және антропогендік әсер өте аз дәрежеде байқалады. Қауымдастықтың флоралық құрамында сексеуіл және жүзгінмен қатар *Krascheninnikovia ceratoides* және сирек кездесетін түрлері *Senecio subdentatus* және *Meniocus linifolius* тіркелді. Бұл флораның алуантүрлілігін арттырады және барханды экожүйелерінің ерекшеліктерін көрсетеді. Түрлер әртүрлі фенологиялық кезеңдерде байқалды, бұл өсімдіктердің маусымдық динамикаға бейімделу қабілетін дәлелдеді.

Жалпы, Таукум құмдарындағы үш қауымдастықтың флоралық құрамы олардың барлығына ортақ қасиеттерін де, қоршаған орта жағдайларына байланысты айырмашылықтарын да анықтайды. Әсіресе ксерофитті өсімдіктердің басым болуы, проективті жабынның қалыпты сақталуы және

әртүрлі фенологиялық фазалардың бір мезгілде жүруі бұл қауымдастықтардың төтенше табиғи жағдайларға бейімделгенін және шөл экожүйелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ететінін көрсетеді.

Екінші популяция Балқаш көлінің оңтүстік-шығыс бөлігінде, Сарыесік-Атырау құмдарында, Жетісу облылының Балқаш ауданы аумағында орналасқан. Географиялық координаттары - 44.984465 N, 76.900101 E, теңіз деігейінен 390 м биіктікте орналасқан. Бұл популяция барқандық бедердің төменгі бөлігінде, канал маңындағы ойпаңда орналасқан. Жалпы жер бедері барханды, микрорельефі ұсақ бұдырлы. Құмдар нығайтылған, құрылымы жеңіл, механикалық құрамы борпылдақ.

Антропогендік әсері төмен - алқапта жол маңында болғанымен, мал таптауы мен топырақтың әлсіз бұзылуы ғана байқалады. Жалпы экожүйе табиғи қалпында сақталған.

Сарыесік-Атырау популяциясының өсімдік жамылғысы түрлік құрамы мен экологиялық бейімділігі бойынша құмды шөл экожүйесінің классикалық үлгісін көрсетеді. Жалпы флора құрамында 21 тұқым, 38 туыс және 57 түр анықталды.

Флораның негізін құрайтын ірі тұқымдықтардың ішінде Amaranthaceae (18%), Polygonaceae (12%), Asteraceae (10%), Poaceae (9%) және Brassicaceae (9%) басым. Қосымша кездесетін тұқымдастарға Fabaceae (7%), Caryophyllaceae (6%), Liliaceae (5%), Euphorbiaceae (4%), Plumbaginaceae (3%) және Apiaceae (2%) жатады. Бұлар экожүйенің түрлік байлығын арттырып, маусымдық өсімдік жамылғысының қалыптасуына үлес қосады.

Сирек кездесетін және экологиялық тұрғыдан алғанда маңызды түрлер қатарына *Scorzonera sericeolanata*, *Neotrinia splendens* және *Euphorbia rapulum* жатады. Бұл түрлердің аз үлестік қатысуы (шамамен 3%) популяцияның ботаникалық тұрғыдан ерекше құндылығын көрсетеді.

Тіршілік нысандары бойынша популяция құрамында шөптесін өсімдіктер 64%, бұталар мен бұташықтар 26%, көпжылдық шөптер 7%, ал сирек және эндемдік түрлер 3% үлесті құрайды. Мұндай құрылым Сарыесік-Атырау құмдарының климаттық және топырақтық жағдайларына тән бейімделу стратегиясын көрсетеді.

Сарыесік-Атырау популяциясы флорасының экологиялық құрамында ксерофитті түрлер 71%, псаммофиттер 18%, мезоксерофиттер 8%, және галофиттер мен жартылай галофиттер 3% үлесті құрайды. Бұл көрсеткіштер өсімдіктердің экстремалды ылғал тапшылығы мен жоғары температураға жақсы бейімделгенін дәлелдейді.

Фитоценоз құрылымы сирек жамылғысы (жалпы қамту 20-30%) болғанымен, түрлік құрамы тұрақты және экологиялық тепе-теңдік сақталған.

Төртінші ценопопуляция — Жүзгінді–жусанды–сексеуілді қауымдастық (*Haloxylon ammodendron– Artemisia terrae-albae –C. leucocladum)* қауымдастығы.

Бұл қауымдастық Жетісу облылының Балқаш ауданы аумағында, Сарыесік-Атырау құмдарында, Бақанас елді мекеніне жақын маңда орналасқан. Географиялық координаттары - 44.984465 N, 76.900101 E, 390

метр биіктікте орналасқан. Аталған қауымдастық барханды аймақта, бархан аралығындағы төмендеу бөліктерінде қалыптасқан. Рельеф сипаты ойпаңды және біршама тегіс, ал микрорельефі ұсақ бұдырлы, толқынды құмды бедер түрінде көрінеді (сурет 6).

Алқапта канал маңындағы барханның төменгі бөлігінде орналасқан, бұл жердің топырағы жеңіл механикалық құрамды және ылғал аз жиналатын микрозоналарда өсімдіктердің өсуіне қолайлы жағдай жасайды. Құмдар бекітілген, құрылымы борпылдақ, жел эрозиясы аз байқалады.

Қауымдастықтың экологиялық жағдайы салыстырмалы түрде тұрақты, экожүйе табиғи қалпын сақтаған немесе өте әлсіз бұзылған. Жол маңындағы бөліктерде мал таптауы және арамшөп өсімдіктердің сирек кездесуі байқалса да, жалпы өсімдік жамылғысының құрылымына айтарлықтай әсер етеді.

Зерттеу алқабының жалпы көлемі 30×30 метрді құрайды. Өсімдік жамылғысының жалпы жобалық қамтылуы шамамен 25% деңгейінде. Бұл көрсеткіш Сарыесік-Атырау құмды аймағына тән сирек жамылғысы шөл қауымдастықтарының табиғи сипатын көрсетеді.

Қауымдастықтың негізгі флоралық құрамына *C. leucocladum, Haloxylon ammodendron, A. terrae-albae* сияқты ксерофитті және псаммофитті түрлері жатады. Бұларға қосымша *Kraschenninnikovia ceratoides, Atriplex tatarica*, эфемерлер мен эфемероидтер *Descurainia sophia, Eremopyrum orientale, Poa bulbosa* кездеседі.

Өсімдіктердің жалпы биіктігі 20-250 см аралығында өзгеріп, фитоценоздың құрылымдық күрделілігін көрсетеді. Доминантты түрлер кеңістікте біркелкі таралған және қауымдастықтың экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Зерттелген аумақта өсімдіктер төрт негізгі ярусқа бөлінеді.

Бірінші ярус биіктігі 150-250 см аралықта өсетін шоқалы ағаш тәрізді түрлер жатады. Бұл қабатта *Haloxylon ammodendron* және *Calligonum leucocladum* басымдыққа ие. Олар қауымдастықтың қаңқасын құрайтын негізгі доминанттар болып табылады.

Екінші ярустың биіктігі 50-150 см аралықтағы бұталар мен жартылай бұталар енеді. Бұл қабатта *Calligonum aphyllum, Kraschenninnikovia ceratoides, Artemisia terrae-albae, Alhagi pseudalhagi және Descurainia sophia* кездеседі. Бұл түрлер жоғары яруспен салыстырғанда сирек орналасқанымен, қауымдастықтың фитоценоздық құрылымында маңызды рөл атқарады.

Үшінші ярус биіктігі 10-50 см аралығындағы шөптесін өсімдіктер мен жас өркендерден құралады. Бұл қабатқа *Eremopyrum orientale, Meniocus linifolius, Alyssum desertorum, Poa bulbosa, Ceratocarpus arenarius, Atriplex tatarica, Salsola nitraria, Scorzonera sericeolanata, Neotrinia splendens, Echinops albicaulis, Eremopyrum triticeum, Stipa caucasica* және басқа да төмен бойлы түрлер кіреді. Бұл ярус өте әртүрлі және түрік байлығының басым бөлігі осы қабатта шоғырланған.

Ең төменгі яруска 5-10 см аралығындағы аласа бойлы шөптесін өсімдіктер жатады. Мұнда *Xanthium strumarium* сияқты топырақ бетіне жақын өсетін түрлер байқалады.

Зерттелген аумақта негізгі доминант түрлер ретінде *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum, Kraschenninnikovia ceratoides* және *Artemisia terrae-albae* анықталды. Бұл түрлердің биіктігі мен жамылғысы жоғары болып, фитоценоз құрылымын қалыптастырады. Жоғары ярусы *Haloxylon ammodendron* мен *C. leucocladum,* ал ортаңғы ярусы *K. ceratoides* басым етеді. Төменгі ярусы жоғары жамылғысы бар *A. terrae-albae* ерекшеленеді. Маусымдық түрлер ішінен *Descurainia sophia* уақытша доминанттық қасиетін көрсетеді (кесте 5).



Сурет 6 – Сарыесік-Атырау *C. leucocladum* төртінші ценопопуляциясының таралу

Бесінші ценопопуляция - жүзгінді-сексеуілді (*Haloxylon ammodendron – C. leucocladum*) қауымдастығы. Жетісу облылының Балқаш ауданы аумағында, Сарыесік-Атырау құмдарында, Бақанас елді мекеніне жақын маңда орналасқан. Географиялық координаттары - 45.252027 N, 77.124697 E, теңіз деңгейінен 399 метр биіктікте орналасқан. Қауымдастық барханды аймақта, бархан төбесінде орналасқан. Рельеф сипаты толқынды, микрорельефі ұсақ толқынды және әлсіз бұдырлы болып келеді. Құмдар жақсы бекітілген, өсімдіктердің тамыр жүйесі арқылы тұрақтанған, бұзылу деңгейі өте төмен (сурет 7).

Бұл фитоценоз шөлдік белдеудің классикалық өсімдік қауымдастығына жатады және Сарыесік-Атырау құмдарының экологиялық жағдайларына жақсы бейімделген. Топырақтары жеңіл механикалық құрамды, борпылдақ, гумус мөлшері төмен. Ылғалдылығы аз болғанымен, өсімдіктер терең тамыр жүйесі арқылы топырақтың төменгі қабаттарындағы ылғалды пайдаланады. Жел эрозиясы тек ашық алқаптарда ғана байқалады, ал жалпы экожүйе табиғи қалпын сақтаған.

Кесте 5 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Haloxylon ammodendron* | sp | 250 | 5 | - |
| 2 | *C. leucocladum* | sp | 150 | 5 | + |

5 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | *Calligonum aphyllum* | rr | 70 | 0,5 | + |
| 4 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | sp | 50 | 5 | - |
| 5 | *Artemisia terrae-albae* | cop1 | 50 | 10 | - |
| 6 | *Alhagi pseudalhagi* | sol | 60 | 1 | - |
| 7 | *Descurainia sophia* | sp | 100 | 5 | + |
| 8 | *Eremopyrum orientale* | sol | 10 | 3 | + |
| 9 | *Meniocus linifolius* | sol | 15 | 1 | # |
| 10 | *Alyssum desertorum* | sol | 15-20 | 1 | # |
| 11 | *Poa bulbosa* | sol | 15 | 1 | + |
| 12 | *Ceratocarpus arenarius* | sol | 15 | 1 | + |
| 13 | *Atriplex tatarica* | sol | 12-15 | 1 | - |
| 14 | *Salsola nitraria* | sol | 12 | 1 | - |
| 15 | *Scorzonera sericeolanata* | sol | 25 | 1 | C |
| 16 | *Neotrinia splendens* | rr | 20 | 1 | ~ |
| 17 | *Echinops albicaulis* | un | 25 | 1 | - |
| 18 | *Eremopyrum triticeum* | rr | 15 | 1 | + |
| 19 | *Stipa caucasica* | sol | 5 | 1 | + |
| 20 | *Xanthium strumarium* | rr | 5-10 | 1 | - |

Флоралық құрамы бойынша қауымдастықта бұталы және шөптесін өсімдіктер қатар кездеседі. Доминантты түрлер - *Haloxylon ammodendron* және *C. leucocladum*, олар қауымдастықтың негізгі құрылымдық қаңқасын құрайды. Бұларға қосымша *Kraschenninnikovia ceratoides, Artemisia terrae-albae, Descurainia sophia, Eremopyrum orientale және Poa bulbosa* өседі. Ілеспелі және сирек кездесетін өсімдіктер қатарына *Calligonum aphyllum, Atriplex tatarica, Ceratocarpus arenarius, Alyssum desertorum, Meniocus linifolius, Stipa caucasica, Salsola nitraria, Neotrinia splendens, Scssum orzonera sericeolanata, Echinops albicaulis* және *Xanthium strumarium* жатады (кесте 6).

Фитоценоздың құрылымы көп ярусты сипатта.

Бірінші ярус биіктігі 150-250 см жететін бұталы өсімдіктер - *Haloxylon ammodendron* және *C. leucocladum* құрайды. Бұл түрлер қауымдастықтың тұрақтылығын қамтамасыз етіп, құмдарды бекітуде маңызды рөл атқарады.

Екінші ярус *Artemisia terrae-albae*, *Kraschenninnikovia ceratoides* және *Alhagi pseudalhagi* сияқты шөптесін және жартылай бұталар өседі. Олардың биіктігі шамамен 40-70 см.

Үшінші ярус эфемерлер мен эфемероидтар - *Descurainia sophia, Eremopyrum orientale, Alyssum desertorum, Poa bulbosa* және басқа да біржылдық өсімдіктерді құрайды, олардың биіктігі 5-15 см аралықта.

Өсімдіктердің жалпы тығыздығы шамамен 2,5-4,0 дарақ/м ² құрайды. Бұталы қабаттағы дарақтар сиректеу (1,3 дарақ/м ² шамасында), ал шөптесін қабатта - орташа тығыздық байқалады (2 дарақ/м ²). Эфемерлер мен эфемероидтар маусымдық белсенділік кезінде 5-6 дарақ/м ² дейін жетеді. Өсімдік жамылғысының жалпы проективті қамтылуы 20-30% деңгейінде, бұл Сарыесік-Атырау құмды экожүйелеріне тән көрсеткіш болып саналады.

Қауымдастықтың экологиялық құрылымы басым түрде ксерофитті және псаммофитті түрлерден тұрады: ксерофиттердің үлесі шамамен 68%, псаммофиттердің үлесі - 22%, ал мезоксерофиттер - 10%. Өсімдіктердің көпшілігі жапырақтары редукцияланған немесе ине тәрізді, буланууды азайтуға және жоғары температураға бейімделген.

Антропогендік әсер деңгейі төмен. Тек жолға жақын жекелеген алқаптарда малдың тапталуы мен топырақтың механикалық бұзылуы байқалады. Дегенмен, бұл әсерлердің жиілігі аз болғандықтан, қауымдастықтың жалпы тұрақтылығы мен өзін-өзі қалпына келтіру әлеуетіне айтарлықтай қауіп төндіріп тұрған жоқ.

Осыған байланысты, фитоценоздың қазіргі жай-күйі тұрақты және табиғи жаңару қабілеті жоғары деп бағаланады. Болашақта экожүйенің тепе-теңдігін сақтау үшін жайылымдық жүктемені нормативке сай бақылауда ұстау және антропогендік факторлардың өсуіне жол бермеу маңызды.



Сурет 7 – Сарыесік-Атырау *C. leucocladum* бесінші ценопопуляциясының таралу

Кесте 6 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Haloxylon ammodendron* | sp | 220 | 5 | - |
| 2 | *C. leucocladum* | sp | 140 | 10 | + |

6 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | cop1 | 70 | 1 | - |
| 4 | *Astragalus flexus* | sp | 75 | 5 | + |
| 5 | *Acanthophyllum pungens* | sol | 50 | 1 | ⊃ |
| 6 | *Atraphaxis replicata* | un | 60 | 0,1 | ~ |
| 7 | *Descurainia sophia* | sol | 50 | 1 | + |
| 8 | Carex physodes | sp | 10 | 1 | # |
| 9 | *Atriplex tatarica* | sp | 10 | 1 | # |
| 10 | *Eremopyrum orientale* | sol | 7 | 1 | + |
| 11 | *Poa bulbosa* | sol | 15 | 1 | C |
| 12 | *Ceratocarpus arenarius* | sol | 5 | 1 | + |
| 13 | *Corispermum hyssopifolium* | rr | 15 | 1 | C |
| 14 | *Limonium otolepis* | un | 60 | 1 | O |
| 15 | *Euphorbia rapulum* | sol | 5 | 1 | C |
| 16 | *Asparagus officinalis* | sol | 50 | 1 | + |
| 17 | *Oedibasis apiculata* | rr | 30 | 1 | ⊃ |
| 18 | *Allium sobulosum* | rr | 40 | 1 | ⊃ |
| 19 | *Meniocus linifolius* | rr | 15 | 1 | # |
| 20 | *Alyssum desertorum* | rr | 20 | 1 | # |
| 21 | *Scorzonera sericeolanata* | rr | 30 | 1 | O |

Алтыншы ценопопуляция — Сексеуілді–жүзгінді қауымдастық (*C. leucocladum – Haloxylon ammodendron*)

Бұл қауымдастық Жетісу облылының Балқаш ауданы аумағында, Сарыесік-Атырау құмдарында, Бақанас елді мекеніне жақын маңда орналасқан. Географиялық координаттары – 44.809844° N, 76.385111° E, теңіз деңгейінен 403 метр биіктікте. Қауымдастық бархандарда, жол маңында орналасқан. Жалпы рельеф сипаты барханды, микрорельефі ұсақ толқынды және біршама тегіс. Құмдар жақсы бекітілген, өсімдіктердің тамыр жүйесі арқылы тұрақтанған, бұзылу деңгейі әлсіз (сурет 8).

Зерттеу алқабының ауданы 30×30 метрді құрайды, өсімдік жамылғысының жалпы проективті қамтылуы шамамен 30%. Бұл көрсеткіш Сарыесік-Атырау құмдарының табиғи бархандық экожүйелеріне тән орташа өсімдік жамылғысын сипаттайды.

Қауымдастықтың экологиялық жағдайы тұрақты, климаттық факторлар — жоғары температура, төмен ылғал және маусымдық жауын-шашынның аз болуы өсімдік құрамының қалыптасуына әсер еткен. Топырақ жеңіл механикалық құрамды, әлсіз гумустық қабаты бар, ал органикалық қалдықтар негізінен тамыр маңы аймақтарында шоғырланған.

Флоралық құрамы бойынша қауымдастық бұталы және шөптесін өсімдіктердің бірлестігі болып табылады. Доминантты түрлер — *Haloxylon ammodendron* (сексеуіл) және *C. leucocladum* (жүзгін), олар қауымдастықтың жоғарғы ярусын құрайды және экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Қауымдастық құрамында барлығы шамамен 20-дан астам түр кездеседі. Олардың ішінде (кесте 7):

Доминантты түрлері - *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum* ;

Субдоминанттар — *Krascheninnikovia ceratoides, Astragalus flexus, Descurainia sophia, Atriplex tatarica, Eremopyrum orientale*;

Ілеспелі және сирек түрлер — *Ceratocarpus arenarius, Poa bulbosa, Acanthophyllum pungens, Limonium otolepis, Asparagus officinalis, Scorzonera sericeolanata, Allium sobulosum, Oedibasis apiculata, Alyssum desertorum, Meniocus linifolius, Corispermum hyssopifolium, Atraphaxis replicata.*

Фитоценоздың құрылымы көпқабатты.

Бірінші ярус - бұл қабаттың негізгі компоненттері - *Haloxylon ammodendron* және *C. leucocladum*. Өсімдіктердің биіктігі 140-220 см. Олар қауымдастықтың қаңқасын құрайды және экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Бұталы өсімдіктер топырақты бекітуде, ылғалды сақтау мен жел эрозиясын азайтуда маңызды рөл атқарады.

Екінші ярус - бұл қабатта жартылай бұталы және көпжылдық шөптесін өсімдіктер басым. Негізгі түрлері - *Krascheninnikovia ceratoides, Artemisia terrae-albae, Astragalus flexus* сондай-ақ эфемероидты өсімдіктер кездеседі. Өсімдіктердің орташа биіктігі 40-70 см. Бұл ярус фотосинтез процесінің негізгі бөлігі болып табылады және өсімдіктердің маусымдық дамуын қамтамасыз етеді.

Үшінші ярус - бұл қабатты эфемерлер мен біржылдық шөптесін өсімдіктер құрайды. Негізгі өкілдері - *Eremopyrum orientale, Poa bulbosa, Atriplex tatarica, Ceratocarpus arenarius, Alyssum desertorum* және басқа да түрлері. Олардың биіктігі 5-15 см, көктем мен ерте жаз мезгілінде белсенді дамиды. Бұл қабат топырақтың биологиялық өнімділігін арттыруға және қоректік заттардың айналымын қолдауға ықпал етеді.

Өсімдік тығыздығы орташа, шамамен 2,5-4 дарақ/м $^2$. Бұталы түрлер сирек орналасқанымен, олардың кеңістіктік орналасуы экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Шөптесін және эфемерлік қабатта өсімдіктердің маусымдық ауысуы байқалады: көктемде эфемерлер басым

болса, жаздың соңына қарай жусан мен изен тәрізді көпжылдықтар белсенді дамиды.

Қауымдастық құрамында ксерофиттер мен псаммофиттер басым - олардың үлесі тиісінше 65% және 25%, ал мезоксерофиттердің үлесі шамамен 10% құрайды. Мұндай құрылым өсімдіктердің құрғақшылыққа және жел эрозиясына бейімделуінің жоғары деңгейін көрсетеді.

Антропогендік әсер әлсіз: мал таптауы және жол маңындағы механикалық бұзылулар сирек кездеседі. Құмды бедерлер жақсы бекітілген, өсімдік жамылғысы табиғи тепе-теңдік күйінде.



Сурет 8 – Сарыесік-Атырау *C. leucocladum* алтыншы ценопопуляциясының таралу

Кесте 7 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Haloxylon ammodendron* | sp | 220 | 5 | - |
| 2 | *C. leucocladum* | sp | 140 | 10 | + |
| 3 | *Krascheninnikovia ceratoides* | cop1 | 70 | 1 | - |
| 4 | *Astragalus flexus* | sp | 75 | 5 | + |
| 5 | *Acanthophyllum pungens* | sol | 50 | 1 | É |
| 6 | *Atraphaxis replicata* | un | 60 | 0,1 | ~ |
| 7 | *Descurainia sophia* | sol | 50 | 1 | + |
| 8 | Carex physodes | sp | 10 | 1 | # |
| 9 | *Atriplex tatarica* | sp | 10 | 1 | # |
| 10 | *Eremopyrum orientale* | sol | 7 | 1 | + |
| 11 | *Poa bulbosa* | sol | 15 | 1 | C |
| 12 | *Ceratocarpus arenarius* | sol | 5 | 1 | + |

7 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | *Corispermum hyssopifolium* | rr | 15 | 1 | C |
| 14 | *Limonium otolepis* | un | 60 | 1 | O |
| 15 | *Euphorbia rapulum* | sol | 5 | 1 | C |
| 16 | *Asparagus officinalis* | sol | 50 | 1 | + |
| 17 | *Oedibasis apiculata* | rr | 30 | 1 | É |
| 18 | *Allium sobulosum* | rr | 40 | 1 | É |
| 19 | *Meniocus linifolius* | rr | 15 | 1 | # |
| 20 | *Alyssum desertorum* | rr | 20 | 1 | # |
| 21 | *Scorzonera sericeolanata* | rr | 30 | 1 | O |

Флоралық құрамның талдауы

Төртінші ценопопуляция — жүзгінді–жусанды–сексеуілді қауымдастық. Географиялық орны мен рельефі: қауымдастық Жетісу облылының Жетісу ауданы аумағында, Сарыесік-Атырау құмдарында, Бақанас елді мекеніне жақын маңда орналасқан. Рельефі барханаралық төмен аймақтармен сипатталады, бұл ылғал аздап жиналатын ойыстардың бар екенін көрсетеді. Микрорельефі ұсақ бұдырлы, ал алқапта барханның төменгі бөлігінде орналасқан, бұл өсімдік өсіруге қолайлы микрожер бедерін қалыптастырады.

Флоралық құрамы: құмды экожүйелерге тән өсімдіктер басым: *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum* және *Calligonum aphyllum*. Өсімдік жамылғысының басым бөлігі аз қамтылу үлесіне ие (*Descurainia sophia, Eremopyrum orientale, Atriplex tatarica*), ал кейбір сирек түрлер (*Scorzonera sericeolanata, Neotrinia splendens*) аз кездеседі. Жалпы проективті қамтылуы шамамен 25%, бұл өсімдіктердің таралу тығыздығының төмен екенін көрсетеді.

Қауымдастықтың ерекшелігі – сирек жамылғы және сирек кездесетін түрлердің болуы. Экожүйе аздап бұзылған, бірақ жол мен жайылымға жақындығы флораның тұрақтылығына әсер етуі мүмкін. Сондықтан сирек түрлердің жағдайын тұрақты бақылап, экожүйедегі өзгерістерді қадағалау қажет.

Бесінші ценопопуляция — Жүзгінді–сексеуілді қауымдастық. Географиялық орны мен рельефі: қауымдастық Жетісу облылының Балқаш ауданы аумағында, Сарыесік-Атырау құмдарындағы барханның төбесінде орналасқан. Микрорельефі ұсақ толқынды, бұл құмды экожүйелерге тән сипатта. Құмдар жақсы бекітілген, ал экожүйенің бұзылу деңгейі төмен.

Флоралық құрамы: қауымдастықтың негізгі түрлері: *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum , Descurainia sophia, Eremopyrum orientale*. Сонымен қатар *Stipa caucasica* және *Poa bulbosa* сияқты әртүрлі жамылғы

деңгейіндегі түрлер кездеседі. Жалпы өсімдік жамылғысының проективті қамтылуы 20–30% аралығында, бұл орташа өсімдік тығыздығын көрсетеді.

Қауымдастық тұрақты және бархандық экожүйелер жағдайына жақсы бейімделген. Дегенмен өсімдік жамылғысының салыстырмалы түрде төмен деңгейін ескере отырып, экожүйенің деградациясын болдырмау мақсатында әрі қарай мониторинг жүргізу қажет.

Алтыншы ценнопопуляция — сексеуілді–жүзгінді қауымдастық. Географиялық орны мен рельефі: қауымдастық Сарыесік-Атырау құмдарының бархандарында, жол маңында орналасқан. Микрорельефі ұсақ толқынды, бұл құмды шөл аймақтарына тән бедер түрі.

Флоралық құрамы: өсімдік құрамында *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum,* сондай-ақ *Descurainia sophia, Poa bulbosa, Ceratocarpus arenarius* сияқты шөптесін өсімдіктер басым. Сонымен қатар *Meniocus linifolius, Scorzonera sericeolanata* және *Euphorbia rapulum* сияқты аз қамтылған түрлер кездеседі. Бұл жағдай олардың таралу аймағының шектеулі екенін көрсетеді.

Қауымдастық шөлдік экожүйелердің типтік өкілі болып табылады, мұнда сексеуіл және басқа да құмды өсімдіктер басым. Өсімдік жамылғысының жалпы қамтылуы шамамен 30%. Дегенмен, сирек түрлердің болуы және кейбір шөптесін өсімдіктердің шектеулі таралуы экожүйенің тұрақтылығына климаттық және антропогендік факторлардың әсер ету мүмкіндігін көрсетеді.

Үшінші популяция – Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдарының Малайсары өңірінде теңіз деңгейінен шамамен 582 метр биіктікте орналасқан. Бұл аумақтың жер бедері ұсақ төбешікті және әлсіз толқынды барханды құмдармен сипатталады. Жалпы бедері жазық-толқынды, микрорельефі ұсақ бұдырлы. Топырағы борпылдақ, әлсіз бекітілген құмды, механикалық құрамы жеңіл, гумус мөлшері төмен. Климаттық жағдайы құрғақ континенталды, шөлге тән жел эрозиясы байқалады.

Антропогендік әсер шамалы — мал таптауы әлсіз, өсімдік жамылғысы табиғи қалпын сақтаған. Бұл алқапта құмды шөл аймағына тән жартылай тұрақтанған экожүйелердің үлгісі болып саналады.

Зерттелген шөлдік аймақтың флорасы 52 түрден тұрады, олар 46 туыс және 18 тұқымдасқа бөлінген. Ең бай тұқымдастар: Chenopodiaceae (12 түр, 9 туыс), Poaceae (7 түр, 6 туыс) және Asteraceae (6 түр, 6 туыс). Негізгі доминанттар – жүзгін (*Calligonum aphyllum*) және жуашықты қоңырбас (*Poa bulbosa*). *Calligonum aphyllum* бұтасы 100 – 120 см биіктікке жетіп, құмды бекітуде және микроклимат қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. *Poa bulbosa* шөптесін қабатты түзеп, топырақтың үстіңгі бөлігінде тығыз жамылғы құрайды (биіктігі 5–10 см).

Қосымша түрлер қатарында *Carex physodes, Artemisia terrae-albae, Agropyron desertorum, Descurainia sophia, Eremurus inderiensis, Scorzonera sericeolanata, Alyssum desertorum, Eremopyrum orientale* және *Arnebia decumbens*сияқты өсімдіктер бар. Бұл түрлер қауымдастықтың маусымдық динамикасын қамтамасыз етеді және экожүйенің флоралық алуантүрлілігін арттырады.

Жалпы проективтік жамылғы шамамен 30 – 40% құрайды. Өсімдік түрлерінің басым бөлігі ксерофитті және псаммофитті экологиялық топтарға жатады, яғни олар құрғақшылық пен жоғары температураға жақсы бейімделген. Қауымдастықтың фитоценоз құрылымы табиғи және тұрақты, өсімдіктердің тамыр жүйесі терең, бұл оларды ылғал тапшылығына төзімді етеді.

Физиономиялық тұрғыдан қауымдастық үш ярустан тұрады: жоғарғы қабатты бұталы өсімдіктер (*Calligonum aphyllum, Krascheninnikovia ceratoides*), ортаңғы ярус шөптесін түрлер (*Poa bulbosa, Agropyron desertorum, Carex physodes*), ал төменгі ярус эфемерлер мен эфемероидтар (*Lappula squarrosa, Descurainia sophia, Erodium oxyrhinchum*) құрайды.

Жетінші ценопопуляция – Жүзгінді–қоңырбасты (*Calligonum aphyllum – Poa bulbosa*) қауымдастығы.

Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдарының Малайсары өңірінде теңіз деңгейінен 582 метр биіктікте орналасқан бұл қауымдастық толқынды және бұдырлы рельефті, жақсы бекітілген құмдарда қалыптасқан. Географиялық координаттары - 44.461764 N, 76.808321 E. Қауымдастық барханның толқынды бөліктерінде шоғырланған, микрорельефі ұсақ толқынды, ал *C. leucocladum* сирек кездеседі. Құмдар өсімдік тамырларымен жақсы бекітілген, экожүйенің бұзылуы әлсіз деңгейде байқалады (сурет 9).

Өсімдік жамылғысының жалпы проективті қамтылуы 30-40% құрайды, бұл орташа тығыздықтағы өсімдіктер қауымдастығын сипаттайды. Құрамында шамамен 24 түр бар, олардың көпшілігі ксерофитті және псаммофитті экологиялық топтарға жатады. Доминантты түрлер – *C. aphyllum және Poa bulbosa* субдоминанттар *C. leucocladum, Krascheninnikovia ceratoides, Artemisia terrae-albae, Agropyron desertorum* және *Carex physodes;* ал ілеспелі түрлер ретінде *Descurainia sophia, Ceratocarpus arenarius, Eremopyrum orientale, Alyssum desertorum, Scorzonera sericeolanata, Heliotropium dasycarpum* және басқалар кездеседі (кесте 8).

Қауымдастық үш ярусты құрылыммен сипатталады:

Бірінші ярус - биіктігі 100-120 см жететін бұталардан және жартылай бұталардан (*C. aphyllum, C. leucocladum*) тұрады;

Екінші ярус - биіктігі 30-60 см болатын шөптесін өсімдіктерден (*Poa bulbosa, Krascheninnikovia ceratoides, Agropyron desertorum*) құралған;

Үшінші ярус - 10-30 см эфемерлер мен біржылдық шөптесін өсімдіктер (*Descurainia sophia, Eremopyrum orientale, Alyssum desertorum*) және т.б. басым.

Популяцияның жалпы тығыздығы 3-5 дарақ/м² шамасында. Өсімдіктердің басым бөлігі ксерофиттер (65%) мен псаммофиттерге (25%) жатады, ал мезоксерофиттердің үлесі шамамен 10% құрайды. Мұндай түрлер құрғақшылыққа және құмды жел эрозиясына жоғары бейімделген. Антропогендік әсер әлсіз, тек жол маңында сирек механикалық тапталу байқалады



Сурет 9 – Малайсары *C. leucocladum* жетінші ценопопуляциясының таралу

Кесте 8 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Calligonum aphyllum* | sp | 100 | 5 | + |
| 2 | *C. leucocladum* | sol | 120 | 3 | + |
| 3 | *Poa bulbosa* | cop 3 | 30 | 15 | + |
| 4 | *Artemisia terrae-albae* | sol | 40 | 1 | - |
| 5 | *Agropyron desertorum* | sol | 60 | 3 | + |
| 6 | *Delphinium camptocarpum* | sol | 24 | 1 | O |
| 7 | *Lappula squarrosa* | sol | 9 | 1 | + |
| 8 | *Descurainia sophia* | sol | 70 | 3 | + |
| 9 | *Limonium otolepis* | sol | 40 | 1 | + |
| 10 | *Arnebia decumbens* | sol | 23 | 1 | + |
| 11 | *Ceratocarpus arenarius* | sp | 10 | 5 | + |
| 12 | *Erysimum siliculosum* | sol | 55 | 0,1 | O |
| 13 | *Meniocus linifolius* | sol | 15 | 1 | # |
| 14 | *Eremurus inderiensis* | sol | 30 | 1 | + |
| 15 | *Scorzonera sericeolanata* | sol | 35 | 3 | O |
| 16 | *Alyssum desertorum* | sol | 12 | 1 | # |
| 17 | *Tragopogon marginifolius* | sol | 7 | 0,5 | ⊃ |
| 18 | *Ephedra intermedia* | sol | 35 | 1 | - |
| 19 | *Heliotropium dasycarpum* | sol | 20 | 1 | O |

8 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | *Astragalus flexus* | rr | 70 | 0,1 | + |
| 21 | *Eremopyrum orientale* | sol | 12 | 1 | + |
| 22 | *Salsola tragus* | rr | 8 | 0,2 | - |
| 23 | *Carex physodes* | sp | 15 | 5 | ~ |
| 24 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | sp | 50 | 5 | - |
| 25 | *Nonea caspica* | rr | 10 | 0,5 | O |

Сегізінші ценопопуляция – жүзгінді – қоңырбасты (*Poa bulbosa* – *Calligonum aphyllum*) қауымдастығы Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдарының Малайсары өңірінде теңіз деңгейінен 427 метр биіктікте орналасқан (географиялық координаттары: N 44.368311, E 76.923786). Бұл қауымдастық барханды құмдардың үстіңгі бөлігінде, ұсақ толқынды микрорельефі бар, бекітілген құмдарда қалыптасқан. Жер бедері төбешікті, құмдар әлсіз бекітілген, топырақ механикалық құрамы жеңіл және борпылдақ. Құмдардың беті өсімдік тамырларымен ұсталып, жел эрозиясына төзімділікті қамтамасыз етеді. Антропогендік әсер шамалы, өсімдік жамылғысы табиғи қалпын сақтаған (сурет 10).

Фитоценоздың жалпы проективтік жамылғысы шамамен 30–40% құрайды. Қауымдастықтың доминантты түрлері — жүзгін (*Calligonum aphyllum*) және жуашықты қоңырбас (*Poa bulbosa*). Жүзгін биіктігі 110 см-ге дейін жететін бұталы өсімдік ретінде құмды бекітуде және микроклимат түзуге маңызды рөл атқарады. Ал жуашықты қоңырбас жер бетін тығыз жамылғы түрінде жауып, шөптесін қабатты құрайды; биіктігі шамамен 25 см, проективтік қамтуы 15%.



Сурет 10 – Малайсары *C. leucocladum* сегізінші ценопопуляциясының таралу

Қауымдастық құрамында сондай-ақ *C. leucocladum*, *Artemisia terrae-albae*, *Kraschenninnikovia ceratoides*, *Agropyron desertorum*, *Carex physodes*, *Eremurus inderiensis*, *Scorzonera sericeolanata*, *Erodium oxyrhinchum*,

*Tragopogon marginifolius, Alyssum desertorum, Neotrinia splendens* және *Echinops albicaulis* сияқты түрлер кездеседі. Бұл түрлер қауымдастықтың флоралық байлығын арттырып, экожүйенің маусымдық динамикасын қамтамасыз етеді.

Өсімдіктердің басым бөлігі гүлдеу және жеміс түзу фазасында болған. Көктемнің соңында эфемерлер мен эфемероидтар (мысалы, *Erodium oxyrhinchum, Meniocus linifolius*) белсенді дамып, жаздың ортасына қарай көпжылдық шөптесін және бұталы өсімдіктер басымдық алады.

Фитоценоздың экологиялық құрылымында ксерофитті және псаммофитті түрлер басым (шамамен 70–75%). Бұл өсімдіктердің құрғақ континенталды климат жағдайларына жоғары бейімделгенін дәлелдейді. Сонымен қатар, аздаған мезоксерофитті және галофитті элементтер (25%-ға дейін) де кездеседі, олар микрожайылмалы ылғалданған ойпаң бөліктерде өседі (кесте 9).

Қауымдастық құрылымы үш ярусты:

Бірінші ярус бұталар биіктігі 100-200 см (*Calligonum aphyllum, Krascheninnikovia ceratoides, C. leucocladum* ),

Екінші ярус шөптесін өсімдіктер биіктігі 50-90 см (*Poa bulbosa, Artemisia terrae-albae, Agropyron desertorum*),

Үшінші ярус эфемерлер мен эфемероидтар (*Lappula squarrosa, Erodium oxyrhinchum, Alyssum desertorum*) құрайды.

Жалпы алғанда, жүзгінді–қоңырбасты қауымдастық Сарыесік-Атырау құмдарының оңтүстік бөлігіндегі жартылай тұрақтанған шөл экожүйелерінің типтік өкілі болып табылады. Қауымдастықтың түрлік құрамы тұрақты, экологиялық тепе-теңдік сақталған, өсімдіктердің морфологиялық бейімделу қасиеттері (терең тамыр жүйесі, жапырақ редукциясы, жерасты түйнектері) олардың шөл жағдайларына бейімделуін айқын көрсетеді.

Кесте 9 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Calligonum aphyllum* | sp | 110 | 5 | + |
| 2 | *C. leucocladum* | sol | 130 | 1 | + |
| 3 | *Tragopogon marginifolius* | sol | 30 | 1 | + |
| 4 | *Krascheninnikovia ceratoides* | sol | 50 | 1 | - |
| 5 | *Scorzonera sericeolanata* | sol | 30 | 1 | O |
| 6 | *Poa bulbosa* | cop 1 | 25 | 15 | + |
| 7 | *Artemisia terrae-albae* | sp | 40 | 1 | - |
| 8 | *Arnebia decumbens* | sol | 19 | 1 | + |

9 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | *Astragalus physocarpus* | sol | 23 | 1 | + |
| 10 | *Heliotropium dasycarpum* | sol | 23 | 1 | O |
| 11 | *Eremurus inderiensis* | sol | 40 | 1 | + |
| 12 | *Meniocus linifolius* | rr | 15 | 0,1 | # |
| 13 | *Alyssum desertorum* | rr | 12 | 0,1 | # |
| 14 | *Neotrinia splendens* | rr | 70 | 0,1 | + |
| 15 | *Agropyron desertorum* | sol | 45 | 1 | O |
| 16 | *Erysimum siliculosum* | sol | 50 | 1 | O |
| 17 | *Ceratocarpus arenarius* | rr | 12 | 0,1 | + |
| 18 | *Delphinium camptocarpum* | rr | 25 | 0,1 | O |
| 19 | *Carex physodes* | rr | 15 | 0,1 | ~ |
| 20 | *Iris tenuifolia* | rr | 20 | 0,1 | + |
| 21 | *Echinops albicaulis* | sol | 20 | 0,1 | + |
| 22 | *Salsola tragus* | rr | 9 | 0,1 | - |
| 23 | *Lappula squarrosa* | rr | 12 | 0,1 | + |
| 24 | *Eremopyrum distans* | sol | 11 | 1 | ~ |
| 25 | *Bassia prostrata* | sol | 30 | 1 | - |
| 26 | *Erodium oxyrhinchum* | sol | 7 | 1 | + |

Тоғызыншы ценопопуляция (РЗСр3) – жүзгінді–софия сармала–қоңырбасты (*Poa bulbosa – Descurainia sophia – Calligonum aphyllum*) Жетісу облылы Балқаш ауданының Сарыесік – Атырау құмдарының Малайсары аймағында, теңіз деңгейінен 477 метр биіктікте кездесті (координаттары: N 44.209426, E 77.069398). Қауымдастық құмдарының жоғарғы жағында, жолдың жанында орналасқан. Жер бедері бұдырлы, құмдары бекітілген, ұсақ толқынды микрорельеф, ішінара өсімдік тамырларымен қопсытылған. Антропогендік әсер әлсіз, экожүйе табиғи тепе-теңдікті сақтап қалды. Өлшенген алқаптанің ауданы 30×30 м, ал жалпы проективті жабын шамамен 40% құрайды (сурет 11).

Қауымдастық флорасында өсімдіктердің 30-ға жуық түрі бар. Негізгі доминанттар-*Calligonum aphyllum* және *Poa bulbosa*. *Calligonum aphyllum* биіктігі шамамен 100 см, құмды бекітуде және микроклиматты құруда маңызды рөл атқарады. *Poa bulbosa* 15% жабыны бар жерде тығыз шөпті қабат түзеді. Маңызды субдоминантты түрлердің бірі – *Descurainia sophia*, оның проективті жабыны шамамен 10% құрайды, бұл қауымдастықтың орташа қабатын құрайды.

Құрамда бұталы, шөпті және эфемерлі өсімдіктер бар. Қосымша түрлерге *C. leucocladum, Artemisia terrae-albae, Agriophyllum pungens, Eremurus enteriensis, Ceratocarpus arenarius, Eremopyrum orientale, Alyssum desertorum, Astragalus physocarpus, Nonea caspica* және *Erodium oxyrhinchum* бар. Сирек кездесетін түрлерге *Tragopogon margi, Astragalus petraeus, Limonium otolepis, Asparagus officinalis, Iris tenuifolia* және *Horaninovia ulicina* жатады.

Фенологиялық тұрғыдан өсімдіктердің көпшілігі өну және гүлдену кезеңінде болды. Эфемерлер мен эфемероидтар (*Erodium oxyrhinchum, Meniocus linifolius, Alyssum desertorum*) көктемнің соңында дамып, жаздың ортасында көпжылдық шөптесін және бұталы түрлермен алмасады (кесте 10).

Фитоценоздың экологиялық құрылымында құрғақ және құмды орта жағдайларына жақсы бейімделген ксерофитті және псаммофитті түрлер (шамамен 70%) басым. Сонымен қатар, мезоксерофиттер мен галофиттердің аз мөлшері (шамамен 30%), қауымдастықтың микрограммалық, ылғалданған бөліктерінде кездесетін түрлер бар.

Құрылымдық жағынан үш ярусты фитоценоз:

Бірінші ярус бұталар биіктігі 70-100 см (*Calligonum aphyllum, C. leucocladum, Kraschenninnikovia ceratoides*).

Екінші ярус шөптесін өсімдіктер биіктігі 30-65 см (*Poa bulbosa, Descurainia sophia, Artemisia terrae-albae*).

Үшінші ярус эфемерлер мен эфемероидтар биіктігі 10-30 см (*Alyssum desertorum, Erodium oxyrhinchum, Meniocus linifolius, Eremopyrum distans*).



Сурет 11 – Малайсары *C. leucocladum* тоғызыншы ценопопуляциясының таралу

Кесте 10 – Қауымдастықтың флоралық құрамының сипаттамасы

| № | Өсімдік атауы | Кездесу жиілігі | Биіктігі, см | Жабындылық (%) | Фенофаза |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Calligonum aphyllum* | sp | 100 | 5 | + |
| 2 | *C. leucocladum* | sol | 120 | 3 | + |
| 3 | *Descurainia sophia* | cop 1 | 65 | 10 | + |

10 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | *Poa bulbosa* | cop 2 | 25 | 15 | + |
| 5 | *Nonea caspica* | sol | 10 | 1 | + |
| 6 | *Erodium oxyrhinchum* | sol | 15 | 1 | + |
| 7 | *Astragalus physocarpus* | sol | 30 | 1 | C |
| 8 | *Artemisia terrae-albae* | sol | 20 | 1 | - |
| 9 | *Agriophyllum pungens* | sol | 15 | 1 | - |
| 10 | *Ceratocarpus arenarius* | sol | 10 | 1 | + |
| 11 | *Meniocus linifolius* | sol | 20 | 1 | # |
| 12 | *Arnebia decumbens* | sol | 15 | 1 | + |
| 13 | *Delphinium camptocarpum* | sol | 25 | 1 | + |
| 14 | *Eremopyrum orientale* | sol | 15 | 1 | + |
| 15 | *Eremurus inderiensis* | sol | 70 | 1 | + |
| 16 | *Tragopogon margi* | rr | 20 | 0,5 | + |
| 17 | *Xanthium strumarium* | rr | 25 | 1 | - |
| 18 | *Asparagus officinalis* | rr | 60 | 1 | + |
| 19 | *Corispermum hyssopifolium* | rr | 20 | 1 | C |
| 20 | *Astragalus petraeus* | rr | 20 | 0,1 | + |
| 21 | *Agropyron desertorum* | rr | 30 | 0,1 | + |
| 22 | *Alyssum desertorum* | rr | 12 | 0,1 | # |
| 23 | *Eremopyrum distans* | rr | 10 | 0,1 | + |
| 24 | *Limonium otolepis* | rr | 50 | 1 | O |
| 25 | *Heliotropium dasycarpum* | rr | 18 | 0,1 | + |
| 26 | *Iris tenuifolia* | rr | 25 | 0,1 | + |
| 27 | *Salsola tragus* | rr | 10 | 0,5 | - |
| 28 | *Lappula squarrosa* | sol | 40 | 1 | + |
| 29 | *Horaninovia ulicina* | rr | 15 | 0,5 | - |
| 30 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | sol | 70 | 1 | - |

Жалпы, бұл қауымдастық түр құрамына бай, құрылымы тұрақты, экологиялық тепе-теңдікгі сақталған. Қауымдастықтағы өсімдіктердің

морфологиялық-физиологиялық бейімделуінің белгілері (терең тамыр жүйесі, жапырақтардың азаюы, жер асты түйнектерінің болуы) олардың құрғақ климаттық жағдайларға және құмды ортаға жоғары бейімделуін көрсетеді.

Флоралық құрамды талдау

Жетінші ценопопуляция - жүзгінді–қоңырбасты (*Calligonum aphyllum – Poa bulbosa*) қауымдастығы. Географиялық орналасуы мен рельефі: қауымдастық Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау, Малайсары аймағында орналасқан. Жер бедері-бекітілген бұдырлы құмдар, өсімдік жамылғысы толқынды барханаңың үстінде орналасқан. Микрорельеф ұсақ түйіршікті, бұл баранда арамшөптің әлсіз өсуіне ықпал етеді. Алқаптанің ауданы 30×30 м. экожүйенің бұзылуы әлсіз деңгейде байқалады.

Флоралық құрамы: құмды экожүйелерге тән негізгі түрлер – *C. aphyllum, C. leucocladum* және *Poa bulbosa*. Олар бекітілген құмды алқаптардың негізгі өсімдік компоненттері. Сонымен қатар, *Descurainia sophia, Artemisia terrae-albae, Agropyron desertorum, Limonium otolepis, Ceratocarpus arenarius* сияқты түрлер орташа жиілікте кездеседі, бұл теңдестірілген қауымдастық құрамын көрсетеді. Жалпы проективті жабын 30-дан 40% - ға дейін, бұл өсімдіктердің орташа тығыздығын білдіреді.

Қауымдастық тұрақты және құмды экожүйелерге тән табиғи сипатқа ие. Сирек түрлердің болуы оның флоралық құрамының құндылығын арттырады және бақылауда тұрақтылықты сақтауды талап етеді.

Сегізінші ценопопуляция жүзгінді – қоңырбасты (*Poa bulbosa – Calligonum aphyllum*) қауымдастық. Географиялық орналасуы және рельефі: бұл қауымдастық Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау, Малайсары аумағында орналасқан. Жер бедері – бекітілген бұдырлы құмдар, барханаңың үстінде өсімдіктер қауымдастығы орналасқан. Микрорельеф ұсақ түйіршікті, экожүйенің бұзылу деңгейі төмен. Алқаптанің ауданы 30×30 м, жалпы проективті жамылғы 30-40% құрайды.

Флоралық құрамы: бұл қауымдастықтың түрлік құрамы бұрынғыға ұқсас. Негізгі түрлері – *C. aphyllum, C. leucocladum, Poa bulbosa, Artemisia terrae-albae, Scorzonera sericeolanata, Eremurus enteriensis, Neotrinia splendens*. Бұл түрлер бархан құмдарының типтік өсімдіктері болып табылады. Сонымен қатар, M*eniocus linifolius, Alyssum desertoru*m сияқты сирек кездесетін түрлердің болуы экожүйенің тұрақсыздығының белгілерін көрсетуі мүмкін. Жалпы қамту шамамен 30–40% деңгейінде.

Қауымдастық қалыпты жабын тығыздығымен және түрлердің әртүрлілігімен сипатталады, бірақ сирек кездесетін түрлердің болуы флораның күйін үнемі бақылауды қажет етеді. Антропогендік әсер аз болғанымен, оның жоғарылауы экожүйенің тұрақтылығына әсер етуі мүмкін.

Тоғызыншы ценопопуляция – жүзгінді – софия сармала –қоңырбасты (*Poa bulbosa – Descurainia sophia – Calligonum aphyllum*) қауымдастық Жетісу облылында, Балқаш ауданында, Сарыесік-Атырауда, Малайсары аймағында, жолдың жанында орналасқан. Жер бедері – гофрленген құмдар, ұсақ

түйіршікті микрорельеф, құмды аймаққа тән. Экожүйе аздап бұзылған, бірақ жолдың жақындығы сыртқы әсерлердің ықтималдығын арттырады.

Флоралық құрамы: қауымдастықтың түрлерінде *C. aphyllum, C. leucocladum, Poa bulbosa, Descurainia sophia, Nonea caspica, Ceratocarpus arenarius, Artemisia terrae-albae, Agropyron desertorum* сияқты түрлер басым. Сирек кездесетін *Alyssum desertorum, Meniocus linifolius, Corispermum hyssopifolium* сияқты түрлер де тіркелген, бұл шектеулі таралуын көрсетеді. Жалпы проективті жамылғы шамамен 40% құрайды, яғни өсімдіктер алдыңғы қауымдастықтармен салыстырғанда тығыз.

Қауымдастық өсімдіктермен жақсы қоныстанған және сирек кездесетін түрлердің көп болуы оның байлығын флора тұрғысынан арттырады. Экожүйе тұрақты, бірақ жолға жақын болу болашақта экологиялық тепе-теңдікке әсер етуі мүмкін. Сондықтан бұл аймақ үнемі бақылауды қажет етеді.

### 3.1.1 Зерттеу аймағында анықталған өсімдіктердің таксономиялық құрамы мен тұқымдастық құрылымының талдауы

Зерттеу аумағында кездесетін өсімдіктердің таксономиялық құрылымын сипаттайтын мәліметтерге 89 тұқымдас жатады. Әр тектегі туыстар мен түрлердің саны анықталды және олардың жалпы флорадағы үлесі пайызбен есептелді. Барлығы 552 туыс және 1306 түрі тіркелген. Тұқымдастардың түрлік және туыстық құрамын талдау флораның бай және алуан түрлі екенін көрсетеді. Түрлердің әртүрлілігінің ең жоғары деңгейі Asteraceae тұқымдасына тән-бұл тұқымдасы 164 туыстан және 205 түрден тұрады, бұл жалпы флораның 15,7% құрайды. Алабұталар тұқымдасының (Chenopodiaceae) 40 туысы және 122 түрі бар, бұл жалпы түрлердің 9,34% құрайды. Ал бұршақ тұқымдасы (Fabaceae) 23 туысымен және 105 түрімен сипатталады және 8,04% флораны қамтиды. Туыстарының саны бойынша ең бай тұқымдасы – Asteraceae (164 туыс), одан кейін Poaceae (дәнді дақылдар тұқымдасы) – 46 туыс. Бұл көрсеткіштер флораның құрғақ және шөлейт аймақтарға тән өсімдіктерге жақсы бейімделгенін дәлелдейді. Флорадағы үш ірі тұқымдасы (Asteraceae, Chenopodiaceae, Fabaceae) зерттелген барлық түрлердің 33,08% құрайды. Қалған тұқымдастардың үлесі 10% - дан төмен. Бұл шөлді және шөлейт аймақтардың флорасына тән жағдай, мұнда бірнеше негізгі тұқымдастар экожүйенің негізгі құрылымдық бөлігін құрайды (кесте 11). Мұндай сирек кездесетін тұқымдастар көбінесе тар экологиялық аймақтарға бейімделген немесе таралу аймағы шектеулі түрлермен ерекшеленеді. Зерттеу аумағында флораның таксономиялық құрылымы 552 туыстық және 1306 түрден тұрады. Орташа алғанда, бір тұқымдасқа шамамен 14-15 түр келеді. Бұл аймақтың өсімдіктер әлемі экологиялық және географиялық тұрғыдан алуан түрлі екенін дәлелдейді. Флораның бұл құрылымы аймақтың биологиялық алуантүрлілігін бағалау, экологиялық аймақтарға бөлу және сирек кездесетін түрлердің таралу ерекшеліктерін анықтау үшін маңызды ғылыми дереккөз болып табылады. Бұл деректерді болашақта флораның өзгеруін бақылау және экожүйелердің тұрақтылығын бағалау үшін де пайдалануға болады.

Кесте 11 – Зерттеу аумағында кездесетін тұқымдастар (туыстар мен түрлер)

| № | Тұқымдастар | Туыстар саны | Түрлер саны | Түрлер санының |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Aspleniaceae | 1 | 2 | 0,15% |
| 2. | Equisetaceae | 1 | 4 | 0,31% |
| 3. | Ephedraceae | 1 | 3 | 0,23% |
| 4. | Sparganiaceae | 1 | 3 | 0,23% |
| 5. | Poaceae | 46 | 100 | 7,66% |
| 6. | Asphodelaceae | 1 | 3 | 0,23% |
| 7. | Melanthiaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 8. | Liliaceae | 3 | 15 | 1,15% |
| 9. | Asparagaceae | 1 | 5 | 0,38% |
| 10. | Amaryllidaceae | 2 | 15 | 1,15% |
| 11. | Iridaceae | 2 | 8 | 0,61% |
| 12. | Salicaceae | 2 | 21 | 1,61% |
| 13. | Betulaceae | 1 | 3 | 0,23% |
| 14. | Ulmaceae | 2 | 2 | 0,15% |
| 15. | Cannabaceae | 2 | 2 | 0,15% |
| 16. | Urticaceae | 2 | 5 | 0,38% |
| 17. | Santalaceae | 1 | 2 | 0,15% |
| 18. | Polygonaceae | 9 | 48 | 3,68% |
| 19. | Chenopodiaceae | 40 | 122 | 9,34% |
| 20. | Portulacaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 21. | Caryophyllaceae | 13 | 31 | 2,37% |
| 22. | Nymphaeaceae | 2 | 3 | 0,23% |
| 23. | Ranunculaceae | 6 | 16 | 1,23% |
| 24. | Berberidaceae | 2 | 3 | 0,23% |
| 25. | Papaveraceae | 4 | 7 | 0,54% |
| 26. | Fumariaceae | 2 | 3 | 0,23% |

11 – ші кестенің жалғасы

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 27. | Capparaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 28. | Brassicaceae | 45 | 93 | 7,12% |
| 29. | Droseraceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 30. | Crassulaceae | 2 | 3 | 0,23% |
| 31. | Rosaceae | 8 | 22 | 1,68% |
| 32. | Fabaceae | 23 | 105 | 8,04% |
| 33. | Geraniaceae | 2 | 5 | 0,38% |
| 34. | Linaceae | 1 | 2 | 0,15% |
| 35. | Peganaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 36. | Zygophyllaceae | 2 | 13 | 1,00% |
| 37. | Nitrariaceae | 2 | 3 | 0,23% |
| 38. | Rutaceae | 2 | 4 | 0,31% |
| 39. | Euphorbiacea | 2 | 21 | 1,61% |
| 40. | Callitrichaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 41. | Aceraceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 42. | Vitaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 43. | Malvaceae | 6 | 8 | 0,61% |
| 44. | Hypericaceae | 1 | 2 | 0,15% |
| 45. | Frankeniaceae | 1 | 3 | 0,23% |
| 46. | Tamaricaceae | 2 | 10 | 0,77% |
| 47. | Violaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 48. | Thymelaeaceae | 3 | 4 | 0,31% |
| 49. | Elaeagnaceae | 2 | 2 | 0,15% |
| 50. | Lythraceae | 2 | 7 | 0,54% |
| 51. | Onagraceae | 3 | 7 | 0,54% |
| 52. | Halorrhagidaceae | 1 | 2 | 0,15% |
| 53. | Hippuridaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 54. | Cynomoriaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 55. | Primulaceae | 3 | 3 | 0,23% |

11 – ші кестенің жалғасы

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 56. | Apiaceae | 18 | 42 | 3,22% |
| 57. | Plumbaginaceae | 4 | 18 | 1,38% |
| 58. | Oleaceae | 1 | 3 | 0,23% |
| 59. | Gentianaceae | 2 | 7 | 0,54% |
| 60. | Menyanthaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 61. | Convolvulaceae | 2 | 7 | 0,54% |
| 62. | Cuscutaceae | 1 | 11 | 0,84% |
| 63. | Boraginaceae | 16 | 35 | 2,68% |
| 64. | Lamiaceae | 20 | 46 | 3,52% |
| 65. | Solanaceae | 4 | 7 | 0,54% |
| 66. | Scrophulariaceae | 12 | 24 | 1,84% |
| 67. | Orobanchaceae | 2 | 9 | 0,69% |
| 68. | Lentibulariaceae | 1 | 2 | 0,15% |
| 69. | Plantaginaceae | 1 | 9 | 0,69% |
| 70. | Rubiaceae | 3 | 14 | 1,07% |
| 71. | Caprifoliaceae | 1 | 1 | 0,08% |
| 72. | Valerianaceae | 2 | 5 | 0,38% |
| 73. | Dipsacaceae | 2 | 2 | 0,15% |
| 74. | Asteraceae | 164 | 205 | 15,70% |
| 75. | Жалпы саны | 552 | 1306 | 100% |

3.1.2 Зерттеу аймағы флорасының тұқымдастық құрамын салыстырмалы талдау

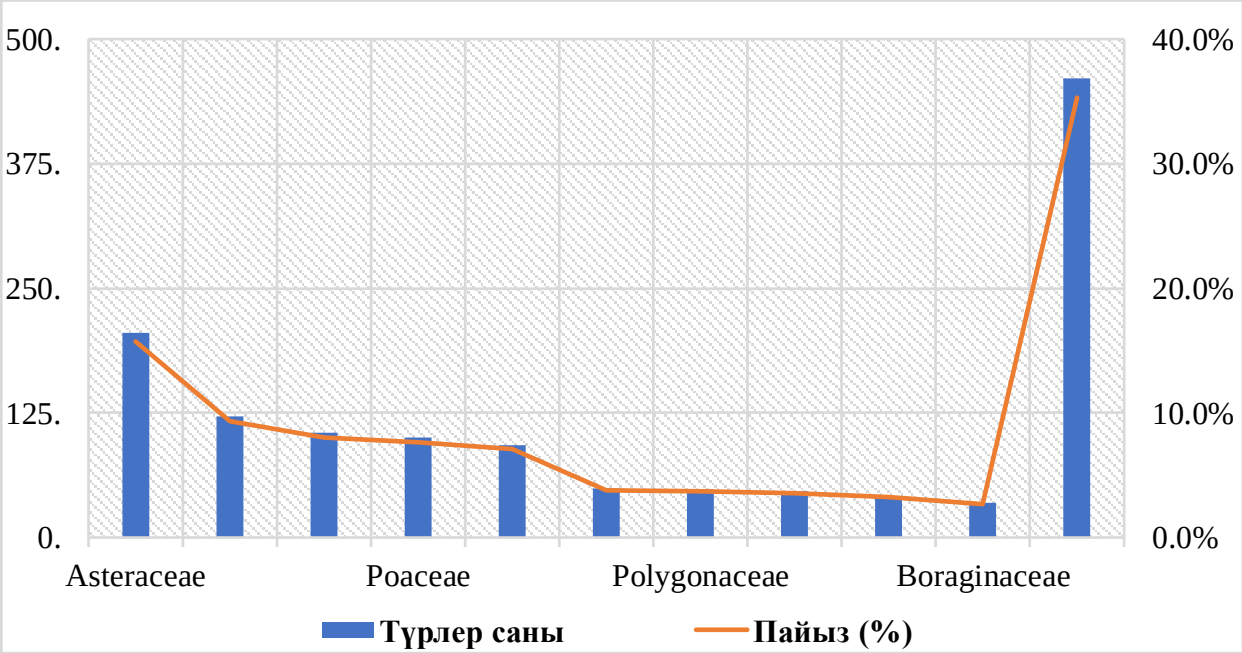
Зерттеу аумағында анықталған өсімдіктердің таксономиялық құрамын талдау нәтижесінде туыстар мен түрлердің жалпы санындағы негізгі тұқымдастың үлесі есептелді. Нәтижесінде флора құрылымында бірнеше басым тұқымдастар жетекші рөл атқаратыны анықталды.

Ең көп таралған тұқымдастарға Asteraceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Poaceae және Brassicaceae жатады. Asteraceae тұқымдасы 164 туыстан және 205 түрден тұрады, бұл туыстардың жалпы санының 29,7% және барлық түрлердің 15,7% құрайды. Chenopodiaceae тұқымдасының 40 туысы және 122 түрі бар, сәйкесінше 7,2% және 9,3%. Fabaceae тұқымдасы 23 туыстарымен (4,2%) және 105 түрімен (8,0%) ерекшеленеді. Poaceae тұқымдасы 46 туыстан

(8,3%) және 100 түрден (7,7%) тұрады. Ал Brassicaceae тұқымдасына 45 туыс (8,2%) және 93 түр (7,1%) кіреді ( сурет 12).

Ең аз түр құрамы бар тұқымдастарға және сирек кездесетін тұқымдастар бар. Барлығы 24 тұқымдасы тек бір түрмен ұсынылған, бұл жалпы тұқымдастардың 26,9% құрайды, бірақ олардың бүкіл флорадағы үлесі небәрі 1,8% құрайды. Бұл жағдай шектеулі экологиялық бейімделуді және тұқымның тар таралуын білдіреді.

Asteraceae және Chenopodiaceae тұқымдастары гүл құрамының айқын көп бөлігін құрайды. Бұл екі тұқымдас барлық түрлердің 22,9% және барлық туыстардың 36,9% қамтиды. Қалған 87 тұқымдас флораның 77,1% құрайды. Бұл концентрация биоалуантүрліліктің салыстырмалы түрде аз ғана ірі тұқымдастарда жиналатынын көрсетеді.




Сурет 12 – Зерттеу аумағындағы өсімдік тұқымдастарының пайыздық үлесі

Жалпы алғанда, алғашқы бес тұқымдасы барлық түрлердің 47,8% -. қамтиды (1306 түрдің 624-і), ал қалған 84 тұқымдасы 52,2% (682 түр) құрайды. Бұл дәлелдер флораның негізгі бөлігі шектеулі топтағы тұқымдастарға тән екенін, ал қалған түрлерінің кең экологиялық таралуын көрсетеді. Тек бір туыс және бір түр ұсынған тұқымдастар барлық түрлердің 3,2% және барлық тұқымдардың 0,2% құрайды. Бұл олардың сирек кездесетінін және экожүйеде шектеулі рөл атқаратынын көрсетеді.

Қосымша есептеулер көрсеткендей, туыстарының саны бойынша алғашқы он тұқымдас 552 туыстың 295-ін қамтиды, яғни 53,4%. Ал түрлердің саны бойынша алғашқы он тұқымдасы 1306 түрдің 810-6 қамтиды, яғни 62,0%. Осылайша, зерттелетін аймақтың флорасында негізгі таксономиялық байлық бірнеше жетекші тұқымдастарда шоғырланған, ал қалғандарының үлесі салыстырмалы түрде аз. Жалпы қорытынды ретінде флораның құрылымы шөлді және шөлейт экожүйелерге тән схема бойынша қалыптасады:

биоалуантүрлілік бірнеше доминантты тұқымдастарда жинақталады және сирек және тар ареальды түрлермен толықтырылады. Бұл мүмкіндік аймақтың экологиялық тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады және одан әрі мониторингтік зерттеулерге негіз бола алады.

3.1.3 Зерттеу аумағы флорасының таксономиялық әртүрлілігі және ірі тұқымдастардың экологиялық рөлі

Зерттеу нәтижелері зерттелетін аумақтағы өсімдіктердің таксономиялық әртүрлілігі жоғары деңгейде қалыптасқанын көрсетті. Барлығы 552 туыс және 89 тұқымдасқа жататын 1306 түр анықталды. Бұл көрсеткіш флораның байлығын және аймақтың экологиялық тұрақтылығын көрсетеді.

Түрлер құрамының ең үлкен үлесі – Asteraceae тұқымдасы. Бұл тұқымдасыға 205 түр жатады (15,7%) және ол аймақтағы өсімдіктердің негізгі құрамдас бөлігі болып саналады. Келесі орында алабұталар (Chenopodiaceae) 122 түр (9,34%), ал бұршақ дақылдары (Fabaceae) 105 түрмен (8,04%) үшінші орында. Бұл зерттелетін аймақтағы өсімдіктердің биоалуантүрлілігінің негізгі бөлігін анықтайды, бұл үш тұқымдас флораның жалпы түрлік құрамының 33,08% құрайды.

Asteraceae, Chenopodiaceae және Fabaceae тұқымдастары аймақтың экожүйесінің тұрақтылығын қамтамасыз етуде жетекші рөл атқарады. Asteraceae тұқымдасы тозаңдану және экожүйедегі тағамдық байланыстарды сақтау процесінде маңызды. Chenopodiaceae тұқымдасының өкілдері құрғақ және тұзды топырақ жағдайларына төзімді. Fabaceae тұқымдасы атмосфералық азотты байланыстыру арқылы топырақтың құнарлылығын арттыруға көмектеседі.

Сирек тұқымдастар болуы аймақтың флоралық бірегейлігін арттырады. Мұндай тұқымдастар экожүйенің ерекше жағдайларына бейімделген, шектеулі диапазондық және экологиялық сезімталдыққа ие. Олар табиғи биоиндикаторлар ретінде маңызды және флораны қорғау шараларында ескерілуі керек.

Орташа алғанда, бір тұқымдасқа шамамен 14 түр келеді. Бұл орташа мән аймақтың флорасының байлығын көрсетсе де, нақты бөліну біркелкі емес: ірі тұқымдастар ондаған және жүздеген түрлермен сипатталады, ал көптеген тұқымдастар 5-тен аз түрлермен шектеледі.

Зерттеу нәтижелері үлкен практикалық мәнге ие. Нәтижелер экожүйелердің күйін бағалауға, сирек кездесетін түрлерді қорғауға және ауыл шаруашылығында қолдануға болатын маңызды тұқымдастарды анықтауға пайдалы. Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae тұқымдастарындағы түрлерге экономикалық маңызы бар жем-шөп, дәнді дақылдар, майлы дақылдар және көкөніс дақылдары жатады. Сонымен қатар, сирек кездесетін және қоршаған ортаға сезімтал босану қоршаған орта жағдайларының биоиндикаторлары ретінде маңызды ақпарат көзі бола алады.

Қорытындылай келе, зерттелетін аймақтың флорасы жоғары таксономиялық әртүрлілікпен және бірнеше жетекші тұқымдастардың басым болуымен сипатталады. Сирек кездесетін және шектеулі кең таралған

тұқымдстардың болуы бұл флораның табиғи құндылығын арттырады және оны қорғаудың экологиялық қажеттілігін көрсетеді.

*Зерттеу аймағы флорасының салыстырмалы талдауы және экологиялық бейімделу ерекшеліктері*. Зерттеу нәтижелері зерттелетін флорада өсімдіктердің тіршілік формалары әртүрлі және олардың таралу құрылымы экологиялық жағдайлармен тығыз байланысты екенін көрсетеді. Барлығы 89 тұқымдас, 552 туыс және 1306 түр тіркелген.

Ең үлкен үлесті көпжылдық өсімдіктер алады (643 түрі). Бұл олардың аймақтың экологиялық жағдайына жақсы бейімделгенін және тұрақты тіршілік циклі бар екенін дәлелдейді. Көпжылдықтардың басым болуы экожүйенің тұрақтылығын және өсімдіктердің табиғи жаңару қабілетін көрсетеді.

Біржылдық өсімдіктердің (418 түрі) де айтарлықтай үлесі бар. Олардың көп саны өсімдіктердің қысқа мерзімде өсу және көбею стратегиясын қолданады. Мұндай тіршілік формалары құрғақшылыққа, маусымдық өзгерістерге және шөлейт жағдайларға жақсы бейімделеді.

Екіжылдықтар (66 түрі) салыстырмалы түрде аз кездеседі, бірақ олардың болуы флораның экологиялық және морфологиялық алуантүрлілігін толықтырады (кесте 12).

Бұталар (86 түрі), бұталар (30 түрі), бұталар (14 түрі) және ағаштар (25 түрі) аз үлеске ие болса да, экожүйенің құрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Бұл топтар негізінен шөлді және шөлейт аймақтарға тән, топырақ эрозиясын тежеуде және микроклиматтың қалыптасуында үлкен маңызға ие.

Тіршілік формаларын талдау аймақ флорасының көп бөлігін көпжылдық және біржылдық шөптесін өсімдіктер құрайтынын көрсетеді. Бұл құрылым шөлді және дала экожүйелеріне тән, өйткені мұнда қысқа вегетациялық кезеңдер мен маусымдық жаңару маңызды экологиялық бейімделулер болып табылады.

Кесте 12 – Тіршілік формалар, сандық көрсеткіші

| № | Тұқымдастар | Біржылдықтар | Екіжылдықтар | Көпжылдықтар | Жартылай бұташықтар | Жартылай бұталар | Жартылай бұталар | Бұталар | Ағаштар |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Aspleniaceae | 1 | | 1 | | | | | |
| 2. | Equisetaceae | | | 4 | | | | | |
| 3. | Ephedraceae | | | 2 | | | | 1 | |
| 4. | Sparganiaceae | | | 3 | | | | | |
| 5. | Poaceae | 29 | | 71 | | | | | |
| 6. | Asphodelaceae | | | 3 | | | | | |

12 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. | Melanthiaceae | | | 1 | | | | | |
| 8. | Liliaceae | | | 15 | | | | | |
| 9. | Asparagaceae | | | 5 | | | | | |
| 10. | Amaryllidaceae | | | 1 | | | | | |
| 11. | Iridaceae | | | 8 | | | | | |
| 12. | Orchidaceae | | | 1 | | | | | |
| 13. | Salicaceae | | | | | | | 11 | 10 |
| 14. | Betulaceae | | | | | | | | 3 |
| 15. | Ulmaceae | | | | | | | | 2 |
| 16. | Cannabaceae | 1 | | 1 | | | | | |
| 17. | Urticaceae | 3 | | 2 | | | | | |
| 18. | Santalaceae | | | 2 | | | | | |
| 19. | Polygonaceae | 16 | | 10 | | 2 | | 20 | |
| 20. | Chenopodiaceae | 89 | | 6 | 2 | 8 | 8 | 7 | 2 |
| 21. | Portulacaceae | 1 | | | | | | | |
| 22. | Caryophyllaceae13 | 12 | | 17 | 1 | | | | 1 |
| 23. | Ranunculaceae | 5 | | 8 | | | 1 | 2 | |
| 24. | Berberidaceae | | | 2 | | | | 1 | |
| 25. | Papaveraceae | 6 | 1 | | | | | | |
| 26. | Fumariaceae | 1 | | 2 | | | | | |
| 27. | Capparaceae | 1 | | | | | | | |
| 28. | Brassicaceae | 62 | 12 | 19 | | | | | |
| 29. | Droseraceae | 1 | | | | | | | |
| 30. | Crassulaceae | | 1 | 2 | | | | | |
| 31. | Rosaceae | | | 8 | | | | 11 | 3 |
| 32. | Fabaceae | 20 | 4 | 53 | 2 | 2 | 2 | 16 | |
| 33. | Geraniaceae | 3 | | 2 | | | | | |
| 34. | Biebersteiniaceae | | | 1 | | | | | |
| 35. | Linaceae | 1 | 1 | | | | | | |

12 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36. | Peganaceae | | | 1 | | | | | |
| 37. | Zygophyllaceae | 2 | | 11 | | | | | |
| 38. | Nitrariaceae | 1 | | | | | | 2 | |
| 39. | Rutaceae | | | 3 | | | 1 | | |
| 40. | Euphorbiacea | 10 | | 11 | | | | | |
| 41. | Callitrichaceae | 1 | | | | | | | |
| 42. | Aceraceae | | | | | | | | 1 |
| 43. | Vitaceae | | | 1 | | | | | |
| 44. | Malvaceae | 2 | 1 | 5 | | | | | |
| 45. | Hypericaceae | | | 2 | | | | | |
| 46. | Frankeniaceae | 1 | | | | | 1 | | |
| 47. | Tamaricaceae | | | | | | | 10 | |
| 48. | Violaceae | | | 1 | | | | | |
| 49. | Thymelaeaceae | 2 | | | | | | 2 | |
| 50. | Elaeagnaceae | | 2 | | | | | | |
| 51. | Lythraceae | 5 | | 2 | | | | | |
| 52. | Onagraceae | | 1 | 6 | | | | | |
| 53. | Halorrhagidaceae | | | 2 | | | | | |
| 54. | Hippuridaceae | | | 1 | | | | | |
| 55. | Cynomoriaceae | 1 | | | | | | | |
| 56. | Primulaceae | | 1 | 2 | | | | | |
| 57. | Apiaceae | 6 | 3 | 33 | | | | | |
| 58. | Plumbaginaceae | 1 | | 13 | | 1 | 3 | | |
| 59. | Oleaceae | | | | | | | | 3 |
| 60. | Gentianaceae | 3 | 1 | 3 | | | | | |
| 61. | Menyanthaceae | | | 1 | | | | | |
| 62. | Convolvulaceae | | | 2 | | 1 | 4 | | |
| 63. | Cuscutaceae | 10 | 1 | | | | | | |
| 64. | Boraginaceae | 24 | 3 | 8 | | | | | |
| 65. | Lamiaceae | 10 | | 32 | 2 | | 2 | | |

12 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 66. | Solanaceae | 3 | 1 | | | | 1 | 2 | |
| 67. | Scrophulariaceae | 9 | 2 | 13 | | | | | |
| 68. | Orobanchaceae | 2 | 2 | 5 | | | | | |
| 69. | Lentibulariaceae | | | 2 | | | | | |
| 70. | Plantaginaceae | 3 | 1 | 5 | | | | | |
| 71. | Rubiaceae | 3 | | 11 | | | | | |
| 72. | Caprifoliaceae | | | | | | | 1 | |
| 73. | Valerianaceae | 2 | | 3 | | | | | |
| 74. | Dipsacaceae | 1 | | 1 | | | | | |
| 75. | Asteraceae | 46 | 28 | 128 | 3 | | 7 | | |
| 76. | Жалпы саны | 418 | 66 | 643 | 10 | 14 | 30 | 86 | 25 |

*Негізгі тұқымдастар бойынша таралу ерекшеліктері.* Көпжылдық және біржылдық өсімдіктердің ең көп шоғырланған тұқымдастары – Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae және Fabaceae.

Asteraceae тұқымдасының 46 біржылдық, 28 екіжылдық және 128 көпжылдық түрлері бар, бұл оны флорадағы ең алуан түрлі топқа айналдырады.

Brassicaceae тұқымдасының 62 біржылдық, 12 екіжылдық және 19 көпжылдық түрі бар, бұл оның бейімделгіштігін көрсетеді.

Chenopodiaceae тұқымдасы 89 біржылдық, 8 бұталы, 7 ағаш түрімен ерекшеленеді және шөлді, тұзды топырақтарға жақсы бейімделген.

Fabaceae тұқымдасы жоғары экологиялық тұрақтылықпен, көпжылдық түрлердің басым болуымен және топырақ азотын байланыстыру қабілетімен ерекшеленеді.

Сирек кездесетін тұқымдастар Cynomoriaceae, Violaceae сияқты кейбір тұқымдастар тек бір немесе екі түрден тұрады. Бұл олардың тар экологиялық бейімделуін, географиялық шектеулі таралуын және сезімтал экологиялық тепе-теңдікті көрсетеді. Мұндай тұқымдастар ерекше экожүйелердің индикаторлары ретінде үлкен экологиялық маңызға ие және оларды сақтау шараларын қажет етеді.

Ағаштар мен бұталы өсімдіктердің таралуы

Ағаш түрлері негізінен Salicaceae және Rosaceae тұқымдастарында кездеседі. Бұл топтар орман және орманды-дала экожүйелерінің қалыптасуына қатысады және биоалуантүрлілікті сақтау үшін маңызды.

Бұталар мен жартылай бұталар Chenopodiaceae, Rosaceae және Fabaceae тұқымдастарында кең таралған, олар құрғақ және шөлейт экожүйелерде экологиялық бейімделудің нақты үлгісін көрсетеді.

Ғылыми және практикалық маңызы

Түрлердің тіршілік формалары бойынша таралуын талдау аймақтың экологиялық ерекшеліктерін және флораны бейімдеу стратегияларын түсінуге мүмкіндік береді. Біржылдық түрлердің басым болуы құрғақ және маусымдық өзгерістерге бейімделген өсімдіктердің үлесін арттырады, ал көпжылдық өсімдіктердің жоғары үлесі тұрақты экожүйелердің бар екенін дәлелдейді.

Бұта және ағаш өсімдіктері экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады, ал біржылдық және көпжылдық өсімдіктер биомассаның жиналуына және топырақтың құнарлылығын сақтауға ықпал етеді.

Практикалық тұрғыдан алғанда, Poaceae, Brassicaceae және Fabaceae тұқымдастарының өкілдері ауыл шаруашылығында жемшөп, дәнді дақылдар және дәрілік дақылдар сияқты маңызды орын алады. Ал сирек кездесетін Cynomoriaceae және Droseraceae тұқымдастары биоалуантүрлілікті сақтау тұрғысынан ерекше назар аударуға лайық.

Зерттелетін аймақтың флорасы жоғары экологиялық бейімделгіштік пен таксономиялық алуантүрлілікті көрсетеді. Көпжылдық және біржылдық өсімдіктердің басымдығы экожүйелердің тұрақтылығын сақтауға және өсімдіктер қауымдастығының табиғи жаңаруына ықпал етеді.

Бұл бөлімде зерттелетін флораның таксономиялық құрамы және өсімдіктердің тіршілік формаларына таралуы сипатталған. Барлығы 89 тұқымдас қамтылған, олардың түрлері әртүрлі экологиялық жағдайларға бейімделу қабілетін көрсетеді.

Тіршілік формалары бойынша ең үлкен үлесті біржылдық өсімдіктер алады – 418 түрі (шамамен 65%), бұл олардың жылдық тіршілік циклі кезінде өзгермелі және экстремалды жағдайларға жақсы бейімделгендігін көрсетеді. Көпжылдық өсімдіктер саны бойынша екінші орында – экожүйелердің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз ететін 643 түр. Екіжылдықтар сирек кездеседі (барлығы 66 түрі, шамамен 10%), бұл олардың өтпелі бейімделу стратегиясымен түсіндіріледі.

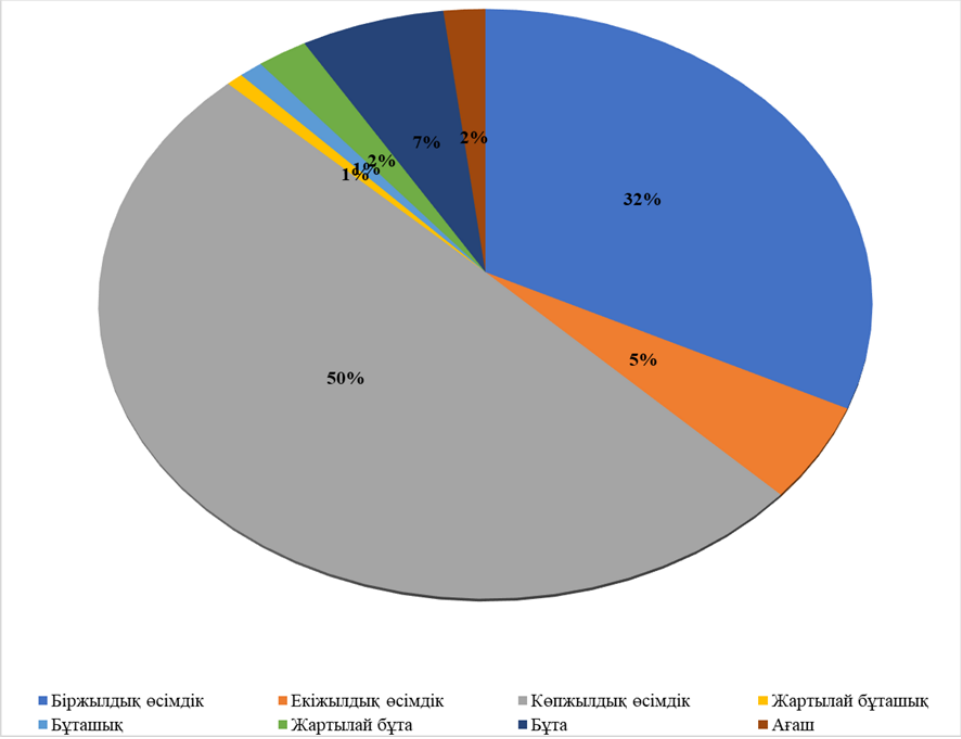
Ең түрлік бай тұқымдастар

Asteraceae - 205 түрі бар ең үлкен тұқымдасы. Оның өкілдері біржылдық, көпжылдық және екіжылдық формаларда кездеседі, бұл тұқымдасының экологиялық тұрақтылығын көрсетеді. Бұл топтың түрлері дала, орман және таулы аймақтарда кең таралған.

Chenopodiaceae – 122 түрі, оның 89-ы біржылдық. Бұл олардың құрғақ және тұзды топырақтарға жақсы бейімделгенін дәлелдейді. Сонымен қатар, бұл тұқымдастар шөлді экожүйелерде маңызды рөл атқаратын бұталы және жартылай бұталы түрлер де бар.

Fabaceae – шөптесін және ағаш тәрізді өсімдіктер кездесетін 105 түр. Бұл тұқымдас экожүйеде маңызды экологиялық функцияны орындайды, топырақтың азот балансын қалпына келтіреді және құнарлылықты арттырады.

Brassicaceae (қырыққабат) - негізінен біржылдық өсімдіктерден тұратын 93 түр. Бұл тұқымдастың өкілдері маусымдық өзгерістерге тез бейімделеді және қысқа вегетациялық кезеңдерде өніп, өсе алады.




Сурет 13 – Тіршілік формалардың пайыздық арақатынасы

Аз таралған тұқымдастар

Кейбір тұқымдастар тек бір немесе екі түрден тұрады (Violaceae, Aceraceae және басқалары). Бұл олардың тар экологиялық бейімделуін, шектеулі таралу аймағын және кейбір жағдайларда эндемдік белгілерін көрсетеді. Мұндай тұқымдастар аймақтың флоралық бірегейлігін арттыра отырып, сирек кездесетін экожүйелердің көрсеткіштері ретінде экологиялық маңызға ие.

Экологиялық және биогеографиялық ерекшеліктері

Біржылдық өсімдіктер негізінен Chenopodiaceae тұқымдасына жатады. Олар жыл сайынғы вегетациялық кезеңде өсімдіктерді сақтай отырып, дала, жартылай шөлдер мен шөлдердің экожүйелерінде негізгі рөл атқарады. Олардың тез көбею қабілеті стресс жағдайында экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Көпжылдық өсімдіктер Asteraceae және Fabaceae тұқымдастарында басым. Бұл түрлер экожүйелердің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ал Salicaceae және Rosaceae тұқымдастарындағы ағаш және бұта формалары орманды және орманды дала аймақтарында маңызды экологиялық функцияны орындайды.

Бұталар мен ағаштар Chenopodiaceae, Rosaceae және Fabaceae тұқымдастарында жиі кездеседі. Бұл топтар шөлді экожүйелердің құрылымдық негізін құрайтын құрғақ және тұзды аймақтарға жақсы бейімделеді. Salicaceae тұқымдасының өкілдері өзендер мен ылғалды ортада экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Cynomoriaceae, Droseraceae тұқымдасы тек бір сирек кездесетін түрмен ұсынылған топтарға жатады. Бұл олардың бірегей экологиялық бейімделуін және олардың экожүйенің шектеулі бөліктерінде ғана өсетінін көрсетеді. Elaeagnaceae және Tamaricaceae сияқты тропикалық және субтропикалық тектес тұқымдастар құрғақ және тұзды топырақтарда биоалуантүрліліктің артуына ықпал етеді.

Жалпы алғанда, таксономиялық құрылым және флораның тіршілік формалары бойынша таралуы аймақтың экологиялық тұрақтылығы мен бейімделу әлеуетін айқын көрсетеді. Біржылдық өсімдіктер экожүйенің маусымдық динамикасын қамтамасыз етсе, көпжылдық өсімдіктер оның төзімділігін арттырады. Ағаш және бұта түрлері экожүйенің құрылымдық тепе-теңдігін сақтауда маңызды рөл атқарады.

Poaceae (дәнді дақылдар тұқымдасы), Fabaceae (бұршақ тұқымдастар) және Brassicaceae (қырыққабат) тұқымдастары ауыл шаруашылығында, тамақ және дәрі-дәрмек өндірісінде маңызды рөл атқарады. Бұл тұқымдастың өкілдері жемшөп, дәнді және майлы дақылдар ретінде кеңінен қолданылады. Salicaceae (талдар тұқымдасы) және Rosaceae (Rosaceae) сияқты ағаш және бұта тәрізді тұқымдастар орман шаруашылығында, сондай-ақ бау-бақша және сәндік мақсаттарда кеңінен қолданылады. Олардың өкілдері экожүйелерде топырақтың қорғаныш және ылғал сақтау функциясын қамтамасыз ететін ағаш-бұталы өсімдік қабатын құрайды.

Біржылдық өсімдіктер, әсіресе Chenopodiaceae тұқымдасының түрлері шөлді және шөлейт жерлерде топырақ эрозиясынан қорғауда маңызды рөл атқарады. Олар қысқа вегетациялық кезеңде топырақ бетінде өсімдік массасын түзеді, жел мен судың зиянды әсерін азайтады.

Көпжылдық өсімдіктер (Asteraceae, Fabaceae және Poaceae тұқымдасының өкілдері) ұзақ мерзімді экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Олар биомассаның жиналуына, топырақ құрылымын сақтауға және органикалық заттардың айналымына ықпал етеді.

Зерттеу деректері флораның түрлік байлығын және өсімдіктердің экологиялық бейімделуінің жоғары деңгейін көрсетеді. Аймақтың өсімдіктері экожүйенің тұрақтылығын сақтауға ықпал ете отырып, әртүрлі климаттық және топырақ жағдайларында өмір сүруге бейімделеді.

Көпжылдықтар мен біржылдықтардың басым болуы экожүйенің экологиялық тепе-теңдігін қамтамасыз етеді, бұл өсімдіктер қауымдастығының табиғи жаңару қабілетін арттырады. Сонымен қатар, сирек кездесетін тұқымдастардың болуы биоалуантүрлілікті сақтауда маңызды орын алады және табиғатты қорғау шараларын жақсарту қажеттілігін көрсетеді.

Жүргізілген талдау нәтижелері өсімдіктердің экономикалық және экологиялық рөлін бағалауға, олардың ішінен қорғауды және тұрақты бақылауды қажет ететін негізгі тұқымдастарды анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, нәтижелер өсімдік ресурстарын тиімді және экологиялық тұрғыдан тиімді пайдалануға бағытталған болашақ зерттеулерге негіз бола алады.

Қауымдастықтың флоралық құрамы әртүрлі және барқандық рельефтің ерекше жағдайларына бейімделген өсімдіктермен сипатталады. Негізгі түрлеріне *Haloxylon ammodendron, C. leucocladum, Kraschenninnikovia ceratoides* жатады. Сонымен қатар, сирек кездесетін *Senecio subdentatus* пен *Meniocus linifolius* түрлерінің кездесуі флораның экологиялық тұрғыдан бай және ерекше екенін көрсетеді.

Өсімдіктердің фенологиялық ерекшеліктері де алуан түрлі: түрлері әртүрлі даму фазаларында кездеседі. Бұл олардың маусымдық өзгерістерге икемділігін және экстремалды экологиялық жағдайларда өсу қабілетінің жоғары екенін дәлелдейді.

Жалпы үш қауымдастықтың флоралық құрамына жасалған талдау олардың экологиялық бейімделу деңгейінің жоғары екенін көрсетті. Барлығы Тауқұм құмдарында орналасқанымен, қауымдастық типтерінің айырмашылығы (жүзгінді-сексеуілді, сексеуілді және сексеуілді-жүзгінді) микрорельеф пен экожүйелік жағдайлардың әртүрлі болуымен түсіндіріледі.

Барлық қауымдастықтарда *Haloxylon ammodendron* және *C. leucocladum* сияқты құрғақшылыққа төзімді өсімдіктер басым. Бұл құмды және жартылай шөлейт экожүйелердің тән ерекшелігі болып табылады. Өсімдік жамылғысының проективтік көрсеткіші орташа деңгейде (30-40%) байқалады, бұл құмның тұрақтылығын және топырақ қабатының сақталуын қамтамасыз ететін экожүйелік функциялардың тиімділігін білдіреді.

Флораның фенологиялық фазаларының кең диапазоны (гүлдену, жеміс түзу, қурау) өсімдіктердің климаттық өзгерістері мен маусымдық ауытқуларына бейімделу мүмкіндігін айғақтайды. Адам әсері шамалы деңгейде болғанымен, экожүйелер табиғи тепе-теңдігін сақтады.

Осылайша, барлық үш қауымдастық экстремалды экологиялық жағдайларға жоғары бейімделген және Тауқұм құмдары аймағындағы экожүйелік тұрақтылық пен тепе-теңдікті сақтауда маңызды рөл атқарады.

Әдеби деректермен салыстыру экологиялық факторлардың - жерасты суларының деңгейі, микрорельеф ерекшелігі және антропогендік ықпалдың - өсімдік қауымдастықтарының құрылымы мен тұрақтылығын қалыптастыруда шешуші рөл атқаратынын растады. Бұл нәтижелер Қазақстанның шөлейт экожүйелеріндегі экологиялық және ценотикалық заңдылықтарды түсінуге және биоалуантүрлілікті сақтау стратегияларын әзірлеуге негіз бола алады.

Кесте 13 – Өсімдіктер тізімі және олардың экологиялық-биологиялық сипаттамалары

| № | Өсімдік атауы | Тұқымдасы | Тіршілік формасы | Экологиясы | Шаруашылық маңызы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Haloxylon ammodendron* | Amaranthaceae | Ағаш | Құм араларындағы сортаңдарда, лесс-сортаң топырақтарда, сұр топырақтар мен тақырларда өседі. | Жоғары калориялы отын. |

\13 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | *C. leucocladum* | Polygonaceae | Бұта | Бұдырлы құмдарда өседі. | Фитомелиорант. |
| 3 | *Calligonum aphyllum* | Polygonaceae | Бұта | Құмды жерлерде өседі. | Фитомелиорант. |
| 4 | *Kraschenninnikovia ceratoides* | Amaranthaceae | Жартылай бұта | Шөлейт-далалық түр. Далалық фитоценоз құрамында ашық оңтүстік беткейлерде өседі. | Мал азықтық, сәндік өсімдік. |
| 5 | *Bassia prostrata* | Amaranthaceae | Кішкентай жартылай бұта | Құрғақ дала, жартылай шөл және шөл аймақтарында, жазықтардан бастап 3800 м биіктікке дейінгі таулы белдеулерде, құмдарда, сортаңдарда, кейде тұзды жерлерде өседі (жылдық жауын-шашын 90–350 мм). | Шөлге бейімделген бағалы мал азықтық өсімдік. Жоғары қоректілік қасиеттері бар, тұрақты өнім береді, аридті аймақтарда мәдени жайылымдар жасауға жарамды. |
| 6 | *Atraphaxis replicata* | Polygonaceae | Бұта | Мал жайылымы мен эрозия әсерінен жойылады, бор қазбалары кезінде сирейді. | Тастар мен сазды беткейлерде өседі. |
| 7 | *Astragalus flexus* | Fabaceae | Көпжылдық | Құмды жерлерде өседі. | Мал азықтық. |
| 8 | *Descurainia sophia* | Brassicaceae | Біржылдық | Көбінесе арамшөпті жерлерде, тұрғын үйлер маңында, жол бойында, егістіктер мен бақтарда, кейде төбелер мен өзен жиегінде өседі. | Мал азықтық және дәрілік өсімдік. |

13 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | *Scorzonera sericeolanata* | Asteraceae | Көпжылдық | Құмды жерлерде өседі. | – |
| 10 | *Delphinium camptocarpum* | Ranunculaceae | Біржылдық | Бекітілген және жартылай бекітілген құмдарда өседі. | – |
| 11 | *Astragalus physocarpus* | Fabaceae | Көпжылдық | Құрғақ сортаң топырақтарда, далалы аймақтарда өседі. | Мал азықтық. |
| 12 | *Eremopyrum orientale* | Poaceae | Біржылдық | Тасты және сазды беткейлерде, құмдарда, дала және жартылай шөл аймақтарында, жол бойында кездеседі. | Бағалы мал азықтық өсімдік. |
| 13 | *Alyssum desertorum* | Brassicaceae | Біржылдық | Дала және шөлейт аймақтарда, құмды топырақтарда, көбіне ашық, тасты және қиыршық тасты беткейлерде өседі. | Мал азықтық. |
| 14 | *Ceratocarpus arenarius* | Amaranthaceae | Біржылдық | Құмды және жеңіл топырақты далаларда, шөлдерде, құрғақ өзен арналары мен жол бойында өседі. | Мал азықтық. |
| 15 | *Nonea caspica* | Boraginaceae | Біржылдық | Тасты беткейлер мен сортаң құмды шөлдерде өседі. | – |
| 16 | *Salsola tragus* | Amaranthaceae | Біржылдық | Теңіз жағалауларында және сортаң жерлерде өседі. | Мал азықтық. |
| 17 | *Erodium oxyrhinchum* | Geraniaceae | Біржылдық | Тасты беткейлерде, құмдарда, сексеуілді аймақтарда және уақытша өзен арналары бойында өседі. | – |

13 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | *Tragopogon marginifolius* | Asteraceae | Көпжылдық | Тасты және майда топырақты беткейлерде, жондарда, шөл аймақтарында өседі. | – |
| 19 | *Meniocus linifolius* | Brassicaceae | Біржылдық | Дала және шөлейт аймақтарда, сортаңдарда, тасты беткейлер мен құмды дөңдерде өседі. | – |
| 20 | *Carex physodes* | Cyperaceae | Көпжылдық | Шөлдің құмды аймақтарында өседі. | Мал азықтық. |
| 21 | *Lappula squarrosa* | Boraginaceae | Біржылдық | Құмдарда, өзен аңғарларында және тасты беткейлерде өседі. | Тамыры терең кететін, жойылуы қиын арамшөп. |
| 22 | *Heliotropium dasycarpum* | Heliotropiaceae | Көпжылдық | Құмды шөлдерде, тасты жондарда өседі. | – |
| 23 | *Erysimum siliculosum* | Brassicaceae | Екіжылдық | Құмды қара және каштан топырақтарында, далалы жайылымдарда және құмды дөңдерде өседі. | – |
| 24 | *Eremopyrum distans* | Poaceae | Біржылдық | Жусан далаларда, құмды және құрғақ сазды беткейлерде өседі. | – |
| 25 | *Corispermum hyssopifolium* | Amaranthaceae | Біржылдық | Құмды жерлерде өседі. | – |
| 26 | *Allium sabulosum* | Amaryllidaceae | Көпжылдық | Құмды шөлдерде өседі. | – |
| 27 | *Eremurus inderiensis* | Asphodelaceae | Көпжылдық | Құмды және жартылай шөлейт жерлерде өседі. | – |

13 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 28 | *Artemisia terrae-albae* | Asteraceae | Көпжылдық | Шөл аймақтарында өседі, Қазақстанның барлық шөлдерінде кездеседі. | Мал азықтық. |
| 29 | *Astragalus ammodendron* | Fabaceae | Бұта | Бұдырлы және жазық құмдарда өседі. | Мал азықтық. |
| 30 | *Eremurus anisopterus* | Asphodelaceae | Көпжылдық | Құмды жерлерде өседі. | Шайыр алу үшін қолданылады. |
| 31 | *Poa bulbosa* | Poaceae | Көпжылдық | Құрғақ дала мен құмды аймақтарда өседі. | Мал азықтық. |
| 32 | *Neotrinia splendens* | Poaceae | Көпжылдық | Құмды аймақтарда кездеседі. | Мал азықтық. |
| 33 | *Ephedra intermedia* | Ephedraceae | Бұта | Тасты беткейлердің төменгі белдеулерінде өседі. | – |
| 34 | *Senecio subdentatus* | Asteraceae | Біржылдық | Жусан, құмды және сазды далаларда, құрғақ және тасты беткейлерде өседі. | – |
| 35 | *Euphorbia rapulum* | Euphorbiaceae | Көпжылдық | Далалы және шөлейт жазық жерлерде өседі. | – |
| 36 | *Xanthium strumarium* | Asteraceae | Біржылдық | Шөлдерде, жол бойында және егістіктерде өседі. | Барлық бөлігі құрамында йод бар, ол мата бояуға қолданылады (жасыл және сары реңдер алу үшін). |
| 37 | *Alhagi pseudalhagi* | Fabaceae | Жартылай бұта | Шөлейт сазды далаларда, сортаң ойпаттар мен құмды дөңдердің шеттерінде өседі. | – |
| 38 | *Stipa caucasica* | Poaceae | Көпжылдық | Құрғақ далалар мен шөлдерде өседі. | Мал азықтық. |

13 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 39 | *Eremopyrum triticeum* | Poaceae | Біржылдық | Тасты, құмды және сортаң жерлерде, дала және жартылай шөл аймақтарында өседі. | Мал азықтық. |
| 40 | *Echinops albicaulis* | Asteraceae | Көпжылдық | Құмды және жеңіл топырақты шөлдерде өседі. | Улы. Тұқымдасында 28%-ға дейін техникалық май бар. |
| 41 | *Limonium otolepis* | Plumbaginaceae | Көпжылдық | Сортаңдарда, туғайларда, шөл және далалы аймақтарда, өзен жағалауларында өседі. | Терісі илеуге қолданылатын танинге бай өсімдік (6–21%). |
| 42 | *Asparagus officinalis* | Asparagaceae | Көпжылдық | Дала және жайылма шалғындарда, бұталы жерлерде өседі. | Мәдени түрлері көкөніс ретінде қолданылады. |
| 43 | *Oedibasis apiculata* | Apiaceae | Көпжылдық | Таудың етегіндегі қиыршық тасты жазықтар мен беткейлерде өседі. | – |
| 44 | *Iris tenuifolia* | Iridaceae | Көпжылдық | Дала және шөлдің құмды аймақтарында өседі. | – |
| 45 | *Astragalus petraeus* | Fabaceae | Көпжылдық | Оңтүстік тасты беткейлерде, глина мен пестроцветті жыныстардың шығуларында өседі. | – |
| 46 | *Horaninovia ulicina* | Amaranthaceae | Біржылдық | Шөлдің құмды аймақтарында өседі. | |

Флоралық құрамды талдау өсімдіктердің шаруашылық маңызын, тіршілік нысандарын және экологиялық бейімделуін анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері бойынша анықталғандай, түрлердің шамамен

жартысы (47,8%) шаруашылық тұрғыдан маңызды болып табылады, ал қалған 52,2%-да мұндай мәліметтер көрсетілмеген.

Шаруашылық тұрғыдан алғанда ең маңызды топты мал азықтық өсімдіктер құрайды – олардың үлесі 26,1%. Бұл топқа әртүрлі тұқымдастардың өкілдері жатады, соның ішінде бұршақ тұқымдастардан (*Astragalus ammodendron),* астық тұқымдастардан (*Eremopyrum orientale, Eremopyrum triticeum, Stipa caucasica*), қияқөлең тұқымдастардан (*Carex physodes*), сондай-ақ жусан тұқымдасына жататын (*Artemisia terrae-albae*) түрлері бар. Бұл өсімдіктер Орталық Азияның дала және шөлейт аймақтарында негізгі жайылымдық азық көзі болып табылады.

Фитомелиоранттық өсімдіктер үлесі 4,3%құрайды. Олардың қатарына *C. leucocladum* және *Calligonum aphyllum* түрлері жатады. Бұл өсімдіктердің экологиялық маңызы жоғары, өйткені олар жылжымалы құмдарды бекітіп, жел эрозиясының алдын алады және тұрақты өсімдік қауымдастықтарының қалыптасуына мүмкіндік береді.

Флора құрамының 6,5%-ын техникалық және өнеркәсіптік өсімдіктер құрайды. Мысалы, *Echinops albicaulis* тұқымында 28%-ға дейін май бар және техникалық мақсатта пайдаланылады *Limonium otolepis* құрамында 6-21% танин оны илеу өнеркәсібінде бағалы шикізат етеді, ал *Eremurus anisopterus* желім және шайыр өндірісінде пайдаланылады.

Отындық өсімдіктердің үлесі 2,2%ғана құрайды, алайда бұл санаттағы *Haloxylon ammodendron* түрі экологиялық және экономикалық жағынан ерекше маңызды. Ол шөл және шөлейт аймақтарда негізгі отын көзі ретінде пайдаланылады.

Тағамдық өсімдіктер де флора құрамында кездеседі (2,2%), олардың ішіндегі маңыздысы - *Asparagus officinalis,* мәдени түрлері көкөніс ретінде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, шамамен 6,5% өсімдік түрлері ерекше, мақсатты шаруашылық бағыттарда қолданылады, бұл олардың шектеулі, бірақ нақты пайдалы қасиеттерін көрсетеді.

Жалпы, флораның шаруашылық құрылымын талдау оның басты экологиялық және экономикалық рөлін айқындайды. Біріншіден, ол мал шаруашылығын азықтық өсімдіктермен қамтамасыз етеді; екіншіден, экожүйелік қызметтерді атқарып, құмды бекітуге, эрозияның алдын алуға және топырақ құнарлылығын сақтауға ықпал етеді. Осылайша, зерттелген флора аймақтың табиғи тұрақтылығын қамтамасыз етуде және ауыл шаруашылығының тұрақты дамуына зор үлес қосады.

### 3.1.6 Зерттелген флораның тіршілік формалары және экологиялық құрылымы

Зерттелген флора құрамындағы өсімдіктердің тіршілік формалары әртүрлі және олардың экологиялық бейімделу стратегияларын айқын көрсетеді. Зерттеу нәтижелері бойынша көпжылдық шөптесін өсімдіктер басымдыққа ие — олардың үлесі 37,0%-ды құрайды. Бұл топ өсімдік жамылғысының негізгі қаңқасын құрап, ылғал тапшылығы жағдайында популяциялардың ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Олардың

экстремалды шөл жағдайына жоғары төзімділігі бұл өсімдіктерді экожүйенің негізгі тұрақтандырушы компоненттеріне айналдырады.

Біржылдық өсімдіктер тобы зерттелген флораның 28,3%-ын құрайды. Бұл топқа жататын түрлер (эфемелер) өздерінің тіршілік циклін өте қысқа мерзімде аяқтап, ылғалды әрі қолайлы маусымда (көктемде) қарқынды көбеюге бейімделген. Мұндай эфемерлік стратегия өсімдіктерге жазғы аптап пен құрғақшылық кезеңдерін тұқым күйінде тиімді өткеруге мүмкіндік береді. Олар шөлді экожүйелердің экологиялық динамикасында, әсіресе ерте көктемгі жайылым өнімділігін қалыптастыруда маңызды рөл атқарады.

Бұталар жалпы түрлерінің 10,9%құрайды. Олардың қатарына сексеуіл (Haloxylon) мен жүзгін (Calligonum) сияқты экологиялық тұрғыдан маңызды түрлер кіреді. Бұл өсімдіктер шөл экожүйелерінің қаңқасын қалыптастырып, құмды бекітуде және биоалуантүрлілікті сақтауда негізгі рөл атқарады.

Жартылай бұталар мен кіші жартылай бұталар үлесі 6,5% және олар шөлейт пен құрғақ дала аймақтарында көмекші, бірақ маңызды экологиялық қызмет атқарады.

Ағаш түрлері (2,2%) өте сирек кездеседі, бұл шөл климатының ерекшеліктеріне сәйкес келеді, өйткені мұндай жағдайда толыққанды ағаш өсінділері қалыптасуы мүмкін емес.

Екі жылдық өсімдіктердің үлесі де 2,2%, олардың экожүйедегі үлесі аз болғанымен, кейбір далалық қауымдастықтардың құрамына кіреді.

Шамамен 13% өсімдік түрлерінің тіршілік нысандары анықталмаған немесе дереккөздерде нақты көрсетілмеген, бұл ақпараттың толық еместігімен байланысты.

Жалпы, тіршілік нысандарының құрылымы флораның шөл және шөлейт жағдайларына жоғары бейімділігін көрсетеді. Флорада шөптесін өсімдіктердің, әсіресе көпжылдықтардың басым болуы экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ал бұталар мен жартылай бұталар олардың құрылымдық тірегін қалыптастырады.

Зерттелген флораның экологиялық құрылымы әртүрлі табиғи орта жағдайларына бейімделген өсімдіктердің кең экологиялық ауқымын көрсетеді. Түрлердің таралуы олардың экологиялық нишаларына қарай төмендегідей бөлінеді:

Ең үлкен үлесті құмды экожүйелермен байланысты өсімдіктер - 45,7% құрайды. Бұл топқа *Carex physodes, Eremopyrum triticeum, Iris tenuifolia, Eremurus anisopterus* сияқты құмды ортаға тән псаммофиттер кіреді. Олар жоғары температура, топырақтың төмен ылғал сыйымдылығы және субстраттың тұрақсыздығы сияқты экстремалды жағдайларға бейімделген. Бұл өсімдіктердің экологиялық маңызы зор, өйткені олар құмдардың қозғалысын тежейді және экожүйенің құрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Далалық ортада өсетін түрлер флораның 21,7%құрайды. Бұл топқа *Artemisia terrae-albae, Eremopyrum distans, Stipa caucasica* жатады. Бұл өсімдіктер жартылай шөл және құрғақ дала аймақтарында тұрақты

қауымдастықтар түзіп, биологиялық өнімділікті сақтауда маңызды рөл атқарады.

Тау және еңіс аймақтарында өсетін түрлер флораның 13,0% үлесін алады. Мысалы, *Ephedra intermedia* мен *Atraphaxis replicata* тастары және сазды бетейлердің ерекше жағдайларына жақсы бейімделген. Олардың тамыр жүйесі тереңге кетіп, эрозияға қарсы табиғи тосқауыл қалыптастырады.

Сортан және тұзды топырақтарда өсетін өсімдіктердің үлесі 4,3%, бұл топқа тұзға төзімді галофиттер жатады. Олар жоғары тұздылық пен су тапшылығына бейімделіп, экожүйенің ерекше құрамдас бөлігін құрайды.

Шамамен 15,2% түрлердің экологиялық бейімделуі аралас немесе анықталмаған. Олар көбінесе жайылмалық, шалғындық немесе экологиялық тұрғыдан бейтарап биотоптарда кездеседі.

Жалпы алғанда, экологиялық талдау нәтижелері көрсеткендей, зерттелген флора құрамында псаммофиттік (құмды) мекен орталарына бейімделген түрлер басым. Бұл аймақтық флораның қалыптасуында шөл экожүйелерінің жетекші рөл атқаратынын дәлелдейді. Сонымен қатар, далалық және тау бөктеріндегі аймақтар флораның экологиялық алуантүрлілігін байыта түсіп, жалпы биологиялық тепе-теңдіктің сақталуына септігін тигізеді.

Қорытындылай келе, зерттеу нәтижелері мынадай маңызды тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді:

Флора түрлерінің шамамен жартысы шаруашылық тұрғыдан маңызды, олардың ішінде мал азықтық өсімдіктер басым.

Тіршілік нысандарының құрылымында көпжылдық және біржылдық шөптесін өсімдіктер үстемдік етеді, ал бұталар экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз етуде негізгі рөл атқарады.

Түрлердің басым бөлігі құмды экожүйелерге бейімделген, бұл аридті аймақтардың биогеоценоздық процестерінде олардың шешуші маңызын айқындайды.

3.1.2. *C. leucocladum* түрі популяцияларының морфологиялық және фенологиялық сипаттамалары

Өсімдіктердің морфологиялық және фенологиялық ерекшеліктерін зерттеу олардың даму заңдылықтары мен экологиялық бейімделуін анықтауда маңызды. *C. leucocladum* түрінің популяциялық деңгейдегі морфологиялық көрсеткіштері мен фенологиялық фазаларын талдау түрдің экологиялық пластикалығын және популяциялар арасындағы айырмашылықтарды айқындауға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста үш бақылау нысанына (P1Cp1, P1Cp2 және P1Cp3) қатысты морфологиялық және фенологиялық ерекшеліктерді сипаттайды. Әр нысан үшін өсімдіктердің биіктігі, диаметрі және фенофазасы бойынша мәліметтер берілген, барлығы 23 жазба қамтылған. Кейбір ұяшықтарда мәліметтердің жоқтығы байқалады, бұл деректердің толықтығын тексеруді және қосымша өңдеуді қажет етеді.

Өсімдіктердің биіктігі 20 см-ден 230 см-ге дейін, ал диаметрі 15 см-ден 250 см-ге дейін өзгереді. Кестеде бірнеше фенофазалар белгіленген: g1, g2, g3,

v, s, ss және j. Бұл өсімдіктердің даму сатыларының алуантүрлілігін және қауымдастықтардың биологиялық әркелкілігін көрсетеді.

Фенофазалардың таралуына келсек, P1Cp1 нысанында g3 фазасы басым байқалады, бұл жетілген және гүлдену кезеңіндегі өсімдіктердің көптігін білдіреді. P1Cp2 үлгісінде фенофазалар кең ауқымда кездеседі (g1, g2, v, ss, j), яғни қауымдастықта әртүрлі даму сатыларындағы өсімдіктер бар. P1Cp3 нысанында негізінен g3, s, ss және v фазалары басым, бұл жас және вегетативтік өсімдіктердің үлесінің жоғары екенін көрсетеді.

Кейбір жазбаларда деректердің болмауы (P1Cp2 және P1Cp3 топтарында жиі) бақылау толық жүргізілмегенін немесе техникалық себептермен мәліметтердің тіркелмегенін көрсетеді. Мұндай жағдайларда деректерді толықтыру немесе жетіспейтін жазбаларды талдаудан шығару қажет.

Фенофаза мен морфометриялық көрсеткіштер арасындағы өзара байланыс айқын байқалады: g3 фазасы биіктігі мен диаметрі жоғары өсімдіктерге тән, яғни бұл жетілген және генеративтік белсенді өсімдіктер кезеңін білдіреді. Ал v және s фазалары төмен биіктік пен кіші диаметрмен сипатталады, бұл олардың өсуі мен дамуының сатысының ерте кезеңінде тұрғанын көрсетеді.

Жалпы алғанда, P1Cp1 популяциясы ең биік және ірі даралармен ерекшеленеді; P1Cp2 орташа мәндерге ие, бірақ кейде жоғары көрсеткіштер байқалады; P1Cp3 үлгісінде өсімдіктердің биіктігі мен диаметрі кіші, бұл жас және вегетативтік сатылардың басымдығын көрсетеді.

Осылайша, кестедегі мәліметтер өсімдіктердің морфологиялық көрсеткіштері мен фенологиялық дамуы арасындағы тығыз байланысты, сондай-ақ популяциялар арасындағы онтогенетикалық және экологиялық айырмашылықтарды айқын бейнелейді.

Берілген кесте 14 бойынша тереңдетілген талдау өсімдіктердің морфологиялық және фенологиялық ерекшеліктерін нақтырақ сипаттауға мүмкіндік береді. Зерттелген үш нысанның (P1Cp1, P1Cp2 және P1Cp3) деректері өсімдіктердің биіктігі, диаметрі және фенофазалары арасындағы айқын заңдылықтарды көрсетеді (кесте 14).

Кесте 14 – Бірінші популяцияның үш ценопопуляциясына тән морфометриялық сипаттамалар

| № | P1Cp1 | | | P1Cp2 | | | P1Cp3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Биіктігі, см | Диаметрі, см | Фенофаза | Биіктіг, см | Диаметрі, см | Фенофаза | Биіктігі, см | Диаметрі, см | Фенофаза |
| 1 | 120 | 180 | g3 | 70 | 110 | g1 | 145 | 160 | g3 |
| 2 | 100 | 150 | g3 | 115 | 150 | g2 | 60 | 86 | g2 |
| 3 | 150 | 170 | g3 | 130 | 160 | g3 | 50 | 87 | g2 |
| 4 | 100 | 200 | g2 | 115 | 140 | g1 | 120 | 180 | g3 |

14 – ші кестенің жалғасы

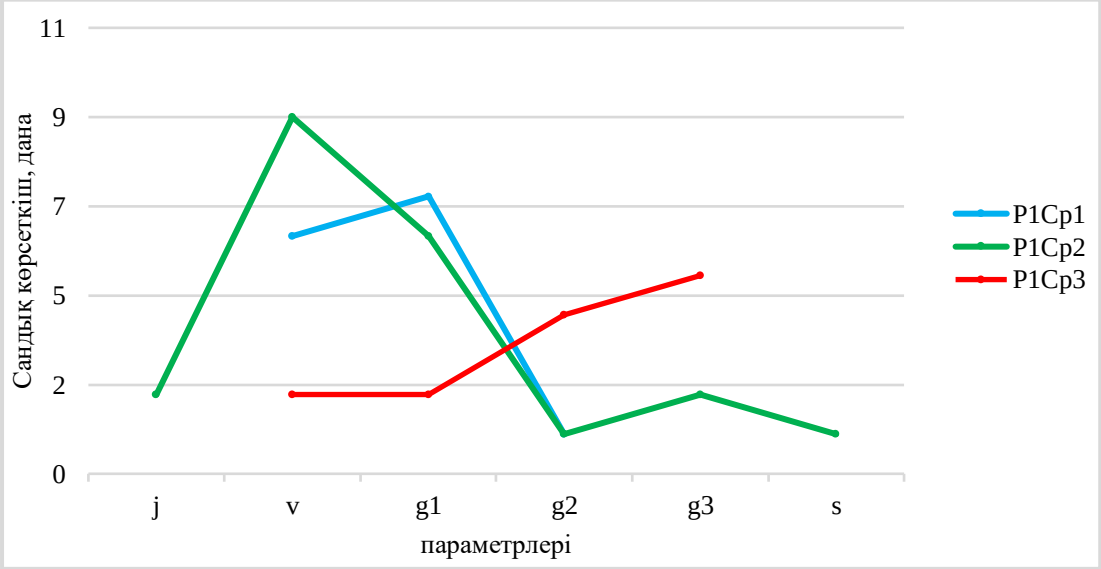
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 80 | 120 | g1 | 95 | 130 | v | 90 | 35 | s |
| 6 | 120 | 130 | g1 | 115 | 170 | ss | 80 | 40 | s |
| 7 | 80 | 110 | g1 | 55 | 40 | v | 95 | 45 | s |
| 8 | 90 | 115 | g1 | 230 | 190 | g3 | 80 | 140 | g2 |
| 9 | 80 | 110 | g1 | 80 | 50 | v | 90 | 135 | ss |
| 10 | 95 | 150 | g1 | 50 | 40 | v | 50 | 60 | g1 |
| 11 | 80 | 150 | v | 45 | 25 | j | 50 | 50 | v |
| 12 | 110 | 210 | g3 | 65 | 100 | v | 55 | 60 | g1 |
| 13 | 80 | 120 | g3 | 55 | 135 | v | 150 | 210 | g3 |
| 14 | 90 | 200 | ss | 50 | 115 | v | 65 | 95 | v |
| 15 | 90 | 150 | g3 | 55 | 80 | v | 120 | 90 | s |
| 16 | 110 | 200 | g3 | 90 | 45 | g1 | 140 | 170 | g3 |
| 17 | 40 | 70 | v | 80 | 135 | g1 | 90 | 140 | g2 |
| 18 | 80 | 90 | v | 60 | 80 | v | 105 | 145 | g3 |
| 19 | 75 | 160 | g1 | 20 | 15 | j | - | - | - |
| 20 | 80 | 150 | v | 75 | 135 | g1 | - | - | - |
| 21 | 50 | 75 | v | 70 | 80 | g1 | - | - | - |
| 22 | 200 | 250 | g3 | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 50 | 120 | v | - | - | - | - | - | - |

Фенофаза g3 барлық үш нысанға тән және жетілген өсімдіктердің басымдығын сипаттайды. Ең жоғары биіктік (230 см) және диаметр (250 см) мәндері № 8 және № 22 жазбаларында тіркелген. P1Cp1 үлгісінде g3 фенофазасы 23 жазбаның 9-да байқалып, жалпы үлестің шамамен 39%-ын құрайды. Бұл фаза өсімдіктердің белсенді өсу және генеративтік даму кезеңін көрсетеді.

Фенофаза v көбінесе P1Cp2 және P1Cp3 үлгілерінде кездеседі және төмен биіктік пен кіші диаметр мәндерімен сипатталады (орташа биіктігі шамамен 80 см, диаметрі 90 см). Бұл сатылар вегетативтік даму кезеңіне сәйкес келеді. Ал s және ss фенофазалары төмен морфометриялық көрсеткіштермен ерекшеленеді (мысалы, № 5 жазбада P1Cp3 үлгісінде биіктігі 90 см, диаметрі 35 см). Ерекше жағдай ретінде P1Cp2 үлгісінің № 6 жазбасын атауға болады, онда ss фазасында өсімдіктің биіктігі 115 см және диаметрі 170 см болған, бұл өсудің ерекше бағытын немесе экологиялық факторлардың

әсерін көрсетуі мүмкін. Сирек кездесетін j фенофазасы ең кіші мәндермен (биіктігі 20 см, диаметрі 15 см) сипатталады .

Деректерде белгілі бір мәселелер мен ерекшеліктер де анықталды. P1Cp3 үлгісінде № 19-23 жазбалар бойынша мәліметтердің болмауы талдаудың толықтығын төмендетеді. Сондай-ақ, P1Cp2 мен P1Cp3 нысандарында кейбір параметрлердің толтырылмауы байқалады. Бұл бақылаулардың толық жүргізілмеуінен немесе техникалық себептерден туындауы мүмкін. № 8 жазбадағы өте жоғары мәндер аномалия ретінде қарастырылып, қосымша тексеруді қажет етеді (сурет 14).




Сурет 14 – Бірінші популяцияның үш ценопопуляция бойынша жас ерекшелік спектрі

Жалпы, талдау нәтижелері өсімдіктердің морфометриялық параметрлері мен фенофазалары арасындағы айқын байланысты, сондай-ақ нысандардың онтогенетикалық және экологиялық айырмашылықтарын көрсетеді. g3 фазасындағы даралар ең ірі және дамыған өсімдіктерді сипаттайды, ал v, s және ss фазалары өсудің бастапқы сатыларына тән. Бұл айырмашылықтар зерттелген популяциялардың құрылымдық әртектілігін және олардың қоршаған орта жағдайларына бейімделу деңгейін дәлелдейді

Қауымдастықтардың флоралық құрамына жүргізілген талдау Тауқұм құмдарының әртүрлі экожүйелеріне тән өсімдіктердің елеулі түрлік алуан түрлілігін көрсетеді. Жүзгінді-сексеуілді қауымдастықта (кесте 15) *Haloxylon ammodendron* түрі басымдық танытады, бұл оның құрғақ климаты мен құмды топырақ жағдайларына жоғары бейімделгендігін дәлелдейді. Сонымен қатар, *C. leucocladum* және *Calligonum aphyllum* сияқты түрлердің көптеп кездесуі жүзгіннің осы ортаға тән кең таралған өсімдік екенін көрсетеді.

Әртүрлі популяциялардың флоралық құрамдарын салыстырғанда сексеуілді қауымдастықта жекелеген түрлердің, әсіресе *Haloxylon ammodendron* және *C. leucocladum* , басымдығы жоғары екені байқалады. Бұл

жағдай барқандық рельефтің қолайлы микрожер бедерімен және өсімдіктер арасындағы бәсекелестіктің төмен болуымен байланысты болуы мүмкін. Мұндай экологиялық факторлар өсімдіктердің өсуіне, биомасса жиналуына және фитоценоздың тұрақтылығына оң әсер етеді.

Сексеуілді-жүзгінді қауымдастық алғашқы екі типпен ұқсас болғанымен, өсімдіктердің фенофазалық ерекшеліктері мен биіктігінің айырмашылықтары олардың өзгермелі экологиялық жағдайларға бейімделуін айқын көрсетеді. Бұл қауымдастықта өсімдіктердің морфологиялық және фенологиялық әртектілігі байқалады, ол экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ететін маңызды фактор болып табылады.

Жалпы алғанда, алынған деректер Тауқұм құмдарындағы өсімдік қауымдастықтарының экологиялық және флоралық тұрғыдан ерекше бейімделу қабілетіне ие екенін дәлелдейді. Мұндай ақпарат экожүйелерді сақтау, сондай-ақ антропогендік әсерден зардап шеккен аумақтарды қалпына келтіру стратегияларын әзірлеу үшін ғылыми тұрғыдан құнды материал болып табылады.

P2Cp1, P2Cp2 және P2Cp3 популяцияларына жүргізілген талдау нәтижелері өсімдіктердің морфологиялық көрсеткіштері мен фенофазалық құрылымында айқын айырмашылықтар бар екенін көрсетті. Өсімдіктердің биіктігі 17 см-ден 300 см-ге дейін, ал диаметрі 30 см-ден 300 см-ге дейін өзгереді. Мұндай кең ауқым әр популяцияның жас құрылымының, экологиялық жағдайының және өсу қарқынының әркелкілігін бейнелейді.

Фенологиялық тұрғыдан алғанда, популяциялар әртүрлі даму сатыларындағы өсімдіктерден тұрады. g1, g2, g3 фенофазалары генеративтік дамудың түрлі сатыларын сипаттайды; v - вегетативтік кезең; ss - қартаю немесе жеміс түзу фазасы; j - ювенильдік, яғни өсімдіктің бастапқы даму сатысы. Бұл фенофазалардың қатар кездесуі популяциялардың биологиялық тұрғыдан тұрақты және олардың табиғи жаңару процесі үздіксіз жүріп жатқанын көрсетеді.

P2Cp3 популяциясында g2 және g3 фенофазаларының басымдығы байқалады. Бұл оның жетілген және экологиялық тұрғыдан тұрақты популяциясы екенін дәлелдейді. Мұнда өсімдіктердің орташа биіктігі мен диаметрі ең жоғары, кейбір даралар 300 см биіктікке және 280-300 см диаметрге жетеді. Мұндай морфологиялық сипаттар өсімдіктердің қолайлы экологиялық ортада өсіп отырғанын және популяцияның тұрақты дамып келе жатқанын көрсетеді.

P2Cp1 популяциясында g3 және ss фенофазаларындағы даралар басым, бұл жетілген және қартаю кезеңіндегі өсімдіктердің көптігін білдіреді. Мұндай құрылым популяцияның экожүйелік тұрақтылығының жоғары және өсу жағдайларының қолайлы екенін көрсетеді. Орташа биіктік пен диаметр көрсеткіштері де басқа популяцияларға қарағанда жоғары.

P2Cp2 популяциясында фенофазалардың тепе-теңдігі сақталғанымен, g1 және v сатыларында өсімдіктер басым. Бұл жас генеративтік және вегетативтік кезеңдегі даралардың көптігін білдіреді, яғни популяцияның белсенді даму және жаңару процесінде екенін көрсетеді. Алайда, бұл топта биіктік пен

диаметр көрсеткіштерінің ауытқуы айқын байқалады, бұл әртүрлі экологиялық микрожер жағдайларымен немесе өсімдіктердің жеке даму ерекшеліктерімен байланысты болуы мүмкін.

Жалпы алғанда, үш ценопопуляция арасындағы айырмашылықтар олардың экологиялық бейімделу деңгейін және онтогенетикалық құрылымын сипаттайды. P2Cp1 және P2Cp3 популяциялары жетілген және тұрақты қауымдастықтар ретінде сипатталса, P2Cp2 популяциясы жас және вегетативті өсімдіктердің басымдылығымен ерекшеленеді. Бұл деректер зерттелген аумақтардағы өсімдіктердің табиғи жаңару процесінің белсенді жүріп жатқанын және экожүйелік тұрақтылықтың сақталып отырғанын көрсетеді.

Кестеде келтірілген мәліметтер P2Cp1, P2Cp2 және P2Cp3 ценопопуляциялары арасындағы морфологиялық және фенологиялық айырмашылықтарды айқын көрсетеді. Бұл айырмашылықтар өсімдіктердің экологиялық жағдайларға бейімделу деңгейін, популяцияның жастық құрылымын және экожүйедегі тұрақтылық дәрежесін сипаттайды.

P2Cp1 ценопопуляциясы жоғары морфологиялық көрсеткіштермен және жетілген даралардың басым болуымен ерекшеленеді. Орташа биіктігі 120-180 см, диаметрі 150-200 см. Популяция құрамында g3 және ss фенофазалары басым, бұл жетілген және қартаю сатысындағы өсімдіктердің көптігін көрсетеді. Сонымен қатар, j фенофазасының сирек кездесуі жас өсімдіктердің үлесінің аз екенін білдіреді. Мұндай құрылым экожүйенің тұрақты жағдайын және ұзақ мерзімді бейімдеудің жоғары деңгейін көрсетеді, бірақ табиғи жаңару процесі баяу жүруі мүмкін.

P2Cp2 ценопопуляциясы құрылымы жағынан салыстырмалы түрде жас және динамикалық қауымдастық болып табылады. Мұнда g1 және v фенофазалары басым, яғни жас генеративтік және вегетативтік өсімдіктер көп. Орташа биіктігі 70-120 см, диаметрі 100-150 см, бұл өсімдіктердің даму сатысының ерте кезеңінде екенін көрсетеді. Популяция құрылымында фенофазалардың әркелкі таралуы оның экологиялық тұрақтану процесінің әлі толық аяқталмағанын білдіреді.

Кесте 15 – P2Cp популяцияларының морфологиялық және фенологиялық сипаттамалары

| № | Көрсеткіштер | P2Cp1 | P2Cp2 | P2Cp3 |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Биіктік диапазоны, см | 50–300 | 70–130 | 17–300 |
| 2. | Орташа биіктік, см | 120–180 | 70–120 | 150–200 |
| 3. | Биіктік ерекшелігі | Әртүрлі жастағы даралар қатар кездеседі (жас және жетілген өсімдіктер). | Биіктік шамалары біркелкі, көбіне орташа жетілген өсімдіктер. | Ең үлкен диапазон байқалады, аралас жастық құрылым тән. |
| 4. | Диаметр диапазоны, см | 100–300 | 100–150 | 30–300 |

15 – ші кестенің жалғасы

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5. | Орташа диаметр, см | 150–200 | 100–150 | 150–250 |
| 6. | Диаметр ерекшелігі | Көптеген даралар диаметрі 150 см-ден жоғары, жетілген өсімдіктер басым. | Кіші диаметрлі өсімдіктер көп, бұл жас популяцияға тән. | Ең ірі даралар кездеседі, жетілген өсімдіктердің жоғары үлесі. |
| 7. | Басым фенофазалар | g3, ss | g1, v | g2, g3 |
| 8. | Фенофазалық сипаттама | Жетілген және қартаю сатысындағы өсімдіктер көп. | Жас және вегетативтік өсімдіктер басым. | Жетілген даралар басым, тұрақты қауымдастық қалыптасқан. |
| 9. | Сирек фенофазалар | j (жас даралар), ss (қартаю фазасы) | – | j кездеспейді |
| 10. | Популяцияның экологиялық жағдайы | Қолайлы орта, тұрақты экожүйе. | Қалпына келу және өсу кезеңіндегі қауымдастық. | Ең дамыған және экологиялық тұрақты популяция. |
| 11. | Ескертпе (деректердің толықтығы) | Деректер толық. | Кейбір өлшеулер жетіспейді. | Бірқатар позициялар бойынша деректер толық емес. |

Мұндай қауымдастықтар әдетте қалпына келу немесе отарлау (сукцессиялық) кезеңдеріне тән. Дегенмен, жас өсімдіктердің көп болуы бұл популяцияның ұзақ мерзімді даму әлеуетінің жоғары екенін дәлелдейді.

P2Cp3 ценопопуляциясы ең жетілген және экологиялық тұрғыдан тұрақты жүйе ретінде сипатталады. Бұл топта g2 және g3 фенофазалары басым, яғни өсімдіктердің басым бөлігі генеративтік даму кезеңінің орта және кеш сатыларында тұрады. Орташа биіктігі 150-200 см, ал кейбір даралардың биіктігі мен диаметрі 300 см дейін жетеді. Бұл популяцияда жас және жетілген даралардың аралас болуы онтогенетикалық құрылымның толық екенін және табиғи жаңару процесінің үздіксіз жүріп жатқанын көрсетеді. Сонымен қатар, мұндай құрылым популяцияның жоғары экологиялық тұрақтылыққа жеткенін және оның қолайлы өсу ортасында қалыптасқанын дәлелдейді.

Жалпы, үш популяцияның салыстырмалы талдауы олардың экологиялық бейімделу дәрежесінің, морфологиялық әртектілігінің және даму кезеңдерінің алуантүрлілігін айқын көрсетеді.

P2Cp1 - тұрақты және жетілген популяция, бірақ жаңару деңгейі төмен;

P2Cp2 - жас және белсенді дамып келе жатқан қауымдастық, экологиялық бейімделу процесі әлі жалғасуда;

P2Cp3 - ең дамыған және тұрақты популяция, онтогенетикалық құрылымы толық, биологиялық өнімділігі жоғары.

Бұл нәтижелер зерттелген популяциялардың табиғи экожүйелердегі рөлін, олардың қалпына келу әлеуетін және бейімделу стратегияларын сипаттайды. Сондай-ақ алынған деректер Тауқұм құмдарындағы шөлейт өсімдіктер қауымдастықтарының морфологиялық тұрақтылығын, экологиялық үйлесімділігін және флоралық динамикасын түсінуде маңызды ғылыми негіз болып табылады.

*Популяциялардың құрылымы мен динамикасы.* Зерттеу нәтижелері P2Cp1, P2Cp2 және P2Cp3 популяцияларының құрылымдық және онтогенетикалық айырмашылықтарын айқын көрсетеді.

P2Cp1 популяциясы ең жетілген және тұрақтанған қауымдастық ретінде сипатталады. Мұнда кеш генеративтік (g3) және қартаю (ss) фазаларындағы өсімдіктер басым, ал олардың морфометриялық көрсеткіштері - биіктігі мен диаметрі - ең жоғары деңгейде. Бұл популяцияның экожүйеде ұзақ уақыт бойы қалыптасқанын және оның құрылымдық тұрақтылығына жеткенін дәлелдейді. Алайда жас өсімдіктердің (фенофазалар v және j) аз болуы жаңару процесінің баяулануын көрсетеді, сондықтан ұзақ мерзімді перспективада популяцияның қартаюын ескеру қажет.

P2Cp2 популяциясы өсу және қалпына келу кезеңіндегі қауымдастық ретінде ерекшеленеді. Мұнда g1 және v фенофазалары басым, яғни өсімдіктердің басым бөлігі жас генеративтік және вегетативтік сатыда тұрады. Бұл популяцияның белсенді жаңару қабілетін және экологиялық бейімделу әлеуетін айқындайды. Алайда, диаметрдің төмен мәндері мен өсімдіктердің салыстырмалы түрде ұсақ болуы қолайлы өсу жағдайларының шектеулі екенін немесе популяцияның әлі толық тұрақтанбағандығын көрсетуі мүмкін. Сондықтан бұл топ ұзақ мерзімді мониторингті қажет етеді(кесте 16).

P2Cp3 популяциясы аралас құрылымға ие және әр түрлі фенофазалар мен өсімдік өлшемдерінің кең диапазонымен сипатталады. Мұнда жетілген даралар басым болғанымен, жас және орта жастағы өсімдіктер де кездеседі.

Кесте 16 – Екінші популяцияның үш ценопопуляциясына тән морфометриялық сипаттамалар

| № | P2Cp1 | | | P2Cp2 | | | P2Cp3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Биіктігі, см | Диаметрі, см | Фенофаза | Биіктігі, см | Диаметрі, см | Фенофаза | Биіктігі, см | Диаметрі, см | Фенофаза |
| 1 | 170 | 250 | g3 | 100 | 100 | g1 | 150 | 280 | g1 |
| 2 | 50 | 30 | j | 90 | 130 | g1 | 137 | 200 | g2 |
| 3 | 70 | 60 | v | 105 | 120 | g1 | 165 | 150 | g2 |
| 4 | 120 | 200 | g2 | 90 | 140 | g1 | 160 | 170 | g2 |

16 – ші кестенің жалғасы

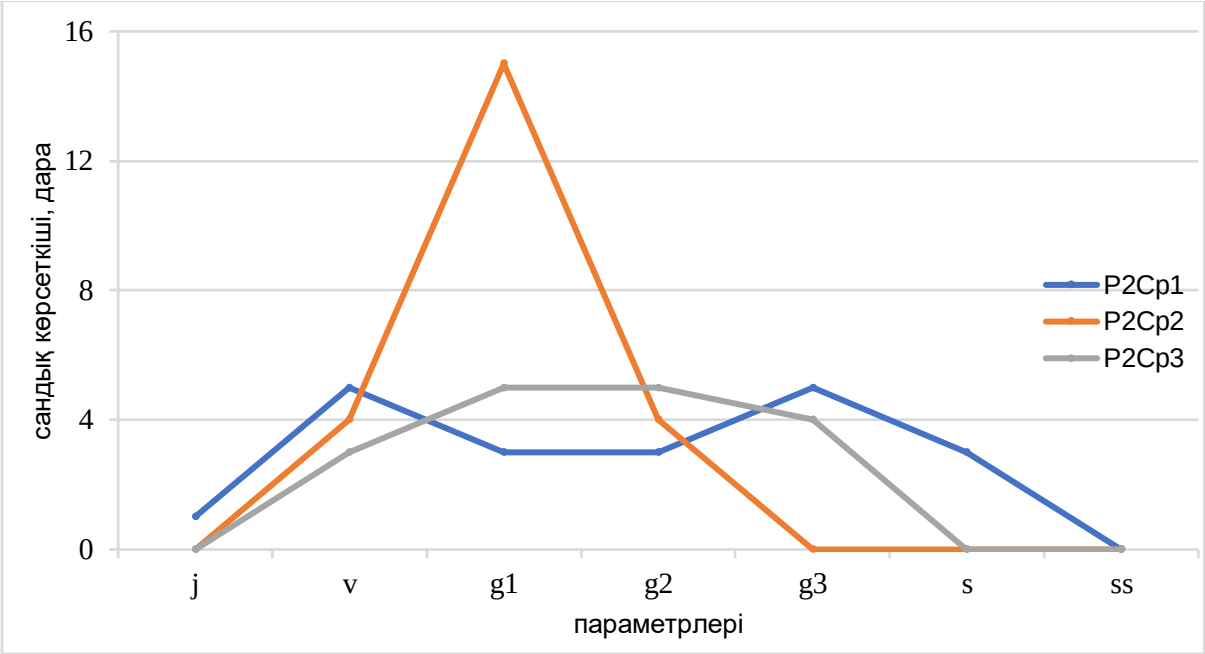
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 160 | v | 95 | 100 | g1 | 125 | 130 | g1 |
| 6 | 180 | 280 | g3 | 80 | 200 | g2 | 32 | 47 | v |
| 7 | 160 | 150 | g3 | 110 | 140 | g1 | 110 | 100 | g1 |
| 8 | 165 | 200 | g3 | 120 | 240 | g2 | 160 | 270 | g3 |
| 9 | 180 | 300 | g3-ss | 90 | 110 | g1 | 17 | 30 | v |
| 10 | 190 | 200 | ss | 60 | 90 | g1 | 120 | 160 | g1 |
| 11 | 140 | 150 | g1 | 135 | 160 | g2 | 170 | 250 | g3 |
| 12 | 90 | 90 | v | 95 | 110 | g1 | 160 | 220 | g2 |
| 13 | 170 | 200 | g3 | 33 | 45 | v | 170 | 300 | g3 |
| 14 | 75 | 55 | v | 90 | 105 | g1 | 150 | 200 | g2 |
| 15 | 150 | 200 | ss | 43 | 62 | v | 100 | 160 | g1 |
| 16 | 50 | 55 | v | 35 | 60 | v | 70 | 60 | v |
| 17 | 180 | 150 | g2 | 70 | 115 | g1 | 160 | 240 | g3 |
| 18 | 145 | 200 | g2 | 130 | 150 | g2 | - | - | - |
| 19 | 100 | 100 | g1 | 110 | 100 | g1 | - | - | - |
| 20 | 125 | 120 | g1 | 67 | 70 | g1 | - | - | - |
| 21 | - | - | - | 107 | 110 | g1 | - | - | - |
| 22 | - | - | - | 46 | 32 | v | - | - | - |
| 23 | - | - | - | 65 | 96 | g1 | - | - | - |

Бұл популяцияның құрылымдық теңгерімділігін және жоғары бәсекеге қабілеттілігін көрсетеді. g2 және g3 фазаларының басымдығы оның экологиялық тұрақтылыққа жақындап қалған жетілген қауымдастық екенін дәлелдейді.

Динамика мен өміршеңдік тұрғысынан, P2Cp1 және P2Cp3 популяцияларындағы жас даралар (v, j фазалары) аз, бұл табиғи жаңару деңгейінің төмендеуін және жас тұқымдастың өсу көрсеткішінің шектелуін білдіруі мүмкін. Ал P2Cp2 популяциясында керісінше, жас өсімдіктердің үлесі жоғары, бұл оның белсенді дамып келе жатқанын және экожүйелік қалпына келу процесінің жүріп жатқанын көрсетеді. Алайда, бұл популяцияда өсімдіктердің кіші диаметрі мен биіктігі олардың қоршаған орта жағдайларына (топырақтың құнарлылығы, ылғалмен қамтамасыз етілуі, жарық мөлшері) тәуелділігін көрсетеді.

Жалпы, үш популяция да экологиялық бейімделудің түрлі кезеңдерін бейнелейді: P2Cp1 - тұрақтанған және жетілген, P2Cp2 - белсенді дамып келе жатқан, P2Cp3 - құрылымдық тұрғыдан теңгерімді және экологиялық тұрғыдан тұрақты популяция. Бұл айырмашылықтар олардың тіршілік стратегиялары мен экожүйелік рөлдерін толық сипаттайды

P2Cp1, P2Cp2 және P2Cp3 қауымдастықтарының салыстырмалы талдауы олардың морфологиялық және фенологиялық құрылымындағы елеулі айырмашылықтарды көрсетті. Барлығы 23 жазба негізінде жүргізілген талдау нәтижесінде өсімдіктердің орташа биіктігі мен диаметрі, сондай-ақ фенофазалардың таралуы анықталды (сурет 15).




Сурет 15 – Екінші популяцияның үш ценопопуляция бойынша жас ерекшелік спектрі

Орташа биіктік көрсеткіштері бойынша P2Cp1 популяциясы ең жоғары мәнге ие (132,18 см), бұл топта өсімдіктердің орташа есеппен басқа қауымдастықтарға қарағанда биіктігін көрсетеді. P2Cp3 популяциясының орташа биіктігі 126,39 см, бұл да айтарлықтай жоғары көрсеткіш болып саналады. Ал P2Cp2 популяциясы ең төменгі орташа биіктікпен (86,83 см) сипатталады, бұл оның өсімдіктерінің салыстырмалы түрде жас немесе өсу жағдайларының шектеулі екендігін білдіреді.

Өсімдіктердің диаметрі бойынша ең жоғары орташа мән P2Cp3 популяциясында тіркелген (171,22 см). Бұл оның құрамында жақсы дамыған және экологиялық тұрғыдан тұрақты дарындар басым екенін көрсетеді. P2Cp1 популяциясында орташа диаметрі 154,09 см құрайды, бұл жетілген өсімдіктердің елеулі үлесін білдіреді. Ең төменгі орташа диаметр P2Cp2 популяциясында байқалады (113,70 см), бұл оның жас және даму сатысының бастапқы кезеңінде тұрғанын дәлелдейді.

Фенофазалық құрылым тұрғысынан P2Cp1 қауымдастығында g3 және ss фенофазалары басым. Бұл оның жетілген және қартаю сатысындағы өсімдіктерден құралғанын көрсетеді. v фенофазасында өсімдіктердің биіктігі мен диаметрі айтарлықтай төмен, бұл олардың вегетативтік, яғни ерте даму кезеңінде екенін білдіреді. P2Cp2 қауымдастығында g1 және g2 фенофазалары басым, ал g2 фазасында өсімдіктердің диаметрі жоғары. Бұл қауымдастықта өсімдіктердің біртіндеп жетілу үдерісі жүріп жатқанын байқауға болады. v фенофазасындағы даралар төмен морфометриялық көрсеткіштермен ерекшеленеді, бұл олардың бастапқы даму сатысында екенін білдіреді.

P2Cp3 популяциясы аралас құрылымымен ерекшеленеді: мұнда g2 және g3 фенофазалары басым, ең биік және ең ірі өсімдіктер байқалады. Бұл топ жетілген және экологиялық тұрғыдан тұрақты қауымдастық екенін көрсетеді. Алайда, мұнда биіктік пен диаметр көрсеткіштері фенофазаға байланысты едәуір өзгереді, яғни жас және жетілген өсімдіктер қатар кездеседі.

Жалпы, P2Cp1 қауымдастығы биіктігі бойынша басым, бұл оның қолайлы өсу жағдайларында дамып келе жатқанын және генеративтік жетілу сатысында тұрғанын дәлелдейді. P2Cp3 қауымдастығы ең ірі диаметрлі өсімдіктермен сипатталады, яғни оның құрамында жетілген, экологиялық тұрақты даралар басым. Ал P2Cp2 қауымдастығы ең төменгі морфометриялық көрсеткіштерге ие және жас құрылымда, белсенді даму кезеңіндегі топ ретінде сипатталады.

Бұл айырмашылықтар өсімдіктердің морфологиялық параметрлері мен фенофазалық даму сатыларының өзара байланысын көрсетеді. P2Cp1 және P2Cp3 қауымдастықтары жетілген және экологиялық тұрғыдан тұрақты жүйелер болып саналса, P2Cp2 популяциясы жас және қалпына келу кезеңіндегі қауымдастық ретінде ерекшеленеді. Мұндай деректер Тауқұм құмдарындағы табиғи өсімдік қауымдастықтарының құрылымдық және жастық әртектілігін, сондай-ақ олардың экожүйелік тұрақтылығын сипаттау үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады.

P3Cp1, P3Cp2 және P3Cp3 қауымдастықтарына жүргізілген талдау олардың фенофазалық және жастық құрылымындағы айырмашылықтарды айқын көрсетті.

Кесте 17 – P3Cp популяциялары бойынша өсімдіктердің биіктігі мен диаметрінің сипаттамалары

| № | Көрсеткіш | P3Cp1 | P3Cp2 | P3Cp3 |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Биіктігінің диапазоны, см | 50–160 | 130–195 | 60–135 |
| 2. | Орташа биіктік, см | 115–120 | 160–180 | 100–110 |

17 – ші кестенің жалғасы

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3. | Биіктік ерекшелігі | Орта бойлы өсімдіктер басым, биік өсімдіктер сирек кездеседі | Биік орташа бой жетілген және қартаюдағы өсімдіктермен байланысты | Жас және вегетативтік өсімдіктер басым |
| 4. | Ескертпе (фенофаза) | Аралас құрам (v, g1–g3) | Кеш фенофазалар (ss, g3) | Ерте фенофазалар (v, g2) |
| 5. | Диаметр диапазоны, см | 70–300 | 110–320 | 55–200 |
| 6. | Орташа диаметр, см | 150–170 | 200–250 | 120–140 |
| 7. | Диаметр ерекшелігі | Ірі даралар популяцияның жетілгендігін көрсетеді | Ең ірі өсімдіктер жетілген және қартаю сатысындағы даралармен байланысты | Кіші диаметр ерте даму фазаларына тән |
| 8. | Жалпы сипаттама | Биіктігі мен диаметрі әртүрлі даралар бар, аралас популяция | Биік және ірі өсімдіктер басым, жетілген популяция | Төмен және орташа биікті өсімдіктер басым, жас популяция |

17 кестеде келтірілген мәліметтер *C. leucocladum* популяцияларының (РЗСр1, РЗСр2 және РЗСр3) морфометриялық құрылымындағы айырмашылықтарды айқын көрсетеді. Жалпы алғанда, бұл айырмашылықтар популяциялардың жас құрылымы мен экологиялық бейімделу деңгейін сипаттайды.

РЗСр1 популяциясы биіктігі мен диаметрі бойынша айтарлықтай ауытқуларға ие (биіктігі 50–160 см, диаметрі 70–300 см). Мұндай кең диапазон популяция құрамының әркелкілігін, яғни жас және жетілген даралардың қатар өмір сүруін көрсетеді. Орташа мәндер (биіктігі 115–120 см, диаметрі 150–170 см) экожүйеде тұрақты, бірақ дамудың әртүрлі сатыларында тұрған даралардың бар екенін дәлелдейді.

РЗСр2 популяциясы ең биік (160–180 см) және ең ірі диаметрлі (200–250 см, максимум 320 см) даралармен сипатталады. Бұл популяцияда жетілген және қартаю кезеңіндегі өсімдіктердің басымдығын көрсетеді. Мұндай морфометриялық параметрлер өсімдіктердің экологиялық тұрақтылығын және осы алқаптанің қолайлы өсу жағдайларын (топырақ құнарлылығы, ылғалмен қамтамасыз етілуі, микроклиматтық факторлар) білдіреді. Сонымен қатар, кеш фенофазалардың (ss, g3) басымдығы өсімдіктердің генеративтік белсенді кезеңде екенін көрсетеді.

РЗСр3 популяциясы керісінше, биіктігі мен диаметрі жағынан шағын мәндерге ие (орташа биіктігі 100–110 см, диаметрі 120–140 см). Бұл жас және вегетативтік фазадағы даралардың басымдығын білдіреді. Популяцияның құрылымы оның қалыптасу немесе қалпына келу кезеңінде тұрғанын, ал экожүйе жағдайларының шектеулі (мысалы, топырақтың құрғақтығы немесе тұздылығы жоғары) болуы мүмкін екенін көрсетеді.

Жалпы алғанда, кестедегі деректер популяциялар арасындағы морфологиялық айырмашылықтардың аймақтық экологиялық градиенттермен және популяциялардың онтогенетикалық құрылымымен тығыз байланысты екенін дәлелдейді. Биіктік пен диаметрдің жоғары мәндері өсімдіктердің тұрақтылық деңгейін және экологиялық бейімделу әлеуетін сипаттайды, ал төмен көрсеткіштер жас даралар басым ортада өсімдіктер қауымдастығының жаңару үдерісін көрсетеді.

Фенофазалардың таралуы бойынша, РЗСр1 популяциясында өсімдіктердің басым бөлігі жетілген генеративтік фазаларда орналасқан: g3 - 4 дара, g2 - 3 дара, ал g1 және v фазаларында небары 2 өсімдік тіркелген. Бұл мәліметтер РЗСр1 популяциясының тұрақтылығын және оның экожүйеде орныққан құрылымын көрсетеді. Мұнда жетілген өсімдіктер басым болса да, жас даралардың болуы табиғи жаңару процесінің жүріп жатқанын білдіреді.

РЗСр2 популяциясында құрылым күрделірек: ss фенофазасында 2 өсімдік, g3 фазасында 3, ал g2 және g1 фазаларында тағы 3 өсімдік тіркелген. Қартаю кезеңіндегі (ss) даралардың елеулі үлесі популяцияның біртіндеп ескіруін және жас тұқымдастың азаю мүмкіндігін көрсетеді. Бұл жағдай популяцияның ұзақ мерзімді тұрақтылығына қауіп төндіруі мүмкін және болашақта табиғи жаңару қарқынын төмендетуі мүмкін.

РЗСр3 популяциясы керісінше жас құрылымымен ерекшеленеді. Мұнда g3 фазасында - 2, g2 фазасында - 3 және g1 мен v фазаларында - 2 өсімдік тіркелген. Ерте даму сатыларының (әсіресе g2 және v) басымдығы популяцияның жас екенін және оның белсенді өсу кезеңінде тұрғанын көрсетеді. Мұндай құрылым экожүйенің табиғи қалпына келу және бейімделу қабілетін арттырады.

Жастық құрылым тұрғысынан алғанда, РЗСр1 популяциясы аралас сипатқа ие: жетілген өсімдіктермен қатар жас даралар да бар, бұл оның тұрақтылығы мен жаңару арасындағы тепе-теңдігін сақтайтынын білдіреді. РЗСр2 популяциясы жетілу және қартаю кезеңінде, сондықтан оның құрылымы аздап теңгерімсіз және уақыт өте даралар санының азаю қаупі бар. Ал РЗСр3 популяциясы жас өсімдіктердің басымдылығымен сипатталады, бұл оның өсу және кеңею әлеуетін айқын көрсетеді.

Өсімдіктердің морфометриялық сипаттары бойынша, ең ірі даралар РЗСр2 популяциясында тіркелген. Мұнда өсімдіктердің биіктігі мен диаметрі жоғары, бұл оның жетілген және экологиялық тұрғыдан тұрақты қауымдастық екенін дәлелдейді. Ал РЗСр3 популяциясында өсімдіктердің өлшемдері айтарлықтай кіші, бұл оның жас және белсенді өсу кезеңіндегі популяциясы екенін растайды (кесте 18).

Жалпы, РЗСр1 және РЗСр2 қауымдастықтарында жетілген фенофазалар (g3 және ss) басым, бұл олардың экологиялық тұрақтылығы мен өсу әлеуетін көрсетеді. Ал РЗСр3 популяциясында g2 және v фазаларының үлесі жоғары, бұл оның даму әлеуеті мен табиғи жаңару қабілетінің жоғары екенін білдіреді. Осылайша, үш қауымдастықтың салыстырмалы талдауы олардың әртүрлі онтогенетикалық сатыларда тұрғанын және әрбірінің экологиялық рөлінің ерекше екенін көрсетеді: РЗСр1 - тұрақтанған және теңгерімді жүйе, РЗСр2 - жетілген, бірақ қартаю кезеңіндегі қауымдастық, ал РЗСр3 - жас және болашағы бар өсіп келе жатқан популяция.

Кесте 18 – Үшінші популяцияның үш ценопопуляциясына тән морфометриялық сипаттамалар

| № | РЗСр1 | | | РЗСр2 | | | РЗСр3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Биіктігі, см | Диаметрі, см | Фенофаза | Биіктігі,, см | Диаметрі, см | Фенофаза | Биіктігі,, см | Диаметрі, см | Фенофаза |
| 1 | 160 | 300 | g3 | 180 | 300 | ss | 120 | 150 | g2 |
| 2 | 125 | 200 | g3 | 150 | 250 | g3 | 125 | 140 | g2 |
| 3 | 150 | 200 | g3 | 130 | 150 | g2 | 60 | 55 | v |
| 4 | 148 | 150 | g2 | 170 | 280 | g3 | 70 | 100 | g1 |
| 5 | 085 | 70 | g1 | 195 | 320 | ss | 110 | 200 | g3 |
| 6 | 120 | 170 | g2 | 145 | 200 | g3 | 120 | 140 | g2 |
| 7 | 50 | 80 | v | 170 | 110 | g1 | 75 | 100 | v |
| 8 | 90 | 115 | g1 | 160 | 150 | g2 | 135 | 200 | g3 |
| 9 | 130 | 220 | g3 | 140 | 240 | g3 | - | - | - |
| 10 | 90 | 140 | g1 | - | - | - | - | - | - |

3.1.3 Популяциялардың жастық құрылымы

РЗСр1, РЗСр2 және РЗСр3 популяцияларының жастық және морфологиялық құрылымына жүргізілген талдау олардың даму сатылары мен экологиялық бейімделу деңгейлерінің айқын айырмашылықтарын көрсетті.

РЗСр1 популяциясы аралас құрылымға ие, мұнда жетілген генеративтік (g3, g2) сатылар басым. Бұл популяцияның тұрақтылығы мен құрылымдық теңгерімділігін көрсетеді. Сонымен қатар, жас (g1) және вегетативтік (v) даралардың болуы популяцияның табиғи жаңару процесінің жүріп жатқанын дәлелдейді. Алайда ювенильдік даралардың аз болуы (ерте даму фазасы v) болашақта жаңару қарқынының төмендеу ықтималдығын көрсетіп, ұзақ мерзімді бақылауды қажет етеді.

РЗСр2 популяциясы үш популяцияның ішіндегі ең жетілген болып табылады. Мұнда g3 және ss фазаларындағы өсімдіктер басым, яғни олардың

көпшілігі өздерінің биологиялық жас шамасының жоғарғы шегіне жетті. Қартаю фазасындағы даралардың (ss) жоғары үлесі бұл популяцияның табиғи жаңару қабілетінің төмендегенін және өзін-өзі сақтау әлеуетінің әлсірегенін білдіреді. Жас генеративтік сатылардың (g1, g2) аз болуы репродуктивтік процестердің баяулауын көрсетеді. Сондықтан бұл популяция экологиялық тұрғыдан осал және оны сақтау үшін жас даралардың көбеюін қамтамасыз ету маңызды.

Р3Ср3 популяциясы керісінше жас құрылымымен ерекшеленеді. Мұнда ерте даму сатылары (g2, g1, v) басым, бұл оның белсенді өсу кезеңінде тұрғанын және болашақта тұрақтануға әлеуеті жоғары екенін дәлелдейді. Сонымен қатар, жетілген өсімдіктердің (g3) болуы популяцияның қалыптасу және тұрақтану үдерісі жүріп жатқанын көрсетеді. Алайда, бұл популяциядағы өсімдіктердің орташа биіктігі (100-120 см) және диаметрі (120-140 см) төмен, бұл шектеулі экологиялық ресурстармен немесе стресс факторларымен байланысты болуы мүмкін (сурет 16).

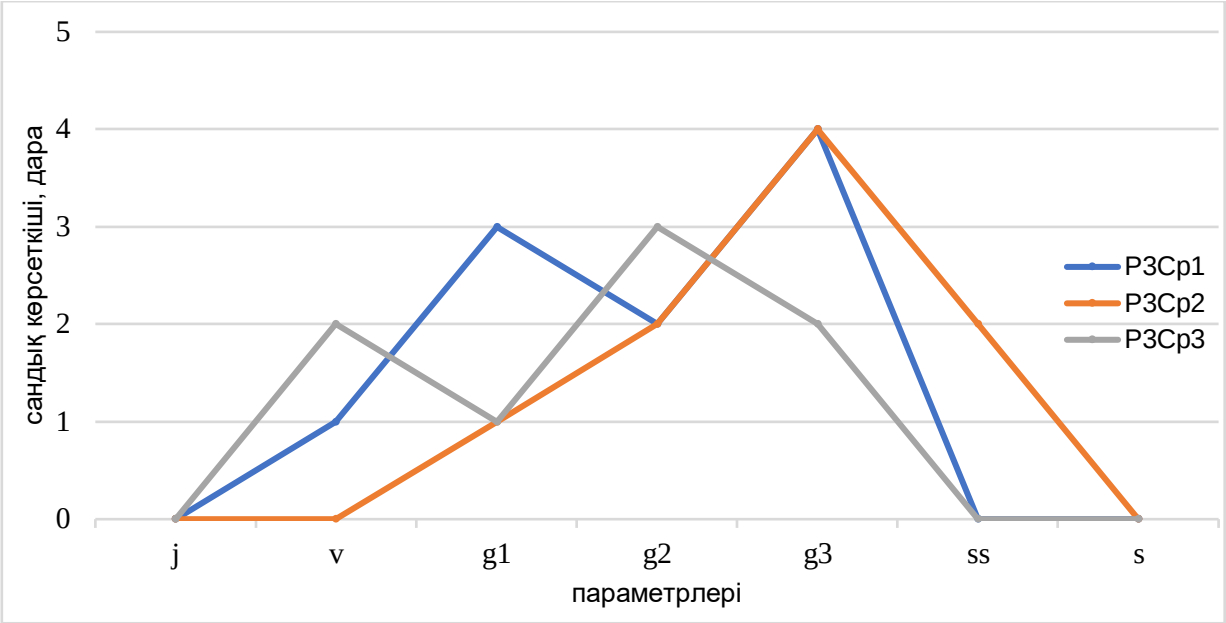
Өсімдіктердің морфометриялық сипаттары бойынша ең ірі даралар Р3Ср2 популяциясында тіркелген: өсімдіктердің биіктігі 195 см-ге дейін, ал диаметрі 320 см-ге дейін жетеді. Бұл оның экологиялық тұрғыдан ең қолайлы орта дамып келе жатқанын және жетілген қауымдастық екенін көрсетеді. Р3Ср1 популяциясында өсімдіктердің өлшемдері кең диапазонда өзгереді, бұл оның жас құрылымының әркелкілігін білдіреді. Ал Р3Ср3 популяциясында өсімдіктердің өлшемдері едәуір кіші, бұл оның жас және өсіп келе жатқан қауымдастық екенін көрсетеді.

Экологиялық жағдайлар мен ықтимал факторлар арасындағы айырмашылықтар өсімдіктердің биіктігі мен диаметрі бойынша анық байқалады. Р3Ср2 популяциясы ең қолайлы экологиялық ортада орналасқан, бұл оның ірі морфометриялық көрсеткіштері мен жетілген дарларының басымдылығымен дәлелденеді. Ал Р3Ср1 және Р3Ср3 популяцияларында экологиялық ресурстардың (ылғал, жарық, қоректік заттар) шектелуі байқалады, бұл олардың өсу динамикасына әсер етуі мүмкін.

Ұзақ мерзімді перспективалар тұрғысынан алғанда, Р3Ср1 популяциясы қазіргі таңда тұрақты болса да, жас сатылардың үлесінің азаюы болашақта оның біртіндеп қартаюына және тозуына әкелуі мүмкін. Р3Ср2 популяциясы ең жетілген сатысында болғанымен, оның қартаю процесі басталды, жаңару қабілетінің төмендеуі ұзақ мерзімді тұрақтылыққа қауіп төндіреді. Ал Р3Ср3 популяциясы, керісінше, белсенді өсу фазасында және жас дарақтардың көптігі оның экологиялық болашағын оң сипаттайды. Алайда оның тұрақты дамуы үшін сыртқы орта жағдайларының (топырақ, ылғал, микроклимат) қолайлы деңгейде сақталуы қажет.

Осылайша, үш популяция да тіршілік циклдің түрлі сатыларында орналасқан: Р3Ср1 - тұрақтанған және біртіндеп қартаю сатысында, Р3Ср2 - жетілген, бірақ жаңару қарқыны төмен қауымдастық, ал Р3Ср3 - жас және өсіп келе жатқан, болашағы зор популяция. Негізгі экологиялық тәуекелдер Р3Ср2-дегі қартаю процесімен және Р3Ср1-дегі көбеюдің баяулауымен байланысты

болса, Р3Ср3 популяциясы дамудың белсенді кезеңінде және экожүйелік тұрақтану әлеуеті жоғары топ ретінде ерекшеленеді.




Сурет 16 – Үшінші популяцияның үш ценопопуляция бойынша жас ерекшелік спектрі

Үш популяцияға - Р1Ср1, Р2Ср2 және Р3Ср3 - жүргізілген зерттеу олардың жалпы жағдайын, құрылымын және экологиялық бейімделу деңгейін анық көрсетті. Әр популяция өзіндік жастық құрылымымен, өсімдіктердің орташа өлшемдерімен, фенофазалық құрамымен және өсу ортасының экологиялық жағдайларымен ерекшеленеді.

Биіктік көрсеткіштерін салыстыру нәтижесінде ең жоғары мәндер Р2Ср2 популяциясында тіркелді - өсімдіктердің биіктігі 230 см-ге дейін жетеді. Бұл популяция жетілген және жоғары ресурстық мүмкіндіктерге ие қауымдастық екенін көрсетеді. Р3Ср2 популяциясында ең биік өсімдіктердің биіктігі 195 см шамасында, мұнда жетілген және қартаю сатысындағы өсімдіктер басым. Ал Р1Ср3 популяциясының өсімдіктері орташа алғанда биіктігі 150 см, бұл олардың жас және өсуі шектеулі даралар екенін білдіреді. Орташа биіктік мәндері арасындағы қатынас келесідей: Р2Ср2> Р3Ср2> Р1Ср3. Бұл көрсеткіш Р2Ср2 популяциясында жетілген және қартаю кезеңіндегі өсімдіктердің көптігімен түсіндіріледі, ал Р3Ср2 популяциясында өсімдіктер біршама биік болса да, биіктік диапазоны тар. Р1Ср3 популяциясында ерте даму сатыларындағы (g1, v) өсімдіктердің басымдығы биіктіктің төмен болуына әсер етеді.

Диаметр көрсеткіштері де популяциялар арасында елеулі айырмашылықтар көрсетеді. Ең жоғарғы диаметр Р3Ср2 популяциясында тіркелді - 320 см. Мұнда жетілген және қартаю сатысындағы өсімдіктер басым. Р2Ср1 популяциясында өсімдіктердің диаметрі 250 см дейін жетеді,

бұл оның жоғары қоректік ресурстармен қамтамасыз етілгенін көрсетеді. Орташа диаметр көрсеткіштері де осындай үрдіс байқайды: P2Cp2> P3Cp2> P1Cp1. P2Cp2 популяциясында g2 және g3 сатыларында өсімдіктердің көп болуы олардың ірі морфометриялық сипаттарын қамтамасыз етеді. P3Cp2 популяциясында өсімдіктердің өлшемдері ірі болғанымен, мәндердің таралу диапазондары кең, ал P1Cp1 популяциясында диаметр ең төмен, бұл жас және белсенді өсу сатысындағы өсімдіктердің басымдығымен түсіндіріледі.

Фенофазалық құрам бойынша P2Cp2 және P3Cp2 популяцияларында жетілген фазалар (g3) басым, бұл олардың экологиялық тұрақтылығын және биологиялық жетілуін көрсетеді. P1Cp1 популяциясында да жетілген өсімдіктер бар, бірақ олардың үлесі аздау, бұл популяцияның қалыптасу сатысында екенін көрсетеді. Ерте даму сатылары (g1, v) P1Cp1 және P3Cp3 популяцияларында басым, бұл олардың жас құрылымымен және белсенді өсу әлеуетімен сипатталады. Ал қартаю сатысы (ss) P2Cp2 және P3Cp2 популяцияларында тіркеліп, олардың біртіндеп сандық азаю кезеңіне жақындағанын көрсетеді.

Экологиялық тұрғыдан алғанда, P2Cp2 популяциясы ең қолайлы ортада дамып келеді. Мұнда өсімдіктер ірі, жетілген және тұрақты даму жағдайында. Бұл экожүйеде жеткілікті ылғал, қоректік заттар мен жарық бар екенін дәлелдейді. Ал P3Cp3 және P1Cp1 популяцияларында экологиялық ресурстардың шектеулі болуы байқалады. Мұнда өсімдіктердің биіктігі мен диаметрі төмен, ал фенофазалық құрылым ерте сатылардың басымдылығымен сипатталады. Мұндай жағдайлар су тапшылығы, жарық жетіспеушілігі немесе топырақтың нашар қоректік құрамымен байланысты болуы мүмкін.

Жастық құрылым тұрғысынан P2Cp2 және P3Cp2 популяциялары жетілген қауымдастықтар ретінде сипатталады. Бұл популяцияларда биіктігі мен диаметрі жоғары өсімдіктер көп, бірақ ss фазасындағы даралардың көбеюі табиғи жаңару процесінің баяулауын көрсетеді. Бұл болашақта популяцияның санының азаюына әкелуі мүмкін. Ал P1Cp1 және P3Cp3 популяциялары жас қауымдастықтарға жатады. Олар белсенді даму сатысында, ал ерте фенофазалардың басымдығы олардың өсу әлеуетінің жоғары екенін көрсетеді. Алайда бұл топтар қоршаған орта факторларына тәуелді және стресс жағдайларына сезімтал.

Жалпы алғанда, зерттелген популяциялар табиғи даму циклінің түрлі кезеңдерінде орналасқан. P2Cp2 популяциясы экологиялық тұрғыдан ең қолайлы ортада жетілген және ірі өсімдіктермен сипатталады. P3Cp2 популяциясы жетілген, бірақ қартаю кезеңіне жақындаған, сондықтан оның экологиялық тұрақтылығын сақтау үшін бақылау қажет. P1Cp1 және P3Cp3 популяциялары жас және белсенді дамуда, болашақта тұрақты құрылымға айналу әлеуеті жоғары, бірақ олардың дамуы қоршаған орта жағдайларына тікелей байланысты.

Бұл айырмашылықтар популяциялардың морфологиялық, онтогенетикалық және экологиялық ерекшеліктерінің өзара байланысын көрсетеді. Әрбір популяцияның бейімделу стратегиясы мен экожүйелік рөлі

айқындалған бұл нәтижелер табиғи өсімдік қауымдастықтарының өміршеңдігі мен тұрақтылығын бағалау үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады.

Популяциялардың жастық құрылымы және экожүйелік сипаттамасы

Үш кестеден алынған деректерді талдау нәтижесінде зерттелген популяциялар арасындағы жастық құрылым мен өміршеңгілік деңгейінде айқын айырмашылықтар байқалды.

Жетілген популяциялар (P2Cp2, P3Cp2) генеративтік даму сатыларындағы (g3, g2) өсімдіктердің басымдығымен және қартаю кезеңіндегі (ss) даралардың болуымен сипатталады. Мұндай құрылым популяцияларының қазіргі уақытта экологиялық тұрғыдан тұрақты екенін, бірақ болашақта даралар санының азаю қаупі бар екенін көрсетеді. P2Cp2 және P3Cp2 популяцияларында генеративтік өсімдіктердің, әсіресе g3 фазасындағы даралардың басымдығы олардың жетілген және экологиялық тұрғыдан орныққан қауымдастықтары дәлелдейді. Алайда, жас өсімдіктердің (v, g1) аз үлесі табиғи жаңару қарқынының төмен екенін көрсетіп, ұзақ мерзімді тұрақтылыққа әсер етуі мүмкін.

Жас популяциялар (P1Cp1, P3Cp3) керісінше, жас сатылардың (v, g1) басымдылығымен және жетілген фазалардың (g2, g3) аз үлесімен ерекшеленеді. Бұл олардың белсенді даму кезеңінде екенін және жоғары өсу әлеуетіне ие жас қауымдастықтар екенін білдіреді. Вегетативтік өсімдіктердің (v) айтарлықтай көп болуы популяцияларда табиғи жаңару процесінің белсенді жүріп жатқанын көрсетеді. Дегенмен, олардың сандық тұрақтануы үшін экологиялық жағдайлардың тұрақтылығы мен уақыт қажет.

Жалпы талдау нәтижелері көрсетіп отырғандай, зерттелген популяциялар даму циклінің әртүрлі сатыларында орналасқан және бұл олардың экологиялық бейімделу стратегияларындағы айырмашылықтарды көрсетеді. Ең осал топтарға жетілген популяциялар - P2Cp2 және P3Cp2 жатады, өйткені оларда қартаю процесі жүріп жатыр және жас даралар үлесі аз. Ал P1Cp1 және P3Cp3 популяциялары керісінше, жоғары жаңару әлеуетіне ие, бірақ өсу үшін жеткілікті ресурстар мен экологиялық тұрақтылықты қажет етеді.

Барлық үш популяция Жетісу облылының Балқаш ауданы аумағындағы құмды бархандарда орналасқан. Бұл аймаққа тән экологиялық жағдай мен флоралық құрам олардың ұқсастығын көрсетеді. Экожүйелер негізінен тұрақтанған құмдарда қалыптасқан, рельефі ұсақ төбешікті, бұл жағдай *Calligonum aphyllum* және *C. leucocladum* сияқты құм өсімдіктерінің таралуына қолайлы орта жасайды. Экожүйелердің бұзылу деңгейі төмен, бұл олардың салыстырмалы тұрақтылығын айғақтайды, алайда кейбір сыртқы антропогендік факторлар (мысалы, жолдардың жақындығы) әсер етуі мүмкін.

Жалпы, зерттелген үш популяция да экожүйелік тұрғыдан тұрақты және салыстырмалы түрде аз бұзылған қауымдастықтар болып табылады. Олар қалыпты өсімдік жамылғысы тығыздығын және жоғары флоралық алуантүрлілікті көрсетеді. Сирек кездесетін түрлердің болуы және антропогендік факторлардың шектеулі әсері экожүйелердің табиғи тепе-

теңдігін сақтайтынын білдіреді. Алайда, олардың ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін экологиялық мониторингті жалғастыру қажет.

### 3.1.4 Шеннон индексі бойынша популяциялардың флоралық ұқсастық деңгейі

Балқаш ауданының әртүрлі бөліктерінде орналасқан *C. leucocladum* түрінің тоғыз ценопопуляциясына жүргізілген зерттеу нәтижесінде өсімдік қауымдастықтарының флоралық құрамы мен биоалуантүрлілігі жан-жақты талданды. Геоботаникалық сипаттамалар негізінде қауымдастықтардың алуантүрлілік параметрлері есептелді. Атап айтқанда, түрлік байлықтың (түр саны) көрсеткіштерімен қатар, ақпараттық Шеннон индексі мен доминанттылық деңгейін анықтайтын Симпсон индексі талданды. Алынған деректер биоалуантүрлілік көрсеткіштерінің ценопопуляциялар арасында айтарлықтай вариациялануын көрсетті. Бұл зерттелген аумақтардағы экологиялық жағдайлардың гетерогенділігін (әркелкілігін) және өсімдіктер қауымдастығының экожүйелік тұрақтылық деңгейінің әртүрлі екенін айқындайды.

Бірінші популяцияда (P1Cp1-P1Cp3) Шеннон индексі 2.87-2.97 аралығында, ал Симпсон индексі 0.92-0.93 деңгейінде анықталған. Түр саны 26-29 аралығында өзгеріп, түрлердің таралуы біркелкі және флоралық құрам бай екенін көрсетті. Бұл деректер экожүйенің тұрақтылығын және өсімдіктердің экологиялық бейімделу қабілетінің жоғары екенін дәлелдейді (кесте 19).

Екінші популяцияда (P2Cp1-P2Cp3) көрсеткіштер ең төмен болды: Шеннон индексі 2.21-2.60, Симпсон индексі 0.84-0.90 аралығында, ал түр саны 17-21 шамасында. Мұндай мәндер флораның жұтаң екенін, бірнеше түрдің ғана басымдығын және қосалқы түрлердің әлсіз дамуын көрсетеді. Бұл популяциялар қолайсыз экологиялық жағдайларда қалыптасқан болуы мүмкін, атап айтқанда - топырақтың тұзденуы, ылғалдың жеткіліксіздігі және антропогендік әсерлердің күшеюі.

Үшінші популяцияда (P3Cp1-P3Cp3) биоалуантүрліліктің ең жоғары көрсеткіштері тіркелді. Шеннон индексі 3.08-ге (P3Cp3) дейін, Симпсон индексі 0.94-ке дейін жетті, ал түр саны 29-ға дейін өсті. Бұл нәтижелер қауымдастық құрылымының тұрақты екенін, түрлердің біркелкі таралғанын және өсуге қолайлы экологиялық жағдайлардың қалыптасқанын дәлелдейді.

Осы мәліметтерге сүйене отырып, айқын экологиялық градиентті бөліп көрсетуге болады: P2 < P1 < P3 — биоалуантүрлілік деңгейі мен экожүйелік тұрақтылық көрсеткіштері бойынша.

Жалпы нәтижелер флоралық алуантүрлілік деңгейінің өсу ортасының экологиялық сипаттарымен тікелей байланысты екенін көрсетті. Шеннон және Симпсон индекстерінің жоғары мәндері (әсіресе бірінші және үшінші популяцияларда) өсімдік түрлерінің көп түрлілігін, экологиялық тепе-теңдік сақталғанын және орта жағдайларының қолайлы екенін дәлелдейді. Ал екінші популяциядағы төмен көрсеткіштер (әсіресе P2Cp1 және P2Cp2) деградациялық процестердің байқалатынын көрсетеді. Мұнда топырақтың

тұзданuы, тығыздалуы және ылғал тапшылығы сияқты факторлармен қатар, антропогендік әсерлер де айқын көрінеді.

Кесте 19 – Популяциялардың салыстырмалы сипаттамасы

| № | Популяция | Түрлік байлық (түр саны) | H′ (Шеннон) | 1–D (Симпсон) | Жалпы сипаттама |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | P1 | 26–29 | 2.87–2.97 | 0.92–0.93 | Түрлердің біркелкі таралуымен және экологиялық тұрақтылығымен сипатталатын теңгерімді қауымдастықтар. |
| 2. | P2 | 17–21 | 2.21–2.60 | 0.84–0.90 | Ең осал қауымдастықтар: флоралық құрам кедей, орта жағдайлары стресс факторларына ұшыраған. |
| 3. | P3 | 25–29 | 2.93–3.08 | 0.93–0.94 | Ең жоғары биоалуантүрлілікке және экологиялық тұрақтылыққа ие, өсуге қолайлы жағдайлары бар қауымдастықтар. |

Популяциялар арасындағы салыстырмалы талдау айқын экологиялық градиентті көрсетті. Бірінші популяция (P1) биоалуантүрлілігімен және тұрақтылығымен ерекшеленеді (26-29 түр, H ′ ≈ 2.9, 1-D ≈ 0.92-0.93). Екінші популяция (P2) ең әлсіз және осал топ ретінде сипатталады (17-21 түр, H ′ 2.2-2.6, 1-D 0.84-0.90). Ал үшінші популяция (P3) ең жоғары көрсеткіштерге ие (25-29 түр, H ′ 2.93-3.08, 1-D 0.93-0.94). Осылайша, флоралық байлық пен экожүйелік тұрақтылық деңгейі бойынша градиент былайша айқындалды: P2 <P1 <P3.

Алынған нәтижелер бұрынғы зерттеулердің деректерімен сәйкес келеді. Кучеров және әріптестері (2016) Қазақстанның шөлейт аймақтарындағы биоалуантүрлілік деңгейі жерасты суларының тереңдігі мен құм массивтерінің тұрақтылығына байланысты екенін көрсетті. Павловтың (1956-1966) «Қазақстан флорасы» еңбегінде Calligonum туысына жататын өсімдіктердің әртүрлі микрорельеф пен ылғалдылық жағдайларына байланысты әртүрлі типтегі қауымдастықтар түзетіні айтылған. Заманауи зерттеулер (Li et al., 2020; Song et al., 2020) *C. leucocladum* түрінің экологиялық икемділігі мен генетикалық әртүрлілігі жоғары екенін растайды. Алайда, экстремалды жағдайларда флоралық құрамның қарапайымдануы және түрлердің таралу біркелкілігінің төмендеуі байқалады.

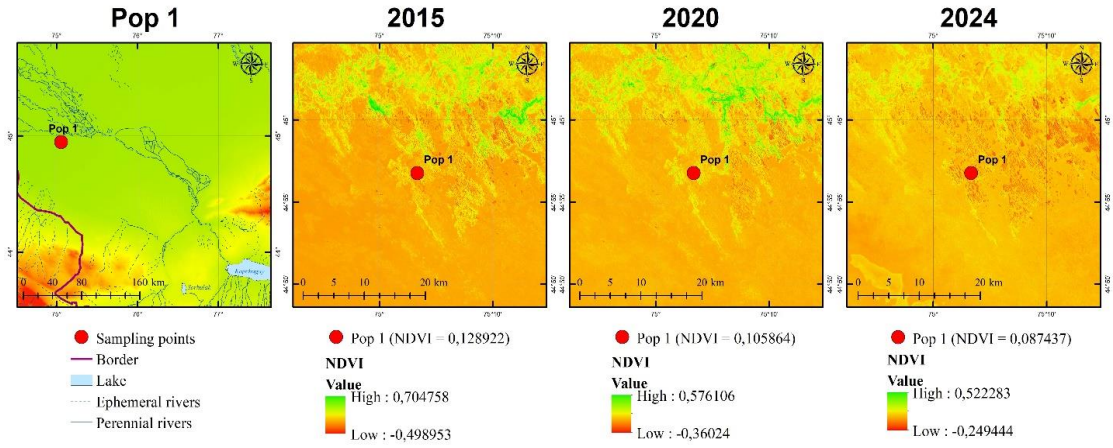
Жалпы, зерттеу нәтижелері *C. leucocladum* популяцияларының флоралық байлығы мен түрлерінің таралу біркелкілігі бойынша елеулі айырмашылықтарға ие екенін көрсетті. Ең жоғары тұрақтылық пен

биоалуантүрлілік (Р3) үшінші популяцияға тән, бұл оның экологиялық жағдайларының ең қолайлы екенін дәлелдейді. Екінші популяция (Р2) ең төменгі көрсеткіштермен сипатталады, бұл оның стресс жағдайында екенін және аз ғана түрлердің басым екенін көрсетеді. Бірінші популяция (Р1) аралық сипатқа ие - ол салыстырмалы түрде тұрақты, бірақ Р3-пен салыстырғанда экологиялық әлеуеті төмен.

3.1.5 Өсімдік жамылғысының динамикасын NDVI индексі арқылы бағалау

Өсімдік жамылғысының жай-күйін мониторингілеуде қашықтан зондтау деректері мен NDVI (Нормаланған вегетациялық индекс) көрсетікші кеңінен қолданылады. Бұл индекс фитоценоздардың фотосинтетикалық белсенділігін, өнімділігін және физиологиялық жағдайын жанама түрде анықтауға мүмкіндік береді. Осы зерттеу аясында Р1 популяциясының 2015–2024 жылдар аралығындағы өсімдік жамылғысының динамикасы талданды.

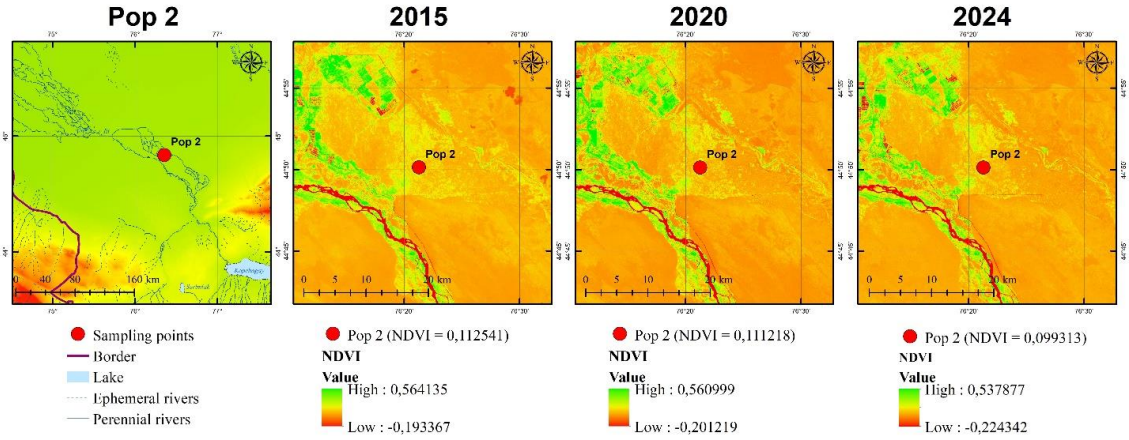
Он жылдық кезеңде Р1 популяциясында NDVI мәндерінің біртіндеп регрессиялық (төмендеу) үрдісі тіркелді. Индекс мәндерінің төмендеуі өсімдік жамылғысының деградациялануын және фитоценоздың экологиялық тұрақтылығының әлсірегенін айқындайды. Мұндай теріс динамиканың негізгі факторлары ретінде климаттың аридтенуі (құрғақтануы), жайылымдық жүктеменің артуы және экожүйелік тепе-теңдіктің бұзылуын атап өтуге болады.




Сурет 17 – 2015–2024 жылдар аралығында бірінші популяцияға арналған NDVI карталары

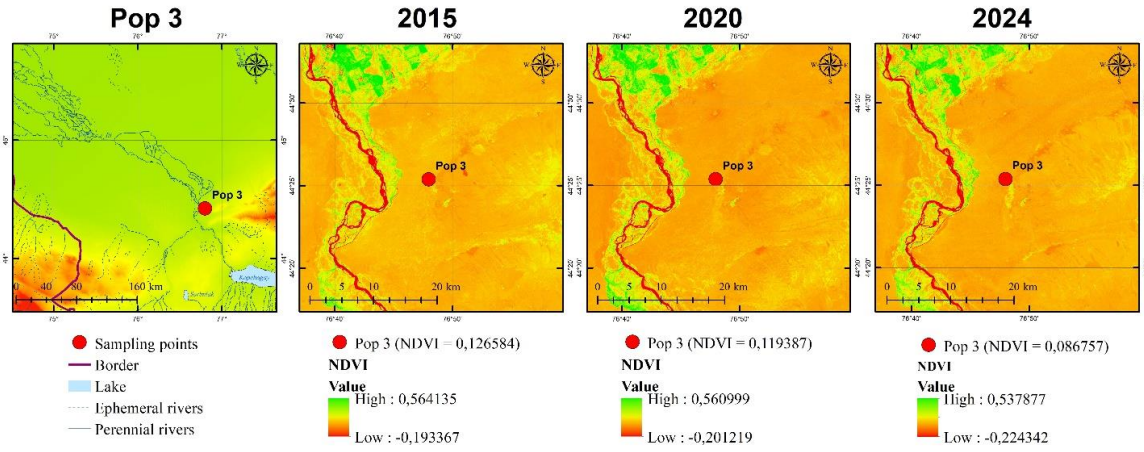
Сонымен қатар, NDVI көрсеткіштерінің максимумы (peak values) төмендеген, бұл өсімдіктердің физиологиялық өміршеңдігінің нашарлағанын және аймақтың жалпы биологиялық өнімділігінің азайғанын растайды (17-сурет).

2015-2024 жылдар аралығындағы үш популяция бойынша NDVI индексінің өзгеруін көрсетеді. Ең айқын төмендеу Р1 популяцияда (А) және Р3 популяцияда (С) 2020-2024 жылдары байқалды. Ал Р2 популяция (В) ең тұрақты NDVI мәндерін көрсетіп, зерттеу кезеңінің соңына қарай тек шамалы төмендеу үрдісін байқатты.



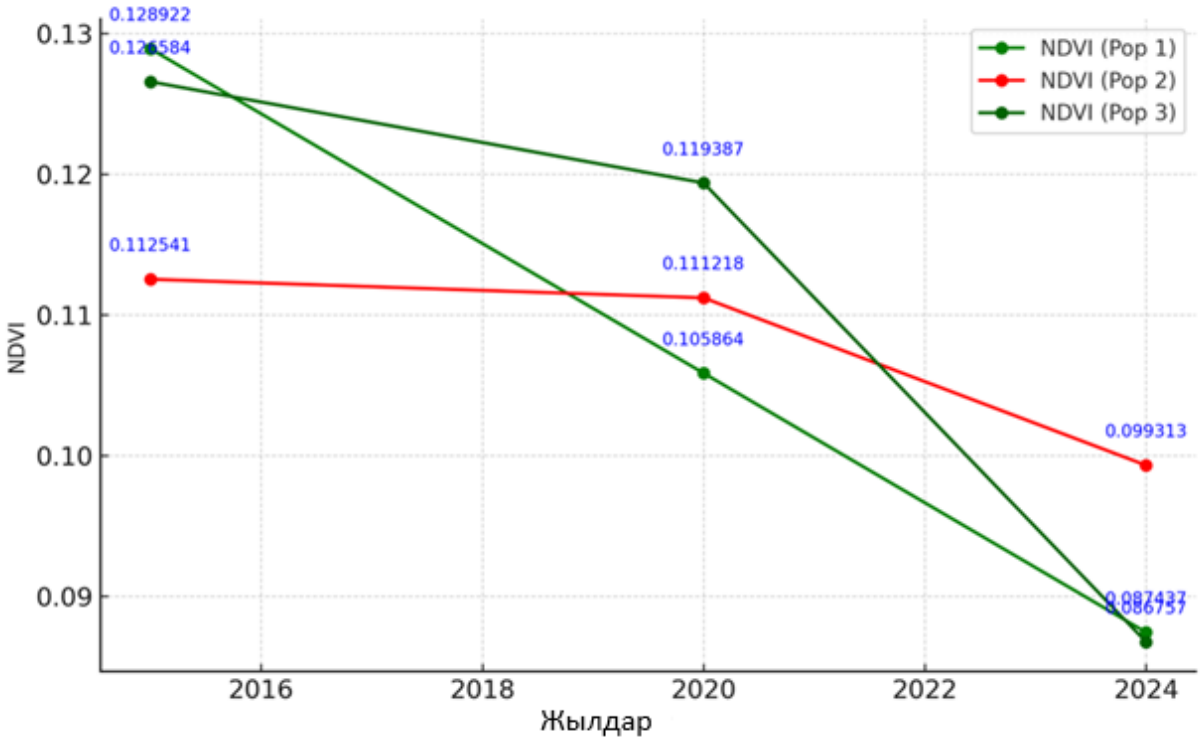

Сурет 18 – 2015-2024 жылдар аралығындағы екінші популяцияның NDVI карталары

2015–2024 жылдар аралығындағы NDVI (вегетациялық индекс) динамикасы 3-популяция мен оған іргелес аумақтарда фитоценоздың деградациялану трендін айқын көрсетті (18-сурет). Бұл үрдіс аймақтағы экологиялық жағдайдың тұрақты нашарлағанын және оған табиғи (климаттық) және антропогендік факторлардың кумулятивті (бірлескен) әсер етіп жатқанын айғақтайды.




Сурет 19 – 2015–2024 жылдар аралығындағы үшінші популяцияның NDVI карталары

Мониторинг кезеңінде өсімдік жамылғысының проективті жабыны біртіндеп азайған, ал өміршеңдігі жоғары өсімдік топтары тек өзен аңғарларында ғана сақталған. Бұл құбылыс экожүйенің гидрологиялық режимге тікелей тәуелділігін (гидрофиттенуін) және су ресурстарының лимиттеуші рөлін көрсетеді. 3-популяцияның айналасындағы аумақ өсімдіктердің құрылымдық деградациясы ең қарқынды байқалатын ошақ болып табылады (19-сурет).




Сурет 20 – Барлық популяциялар бойынша NDVI динамикасы: (A) - 1-популяция, (B) - 2-популяция, (C) - 3-популяция.

Популяцияның картографиялық деректері өсімдік жамылғысының қазіргі жай-күйін және NDVI (вегетациялық индекс) мәндеріне әсер ететін факторлардың динамикасын айқын көрсетеді (20-сурет). Картадағы кеңістіктік талдау нәтижелері вегетацияның таралу тығыздығы мен қоршаған орта факторларының өзгеруі арасындағы тығыз байланысты айқындайды.2015 жылы орташа NDVI мәні 0.112541 құрады, оның диапазондары -0.193367-ден 0.564135-ке дейін болды. 2020 жылы көрсеткіш 0.111218-ге дейін азайды, диапазон -0.201219-0.560999 болды. 2024 жылы NDVI одан әрі төмендеп, 0.099313 мәнін көрсетті (диапазон -0.224342-0.537877). NDVI көрсеткішінің осындай төмендеуі, әсіресе 2024 жылы, өсімдік жамылғысының тозуын немесе топырақ сапасының нашарлауы сияқты экологиялық өзгерістердің бар екенін білдіреді (сурет 19).

Негізгі байқалған үрдістерге 2015 жылы NDVI мәндерінің жоғары үлесінің басым болуы және оның 2020 және 2024 жылдары біртіндеп азаюы жатады. 2024 жылға қарай NDVI-нің ең жоғары мәні (0.537877) 2015 жылмен салыстырғанда (0.564135) төмендеді, бұл өсімдік белсенділігінің әлсіregенін көрсетеді.

Уақыт өте келе жасыл өсімдік жамылғысының азаюы байқалды, бұл антропогендік әсердің күшеюімен, климаттық өзгерістермен немесе экологиялық күйзелістердің артуымен байланысты болуы мүмкін. 2015-2024 жылдар аралығындағы 3-популяцияның NDVI карталары экожүйелер жағдайында елеулі өзгерістердің болғанын көрсетеді. Барлық зерттелген популяцияларда NDVI мәндерінің төмендеуі байқалады, бұл өсімдік жамылғысының тозуын дәлелдейді. Ең күшті төмендеу 1 және 3-

популяцияларда, әсіресе 2020-2024 жылдары тіркелді. Ал 2-популяцияда NDVI салыстырмалы түрде тұрақты болса да, мұнда да шамалы азаю байқалады, бұл экожүйенің төзімділігін көрсетеді. NDVI карталарындағы жоғары мәндері бар аумақтардың азаюы және төмен мәндері бар аймақтардың көбеюі экожүйе деградациясының үдеуін айқындайды. Өсімдіктер өзен аңғарлары мен су көздерінің маңында жақсы сақталған, бұл аридті климат жағдайында судың экожүйесі тұрақтандыруда шешуші рөлін дәлелдейді. Деградацияның негізгі себептері ретінде жауын-шашынның азаюы және жайылымдық қысымның артуы анықталды. Экожүйелердің жағдайын жақсарту және қалпына келтіру үшін NDVI спутниктік деректері негізінде тұрақты мониторинг жүргізу, антропогендік жүктемені азайту, жайылымды реттеу және осал аймақтарда шаруашылық қызметті шектеу қажет. Сонымен қатар, су ресурстарын жақсарту бағытында шаралар қабылдау және ұзақ мерзімді климаттық үрдістердің өсімдік жамылғысына әсерін зерттеу маңызды. Жалпы алғанда, NDVI индексі экожүйелердің жай-күйін бақылауда және биоалуантүрлілік пен экологиялық тұрақтылықты сақтауға бағытталған шешімдер қабылдауда тиімді құрал болып табылады.

### 3.2 *C. leucocladum* популяциясының топырағының морфологиялық сипаттамасы

Зерттелген *C. leucocladum* популяцияларының таралу аймақтары шөл және шөлейт экожүйелеріне тән геоморфологиялық және экологиялық ерекшеліктерімен сипатталады. Бұл аумақтарда топырақ түзілу процестеріне климаттың аридтілігі, жоғары температура, сирек жауын-шашын және жел эрозиясы негізгі факторлар ретінде әсер етеді. Құмды субстраттардың тұрақсыздығы мен органикалық заттардың аз мөлшері өсімдіктердің бейімделу стратегияларын айқындайды. Сондықтан әрбір популяцияның топырақ морфологиясын зерттеу *C. leucocladum* түрінің экологиялық төзімділігі және оның фитоценоздардағы тұрақтандырушы рөлін бағалау үшін маңызды болып табылады.

Р1 популяция Жетісу облылы, Балқаш өңірі, Тауқұм құмдары. Бұл аумақ жоталы және ұсақ төбелі құмдармен сипатталады, мұнда өсімдік жамылғысын негізінен жусан (Artemisia) және соран (Salsola), сирек жағдайда шөптесін немесе бұталы қауымдастықтар құрайды. Құм төбелерінің биіктігі шамамен 10-15 метрге дейін жетеді. Тауқұмның оңтүстік шекарасы Іле өзенінің бойымен өтеді, оның жағалауларында ағаш-бұталы өсімдіктер кең таралған, бұл аймақтар негізінен қыстаулық жайылымдар ретінде пайдаланылады.

Геоморфологиялық тұрғыдан Тауқұм құмдары өзеннің көмілген Сарыесік-Атырау бөлігін білдіреді және табиғи ерекшеліктері бойынша Арал маңы Қарақұмына ұқсас, алайда мұнда *C. leucocladum* түрі әлдеқайда жиі кездеседі. Топырақ түрі: Төмен гумусты шөлдік құмды топырақтар (кесте 20).

Р2-популяция (Балқаш өңірі, Сарыесік-Атырау құмдары) жоталы және ұсақ-төбешікті құмдармен сипатталады, олардың беті бұталы және тығыз шөптесін өсімдіктермен жартылай бекітілген. Құмды шөлдің бұл бөлігінде негізінен *C. leucocladum, Haloxylon ammodendron* және *Artemisia terrae-albae*

өсімдіктері өседі, олар жел эрозиясын болдырмауда маңызды рөл атқарады. Сарыесік-Атырау құмдары ежелден мал қыстайтын жайылым ретінде пайдаланылған, мұны құм төбелер арасындағы ескі мал қыстауларының іздері мен бұзылған шаруашылық орындарының қалдықтары дәлелдейді.

Бұл аймақтың топырағы төмен гумусты шөлдік құмдарға жатады. Жоғарғы қабаты ашық сары-қоңыр түсті, құрғақ, борпылдақ және құрылымсыз, негізінен кіші құмнан тұрады. Қабатта көптеген жіңішке тамырлар мен тамыр талшықтары кездеседі, бұл өсімдіктердің белсенді тамырлануын көрсетеді.

Кесте 20 – Балқаш өңірі, Тауқұм құмдарындағы бірінші популяцияның топырағының морфологиялық сипаттамасы

| Бірінші популяцияның топырық кесіндісі | Горизонт, тереңдігі (см) | Морфологиялық сипаттамасы |
|---|---|---|
|  | А $\frac{0-21}{21}$ | Ашық сары-қоңыр, құрғақ, борпылдақ, ұсақталған, құрылымсыз, құмды, жұқа тамырлар мен тамыр түктерінің көптігі аздап қайнайды, ауысуы біртіндеп жүреді |
| | В $\frac{21-60}{39}$ | Ашық сары-қоңыр құрғақ, ұсақталған, құрылымсыз, құмды, борпылдақ, мол тамырлар, жәндіктердің өтуі, әлсіз қайнатылған, біртіндеп ауысады |
| | ВС $\frac{60-110}{50}$ | Ашық сары-қоңыр, нашар тығыздалған, ұсақталған, құрылымсыз, сазды, ұсақ тамырлары бар, орташа қайнатылған |

Тұз қышқылымен әрекеттескен кезде топырақ әлсіз қайнайды, бұл карбонаттардың аз мөлшерде екенін білдіреді. Қабаттардың ауысуы біртіндеп, айқын шекарасыз өтеді. Ортаңғы қабат та ашық сары-қоңыр түсті, құрғақ және борпылдақ, кей жерлерде жәндіктердің қозғалыс іздері мен сирек тамырлар байқалады, карбонаттарға реакциясы әлсіз. Төменгі қабат сәл тығыздалған, ашық қоңыр түсті, саздақ құрылымды және аздаған ұсақ тамырлар бар. Бұл қабат тұз қышқылымен әрекеттескен кезде орташа қайнайды, яғни төменгі қабатта карбонаттардың көп жиналғанын көрсетеді.

Жалпы, Р2-популяцияның топырағы гумусы мен қоректік элементтері аз, құмды және әлсіз құрылымды, бұл аймақтың аридті экологиялық жағдайына сәйкес келеді. Осындай нашар құнарлылығына қарамастан, бұл топырақтар экстремалды климаттық ортаға бейімделген ксерофитті

өсімдіктердің өсуіне қолайлы және Сарыесік-Атырау экожүйесінің тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады (кесте 21).

Кесте 21 – Екінші популяция: Жетісу облылы, Балқаш өңірі, Сарыесік–Атырау құмдарындағы топырақтың морфологиялық сипаттамасы

| Екінші популяцияның топырық кесіндісі | Горизонт, тереңдігі (см) | Морфологиялық сипаттамасы |
|---|---|---|
|  | $A\ \frac{0-21}{21}$ | Ашық сұр-қоңыр, құрғақ, борпылдақ, ұсақталған, құрылымсыз, құмды саздақ, ұсақ тамырлардың көптігі, қайнатпайды |
| | $B_1\ \frac{21-40}{19}$ | Ашық сұр-қоңыр, тығыздалған, құрылымсыз, құмды, тамырлары бар, нашар қайнатылған, біртіндеп ауысады |
| | $B_2\ \frac{40-68}{28}$ | Ашық сұр-қоңыр, құрғақ, тығыз, құрылымсыз, құмды, тек негізгі тамырлары табылған, нашар қайнатылған, ауысуы айқын |
| | $C_1\frac{68-100}{32}$ | Ашық сұр, ылғалды, борпылдақ, құрылымсыз, ылғалды, құмды саздақ, тамыры жоқ, әлсіз қайнайды |

Р3-популяция (Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдары, Малайсары аумағы)

Сарыесік-Атырау құмдары Балқаш-Алакөл ойпатында орналасқан және бұл аумақтың экожүйелік маңызы ерекше. Аумақ арқылы Іле өзені ағып өтіп, Балқаш көліне құйылады, осылайша өңірдің гидрологиялық режимін айқындайды. Құмдардың оңтүстік шекарасы Малайсары енжотасымен шектеседі, ал рельефі жоталы-құмды және ұсақ төбешікті болып табылады. Бұл аймақтың табиғи ландшафты шөлдік сипатта, өсімдік жамылғысы сирек кездесетін бұталар мен шөптесін өсімдіктерден тұрады.

Негізгі флоралық компоненттерге *C. leucocladum, Haloxylon ammodendron, Artemisia terrae-albae* және *Carex physodes* жатады. Бұл түрлер экожүйенің тұрақтылығын сақтауда және құмды тұрақтандыруда шешуші рөл атқарады.

Топырақ түрі: төмен гумусты сұр-құмды (сұр топырақты) топырақтар. Малайсары аумағындағы топырақтар борпылдақ құрылымды, құмды және төмен гумусты болып сипатталады. Карбонаттардың аз мөлшері мен құрылымсыз құмдылығы бұл топырақтардың су және қоректік заттарды ұстау қабілетінің төмендігін көрсетеді. Мұндай физикалық қасиеттер өсімдіктердің өсуі үшін шектеуші фактор болып табылады, алайда бұл жағдайларға *C.*

*leucocladum* және басқа да ксерофитті өсімдіктер жақсы бейімделген (кесте 22).

Кесте 22 – Екінші популяция: Балқаш ауданы, Сарыесік–Атырау құмдары, Малайсары аумағы топырағының морфологиялық сипаттамасы

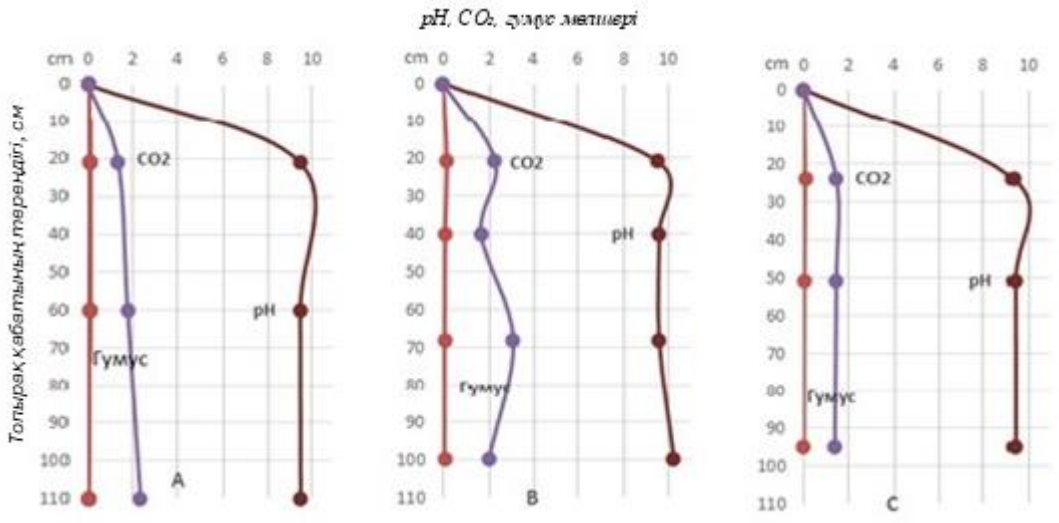
| Екінші популяцияның топырық кесіндісі | Горизонт, тереңдігі (см) | Морфологиялық сипаттамасы |
|---|---|---|
|  | А $\frac{0-24}{24}$ | Ашық сұр, құрғақ, борпылдақ, ұсақталған, құрылымсыз, құмды, тамырлардың көптігі, нашар қайнайды, біртіндеп ауысады |
| | В $\frac{24-51}{27}$ | Ашық сұр, ылғалды, борпылдақ, ұсақталған, құрылымсыз, құмды саздақ, ұсақ тамырлары бар, орташа қайнайды, ауысуы біртіндеп жүреді |
| | ВС $\frac{51-95}{44}$ | Ашық сұр, ылғалды, құрылымсыз, нашар тығыздалған, құмды, орташа өлшемді тамырлар бар, орташа қайнайды |

Бұл өсімдіктердің тамыр жүйесі терең және кең таралған, сондықтан олар ылғалды терең қабаттардан ала алады және құмды бекітіп, эрозиялық процестердің алдын алады. Осылайша, Малайсары аймағының экожүйесі төмен құнарлы және құрғақ жағдайларға бейімделген өсімдік түрлерінің арқасында салыстырмалы түрде экологиялық тұрақтылықты сақтайды.

*Топырақтарының химиялық құрамы.* Зерттелген үш популяцияның топырақтарының химиялық құрамы олардың қоректік заттары мен гумус мөлшері бойынша айтарлықтай айырмашылыққа ие екенін көрсетті. Бірінші популяцияның топырағы (төмен гумусты шөлдік құмдар) гумусқа өте кедей, 0-110 см қабатта оның мөлшері бар болғаны 0-0,1% аралығында болды. Топырақтың реакциясы айқын сілтілі, pH 9,46-9,49, ал терең қабаттарға қарай сілтілік артқаны байқалды. Сонымен қатар, карбонат мөлшері 1,35-2,35% аралығында өзгерді, төменгі қабаттарда оның арту үрдісі айқын байқалды.

Р2 популяцияның топырағы да гумусқа кедей, 0-100 см қабатта оның мөлшері 0,07-0,17% аралығында анықталды. Топырақтың реакциясы өте сілтілі, pH 9,48-10,22, ал $CO_2$ мөлшері 1,61-3,06% болды. Тереңдеген сайын сілтіліктің күшеюі бұл аймақ топырақтарының натрий мен карбонаттардың жиналуымен сипатталатынын көрсетеді.

Р3 популяция топырағында гумус мөлшері 0-0,07%, pH 9,29-9,37, ал $CO_2$ мөлшері 1,38-1,45% болып табылады. Бұл популяция да айқын сілтілі және гумусқа өте кедей, бірақ салыстырмалы түрде тұрақты химиялық көрсеткіштерге ие. Үш популяцияның ішінде гумус мөлшері ең жоғары - Р2 популяция грунтында тіркелген.

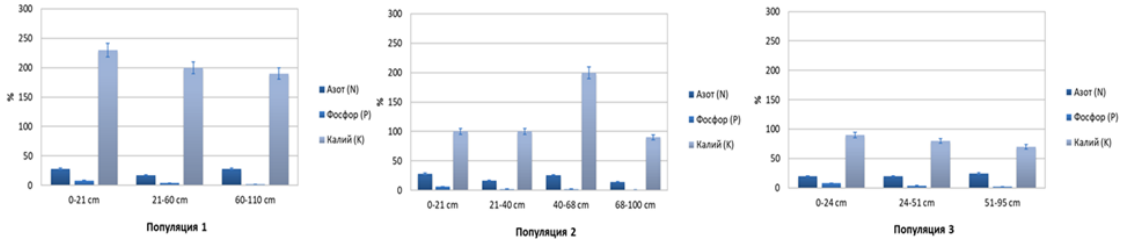



Сурет 21 – Балқаш өңіріндегі *C. leucocladum* түрінің үш зерттелген популяциясының топырақ кескіндері бойынша гумус, $CO_2$ мөлшері және pH көрсеткіштерінің тік бағытта таралуы.

Қоректік элементтердің жылжымалы нысандары бойынша нәтижелер де ұқсас болды. Бірінші популяция топырағында азот мөлшері 16,8-28 мг/кг, фосфор 2-8 мг/кг, калий 190-230 мг/кг шегінде, бұл азот пен фосфордың өте төмен, ал калийдің орташа деңгейде екенін көрсетті. Екінші популяция топырағында азот 14-28 мг/кг, фосфор 1-6 мг/кг, калий 90-200 мг/кг аралығында анықталды және барлық элементтердің мөлшері төмен деңгейде болды. Топырақтың үшінші популяциясы азот 19,6-24,5 мг/кг, фосфор 2-8 мг/кг, калий 70-90 мг/кг аралығында өзгерді (сурет 22).

Жалпы алғанда, барлық популяциялар топырақтары азот, фосфор және калийдің жылжымалы нысандарының аздығымен және гумус мөлшерінің төмендігімен сипатталады. Бұл көрсеткіштер зерттелген аймақтардың топырағының қоректік заттарға кедей екенін және өсімдіктердің өсуіне қолайсыз экологиялық жағдайды көрсетеді.

Бірінші популяция топырағының гранулометриялық құрамында ұсақ құм фракциясы (0,025-0,05 мм) басым болып, оның үлесі 68,22% құрады. Екінші орында ірі шаң фракциясы (12,95%) тұр. Топырақ кескініндегі бөлшектер мөлшерінің төмендеу реті (%) мынадай: ұсақ құм - 68,22, ірі шаң - 12,95, орташа құм - 11,61, орташа шаң - 2,81, ұсақ шаң - 1,73, лай - 2,67. 0,01 мм-ден кіші фракция құмды құрылымға (9,34%) сәйкес келеді.




Сурет 22 – Зерттелген аймақ топырағындағы қозғалмалы азот, фосфор және калий мөлшері, мг/кг.

Екінші популяция топырағының гранулометриялық құрамында да ұсақ құм фракциясы (0,25-0,05 мм) басым болды, оның үлесі 47,58% болды, одан кейін орташа құм фракциясы (36,29%) анықталды. Топырақ кескініндегі бөлшектердің төмендеу реті (%) мынадай: ұсақ құм - 47,58, орташа құм - 36,29, ірі шаң - 5,11, орташа шаң - 4,91, лай - 4,01, ұсақ шаң - 2,1. 0,01 мм-ден кіші фракция құмбалшықты құрылымға (11,02%) жатады.

Үшінші популяция топырағының гранулометриялық құрамында ұсақ құм фракциясы (0,25-0,05 мм) басым болды, оның үлесі 67,66%, ал орташа құм фракциясы - 11,91% болды. Топырақ кескініндегі бөлшектердің төмендеу реті (%) мынадай: ұсақ құм - 67,66, орташа құм - 11,91, ірі шаң - 11,07, орташа шаң - 3,88, лай - 3,2, ұсақ шаң - 2,27. 0,01 мм-ден кіші фракция құмды (9,34%) болып анықталды (сурет 23).

Топырақтың гранулометриялық құрамы оның түзілу процесіне және физикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Топырақтың гранулометриялық құрамы мен оның қасиеттері - кеуектілігі, су ұстау қабілеті, ылғал өткізгіштігі және ылғалдылық деңгейі - өзара тығыз байланысты, сондықтан бұл көрсеткіштер өсімдік өсуінің және экожүйе тұрақтылығын айқындауда маңызды рөл атқарады.

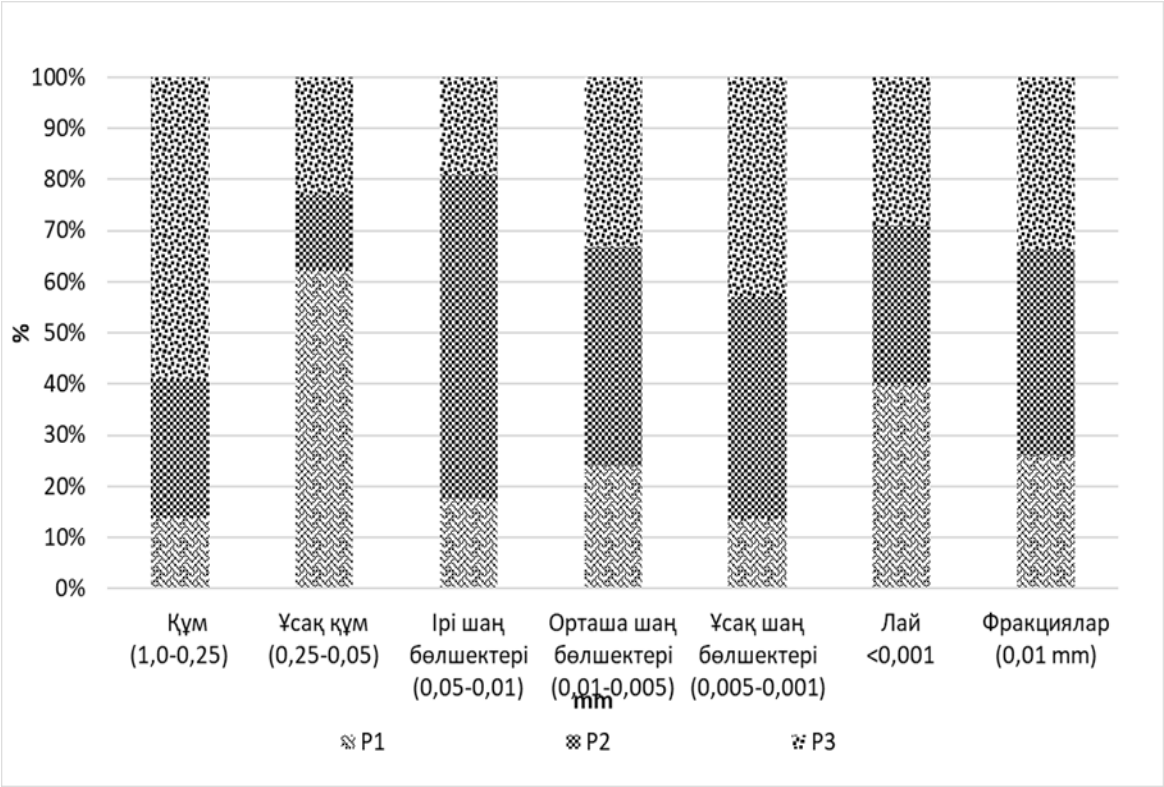
Зерттеу барысында топырақтағы микроэлементтердің қозғалмалы формалары анықталды.

Бірінші популяцияда мырыш (Zn) мөлшері 1,20–1,60 мг/кг, мыс (Cu) — 1,30–1,80 мг/кг, кадмий (Cd) — 0,10–0,30 мг/кг, ал қорғасын (Pb) — 0,50–0,70 мг/кг аралығында болды.

Екінші популяцияның топырағында мырыш 0,80–1,90 мг/кг, мыс 1,20–1,60 мг/кг, кадмий 0,10–0,60 мг/кг, ал қорғасын 0,20–1,00 мг/кг шегінде анықталды.

Үшінші популяцияда мырыш мөлшері 1,20–1,60 мг/кг, мыс 1,20–1,60 мг/кг, кадмий 0,10–0,70 мг/кг, ал қорғасын 0,80–1,30 мг/кг аралығында болды (сурет 24).

Микроэлементтердің (Zn, Cu, Cd, Pb) қозғалмалы формаларының мұндай төмен концентрацияда болуы өсімдіктердің физиологиялық процестеріне айтарлықтай улы әсер етпейді, бірақ топырақтың құмды-құмбалшықты сипаты бұл элементтердің топырақ қабатында тез жуылып, терең қабаттарға немесе жерасты суларына миграциялану қаупін тудырады.



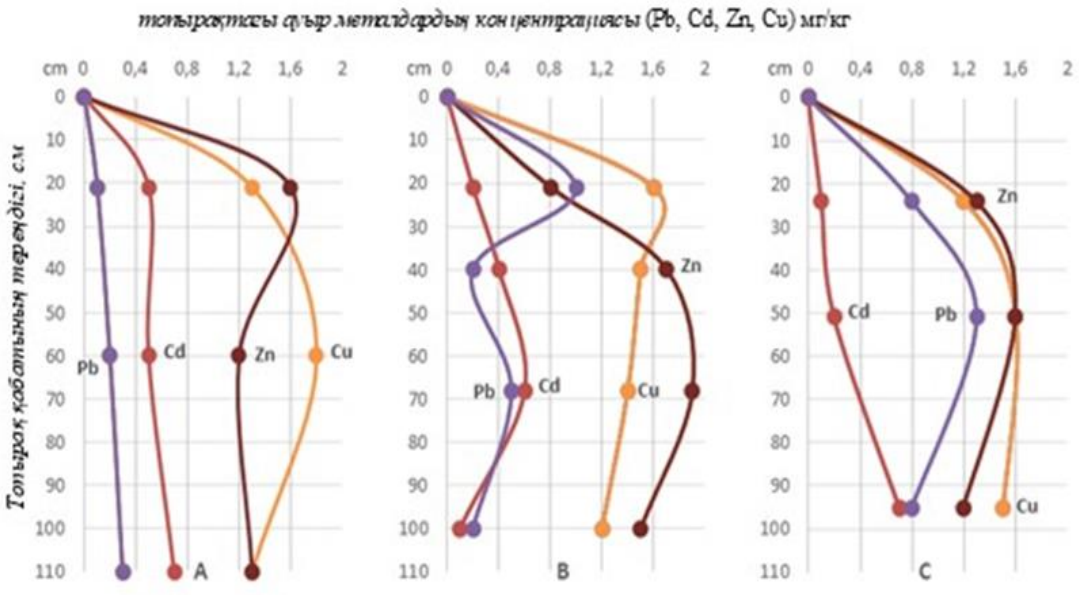

Сурет 23 – Зерттеу аймағы топырақтарының гранулометриялық құрамы, %.

Зерттелген микроэлементтердің ішінде мырыш, мыс және қорғасынның қозғалмалы формалары барлық топырақ үлгілерінде шекті рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) аспады.

Алайда екінші және үшінші популяциялардың топырағында кадмий мөлшері ШРК-дан жоғары екені анықталды.

Бұл деректер топырақтың ластану деңгейін және ауыр металдардың шоғырлану үрдісін бағалауға мүмкіндік береді. Әсіресе кадмийдің жоғары болуы экожүйенің экологиялық жағдайына қауіп төндіретін фактор болып табылады, себебі ол өсімдік тіні арқылы биожүйеге еніп, трофикалық тізбек бойынша жоғары сатыдағы организмдерге таралады.

Топырақтың тұзденуы - жердің экологиялық жағдайын анықтайтын негізгі деградациялық үдерістің бірі. Бірінші популяция топырағының су ерітіндісінің құрамы мынадай болды: $CO_3^{2-}$ - 0,08-0,32; $HCO_3^-$ – 0,52–0,68; $Cl^-$ - анықталмады; $SO_4^{2-}$ – 0,05–0,07; $Ca^{2+}$ – 0,19–0,28; $Mg^{2+}$ – 0,19–0,37; $Na^+$ – 0,03; $K^+$ – 0,07–0,12; жалпы тұздар мөлшері - 0,043-0,058%. Екінші популяция топырақта су ерітіндісінің құрамы: $CO_3^{2-}$ - 0,08-0,40; $HCO_3^-$ – 0,24–0,41; $Cl^-$ – 0,04; $SO_4^{2-}$ – 0,04–0,22; $Ca^{2+}$ – 0,09–0,19; $Mg^{2+}$ – 0,19–0,46; $Na^+$ – 0,03–0,46; $K^+$ – 0,03–0,07; жалпы тұздар - 0,035-0,062%. Үшінші популяция топырақтағы тұз құрамы: $CO_3^{2-}$ - 0,16; $HCO_3^-$ – 0,24–0,48; $Cl^-$ - анықталмады; $SO_4^{2-}$ – 0,03–0,21; $Ca^{2+}$ – 0,09–0,28; $Mg^{2+}$ – 0,19–0,37; $Na^+$ – 0,03; $K^+$ – 0,02; жалпы тұздар - 0,024-0,044%.




Сурет 24 – Қозғалмалы микроэлементтердің мөлшері, мг/кг: А – 1-популяция; В – 2-популяция; С – 3-популяция.

Барлық топырақ қабаттарындағы тұздардың жалпы мөлшерін салыстыру, зерттелген үш популяция топырақтары тұзданбаған екені анықталды.

Топырақтың химиялық құрамы, ылғалдылығы және зерттелген популяциялардың жас құрылымы арасында айқын байланыс байқалды. бірінші және екінші популяциялар топырақтарында гумус пен жылжымалы қоректік элементтердің (N, P, K) мөлшері сәл жоғары, ал гранулометриялық құрамдағы ұсақ бөлшектердің көп болуы есебінен ылғал ұсталу деңгейі де жоғары болды. Бұл аймақтарда өсімдіктердің жас, ювенильді және генеративті кезеңдеріндегі дарақтар кездеседі, яғни қалпына келу процесі белсенді жүріп жатқанын көрсетеді.

Керісінше, үшінші популяция төмен гумуста, карбонаттар бай және сілтілігі жоғары топырақтарда өседі, мұнда қоректік заттардың жетіспеушілігі байқалады. Бұл жағдай жетілген және қартаю сатысындағы дарақтардың басым болуына, ал жас өскіндердің азаюына әкеледі, яғни регенерациялық әлеуеттің төмендігін көрсетеді.

Осы нәтижелер топырақтың құнарлылығы мен ылғал сақтау қабілетінің популяцияның жаңару процесіне тікелей әсер ететінін дәлелдейді. Топырақтың тұзденуы, сілтіленуі және қоректік элементтердің тапшылығы сияқты қолайсыз факторлар *C. leucocladum* популяцияларының қартаюын тездетеді.

### 3.3 *C. leucocladum* өсімдігін фитохимиялық талдау және олардың негізгі химиялық компоненттері

*C. leucocladum* түрінің әртүрлі популяцияларында байқалған полифенолдардың жоғары мөлшері өсімдіктің шөл экожүйелеріне тән ауыспалы климаттық жағдайларда тіршілікке бейімделу тетіктерімен

түсіндіріледі. Р1 популяциясы ең жоғары полифенол деңгейін көрсетті, бұл аймақтың жоғары температурасы мен төмен ауа ылғалдылығы жағдайында өсімдіктің физиологиялық бейімделуін сипаттайды. Мұндай жағдайда полифенолдар антиоксиданттар ретінде қызмет атқарып, жасушаларды тотығу стресінен қорғайды және өсімдіктің төзімділік деңгейін арттырады. Р2 популяциясында полифенол мөлшері орташа деңгейде сақталған, бұл салыстырмалы түрде теңгерімді экологиялық факторлардың әсерін көрсетеді. Ал Р3 популяциясында полифенол деңгейінің төмендігі оның өсу ортасының анағұрлым қолайлы климаттық жағдайларымен байланысты болуы мүмкін.

Үш түрлі үлгінің гүлдерінің химиялық құрамын талдау нәтижесінде олардың биологиялық белсенді қосылыстарының мөлшері бойынша айтарлықтай айырмашылықтары анықталды. Фенолдық қосылыстар өсімдік ағзасында қорғаныштық рөл атқарып, патогендік әсерлерге төзімділікті арттырады және адам денсаулығы үшін де маңызды антиоксиданттық қасиеттерге ие. Ең жоғары фенол мөлшері Р3 гүлдерінде анықталды (2.13 ± 0.14), бұл олардың айқын антиоксиданттық әлеуетін дәлелдейді. Р1 және Р2 үлгілерінде фенол деңгейі төмен болғанымен (1.31 ± 0.03 және 1.34 ± 0.03, тиісінше), олардың құрамындағы фенолдық қосылыстар да биологиялық белсенділігі жағынан маңызды.

Антиоксиданттық жүйенің негізгі компоненттерінің бірі флавоноидтар да айтарлықтай өзгергіштік көрсетті. Флавоноидтардың ең жоғары концентрациясы Р3 үлгісінде (40.24 ± 1.23) тіркеліп, бұл оның бос радикалдарды бейтараптандыру қабілетінің жоғары екенін дәлелдейді. Р1 және Р2 үлгілерінде флавоноидтердің мөлшері шамамен екі есе төмен, алайда олар да антиоксиданттық тепе-теңдікті сақтауда маңызды рөл атқарады. Антиоксиданттық белсенділікті бағалауға арналған CUPRAC және DPPH әдістері бойынша алынған нәтижелер Р3 үлгісінің ең жоғары бос радикал залалсыздандыру қабілетіне ие екенін көрсетті. Осыған байланысты бұл үлгі медицина және фармацевтика салаларында болашағы зор нысан ретінде қарастырылуы мүмкін.

Проантоцианидиндер, яғни антиоксиданттық және қабынуға қарсы қасиеттерімен белгілі қосылыстар, ең көп мөлшерде Р3 үлгісінде (24.32 ± 0.65) жиналған, бұл басқа үлгілерге қарағанда шамамен екі есе жоғары көрсеткіш болып табылады. Ал каротиноидтар, өсімдіктерді күн радиациясының зиянды әсерінен қорғайтын және косметика мен тағам өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын пигменттер, ең жоғары концентрациясы Р2 үлгісінде анықталды (3909.11 ± 298.50). Бұл айырмашылық Р2 популяциясының жоғары жарық қарқындылығына бейімделу тетіктерімен байланысты болуы мүмкін.

Ақуыздық құрам бойынша да үлгілер арасында айтарлықтай айырмашылық байқалды. Р1 үлгісінде ақуыз мөлшері ең жоғары (0.71 ± 0.06) болса, Р2 үлгісінде ең төменгі деңгей (0.46 ± 0.02) тіркелді. Мұндай айырмашылықтар өсімдіктердің метаболизмдік белсенділігі мен физиологиялық процестерінің алуантүрлілігін сипаттайды. Ал күл мөлшері (минералдық заттардың деңгейі) барлық үлгілерде шамамен бірдей - орташа 3.6 шамасында болды (кесте 23).

Кесте 23 – *C. leucocladum* гүлдерінің популяция бойынша биохимиялық талдауы

| Популяция | Жалпы фенолдар (мг ГҚЭ/г) | Жалпы флавоноидтар (мг КВЭ/г) | CUPRAC (мг ТЭ/г) | DPPH (мг ТЭ/г) | Проантоцианидин (мг КЭ/г | Жалпы каротиноидтар (мкг β-каротин/г) | Жалпы ақуыз (%) | Күл (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P1 (гүлі) | 1.31 ± 0.03 | 22.47 ± 2.34 | 4.03 ± 0.14 | 7.49 ± 0.34 | 12.69 ± 0.36 | 2.71 ± 0.11 | 0.71 ± 0.06 | 3.59 ± 0.27 |
| P2 (гүлі) | 1.34 ± 0.03 | 23.96 ± 1.10 | 3.66 ± 0.06 | 6.42 ± 0.55 | 10.61 ± 0.35 | 3.91 ± 0.30 | 0.46 ± 0.02 | 3.69 ± 0.35 |
| P3 (гүлі) | 2.13 ± 0.14 | 40.24 ± 1.23 | 5.70 ± 0.36 | 7.02 ± 0.43 | 24.32 ± 0.65 | 2.07 ± 0.11 | 0.64 ± 0.01 | 3.59 ± 0.36 |

*Жапырақтардың химиялық құрамын талдау нәтижелері. C. leucocladum* жапырақтарының химиялық құрамын талдау нәтижесінде өсімдіктің қорғаныш жүйесінде маңызды рөл атқаратын және адам денсаулығына пайдалы әсер етуі мүмкін биологиялық белсенді қосылыстардың мөлшерінде айтарлықтай айырмашылықтар анықталды. Фенолдық қосылыстар, антиоксиданттық қасиеттерімен танымал, ең жоғары деңгейде P3 жапырақтарында тіркелген (3.60 ± 0.14 мг GAE/г), бұл үлгінің ең күшті қорғаныштық әсерге ие екенін көрсетеді. P2 (3.01 ± 0.20 мг GAE/г) және P1 (2.77 ± 0.10 мг GAE/г) үлгілерінде фенол мөлшері сәл төмен болғанымен, олардың деңгейі де жоғары болып қала береді.

Флавоноидтар, өсімдіктердің стресс факторларына төзімділігін арттырып, адам ағзасында пайдалы физиологиялық әсер тудыратын қосылыстар, ең жоғары концентрацияда P3 үлгісінде анықталды (59.48 ± 3.32 мг QUE/г). P2 (44.63 ± 3.89 мг QUE/г) және P1 (38.77 ± 0.95 мг QUE/г) үлгілерінде бұл көрсеткіш одан төмен, бірақ биологиялық тұрғыдан маңызды деңгейде сақталған.

Антиоксиданттық белсенділік талдауы P3 жапырақтарының бос радикалдарды бейтараптандыру қабілеті ең жоғары екенін көрсетті. CUPRAC әдісі бойынша P3 үлгісінде белсенділік 10.49 ± 0.26 мг TE/г болса, P2 үлгісінде - 8.76 ± 0.33 мг TE/г, ал P1 үлгісінде - 7.86 ± 0.29 мг TE/г деңгейінде болды. DPPH әдісімен алынған нәтижелер де осы үрдісті растады: P3 үлгісінің антиоксиданттық белсенділігі 12.54 ± 1.03 мг TE/г, P1 үлгісінде - 10.42 ± 0.90 мг TE/г, ал P2 үлгісінде - 9.73 ± 0.46 мг TE/г болды.

Проантоцианидиндер, антиоксиданттық және қабынуға қарсы қасиеттерімен белгілі қосылыстар, ең жоғары мөлшерде P3 үлгісінде жиналған (48.53 ± 1.07 мг CE/г), ал P2 (35.95 ± 2.37 мг CE/г) және P1 (27.44 ± 0.45 мг CE/г) үлгілерінде олардың деңгейі төмен. Каротиноидтар, өсімдіктерді күн радиациясынан қорғайтын және косметика мен тағам өнеркәсібінде кеңінен қолданылатын пигменттер, ең жоғары концентрациясында P1 үлгісінде

тіркелді (22,178.24 ± 963.96 мкг β -каротин/г). Р2 (18,269.13 ± 298.50 мкг β -каротин/г) және Р3 (16,753.35 ± 390.83 мкг β -каротин/г) үлгілерінде бұл көрсеткіш төмен болғанымен салыстырмалы түрде жоғары деңгейде сақталған.

Ақуыз мөлшері де популяциялар арасында ерекшеленді: ең жоғары көрсеткіш Р1 үлгісінде анықталды (1.43 ± 0.11%), бұл аталған популяциядағы анаболитикалық және метаболизмдік процестердің жоғары белсенділігін көрсетеді. Р3 үлгісінде ақуыз деңгейі 0.95 ± 0.07%, ал ең төменгі көрсеткіш Р2 үлгісінде тіркелді (0.71 ± 0.07%). Күлдің мөлшері, яғни минералдық құрам, барлық үлгілерде шамалас болды: Р2 - 10.92 ± 0.96%, Р1 - 10.41 ± 0.38%, және Р3 - 10.24 ± 0.72%.

Жалпы алғанда, Р3 жапырақтары антиоксиданттарға бай және жоғары биологиялық белсенділігімен ерекшеленетін ең перспективалы үлгі болып табылады. Р1 жапырақтары каротиноидтар мен ақуыздың жоғары мөлшерімен сипатталып, қоректік және физиологиялық маңызы зор екенін көрсетеді. Р2 үлгісі аралық позицияны алып, айтарлықтай мөлшерде проантоцианидиндер ие. Осылайша, *C. leucocladum* жапырақтары медицинада, косметологияда және тағам өнеркәсібінде қолдануға үлкен әлеуетке ие.

Кесте 24 – *C. leucocladum* жапырақтарының популяция бойынша биохимиялық талдауы

| Популяция | Жалпы фенолдар (мг ГҚЭ/г) | Жалпы флавоноидтар (мг КВЭ/г) | CUPRAC (мг ТЭ/г) | DPPH (мг ТЭ/г) | Проантоцианидин (мг КЭ/г | Жалпы каротиноидтар (мкг β-каротин/г) | Жалпы ақуыз (%) | Күл (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Р1 (жапырақ) | 2.77 ± 0.10 | 38.77 ± 0.95 | 7.86 ± 0.29 | 10.42 ± 0.90 | 27.44 ± 0.45 | 22.17 ± 0.96 | 1.43 ± 0.11 | 10.41 ± 0.38 |
| Р2 (жапырақ) | 3.01 ± 0.20 | 44.63 ± 3.89 | 8.76 ± 0.33 | 9.73 ± 0.46 | 35.95 ± 2.37 | 18.27 ± 0.30 | 0.71 ± 0.07 | 10.92 ± 0.96 |
| Р3 (жапырақ) | 3.60 ± 0.14 | 59.48 ± 3.32 | 10.49 ± 0.26 | 12.54 ± 1.03 | 48.53 ± 1.07 | 16.75 ± 0.39 | 0.95 ± 0.07 | 10.24 ± 0.72 |

Зерттеу барысында *C. leucocladum* құрамынан 23 фенолдық қосылыс анықталды, олардың әрқайсысы ерекше биологиялық қасиеттерге ие. Эпикатехин жасушаларды тотығу стресінен қорғайды және жүрек-қантамыр аурулары мен нейродегенеративті процестердің алдын алуға көмектеседі. Апигенин қабынуға қарсы, антиоксиданттық және ісікке қарсы қасиеттерімен ерекшеленеді (кесте 24). Хлороген қышқылы қан құрамындағы қант деңгейін реттеуге және жүрек ауруларының қаупін төмендетуге ықпал етеді. Галлы қышқылы - қабынуға қарсы және антиоксиданттық белсенділігі жоғары қосылыс, фармакологияда кеңінен қолданылады. Кверцетин ісікке қарсы әсерге ие және жасушаларды зақымданудан қорғайды. Гиперозид жүрек-

тамыр жүйесіне қорғаныштық әсер көрсетіп, қабынуды төмендетеді. Хризин антиоксиданттық және ісікке қарсы қасиеттерінің арқасында онкологиялық зерттеулер үшін әлеуетті нысан ретінде қарастырылады. Артепиллин С, сирек кездесетін қосылыс, қабынуға қарсы және антимикробтық әсерге ие.

*C. leucocladum* түрінің әртүрлі мүшелерінде және популяцияларында химиялық құрамы мен полифенол концентрациясы айтарлықтай өзгереді. Р3 популяциясында эпикатехиннің ең жоғары мөлшері гүлдерде (2322.67 ± 170.68) және жапырақтарда (1874.59 ± 137.75) анықталды, бұл оны антиоксиданттық белсенділікті зерттеуде болашағы зор биологиялық нысан ретінде сипаттайды. Хлороген қышқылының ең жоғары концентрациясы Р2 популяциясының жапырақтарында тіркелген (5.56 ± 0.33), бұл оның өсімдіктің метаболизмдік процестеріне қатысу рөлін айқындайды. Р1 популяциясы қабынуға қарсы әсері бар қосылыстардың жоғары мөлшерімен ерекшеленеді, атап айтқанда галлы қышқылы (39.19 ± 1.41) және хризин (82.20 ± 5.57) концентрациясы жоғары болды, бұл оның фармакологиялық зерттеулер үшін маңызды екенін көрсетеді.

Сонымен қатар, сирек кездесетін қосылыстардың анықталуы ерекше ғылыми қызығушылық тудырады. Мысалы, гесперидин тек Р1 популяциясының жапырақтарында анықталды (12.88 ± 0.40), ал артепиллин С өте аз мөлшерде Р2 популяциясының жапырақтарында тіркелді (0.04 ± 0.0004). Жалпы алғанда, полифенолдардың концентрациясы гүлдерге қарағанда жапырақтарда жоғары болды, бұл олардың фармакологиялық тұрғыдан аса маңызды өсімдік мүшелері екенін көрсетеді (кесте 25).

*C. leucocladum* популяцияларының әрқайсысының өзіндік ерекше химиялық профилі бар, бұл олардың фармакология, экология және биотехнология тұрғысынан зерттелуінің өзектілігін арттырады. Р3 популяциясы эпикатехин және гиперозид сияқты антиоксиданттардың жоғары деңгейімен ерекшеленсе, Р1 популяциясы қабынуға қарсы әсері бар қосылыстарға бай. Р2 популяциясы метаболизмдік тұрғыдан маңызды заттардың теңгерімді таралуымен сипатталады.

Кесте 25 – *C. leucocladum* гүлдері мен жапырақтарының популяция бойынша фенолдық қосылыстардың құрамдық талдауы

| № | Фенолдық қосылыс | Формула | Популяция 1 | | Популяция 2 | | Популяция 3 | | Қолданылуы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | гүл | жапырақ | гүл | жапырақ | гүл | жапырақ | |
| 1 | (-)-Epicatechin | $C_{15}H_{14}O_6$ | 1099.72 ± 80.81 | 1697.06 ± 124.71 | 861.36 ± 63.30 | 2021.26 ± 148.53 | 2322.67 ± 170.68 | 1874.59 ± 137.75 | Антиоксиданттық қасиеттер |

25 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Apigenin | $C_{15}H_{10}O_5$ | 3.44 ± 0.18 | 4.19 ± 0.22 | 3.23 ± 0.17 | 3.17 ± 0.17 | 3.85 ± 0.20 | 3.58 ± 0.19 | Флавоноид, қабынуға қарсы |
| 3 | Artepillin C | $C_{19}H_{24}O_3$ | nd | 0.07 ± 0.001 | 0.04 ± 0.001 | nd | 0.04 ± 0.001 | nd | Бірегей қосылыс. |
| 4 | Caffeic acid phenethyl ester | $C_{17}H_{16}O_4$ | 0.25 ± 0.002 | 0.31 ± 0.003 | 0.25 ± 0.002 | 0.26±0.002 | 0.25 ± 0.002 | 0.27 ± 0.002 | Қабынуға қарсы. |
| 5 | Catechol | $C_6H_6O_2$ | 0.06 ± 0.001 | 0.02 ± 0.002 | 0.13 ± 0.001 | 0.09±0.001 | 0.10 ± 0.001 | 0.12 ± 0.001 | Антиоксидант, сирек кездесетін |
| 6 | Chlorogenic acid | $C_{16}H_{18}O_9$ | 1.98 ± 0.12 | 2.01 ± 0.12 | 2.46 ± 0.14 | 5.56 ± 0.33 | 1.48 ± 0.09 | 1.36 ± 0.08 | Метаболизмге қатысады |
| 7 | Chrysin | $C_{15}H_{10}O_4$ | 67.65 ± 4.58 | 82.20 ± 5.57 | 62.25±4.22 | 68.57±4.65 | 69.10 ± 4.68 | 63.63 ± 4.31 | Қатерлі ісікке қарсы |
| 8 | Galangin | $C_{15}H_{10}O_5$ | 57.90 ± 2.65 | 71.56 ± 3.27 | 57.75±2.64 | 65.29±2.99 | 58.35 ± 2.67 | 59.64 ± 2.73 | Стресске бейімделу |
| 9 | Gallic acid | $C_7H_6O_5$ | 16.41 ± 0.59 | 39.19 ± 1.41 | 21.03 ± 0.76 | 12.84±0.46 | 23.32 ± 0.84 | 14.99 ± 0.54 | Қабынуға қарсы. |
| 10 | Hesperidin | $C_{28}H_{34}O_{15}$ | 12.88 ± 0.40 | nd | nd | nd | nd | nd | Сирек кездесетін |
| 11 | Hyperosid | $C_{21}H_{20}O_{12}$ | 883.26 ± 56.97 | 125.64 ± 8.10 | 562.24 ± 36.27 | 98.68±6.37 | 1055.85 ± 68.11 | 90.54 ± 5.84 | Фармакологияда кең қолдануылу. |
| 12 | Kaempherol | $C_{15}H_{10}O_6$ | 6.89 ± 0.36 | 13.62 ± 0.71 | 7.82 ± 0.41 | 12.39±0.65 | 5.33 ± 0.28 | 8.80 ± 0.46 | Антиоксидант, сирек |
| 13 | Luteolin | $C_{15}H_{10}O_6$ | 1.05 ± 0.02 | 3.91 ± 0.07 | 1.45 ± 0.02 | 2.11 ± 0.04 | 0.98 ± 0.02 | 1.32 ± 0.02 | Флавоноид, жасушаларды қорғайды |

25 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Myricetin | $C_{15}H_{10}O_8$ | 0.41 ± 0.01 | 1.18 ± 0.03 | 0.34 ± 0.01 | 0.73 ± 0.02 | 0.71 ± 0.02 | 0.82 ± 0.02 | Потенциалды қабынуға қарсы |
| 15 | Naringenin | $C_{15}H_{12}O_5$ | 2.98 ± 0.21 | 3.50 ± 0.24 | 3.04 ± 0.21 | 3.15 ± 0.22 | 3.55 ± 0.25 | 3.18 ± 0.22 | Қабынуға қарсы әсер |
| 16 | Neochlorogenic acid | $C_{16}H_{18}O_9$ | 2.10 ± 0.17 | 1.84 ± 0.15 | 2.33 ± 0.18 | 5.15 ± 0.41 | 1.65 ± 0.13 | 1.22 ± 0.10 | Антиоксидант |
| 17 | Protocatechuic acid | $C_7H_6O_4$ | 4.78 ± 0.22 | 4.43 ± 0.20 | 3.60 ± 0.16 | 3.68 ± 0.17 | 4.54 ± 0.21 | 3.78 ± 0.17 | Белгісіз |
| 18 | Pinocembrin | $C_{15}H_{12}O_4$ | 47.50 ± 2.60 | 54.74 ± 2.99 | 51.57 ± 2.82 | 47.73± 2.61 | 48.14 ± 2.63 | 52.80 ± 2.89 | Кең қолданылу. |
| 19 | Quercitrin | $C_{21}H_{20}O_{11}$ | 51.06 ± 1.13 | 1.66 ± 0.04 | 0.10 ± 0.002 | 0.09±0.002 | 0.10 ± 0.002 | 0.14 ± 0.003 | Антиоксидант, қорғаныш әсері |
| 20 | Rutin | $C_{27}H_{30}O_{16}$ | 14.93 ± 0.23 | 2.70 ± 0.04 | 5.31 ± 0.08 | 0.72 ± 0.01 | 5.04 ± 0.08 | 0.87 ± 0.01 | Қабынуға қарсы |
| 21 | t-cinnamic acid | $C_9H_8O_2$ | 1.23 ± 0.06 | 2.58 ± 0.12 | 1.04 ± 0.05 | 2.08 ± 0.10 | 3.68 ± 0.18 | 1.83 ± 0.09 | Қабынуға қарсы қосылы |
| 22 | trans-caffeic acid | $C_9H_8O_4$ | nd | nd | 43.46 ±2.56 | nd | nd | nd | Кең таралған қосылыс |
| 23 | trans-ferulic acid | $C_{10}H_{10}O_4$ | 2.40 ± 0.09 | 12.58 ± 0.48 | 2.08 ± 0.08 | 5.68 ± 0.22 | 3.18 ± 0.12 | 10.18 ± 0.39 | Бұрын сипатталмаған. |

Қосылыстың анықталмағанын білдіретін «nd» белгісі қолданылды. Барлық көрсеткіштер орташа мән ± стандартты ауытқу (мг/кг) түрінде берілген. Зерттелген популяциялар өсу жағдайларына сәйкес бөлінді: Р1 – шөлді аймақтарда өседі, топырағы сәл сілтілі; Р2 – орташа ылғалды аймақтарда өседі, топырағы бейтарап; Р3 – жартылай шөлді аймақтарда өседі, топырағы сәл қышқыл.

Осы нәтижелер *C. leucocladum* түрінің табиғи биологиялық белсенді қосылыстардың әлеуетті көзі ретінде жоғары ғылыми және қолданбалы маңызға ие екенін дәлелдейді. Бұл өсімдік жаңа фармацевтикалық препараттар мен экологиялық таза биотехнологиялық өнімдерді әзірлеуде құнды ресурстық база бола алады.

*Жаңа қосылымдардың анықталуы.* Зерттеу жаңалығын айқындау мақсатында алынған деректер мұқият талданды. Нәтижесінде Calligonum туысына, оның ішінде *C. leucocladum* түріне бұрын тіркелмеген артепиллин С қосылысы алғаш рет анықталды. Бұл жаңалық биологиялық белсенді заттар ғылымына маңызды үлес қосады. Артепиллин С - Бразилия прополисінің негізгі компоненттерінің бірі ретінде белгілі және айқын қабынуға қарсы, ісікке қарсы және антиоксиданттық қасиеттерге ие [156]. Оның *C. leucocladum* құрамында табылуы масс-спектрометрия, хроматографиялық талдау және биологиялық сынақтар арқылы қосымша растауды қажет етеді. Бұл қосылыстың болуы өсімдік метаболизмінде бұрын зерттелмеген биосинздіжолдардың бар екенін және өсімдіктердің бейімделу механизмдерін зерттеу үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Артепиллин С фармакологияда, әсіресе онкология және қабыну ауруларын емдеуде инновациялық препараттарды жасауға зор әлеуетке ие [157].

Тағы бір маңызды жаңалық - *C. leucocladum* өсімдігінің гүлдері мен жапырақтарынан кофеин қышқылының фенэтил эфирі (CAPE) қосылысының табылуы. CAPE көбінесе ара өнімдерінде (мысалы, прополисте) кездеседі және өсімдіктерде өте сирек анықталады. Ол күшті антиоксиданттық және қабынуға қарсы қасиеттерге ие, сондай-ақ жасушалық деңгейде тотығу стресін төмендетеді. *C. leucocladum* құрамынан CAPE қосылысының табылуы бұл өсімдіктің осы сирек қосылыстың табиғи балама көзі бола алатынын көрсетеді. Бұл жаңалық фармакологиялық және биотехнологиялық зерттеулер үшін маңызды, өйткені ол өсімдіктерде CAPE синтезінің молекулалық механизмдерін зерттеуге және медициналық мақсаттағы жаңа көздерді дамытуға жол ашады [158].

Сондай-ақ, *C. leucocladum* құрамында алғаш рет катехол қосылысы анықталды. Бұл сирек кездесетін қосылыс лигнин мен таниндердің биосинтезінде және өсімдіктерді түрлі стресс факторларынан (құрғақшылық, ультракүлгін сәуле, патогендік микроағзалар) қорғауда маңызды рөл атқарады. Оның *C. leucocladum*-да болуы өсімдіктің экстремалды экологиялық жағдайларға бейімделуінің молекулалық негізімен байланысты болуы мүмкін. Катехол - іргелі зерттеулер мен қолданбалы мақсаттар үшін құнды қосылыс, өйткені ол антиоксиданттық препараттар мен экологиялық биомаркерлерді жасауға мүмкіндік береді. Бұл қосылысты одан әрі зерттеу *C. leucocladum* метаболизміндегі функционалдық рөлі мен фармакологиялық маңызын анықтауға көмектеседі.

Осы нәтижелер *C. leucocladum* түрін зерттеу нысаны ретінде ерекше етеді, өйткені ол негізгі ғылыми жаңалықтар мен қолданбалы мүмкіндіктерді біріктіреді. Бұл өсімдік фармацевтикасы, медицина және биотехнология салаларында жаңа бағыттарды дамытуға ықпал етуі мүмкін.

Сонымен қатар, гиперозид пен рутозидтің (рутин) жоғары концентрациясы, әсіресе РЗ популяциясында, олардың бұдан әрі зерттеу үшін маңыздылығын дәлелдейді. Бұл қосылыстар антиоксиданттық қасиеттерімен танымал және фармакологияда жүрек-қантамыр ауруларын, нейродегенеративті бұзылуларды және созылмалы қабынуды алдын алу және емдеу үшін қолданылады. Рутин қан тамырларының қабырғасын нығайтып, бос радикалдардың деңгейін төмендетеді, сондықтан ол варикоз және басқа да тамыр патологияларын емдеу үшін перспективалы қосылыс болып табылады. Ал гиперозид жүрек пен жүйке жүйесін қорғайтын қасиеттерімен ерекшеленіп, зерттеулер үшін аса құнды нысан ретінде қарастырылады.

Зерттеу барысында ғылыми әдебиеттерде бұрын сипатталмаған транс-ферул қышқылы анықталды. Бұл қосылыс күшті антиоксиданттық белсенділікке ие және өсімдік жасушаларын тотығу стресінен тиімді қорғайды. Оның косметология және фармакология салаларындағы әлеуетті қолданылуы жаңа мүмкіндіктер ашады, әсіресе қартаюға қарсы препараттар мен теріні ультракүлгін сәуледен қорғауға арналған өнімдерді әзірлеуде. Транс-ферул қышқылының биосинтез жолдарын, өсімдік метаболизміндегі рөлін және медициналық қолдану мүмкіндіктерін зерттеу ғылыми тұрғыдан ерекше қызығушылық тудырады. Бұл қосылыс болашақта антиоксиданттық және қабынуға қарсы дәрілердің негізгі компонентіне айналуы мүмкін.

Сондай-ақ, зерттеу барысында бұрын *C. leucocladum* және Calligonum туыстарында анықталмаған сирек және аз зерттелген қосылыстар - артепиллин С, CAPE (кофеин қышқылының фенэтил эфирі), катехол және транс-ферул қышқылы - табылды. Бұл қосылыстардың барлығы өзіндік ерекше биологиялық белсенділікке ие, атап айтқанда антиоксиданттық, қабынуға қарсы және ісікке қарсы әсер етеді. Олардың *C. leucocladum* құрамында болуы өсімдіктің экстремалды экологиялық жағдайларға бейімделу механизмдерін түсінуге және заманауи фармацевтикалық өнімдерді әзірлеуге жаңа ғылыми бағыттар ашады.

*C. leucocladum* түрі ерекше химиялық құрамымен сипатталады, ол қоршаған орта жағдайларына байланысты айтарлықтай өзгереді. Кейбір қосылыстар тек екінші және үшінші популяциялардан анықталып, бірінші популяцияда болмады, бұл олардың синтезіне климаттық жағдайлардың (жоғары температура, төмен ылғалдылық, топырақ құрамы) әсерін көрсетеді. Сол қосылыстардың бірі ісікке қарсы қасиеттерге ие болуы мүмкін, бұл оны одан әрі зерттеу үшін ерекше құнды етеді.

Фенолдық қосылыстармен қатар, аминқышқылдар да адам денсаулығын сақтау және метаболизм процестерін реттеуде маңызды рөл атқарады. Олар ағзадағы ақуыздардың негізгі құрылымдық элементтері болып табылады және өсу, тіндердің қалпына келуі мен физиологиялық қызметтердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Мысалы, пролин, гидроксилизин және гидроксипролин коллаген синтезін ынталандырады, тері, буын және сүйек тіндерінің беріктігін арттырады, жараның жазылуын жылдамдатады және қартаю процесін баяулатады. Триптофан көңіл күй мен ұйқыны реттеуде маңызды рөл атқарады, өйткені ол «бақыт гормондары» серотониннің прекурсоры болып

табылады. Осы қасиеттер аминқышқылдарын медициналық және косметикалық өнімдер дайындауда таптырмас табиғи компонент етеді [159].

Антиоксиданттық және бейімделу қасиеттері

*C. leucocladum* өсімдігінің үш популяциясы (P1, P2, P3) бойынша гүлдері мен жапырақтарындағы 36 аминқышқылдың егжей-тегжейлі талдауы олардың таралуын, метаболизмдегі рөлін және бейімделу механизмдеріндегі маңызын айқындады. Көптеген аминқышқылдардың концентрациясы жапырақтарда гүлдерге қарағанда жоғары, себебі жапырақтар фотосинтездің негізгі орны болып табылады және метаболикалық белсенді қосылыстардың айтарлықтай мөлшерін қажет етеді.

Пролин, осмопротекторлық қызметімен белгілі аминқышқыл, ерекше жоғары деңгейде P3 популяциясының жапырақтарында анықталды - 21,128.47 ± 1,116.16 мкмоль/мл. Бұл қосылыс жасушадағы осмостық қысымды реттеп, өсімдіктерді құрғақшылық немесе топырақтың тұздануы жағдайында сусызданудан қорғайды. Жалпы алғанда, P3 популяциясы аминқышқылдардың жоғары концентрациясымен сипатталады, бұл оның экстремалды экологиялық жағдайларға бейімделу мақсатында биосинздібелсенділігінің артқанын көрсетеді. Серин мен тауриннің ең жоғары мөлшерлері де дәл осы популяцияда анықталған. Серин ақуыз синтезіне және метаболизмді реттеуге қатысса, таурин жасушаларды тотығу стрессінен қорғайды және мембраналарды тұрақтандырады.

Шартты түрде алмастырылмайтын аминқышқылдар, мысалы γ -аминомай қышқылы (GABA), таурин және β -аланин, өсімдіктердің стресс факторларына бейімделуінде маңызды рөл атқарады. P3 жапырақтарындағы GABA жоғары концентрациясы (4358.80 ± 181.51 мкмоль/мл) бұл қосылыстың иондық тепе-теңдік пен осморегуляцияны сақтаудағы маңызын айқын көрсетеді. Тауриннің антиоксиданттық қасиеттері реактивті оттегі түрлерінің (ROS) әсерінен туындайтын зақымданулардан өсімдік жасушаларын қорғайды (кесте 26).

Кесте 26 – Амин қышқылдарының концентрациясы және функционалды классификациясы (μmol/ml)

| № | Қосылыс | Молекулалық масса | Популяция 1 | | Популяция 2 | | Популяция 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Гүл | Жапырақ | Гүл | Жапырақ | Гүл | Жапырақ |
| 1. | 1-Methylhistidine | 169.18 | 43.75 ± 1.18 | 53.66 ± 1.45 | 46.69 ± 1.26 | 60.27 ± 1.62 | 33.62 ± 0.91 | 76.07 ± 2.05 |
| 2. | 3-Methylhistidine | 169.18 | nd | 3.27 ± 0.03 | 3.61 ± 0.03 | 1.66 ± 0.01 | nd | 0.73 ± 0.01 |
| 3. | alpha-Aminoadipic Acid | 161.16 | 114.51 ± 5.98 | 193.20 ± 10.10 | 80.78 ± 4.22 | 293.72 ± 15.35 | 96.97 ± 5.07 | 379.90 ± 19.85 |
| 4. | alpha-Aminobutyric Acid | 103.12 | nd | 73.11 ± 3.04 | nd | 42.96 ± 1.79 | 53.70 ± 2.24 | nd |
| 5. | Anserine | 240.26 | 0.59 ± 0.01 | 1.25 ± 0.01 | 0.52 ± 0.01 | 0.38 ± 0.01 | nd | 0.51 ± 0.01 |

26 – ші кестенің жалғасы

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6. | Arginine | 174.2 | nd | 3.99 ± 0.07 | 0.87 ± 0.02 | 3.25 ± 0.06 | 0.73 ± 0.01 | 3.73 ± 0.07 |
| 7. | Asparagine | 132.12 | 4400.28 ± 312.57 | 2177.91 ± 154.71 | 3699.55 ± 262.80 | 2811.35 ± 199.70 | 922.75 ± 65.55 | 2622.87 ± 186.32 |
| 8. | Aspartic Acid | 133.1 | 1208.86 ± 42.44 | 872.35 ± 30.63 | 1403.59 ± 49.28 | 999.32 ± 35.09 | 1069.42 ± 37.55 | 1067.87 ± 37.49 |
| 9. | beta-Alanine | 89.09 | 232.85 ± 16.35 | 217.20 ± 15.25 | 118.96 ± 8.35 | 614.01 ± 43.12 | 96.06 ± 6.74 | 744.29 ± 52.26 |
| 10. | beta-Aminoisobutyric Acid | 103.12 | 827.43 ± 53.37 | 1877.99 ± 121.14 | 383.82 ± 24.76 | 2284.64 ± 147.37 | 545.57 ± 35.19 | 2399.01 ± 154.74 |
| 11. | Carnosine | 226.23 | 1.04 ± 0.01 | 1.09 ± 0.01 | 0.79 ± 0.01 | 3.10 ± 0.04 | 0.61 ± 0.01 | 1.64 ± 0.02 |
| 12. | Cystathionine | 222.26 | 0.55 ± 0.00 | 0.36 ± 0.00 | 0.06 ± 0.00 | 0.12 ± 0.00 | 0.08 ± 0.00 | 0.56 ± 0.00 |
| 13. | Cystine | 240.3 | nd | nd | nd | 8.27 ± 0.22 | 8.78 ± 0.23 | nd |
| 14. | Citrulline | 175.19 | 10.70 ± 0.40 | 36.59 ± 1.37 | 4.49 ± 0.17 | 84.86 ± 3.19 | 10.51 ± 0.39 | 45.58 ± 1.71 |
| 15. | Ethanolamine | 61.08 | 1042.80 ± 78.33 | 1441.40 ± 108.27 | 1043.71 ± 78.40 | 2033.48 ± 152.75 | 698.33 ± 52.46 | 2340.39 ± 175.80 |
| 16. | gamma-Aminobutyric Acid | 103.12 | 1590.17 ± 66.22 | 3459.58 ± 144.06 | 720.96 ± 30.02 | 4108.51 ± 171.08 | 1051.81 ± 43.80 | 4358.80 ± 181.51 |
| 17. | Glutamic Acid | 147.13 | 782.25 ± 48.29 | 1791.44 ± 110.58 | 1525.35 ± 94.16 | 1561.34 ± 96.38 | 1068.25 ± 65.94 | 1625.29 ± 100.32 |
| 18. | Homocystine | 268.4 | 37.17 ± 0.82 | 137.81 ± 3.04 | 23.40 ± 0.52 | 99.00 ± 2.18 | 41.39 ± 0.91 | 112.41 ± 2.48 |
| 19. | Hydroxylysine | 162.19 | 1971.77 ± 136.04 | 1971.83 ± 136.04 | nd | 1971.48 ± 136.02 | 1970.55 ± 135.96 | nd |
| 20. | Hydroxyproline | 131.13 | 128.43 ± 7.74 | 239.05 ± 14.40 | 135.16 ± 8.14 | 459.46 ± 27.69 | 198.30 ± 11.95 | 542.82 ± 32.71 |
| 21. | Histidine | 155.15 | nd | 11.07 ± 0.16 | 5.36 ± 0.08 | 10.35 ± 0.15 | 9.33 ± 0.14 | 10.11 ± 0.15 |
| 22. | Isoleucine | 131.17 | 173.80 ± 8.66 | 345.26 ± 17.20 | 192.19 ± 9.57 | 587.54 ± 29.26 | 280.12 ± 13.95 | 739.96 ± 36.85 |
| 23. | Leucine | 131.17 | 128.55 ± 9.24 | 232.68 ± 16.72 | 136.97 ± 9.84 | 437.55 ± 31.44 | 185.23 ± 13.31 | 545.99 ± 39.23 |
| 24. | Lysine | 146.19 | 1667.85 ± 77.62 | 6186.46 ± 287.92 | 907.20 ± 42.22 | 6862.49 ± 319.38 | 1399.87 ± 65.15 | 8184.22 ± 380.90 |

26 – ші кестенің жалғасы

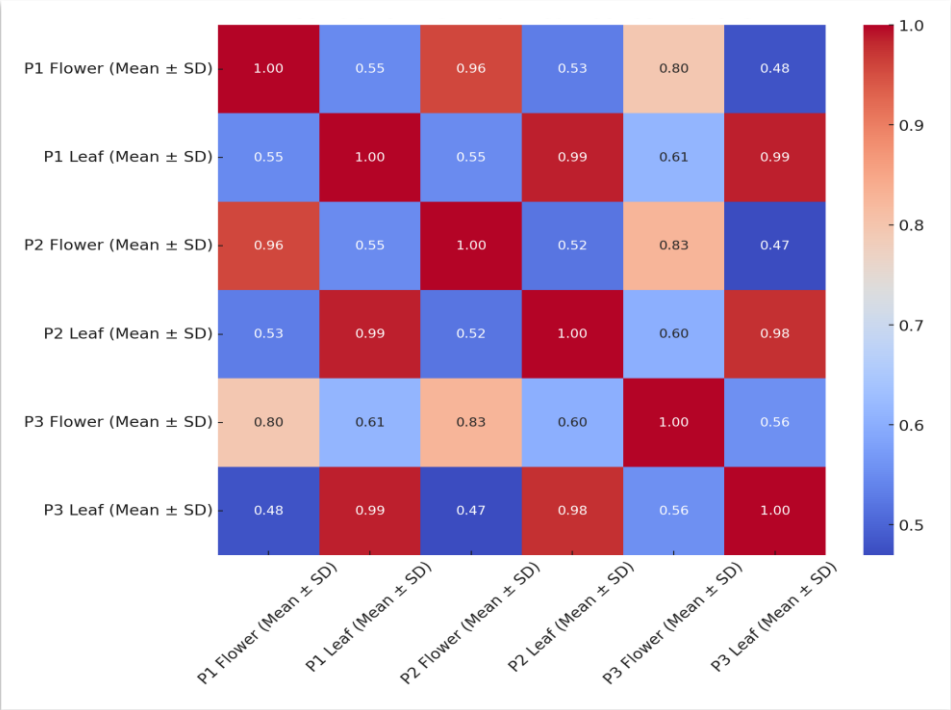
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25. | Methionine | 149.21 | 1542.40 ± 49.87 | 1737.07 ± 56.17 | 1547.84 ± 50.05 | 1676.67 ± 54.21 | 1536.98 ± 49.70 | 1773.69 ± 57.35 |
| 26. | Ornithine | 132.16 | 1557.47 ± 106.69 | 1564.21 ± 107.15 | 1555.84 ± 106.58 | 1562.23 ± 107.02 | 1562.65 ± 107.05 | 1563.01 ± 107.07 |
| 27. | Phenylalanine | 165.19 | 1860.47 ± 27.34 | 2416.50 ± 35.52 | 1822.04 ± 26.78 | 2544.24 ± 37.39 | 1747.26 ± 25.68 | 2005.44 ± 29.47 |
| 28. | Phosphoethanolamine | 141.06 | 14.00 ± 0.18 | 4.10 ± 0.05 | 3.06 ± 0.04 | 4.31 ± 0.06 | 13.38 ± 0.17 | 3.83 ± 0.05 |
| 29. | Phosphoserine | 185.07 | 2.33 ± 0.02 | 5.42 ± 0.05 | 5.45 ± 0.06 | 2.76 ± 0.03 | nd | 8.74 ± 0.09 |
| 30. | Proline | 115.13 | 1348.02 ± 71.21 | 13136.96 ± 693.99 | 1126.15 ± 59.49 | 12819.21 ± 677.20 | 1146.19 ± 60.55 | 21128.47 ± 1116.16 |
| 31. | Serine | 105.09 | 1334.95 ± 81.42 | 6591.05 ± 402.00 | 1556.93 ± 94.96 | 8331.01 ± 508.13 | 1169.84 ± 71.35 | 8634.23 ± 526.62 |
| 32. | Taurine | 125.15 | 4634.67 ± 370.09 | 8127.16 ± 648.98 | 5246.81 ± 419.00 | 7041.76 ± 562.31 | 2532.92 ± 202.26 | 10683.23 ± 853.09 |
| 33. | Threonine | 119.12 | 949.03 ± 66.79 | 2207.79 ± 155.39 | 1375.32 ± 96.80 | 2775.96 ± 195.38 | 855.21 ± 60.19 | 2808.63 ± 197.68 |
| 34. | Tryptophan | 204.22 | 530.05 ± 16.23 | 2431.32 ± 74.44 | 552.94 ± 16.93 | 1773.00 ± 54.29 | 230.45 ± 7.06 | 1714.92 ± 52.51 |
| 35. | Tyrosine | 181.19 | 661.11 ± 15.33 | 1395.80 ± 32.37 | 487.75 ± 11.31 | 1444.27 ± 33.49 | 929.55 ± 21.55 | 1328.75 ± 30.81 |
| 36. | Valine | 117.15 | 634.06 ± 27.54 | 1412.57 ± 61.36 | 501.14 ± 21.77 | 2349.46 ± 102.05 | 515.48 ± 22.39 | 3011.56 ± 130.82 |

Маңызды (алмастырылмайтын) аминқышқылдар - лейцин, изолейцин, треонин және валин - өсімдіктердің төзімділігін арттыруда ерекше рөл атқарады, өйткені олар тіндердің өсуі мен қалпына келуіне қажетті ақуыздарды синтездейді. Р3 жапырақтарында треонин мен валиннің ең жоғары концентрациясы тіркелді, бұл олардың метаболикалық белсенділігі жоғарылаған жағдайларда маңызды рөл атқаратынын дәлелдейді.

Сирек кездесетін аминқышқылдар, мысалы β-аминойзомай қышқылы және 1-метилгистидин, өсімдіктің бейімделу процестерінде ерекше рөл атқаруы мүмкін. Мысалы, β-аминойзомай қышқылының ең жоғары концентрациясы Р3 жапырақтарында анықталды (2399.01 ± 154.74 мкмоль/мл), бұл оның қоршаған орта стресс факторларына қарсы қорғаныштық функциясын атқаратынын көрсетеді.

Кейбір аминқышқылдар - глутамин қышқылы, метионин және орнитин - барлық популяцияларда тұрақты деңгейде сақталған. Бұл олардың өсімдік метаболизміндегі негізгі рөлін, оның ішінде азот алмасуы мен ақуыз синтезіндегі маңызын дәлелдейді. Р1 және Р2 популяциялары аминқышқылдарының орташа деңгейімен сипатталады, бұл олардың

экологиялық жағдайларының салыстырмалы түрде қолайлы болуымен немесе физиологиялық күйінің айырмашылығымен байланысты болуы мүмкін.




Матрица әртүрлі үлгілердің аминқышқылдық профильдері арасындағы жұптық Пирсон корреляция коэффициенттерін (r) визуалдайды. Жоғары оң корреляция мәндері (+1-ге жақын) ашық түстермен (мысалы, сары) көрсетіліп, аминқышқылдар құрамының жоғары ұқсастығын білдіреді. Төмен немесе теріс мәндер (0-ге немесе −1-ге жақын) қою түстермен (мысалы, көк) бейнеленіп, әлсіз немесе кері байланыстарды көрсетеді.

Сурет 25 – *C. leucocladum* популяциялары (P1, P2, P3) мен өсімдік мүшелері (гүлдер мен жапырақтар) бойынша аминқышқылдардың орташа концентрацияларының корреляциялық матрицасы.

Алынған нәтижелер аминқышқылдардың өсімдіктің өсуі мен бейімделуіндегі басты метаболикалық қосылыстар ретінде маңызын айқындайды. Жапырақтардағы жоғары концентрациялар олардың фотосинтезі, стресс қорғанысы және метаболизмді реттеудегі негізгі рөлін растайды. P3 популяциясы жоғары биосинзді белсенділігімен ерекшеленіп, одан әрі зерттеу үшін перспективалы нысан болып табылады. Бұл нәтижелер ауыл шаруашылығы дақылдарының қолайсыз экологиялық жағдайларға төзімділігін арттыруға бағытталған биостимуляторларды әзірлеуде қолдануға мүмкіндік береді.

*Аминқышқылдардың өзара байланысы және бейімделу үлгілері.* Корреляциялық матрица гүлдер мен жапырақтардағы аминқышқыл концентрациялары арасындағы айқын оң байланыстарды көрсетті, бұл өсімдіктің түрлі мүшелеріндегі аминқышқылдардың таралуы жалпы метаболикалық процестерге тәуелді екенін дәлелдейді. Мысалы, P1 популяциясында гүлдер мен жапырақтар арасындағы корреляция 0.55, P2-де - 0.52, ал P3 популяциясында - 0.56 құрады.

Әртүрлі популяциялардың жапырақтары арасында жоғары корреляция байқалды, бұл осы мүшедегі аминқышқыл синтезі процестерінің ұқсастығын білдіреді. Атап айтқанда, P1 және P2 жапырақтары арасында корреляция 0.99, ал P2 және P3 жапырақтары арасында 0.98 болды. Ұқсас заңдылық гүлдер арасында да байқалды: P1 және P2 гүлдері арасында корреляция 0.96, ал P2 және P3 гүлдері арасында 0.83 деңгейінде тіркелген. Бұл гүлдердің аминқышқылдық құрамының консервативті сипатын, яғни олардың репродуктивтік функцияларына байланысты тұрақты биохимиялық ерекшеліктерін көрсетеді.

Бір популяцияның жапырақтары мен басқа популяцияның гүлдері арасындағы корреляция айтарлықтай төмен болды. Мысалы, P1 жапырақтары мен P3 гүлдері арасындағы байланыс 0.48, ал P2 жапырақтары мен P3 гүлдері арасындағысы 0.47 шамасында. Бұл айырмашылық өсімдік мүшелерінің функцияларындағы және олардың метаболикалық процестеріндегі ерекшеліктерімен түсіндіріледі (сурет 25). P3 популяциясы жапырақтар мен гүлдер арасындағы орташа корреляция деңгейімен (0.56) сипатталады, бұл оның нақты экологиялық жағдайларға бейімделуінің нәтижесі болуы мүмкін. Сонымен қатар, осы популяцияның жапырақтары басқа популяциялармен жоғары корреляция көрсетті, бұл олардың өсу ортасының ұқсастығын айғақтайды.

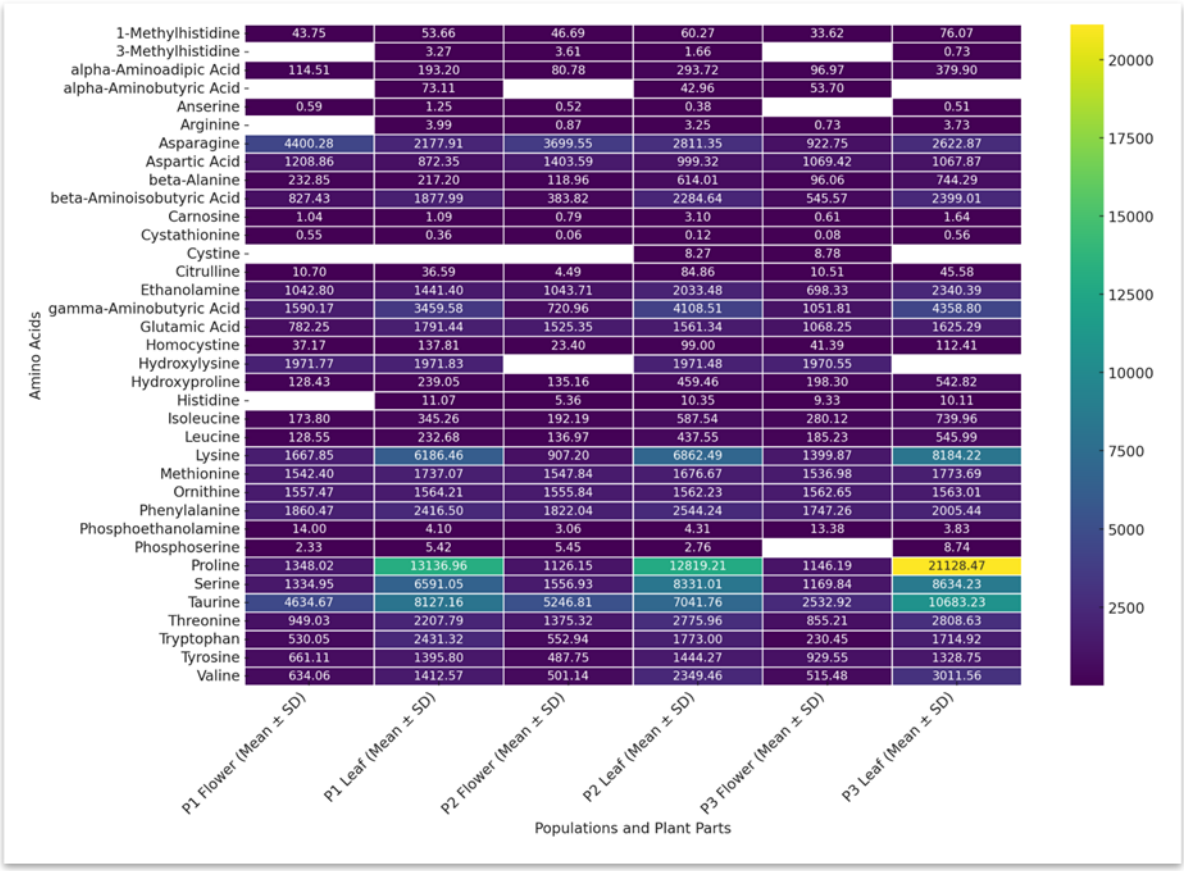
Бұл нәтижелер гүлдер мен жапырақтардың аминқышқылдық құрамының консервативтік сипатын және олардың жалпы метаболикалық және экологиялық сипаттармен байланысын айқын көрсетеді. Әртүрлі популяциялар арасындағы төмен корреляция әртүрлі экологиялық жағдайларға бейімделудің нәтижесі болуы мүмкін. Мұндай деректер *C. leucocladum* түрінің экологиялық және метаболикалық ерекшеліктерін одан әрі зерттеу үшін, сондай-ақ биотехнологиялық және фармакологиялық қолданбаларды дамыту үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады.

Аминқышқыл концентрацияларының таралуын көрсететін жылу картасы (heat map) өсімдік мүшелері мен популяциялары арасында бірнеше маңызды үлгілерді анықтады. Жалпы алғанда, жапырақтарда аминқышқылдар гүлдерге қарағанда едәуір жоғары концентрацияда жиналады, әсіресе пролин, лизин және серин сияқты қосылыстарда. Мысалы, P3 популяциясының жапырақтарында пролиннің ең жоғары концентрациясы тіркеліп, бұл өсімдіктің экологиялық стресс жағдайларына бейімделуімен байланысты болуы мүмкін.

P3 популяциясы жоғары биосинздібелсенділігімен ерекшеленеді. Оның жапырақтарында пролин, лизин және γ -аминомай қышқылы (GABA) сияқты аминқышқылдардың жоғары деңгейі тіркелген. Бұл популяцияда арнайы бейімделу механизмдерінің қалыптасқанын және олардың метаболизмді белсендіретін факторлармен байланысты екенін көрсетеді.

P1 популяциясы аминқышқылдардың гүлдері мен жапырақтары арасында теңгерімді таралуымен сипатталады. Сонымен қатар, оның жапырақтарында треонин және фенилаланин деңгейлері жоғары, бұл олардың

ақуыз синтезі мен фотосинтез сияқты физиологиялық процестерді қолдаудағы маңызын көрсетеді (сурет 26).




Сурет 26 – *C. leucocladum* түрінің үш популяциясы (P1, P2, P3) мен өсімдік мүшелері (гүлдер мен жапырақтар) бойынша аминқышқылдар концентрациясының жылулық картасы.

Гүлдер мен жапырақтардағы аминқышқыл концентрацияларын салыстыру нәтижесінде гүлдерде аминқышқылдардың мөлшері едәуір төмен екені анықталды. Бұл олардың репродуктивті функцияларымен және метаболизмнің төмен деңгейімен түсіндіріледі. Алайда кейбір аминқышқылдар, мысалы 1-метилгистидин және карнозин, гүлдерде жапырақтарға қарағанда жоғары концентрацияда кездеседі. Бұл қосылыстардың қорғаныш және репродуктивті процестердегі ерекше рөлін көрсетуі мүмкін.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер *C. leucocladum* түрінде аминқышқылдардың таралуы мен өзара байланысының экологиялық бейімделу, физиологиялық тұрақтылық және метаболизм қарқындылығы сияқты факторлармен тығыз байланысты екенін дәлелдейді.

Кейбір аминқышқылдар, мысалы глутамин және аспарагин қышқылдары, әртүрлі популяциялар мен өсімдік мүшелерінде ұқсас концентрация деңгейін көрсетті. Бұл олардың ақуыз синтезі, азот алмасу және

энергия метаболизмі сияқты негізгі физиологиялық процестерде консервативті рөлін айқындайды.

Әрбір популяция аминқышқылдардың өзіндік таралу ерекшелігімен сипатталады, бұл қоршаған орта жағдайларының метаболизмге әсерін көрсетеді. Мысалы, P3 популяциясының жапырақтарындағы пролиннің жоғары концентрациясы оның құрғақ климатқа бейімделуін білдіреді, өйткені пролин осмостық стресс кезінде жасушаларды сусызданудан қорғайтын маңызды қосылыс болып табылады. Ал P1 популяциясының жапырақтарында лизиннің жоғары мөлшері байқалады, ол ақуыз синтезі мен азот алмасуына қатысып, бұл популяцияның салыстырмалы түрде тұрақты экологиялық жағдайда өсетінін көрсетеді.

Алынған нәтижелер өсімдік мүшелерінің функционалдық сарапануын және қоршаған орта факторларының метаболикалық бейінді қалыптастырудағы маңызды рөлін айқындайды. Мұндай зерттеулер өсімдіктердің бейімделу механизмдерін терең түсінуге және биотехнологиялық шешімдер әзірлеуге негіз бола алады - мысалы, стресс факторларына төзімді дақылдар шығару немесе фармакологиялық және агробиологиялық өнімдер жасау.

Аминқышқылдардың биологиялық функцияларын талдау өсімдік метаболизмі мен бейімдеу қабілеттері туралы маңызды қорытындылар жасауға мүмкіндік береді. Аминқышқылдар ақуыздардың құрылымдық блоктары ретінде көптеген метаболикалық процестерге қатысады: олар екінші метаболиттердің синтезін реттейді, стресс жауаптарын бақылайды, азотты тасымалдауға және жинақтауға қатысады, сондай-ақ энергия алмасуды қамтамасыз етеді.

1-метилгистидин және 3-метилгистидин азот алмасуында маңызды рөл атқарады, стресс және ақуыз деградациясының биомаркерлері ретінде қызмет ете алады. Бұл қосылыстар өсімдіктерде аз зерттелген, алайда олардың анықталуы олардың физиологиялық күйдің индикаторлары ретінде әлеуетін көрсетеді. α -Аминоадипин қышқылы - лизин катаболизмінің аралық өнімі және энергия метаболизмінде маңызды орын алады. α -Аминомай қышқылы осморегуляция и құрғақшылық сияқты стресс факторларға төзімділікпен байланысты, сондықтан ол өсімдіктердің бейімделу механизмдерін зерттеуде ерекше қызығушылық тудырады.

Анзерин және карнозин - күшті антиоксиданттар, олар жасушаларды тотығу стрессінен қорғайды [160]. Сонымен қатар, бұл қосылыстар pH буферлері ретінде әрекет етеді, экстремалды жағдайларда метаболикалық тұрақтылықты сақтауға көмектеседі. Аргинин мен орнитин азот айналымында негізгі рөл атқарады, өйткені олар азот оксиді мен полиаминдердің прекурсорлары болып табылады. Бұл қосылыстар жасушаның өсуін және стресс жағдайындағы қорғаныш механизмдерін реттейді, сондай-ақ азоттың қайта айналымына қатысады.

Аспарагин қышқылы азотты тасымалдау және сақтау процестерінде маңызды рөл атқарады. Олар басқа аминқышқылдардың және нуклеотидтердің прекурсорлары бола отырып, өсімдік метаболизмінің

орталық компоненттері болып табылады. Этаноламин және фосфоэтаноламин жасуша мембраналарының негізгі құрылымдық элементтері - фосфолипидтердің түзілуіне қатысады. Бұл қосылыстар мембрананың тұтастығын сақтауға және өсімдіктердің құрғақшылық пен топырақ тұздылығы сияқты сыртқы стресс факторларына бейімделуіне мүмкіндік береді.

Олардың жоғары концентрациясы өсімдіктердің қолайсыз экологиялық жағдайларға жауабы мен қорғаныш реакцияларындағы маңызын дәлелдейді. Гамма-аминомай қышқылы (GABA) едәуір мөлшерде, әсіресе жапырақтарда кездеседі. Бұл қосылу иондық тасымалды және стресс жағдайларына бейімделуді реттеуде маңызды функцияларды атқарады. Жапырақтардағы GABA-ның жоғары деңгейі оның құрғақшылық пен топырақ тұздығынан қорғаудағы рөлін көрсетеді.

Глутамин қышқылы азот алмасудағы орталық молекула болып табылады [161]. Ол басқа аминқышқылдардың синтезінің прекурсоры ретінде қызмет етеді, азотқа байланысты метаболикалық процестерге белсенді қатысады. Гомоцистеин және цистатинин күкірт алмасуында маңызды рөл атқарады, өйткені олар метионин және цистеин сияқты қосылыстардың синтезін қамтамасыз етеді. Бұл аминқышқылдар ақуыз синтезі және антиоксиданттық қорғаныш жүйелерінің құрылуы үшін қажетті.

Гидроксилизин және гидроксипролин өсімдік жасушасы қабырғаларының беріктігін қамтамасыз ететін маңызды аминқышқылдар болып табылады. Олар тіндердің механикалық тұрақтылығын арттырады, өсімдіктердің физикалық стресске және инфекцияға төзімділігін арттырады. Гистидин металл иондарын байланыстыру және жасушаларды антиоксиданттық қорғау процестерінде ерекше рөл атқарады. Бұл функция микроэлементтер (мысалы, темір және мырыш) тапшылығы жағдайында өсімдіктер үшін ерекше маңызды [162].

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер аминқышқылдардың *C. leucocladum* метаболизмінде және бейімделу жүйелерінде шешуші рөл атқаратынын, олардың қоршаған орта факторларына реакция жасау қабілетін арттыратынын және өсімдіктің төзімділігін қалыптастыратынын дәлелдейді.

Маңызды (алмастырылмайтын) аминқышқылдар - изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, тирозин және валин - өсімдік тіршілігінде шешуші рөл атқарады. Олар ақуыз синтезіне қатыса алады, өсімдіктердің түрлі стресс факторларына төзімділігін арттыруға көмектеседі. Мысалы, пролин ақуыз алмасуына қатысумен қатар, осмопротектор ретінде әрекет етеді, яғни құрғақшылық сияқты экстремалды жағдайларда өсімдік жасушаларын сусыздануданқорғайды.

Сирек немесе аз зерттелген аминқышқылдар, мысалы β -аминойзомай қышқылы, ерекше қызығушылық тудырады. Оның осморегуляциясы және стресс төзімділігімен байланысты функциялары әлі толық зерттелмеген және одан әрі зерттеуді қажет етеді. Тағы бір маңызды қосылыс - 1-метилгистидин, ол өсімдік физиологиясы бойынша ғылыми еңбектерінде сирек аталады. Оның

осы зерттеуде анықталуы өсімдіктердегі аз зерттелген биохимиялық процестерге жаңа көзқарас қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу аминқышқылдардың өсімдік метаболизміндегі көпқырлы рөлін және олардың қолайсыз экологиялық жағдайларға бейімделуіндегі маңызын көрсетеді. Алынған нәтижелер өсімдіктердің бейімделу механизмдерін тереңірек түсінуге, сондай-ақ биотехнология мен ауыл шаруашылығында қолдануға жаңа мүмкіндіктер ашады.

Мысалы, пролин, гидроксилизин және гидроксипролин тері, буын және сүйек тіндерін нығайтуда маңызды рөл атқарады, өйткені олар коллаген синтезіне қатысады. Осы қасиеттерінің арқасында олар жараның жазылуын жеделдетеді және қартаю процесін баяулатады. Триптофан көңіл күй мен ұйқыны жақсартуға ықпал етеді, өйткені ол «бақытты гормондар» - серотониннің прекурсоры болып табылады [163].

Басқа аминқышқылдар, мысалы γ -аминомай қышқылы (GABA), жүйке жүйесінің жұмысын жақсартып, стрессті және мазасыздықты төмендетеді. Бұл қазіргі замандағы жоғары психоэмоционалдық жүктемелер мен жылдам өмір ырғағында ерекше маңызды. Изолейцин, лейцин және валин ағзаның энергетикалық теңгерімін сақтауға, физикалық күш түскен кезде қалпына келуге және бұлшық ет тіндерінің ыдырауын болдырмауға көмектеседі.

Глутамин қышқылы метаболизмнің орталық буыны болып табылады: ол ағзаны уыттардан тазартуға, жасушаларды зақымданудан қорғауға және иммундық жүйенің жұмысын күшейтуге қатысады, бұл аурулардың алдын алу және қалпына келу кезеңінде ерекше маңызы бар.

Кейбір аминқышқылдар, мысалы β -аланин және β -аминойзомай қышқылы, ағзаның түрлі стресс түрлеріне - сусыздануға, физикалық жүктемеге немесе қоршаған орта әсерлеріне - бейімделуіне көмектеседі. Олар жасушалардағы су-тұз теңгерімін сақтап, зақымданудың алдын алады.

*C. leucocladum* - шөл және шөлейт аймақтарға бейімделген типтік өсімдік түрі. Оның химиялық құрамын зерттеу нәтижелері органикалық қышқылдардың өсімдік метаболизмінде және экстремалды экологиялық жағдайларға бейімделуінде маңызды рөл атқаратынын көрсетті.

Алма қышқылы (malic acid) - өсімдік метаболизмінің негізгі қатысушыларының бірі - барлық үлгілерде ең жоғары концентрацияда анықталды. Бұл қосылыс энергия теңгерімін сақтауға және метаболикалық белсенділікті арттыруға қатысады, әсіресе P1 популяциясының гүлдері мен жапырақтарында байқалады. Лимон қышқылы (citric acid) биохимиялық реакцияларда кеңінен белгілі және оның ең жоғары мөлшері L3 үлгілерінде тіркелген, бұл оның бейімделу тетіктеріне қатысуы және уытты заттарды байланыстыру қабілетімен түсіндіріледі.

Сүт қышқылы (lactic acid) - анаэробты тыныс алу өнімдерінің бірі - орташа мөлшерде анықталды, ал оның ең жоғары концентрациясы P1 популяциясының гүлдерінде тіркелген. Басқа үлгілерде бұл қышқылдың біркелкі таралуы белгілі бір физиологиялық белсенділіктің тұрақтылығын көрсетуі мүмкін.

Кесте 27 – *C. leucocladum* гүлдері мен жапырақтарындағы қышқылдардың талдауы (орташа ± стандартты ауытқу)

| № | Қышқыл (Аминқышқыл) | Популяция 1 | | Популяция 2 | | Популяция 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Гүлі | Жапырағы | Гүлі | Жапырағы | Гүлі | Жапырағы |
| 1. | Сірке қышқылы (Acetic acid) | 5.85 ± 0.98 | 6.54 ± 3.15 | 7.68 ± 0.24 | 18.08 ± 0.19 | 6.0 ± 1.05 | 2.78 ± 0.43 |
| 2. | 3-Метилгистидин (3-Methylhistidine) | 1.18 ± 0.14 | 19.64 ± 0.67 | 3.61 ± 1.40 | 5.7 ± 0.60 | 3.92 ± 0.18 | 2.6 ± 0.03 |
| 3. | Пропион қышқылы (Propionic acid) | 1.59 ± 0.26 | 13.63 ± 4.36 | 4.18 ± 0.04 | 1.5 ± 0.17 | 2.74 ± 0.16 | 1.6 ± 0.007 |
| 4. | Май қышқылы (Butyric acid) | 18.24 ± 0.40 | 55.99 ± 2.97 | 7.32 ± 0.28 | 44.7 ± 0.52 | 16.34 ± 0.14 | 31.76 ± 0.33 |
| 5. | Сүт қышқылы (Lactic acid) | 12.53 ± 0.22 | 6.05 ± 0.34 | 1.38 ± 1.27 | 3.64 ± 4.01 | 2.51 ± 2.41 | 7.48 ± 7.71 |
| 6. | Фумар қышқылы (Fumaric acid) | 9.9 ± 1.40 | 63.64 ± 6.79 | 7.71 ± 1.21 | 11.12 ± 0.97 | 7.4 ± 1.06 | 18.18 ± 3.05 |
| 7. | Алма қышқылы (Malic acid) | 356.64 ± 3.74 | 27.87 ± 0.96 | 54.39 ± 1.09 | 98.96 ± 0.41 | 72.64 ± 1.92 | 181.98 ± 4.45 |
| 8. | Шарап қышқылы (Tartaric acid) | 76.07 ± 4.02 | 78.92 ± 15.65 | 12.84 ± 0.92 | 30.88 ± 3.58 | 26.62 ± 6.03 | 33.12 ± 1.84 |
| 9. | Лимон қышқылы (Citric acid) | 170.25 ± 0.50 | 106.88 ± 14.36 | 38.7 ± 0.23 | 95.23 ± 1.20 | 118.48 ± 3.03 | 225.64 ± 4.35 |

Пропион қышқылы (propionic acid) екінші реттік метаболиттердің өкілі ретінде барлық үлгілерде төмен концентрацияда тіркелген, бұл оның өсімдік метаболизміндегі шектеулі рөлін айғақтайды.

Фумар қышқылы (fumaric acid) - негізгі биохимиялық тізбектердің қатысушысы - Р1 жапырақтарында жоғары деңгейде анықталды, бұл белсенді энергия алмасу және тыныс алу процестерінің жүріп жатқанын көрсетеді. Сірке қышқылы (acetic acid) орташа концентрациясында байқалып, Р2

жапырақтарында ең жоғары мәнге жетті; бұл оның сыртқы факторларға бейімделу мақсатындағы метаболикалық процестердегі рөлін көрсетеді.

Май қышқылы (butyric acid) P1 және P2 жапырақтарында жоғары концентрациямен айқындалады, метаболиттердің жиналуын және физиологиялық процестердің белсенділігін көрсетеді (кесте 27.

Шарап қышқылы (tartaric acid) - өсімдік метаболизміндегі тұрақты компоненттердің бірі - P1 жапырақтарында жоғары мән көрсетті, бұл оның биохимиялық маңызын растайды). Зерттеу барысында 3-метилгистидиннің болуы да назар аударады. Бұл қосылыс P1 жапырақтарында аз мөлшерде табылғанымен, оның бейімделу процестерінде ерекше рөл атқаруы мүмкін.

Үлгілер арасындағы органикалық қышқылдар құрамындағы айқын айырмашылықтар өсімдіктердің әртүрлі экологиялық жағдайларға бейімделу және физиологиялық ерекшеліктерін көрсетеді. Бұл нәтижелер өсімдік метаболизмін, энергия алмасу механизмдерін және экологиялық тұрақтылықты бағалауда органикалық қышқылдарды аналитикалық көрсеткіш ретінде зерттеудің өзектілігін дәлелдейді.

Талдау нәтижелері бойынша алма қышқылы (malic acid) барлық өсімдік үлгілерінде (жапырақтар мен гүлдерде) басым компонент болып табылады (4-сурет). Оның концентрациясы әсіресе P1 үлгісінде жоғары анықталды, бұл өсімдіктің жоғары метаболикалық белсенділігімен байланысты болуы мүмкін. Алма қышқылы тыныс алу процестерінде маңызды рөл атқарып, өсімдіктердің қолайлы өсу жағдайында немесе белсенді өсу фазасында болуы мүмкін.

Лимон қышқылы, екінші маңызды қышқыл, әсіресе P3 сынамасының жапырақтарында басым. Бұл оның металдарды детоксикациялаудағы рөліне немесе қоршаған ортаның стресс факторларына бейімделуіне байланысты болуы мүмкін.

Жапырақтар мен гүлдерді салыстыру жапырақтарда қышқылдардың концентрациясы жоғары екенін көрсетті, бұл олардың фотосинтез бен метаболизмдегі негізгі функциясын ескерсек, күтілетін жағдай. Ал гүлдерде қышқыл концентрациясы төмен, себебі олардың рөлі көбінесе репродуктивті процестерге және тозаңдандырғыштарды тартуға бағытталған.

P1 популяциясы қоршаған ортаның қолайлы жағдайларына немесе өсімдіктің физиологиялық жағдайына байланысты қышқыл концентрациясының ең жоғары деңгейімен ерекшеленеді. P2 және P3 сынамаларында қышқылдың біркелкі таралуы байқалады, бұл әртүрлі стресстерге бейімделу немесе генетикалық ерекшеліктер нәтижесі болуы мүмкін.

Сынамалар арасындағы қышқыл концентрацияларындағы бұл айырмашылықтар қоршаған орта жағдайларына, өсімдіктердің генетикалық сипаттамаларына немесе өсу сатыларына байланысты болуы мүмкін. Бұл деректер өсімдіктердің бейімделу механизмдерін және олардың метаболикалық белсенділігін одан әрі зерттеу үшін құнды болып табылады.

*C. leucocladum* өзіне тән химиялық және биологиялық қасиеттерімен ерекшеленеді, бұл оның қоршаған ортаға бейімделу қабілетін арттырады.

Өсімдік бейімделу механизмдерін және болашақта қолданылу мүмкіндіктерін көрсететін биохимиялық және физиологиялық сипаттарға ие.

Өсімдіктің химиялық құрамына Artepillin C және CAPE сияқты сирек кездесетін қосылыстар кіреді, олар антиоксиданттық, қабынуға қарсы және қатерлі ісікке қарсы әсер көрсетеді. Бұл заттар алғаш рет осы түрден анықталған, ал ең жоғары концентрациясы Р3 популяциясында тіркелген. Бұл фенол қосылыстары өсімдіктерді қиын экологиялық жағдайларда оксидативті стрессінен қорғауда маңызды рөл атқаратынын көрсетеді.

Құрамында жинақталған көмірсулардың, липидтердің және ақуыздардың метаболикалық түрленуі арқылы синтезделетін органикалық қышқылдар, мысалы, сірке қышқылы және лимон қышқылы, метаболикалық процестерде және стресс жағдайынан қалпына келуде негізгі орын алады. Р1 популяциясында малаттың, ал Р3 популяциясының жапырақтарында цитраттың жоғары деңгейде болуы бұл заттардың энергиямен қамтамасыз ету және құрғақшылық пен уланған топырақ жағдайларында биоремедиация үшін маңыздылығын көрсетеді.

Р3 популяциясында айтарлықтай мөлшерде анықталған пролин – жасушаларды зақымданудан қорғау және қолайсыз жағдайларда тұрақтылығын сақтау үшін маңызды метаболиттердің бірі. GABA және таурин сияқты басқа аминқышқылдары да өсімдіктің төзімділігі мен метаболикалық тиімділігіне елеулі әсер етеді.

Климаттық параметрлер (орташа температура, жауын-шашын мөлшері және аймақтық биіктік көрсеткіштері) Қазгидромет деректері негізінде анықталды. Бұл көрсеткіштер зерттелетін аймаққа ең жақын орналасқан метеорологиялық бақылау нүктесінің көпжылдық орташа мәндерін қамтиды.

Ал кестеде көрсетілген абсолюттік биіктік мәндері өсімдік үлгілері нақты жиналған нүктелердің GPS координаттары бойынша анықталды.

Метеостанцияның орналасу биіктігі мен нақты жинау нүктелерінің рельефтік ерекшеліктеріне байланысты бұл көрсеткіштер арасында айырмашылық байқалуы мүмкін. Сондықтан климаттық деректер аймақтық экологиялық жағдайды сипаттайды, ал GPS негізіндегі биіктік нақты популяцияның орналасу деңгейін көрсетеді.

Сурет 27-де көрсетілген қоршаған орта жағдайлары өсімдік үлгілері алынған аймақтар арасында айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін көрсетеді. Бұл айырмашылықтар өсімдіктердің химиялық құрамына тікелей әсер етеді.

Бірінші популяциясы (теңіз деңгейінен 300 ± 20 м, 25 ± 1°C, жауын-шашын 50 ± 5 мм) салыстырмалы түрде қолайлы жағдайда өседі: төмен биіктік, жоғары температура және аз жауын-шашын. Мұндай жағдайлар өсімдіктің тез өсуін қамтамасыз етеді, бірақ фенолдар мен флавоноидтар сияқты қорғаушы қосылыстардың синтезін ынталандыратын айтарлықтай стресс тудырмайды. Сол себепті осы үлгідегі биологиялық белсенді заттар мен антиоксиданттық белсенділік төмен.

Екінші популяциясы (500 ± 30 м, 20 ± 1,5°C, жауын-шашын 75 ± 10 мм) орташа климаттық жағдайы бар аймақтан алынған. Жоғарырақ биіктік пен орташа температура өсімдіктің жайлы өсуі мен кейбір стресс жағдайын теңестіреді, бұл фенолдық қосылыстардың синтезін орташа деңгейде арттыруға ынталандырады. Мұндай жағдайлар биосинздібелсенділік үшін оңтайлы деп саналады.

Үшінші популяциясы (800 ± 40 м, 15 ± 2°C, жауын-шашын 100 ± 15 мм) ең биік және қатаң жағдайы бар аймақты көрсетеді: төмен температура, жеткілікті жауын-шашын және жоғары күн радиациясы. Бұл стресс факторлары өсімдіктерді фенолдар, флавоноидтар және проантоцианидиндер сияқты қорғаушы қосылыстардың жоғары деңгейін өндіруге ынталандырады, бұл осы үлгінің антиоксиданттық белсенділігінде көрініс табады.

Үшінші популяциясы қоршаған орта жағдайларының қатаңдығына байланысты ең бай биологиялық белсенді заттарға ие екенін көрсетті. Бірінші популяциясы қолайлы жағдайларда минималды көрсеткіштерге ие, ал екінші орташа позицияны алып, стресс пен жайлылық арасындағы тепе-теңдікті көрсетеді. Бұл айырмашылықтар қоршаған орта факторларының өсімдіктердің фитохимиялық профилін қалыптастырудағы маңызды рөлін айқын көрсетеді.

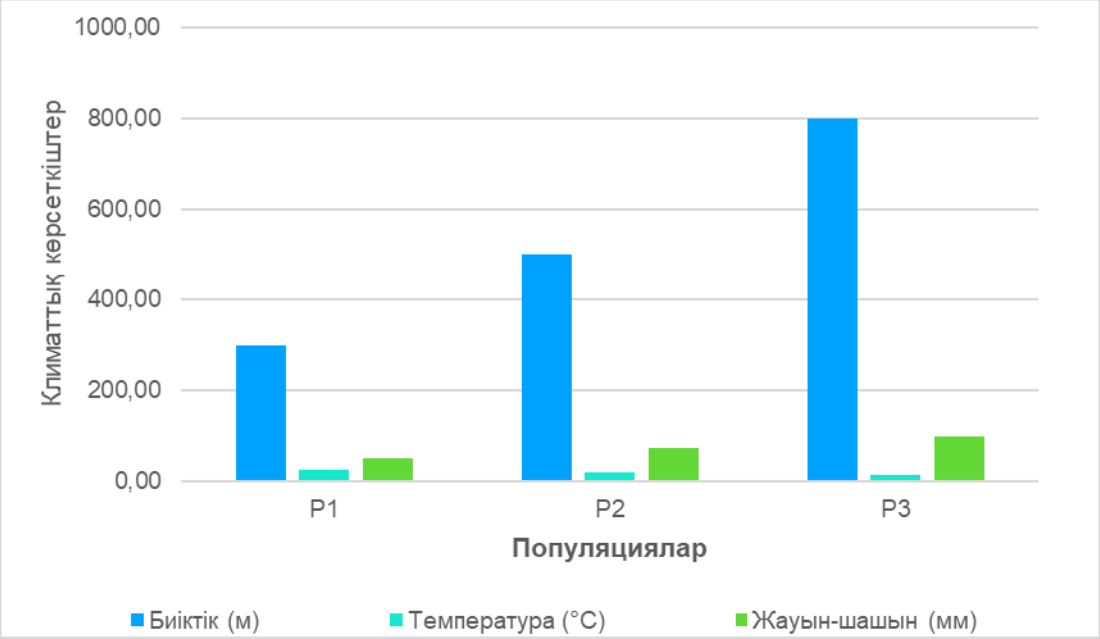
*C. leucocladum* өсімдігінің химиялық құрамы оның табиғи өсетін ортасының климаттық жағдайларымен тығыз байланысты. Биіктік, температура және жауын-шашын сияқты факторлар өсімдіктің биосинздіжолдарына тікелей әсер етіп, биологиялық белсенді қосылыстардың концентрациясында айтарлықтай өзгерістерге әкеледі.

Жоғары биіктіктерде, мысалы, үшінші популяциясы жиналған аймақта (800 ± 40 м), өсімдіктер жоғары ультракүлгін радиациясына, төмен атмосфералық қысымға және салқын температураға ұшырайды. Бұл жағдайлар өсімдікке стресс тудырып, фенолдық қосылыстар мен флавоноидтар сияқты екінші реттік метаболиттердің түзілуін ынталандырады. Бұл қосылыстар табиғи антиоксиданттар ретінде қызмет етеді және қоршаған орта стрессінен туындаған оксидативті зақымдануды азайтуға көмектеседі. Мәліметтер үшінші популяциясында фенолдық қосылыстардың (3.60 ± 0.14 мг GAE/г) және флавоноидтардың (59.48 ± 3.32 мг QUE/г) ең жоғары деңгейде екенін көрсетіп, биіктік пен фитохимиялық байлық арасындағы байланысты айқындайды.

Температура – тағы бір маңызды фактор. Орташа салқын температуралар, мысалы, үшінші популяциясының аймағында 15 ± 2°C, метаболикалық белсенділікті бәсеңдетеді, бірақ қорғаушы қосылыстардың жинақталуын ынталандырады. Бұл бейімделу механизмі жылы аймақтарда, мысалы, P1 популяциясына сәйкес келетін (25 ± 1°C) жағдайда әлдеқайда аз байқалады, себебі өсімдік өсуге басымдық береді. Нәтижесінде P1 популяциясында фенолдық (1.31 ± 0.03 мг GAE/г) және флавоноидтық (22.47 ± 2.34 мг QUE/г) деңгейі төмен болып көрінеді (сурет 27).

Жауын-шашын да маңызды рөл атқарады. Суды жеткілікті мөлшерде алу өсімдікке биосинздіпроцестерін тұрақты жүргізуге мүмкіндік береді. Үшінші популяциясында жауын-шашын мөлшері 100 ± 15 мм болып,

биологиялық белсенді қосылыстардың түзілуі үшін оңтайлы жағдай жасайды. Су қолжетімділігі мен қоршаған орта стресі арасындағы тепе-теңдік фитохимиялық синтезді арттыруда маңызды болып көрінеді. Керісінше, бірінші популяциясының аймағында жауын-шашын аз болуы (50 ± 5 мм) екінші реттік метаболиттердің биосинтезін шектейді, бұл оның биологиялық белсенді қосылыстарының төмен деңгейін түсіндіреді.




27-сурет. Популяция бойынша қоршаған орта факторлары

Топырақ сапасы мен қоректік заттардың қолжетімділігі, бұл зерттеуде тікелей талданбағанына қарамастан, осы айырмашылықтарға ықпал етуі мүмкін. Қоректік заттарға бай немесе теңгерімді топырақ метаболикалық белсенділікті арттырып, өсімдіктің кеңірек спектрдегі қосылыстарды синтездеуіне мүмкіндік береді. Бұл гипотеза үшінші популяциясында проантоцианидиндер мен антиоксиданттық белсенділіктің жоғары деңгейімен сәйкес келеді.

Тағы бір маңызды фактор – өсімдіктің уақыт бойынша бейімделуі. Қатаң жағдайларда өсетін өсімдіктер екінші реттік метаболиттердің түзілу қабілетін арттыратын генетикалық қасиеттерді дамыта алады. Ұрпақтар бойы мұндай бейімделулер үшінші популяциясы сияқты табиғи түрде биологиялық белсенді қосылыстардың жоғары концентрациясына ие популяцияларға әкелуі мүмкін.

Қоршаған орта факторлары мен фитохимиялық құрам арасындағы байланысты түсіну *C. leucocladum* өсімдігін тиімді өсіруде практикалық маңызға ие. Мысалы, жоғары биіктіктер немесе бақылаулы су стресі сияқты стресс тудыратын жағдайларды қайталау арқылы өсімдіктен фенолдар мен флавоноидтар сияқты құнды қосылыстардың өндірісін арттыруға болады. Сонымен қатар, бұл нәтижелер *C. leucocladum* табиғи ортасын сақтаудың маңыздылығын көрсетеді, себебі экологиялық деградация өсімдіктің биологиялық белсенді заттарды өндіру қабілетін төмендетуі мүмкін.

*C. leucocladum* химиялық құрамы оның тап болған қоршаған орта жағдайларын тікелей көрсетеді. Жоғары биіктік, салқын температура және жеткілікті жауын-шашын стресс пен ресурстар арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті қалыптастырады, бұл фенолдық қосылыстар, флавоноидтар және басқа антиоксиданттардың түзілуін ынталандырады. Бұл мәліметтер өсімдіктің биологиясын терең түсінуге ғана емес, сонымен қатар оны фармацевтика, нутрицевтика және басқа салаларда тұрақты пайдалану жолдарын зерттеуге мүмкіндік береді. Болашақ зерттеулерде топырақ құрамын, маусымдық өзгерістерді және генетикалық факторларды толық талдау арқылы осы құнды түрдің әлеуетін толық ашу қажет.

*C. leucocladum* әртүрлі биохимиялық құрамымен құрғақ және шөл экожүйелерінде тіршілік етуге мүмкіндік беретін күрделі бейімделу стратегиясын көрсетеді. Үшінші популяциясында полифенолдар, флавоноидтар, проантоцианидиндер және органикалық қышқылдардың жоғары жинақталуы ультракүлгін радиациясының жоғарылауы, су тапшылығы және төмен температура сияқты қоршаған орта стресс факторларына жауап болуы мүмкін. Бұл екінші реттік метаболиттер қорғаныс механизмдері ретінде қызмет етіп, оксидативті стресті төмендетеді және жасушалық тұрақтылықты арттырады. Мысалы, сірке қышқылы мен лимон қышқылының жоғары деңгейі энергия метаболизмін және детоксикацияны қолдайды, бұл құбылыс *Zygophyllum xanthoxylum* және *Artemisia desertorum* сияқты шөлге бейімделген басқа өсімдіктерде де байқалады [164].

Artepillin C, CAPE (кафей қышқылы фенетил эфирі) және катехол сияқты сирек кездесетін биологиялық белсенді қосылыстардың анықталуы осы түрдің фитохимиялық құрамын байытып қана қоймай, бұрын белгісіз биосинзді потенциалдың бар екенін көрсетеді. Бұл нәтижелер *C. leucocladum* эволюциялық бейімделу жолдары альпі немесе ксерофиттік өсімдіктердікіне ұқсас болуы мүмкін екенін көрсетеді. Сонымен қатар, осмопротекторлы және сигналдық рөлдері белгілі пролин және GABA аминқышқылдарының болуы өсімдіктің құрғақшылық пен температуралық стрессқа төзімділігін қосымша дәлелдейді [165, 166].

Популяциялар арасындағы салыстырмалы талдау көрсеткендей, ең жоғары метаболит концентрациялары экстремалды қоршаған орта жағдайларымен байланысты. Бұл үлгілер *C. leucocladum* екінші реттік метаболизмінің экологиялық градиенттермен реттелетінін және түрдің икемді әрі бейімделгіш физиологиялық жүйеге ие екенін көрсетеді. Бұл бейімделу қабілеті фармацевтика және нутрицевтика саласында биоинженерия және тұрақты жинау үшін үлкен әлеует береді.

Бұл зерттеу Calligonum туысына *C. leucocladum* түріне жататын өсімдіктерде Artepillin C және CAPE қосылыстарының бар екенін алғаш рет хабарлайды, осылайша шөлдік өсімдіктердегі биологиялық белсенді заттардың белгілі спектрін кеңейтеді. Сонымен қатар, үш экологиялық тұрғыдан әртүрлі популяцияларда гүлдер мен жапырақтардың метаболикалық профильдерін салыстырмалы талдау антиоксиданттардың органдарға тән және ортаға тәуелді жинақталуы туралы жаңа түсінік береді. Фитохимиялық

және экологиялық деректерді біріктіре отырып, бұл талдау *C. leucocladum*-ды болашақ фармацевтикалық зерттеулер үшін перспективалы түр ретінде көрсетіп, құрғақ аймақ өсімдіктеріндегі биохимиялық бейімделуді зерттеудің негізін қалайды.

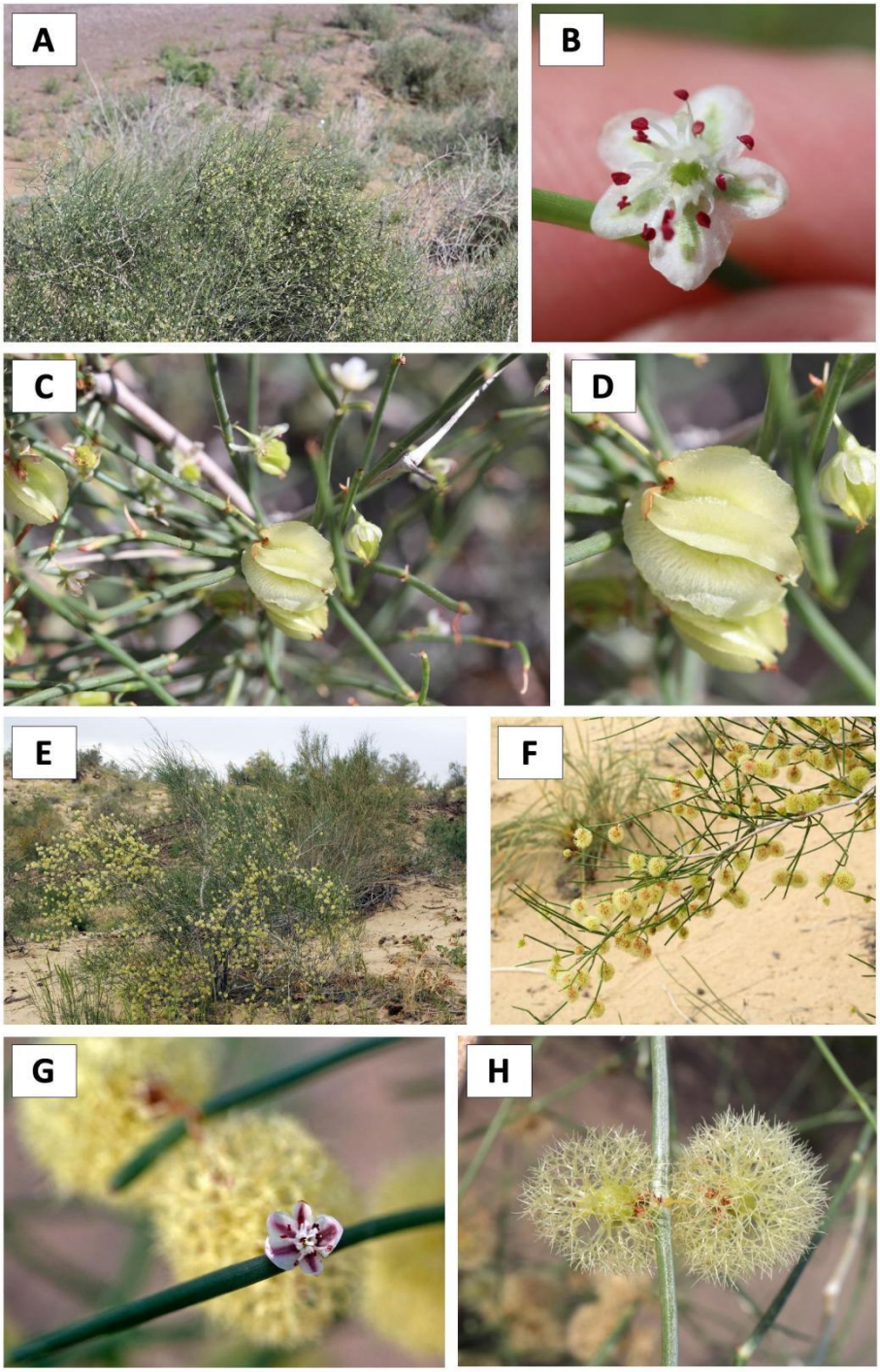
### 3.4 *C. leucocladum* популяцияларының пластидті геномына негізделген генетикалық алуантүрлілік пен тұрақтылығын бағалау

Сонг және әріптестерінің зерттеуінде [167] Қытайдағы Calligonum туысының 21 түрін қамтитын 32 үлгінің толық хлоропласт геномдары секвенирленген. Авторлар пластомалық масштабтағы деректер дәстүрлі ДНҚ баркодтарына қарағанда түрлер деңгейінде ажырату қабілетін айтарлықтай жақсартатынын көрсетті (шамамен 78% түрлерді ажыратуға болады). Сонымен қатар, олар өте төмен нуклеотидтік алуантүрлілік ($\pi \leq 0{,}0059$) және плазтомаларда ешқандай құрылымдық қайта орналасулар болмайтынын хабарлады. Бұл Calligonum-дағы пластида геномдарының жоғары дәрежеде консервативті және жақын туыстық тасондар арасында ішінара фрагменттер немесе контигтер бір-біріне шамамен ұқсас болып көрінуі мүмкін. Сондықтан, ішінара пластомалық деректерді салыстырсақ, біздің контигтеріміз *C. caput-medusae*-ге ең ұқсас болып шықты, алайда біздің үлгі морфологиялық тұрғыдан *C. leucocladum* деп анықталды.

Сонг және әріптестерінің тағы бір маңызды нәтижесі - пластомалық және ядролық филогениялардың сәйкессіздігі болды. Мысалы, *C. ebinuricum* үлгілері пластомалық шежіре *C. leucocladum*-мен кластерленген, бірақ nrITS талдауларында мұндай байланыс байқалмаған. Авторлар бұл жағдайды интрогрессия және хлоропласттық «ұстап алу» процесінің дәлелі деп түсіндірді, яғни пластида гендері будандастыру арқылы түрлер арасында берілуі мүмкін, ал морфология және ядролық маркерлер тұрақты қалады. Осыған сәйкес, біздің пластида тізбектерінің *C. caput-medusae*-ге ұқсастығы осындай процестерден туындауы мүмкін және міндетті түрде таксономиялық сәйкестікті білдіреді.

*C. leucocladum* және *C. caput-medusae* арасындағы морфологиялық айырмашылықтар жақсы белгілі, әсіресе жеміс құрылымында. *C. leucocladum* үш үлкен, дөңгелек мембраналы қанаттары бар жаңғақшаларды шығарады, жиектері айқын қылшықты-тісті - «қанатталған» Calligonum тасондарының диагностикалық белгісі. Ал *C. caput-medusae* мембраналы қанаттарға ие емес, оның орнына жіңішке, қанатсыз жемістер бар, бұл Medusa секциясына тән. Бұл секциялық айырмашылық тұқымдас бойынша негізгі таксономиялық критерийлердің бірі болып табылады және пластомалық ұқсастығына қарамастан екі түрдің бөлінуін айқын қолдайды (сурет 28).

Сонымен қатар, Сонг және әріптестерінің (2020) зерттеуінде геномдық талдауларға басымдық беріліп, барлық түрлерге морфологиялық суреттер берілмеген, бұл тікелей тексеру мүмкіндігін шектейді. Сондықтан біздің *C. leucocladum* жемістерінің фотодокументациясы маңызды үлес болып табылады, өйткені молекулалық нәтижелерді айқын морфологиялық дәлелдермен қатар интерпретациялауға мүмкіндік береді




Сурет 28 – *C. leucocladum* және *C. caput-medusae* арасындағы морфологиялық айырмашылықтарды көрсету.

A-D: біздің экспедициялық фотосуреттеріміз (iNaturalist платформасында Research Grade мәртебесімен орналастырылған);

E-G: Павел Горбунов фотосуреттер;

H: Александр Фатерига фотосуреті, барлығы Plantarium.ru платформасында жарияланған.

.Биологиялық және әдістемелік тұрғыдан алғанда, біздің контигтеріміздің *C. caput-medusae*-ге ең жақын сәйкестігін бірнеше фактор түсіндіре алады:

Пластомалық консерватизм - көптеген хлоропласт аймақтары өте консервативті және жақын туыстық түрлерін ажырата алмайды.

Сілтеме деректерінің шектеулілігі - толық пластомалық деректер қытайлық тасондарға, оның ішінде *C. caput-medusae*-ге бар, ал Орталық Азия түрлері, мысалы *C. leucocladum,* үшін геномдық ресурстар аз.

Интрогрессия - тарихи хлоропласттық «ұстап алу» арқылы будандастыру, бұл Сонг және әріптестері (2020) тарапынан нақты ұсынылған.

Морфологиялық басымдық - Calligonum туысында негізгі диагностикалық белгі болып табылатын жеміс морфологиясы әлі де ең сенімді таксономиялық дәлел береді.

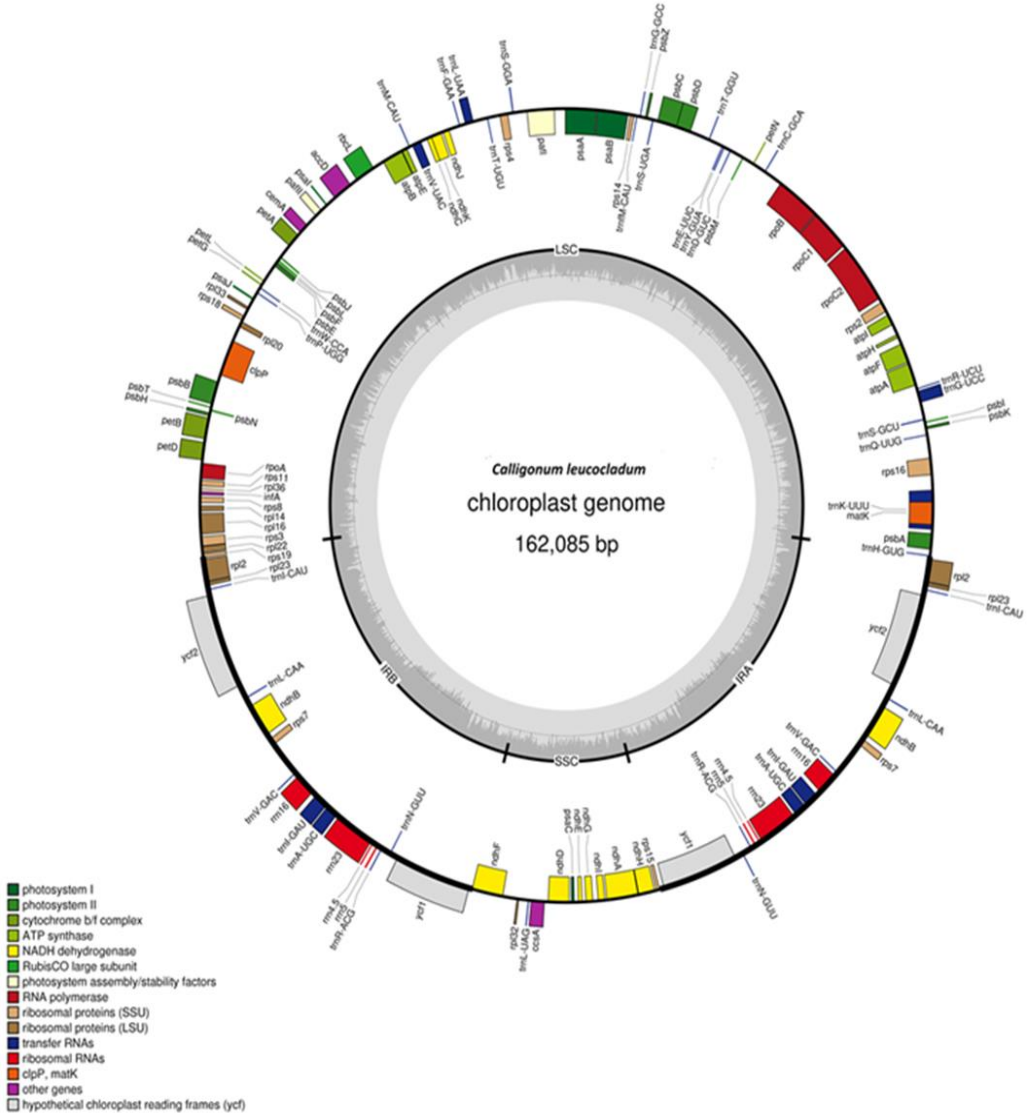
Ең дұрыс интерпретация: біздің үлгіміз морфологияға негізделген кезде анық *C. leucocladum*-ге жатады, бірақ оның пластида геномы *C. caput-medusae-ге* жақындық көрсетеді, бұл сілтеме деректерінің шектеулілігіне немесе хлоропласттың «ұстап алу» тарихына байланысты болуы мүмкін. Бұл деректер қайшылықты емес, керісінше Calligonum туысының эволюциялық тарихының күрделілігін көрсетеді, мұнда гибридизация және пластида-ядро қақтығысы салыстырмалы түрде жиі кездеседі.

*Хлоропласт геномы*

Осы зерттеуде Қазақстанның үш түрлі орналасқан жерінен жиналған Calligonum L. үлгілерінің толық хлоропласт геномдары секвенирленді. De novo геномдық құрастыру нәтижелері үлгілердің *C. leucocladum* расталды. *C. leucocladum* хлоропласт геномдары OGDRAW онлайн бағдарламасы арқылы визуализацияланды (Сурет 29).

Нәтижелер көрсетіп отырғандай, бұл түрдің хлоропласт генома сақиналы болып табылады, ұзындығы 162,085 bp. Бұл өлшем типтік хлоропласт генома үшін қалыпты диапазонда (әдетте 120-160 kb) және басқа өсімдіктермен салыстырғанда (мысалы, *Nicotiana tabacum*: 155,943 bp; *Arabidopsis thaliana*: 154,478 bp) бұл түрдің хлоропласт геномының орташа мәнінен сәл үлкен деп айтуға болады.

Хлоропласт геномы төрт бөліктен тұрады: үлкен бірегей көшірме аймағы (LSC), кіші бірегей көшірме аймағы (SSC), және екі кері қайталанатын (IR) аймақ, олар екі аймақты бөледі. IRa (30,527 bp) және IRb (30,527 bp) аймақтары жалпы 61,054 bp құрайды; SSC аймағы 13,345 bp, ал LSC аймағы 87,686 bp ұзындығында болды (кесте 28). Барлық хлоропласт тізбегінің GC құрамы 37,5% болды. Геномда 79 ақуыз кодтайтын ген, 4 рРНҚ гені және 29 тРНҚ гені анықталды. Хлоропласт геномындағы гендердің құрамы мен олардың функциялары көрсетілген.




Шеңбердің ішкі және сыртқы бөліктерінде орналасқан гендер тиісінше сағат тілімен және сағат тіліне қарсы бағытта транскрипцияланады. LSC – үлкен біркөшірмелі аймақ; SSC – кіші біркөшірмелі аймақ; IR – инверттелген қайталану аймағы.

Сурет 29 - *C. leucocladum* хлоропласт геномының сақиналы ген картасы.

IR аймақтары *C. leucocladum* хлоропласт геномында төрт рРНҚ генін (rrn16, rrn23, rrn4.5 және rrn5), алты тРНҚ генін (trnI-CAU, trnA-UGC, trnI-GS AU, trnR-ACG, trnV-GAC және trnN-GUU) және жеті ақуыз кодтайтын генді (rps7, rps12, rps19, rpl2, rpl23, ndhB және ycf2) қамтиды.

Үлкен бірегей көшірме аймағы (LSC, ~ 87,000 bp) фотосинтез гендерінің көп бөлігін (psaA/B, psbA-Z, rbcL), рибосомалық ақуыздар мен тРНҚ-ларды қамтиды (79 ген), ал кіші бірегей көшірме аймағы (SSC, ~ 13,000 bp) NADH дегидрогеназа кешенінің гендерін (ndhA-K) және ycf1 гендерін қамтиды.

Кесте 28 – *C. leucocladum* хлоропласты геномының нуклеотидтік құрамын сипаттау

| № | Аймақ | Ұзындығы (bp) | A (%) | T (U) (%) | C (%) | G (%) | A + T (%) | G + C (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | LSC | 87686 | 31.4% | 32.9% | 18.2% | 17.4% | 64.3% | 35.6% |
| 2. | SSC | 13345 | 34.6% | 34.4% | 16.2% | 14.8% | 69.0% | 31.0% |
| 3. | IR A | 30527 | 28.3% | 28.5% | 22.3% | 20.8% | 56.8% | 43.1% |
| 4. | IR B | 30527 | 28.5% | 28.3% | 20.8% | 22.3% | 56.8% | 43.1% |
| 5. | Барлығы | 162085 | 31.2% | 31.3% | 19.1% | 18.4% | 62.5% | 37.5% |

Псевдоген талдауы көрсетіп отырғандай, ycf1 (SSC-IR шекарасы), infA (LSC, транслейшн факторлары) және rps16 (LSC, экзон жоғалуы) функцияларын жоғалтқан. Сондай-ақ үлгілер басқа өсімдіктердің геномдарында да тіркелген [168]. IR аймақтары геномның тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ал псевдогендер эволюциялық бейімделулерді көрсетеді. Бұл нәтижелер гендердің кеңістіктік таралуы мен функционалдық алуантүрлілігін түсінуге маңызды.

3.3 SSR және кодондық профилі

Хлоропласт геномдарындағы кодонды қолдану ерекшеліктері эволюциялық бейімделу, ақуыз синтезінің тиімділігі және ген экспрессиясын реттеу үшін маңызды [169]. Хлоропласт кодондарының қолдану айырмашылықтары эволюциялық процестерді, энергия балансын және қоршаған ортаға бейімделуді көрсетеді. Бұл динамика фотосинтездік қабілеттен гендік инженерлік стратегияларға дейін кең ауқымда әсер етеді [170].

*C. leucocladum* хлоропласт геномынан алынған кодон қолдану деректеріне сәйкес, кейбір амин қышқылдарының синонимдік кодондары едәуір жиі қолданылған (кесте 29).

Мысалы, аспарагин қышқылы үшін GAU кодондары (79,2%), глутамин қышқылы үшін (73,1%) және лизин үшін (74,0%) ең жиі қолданылатын кодондар болды, RSCU мәндері тиісінше 0,881; 1,082 және 1,131, яғни синонимдік кодондарға айқын қолдану преференциясы байқалады. Сондай-ақ, келесі амин қышқылдары үшін доминант кодон преференциялары анықталды: фенилаланин (UUU, 65,3%; RSCU = 1,015), аспарагин (AAU, 77,6%; RSCU = 0,966), изолейцин (AUU, 49,8%; RSCU = 1,134), метионин (AUG, 99,7%; RSCU = 1) және триптофан (UGG, 100%; RSCU = 1). Жалпы, RSCU мәні> 1 болатын кодондардың көпшілігі үшін үшінші позицияда A/U (немесе T) кездеседі, бұл геномның жалпы A/T негіздік бейімділігімен сәйкес келеді.

Кесте 29 – *C. leucocladum* түрінің соңғы геномдық жинағының статистикалық көрсеткіштері

| Үлгі | Контингтер саны | N50, bp | Ең ұзын ұзындық, bp | Жалпы ұзындық, Gbp |
|---|---|---|---|---|
| P1 | 5.469.129 | 535 | 65.362 | 2.549 |
| P2 | 5.449.065 | 1383 | 157.662 | 4.319 |
| P3 | 4.677.717 | 1092 | 91.349 | 3.117 |

tRNA талдауы көрсетіп отырғандай, пластида геномында орналасқан 30 tRNA гені барлық 20 стандартты амин қышқылына сәйкес келеді және кейбір кодондар үшін қосымша көшірмелер немесе икемді тану қабілеті арқылы кодонның алуантүрлілігін қамтамасыз етеді (мысалы, trnS-GCU, trnS-UGA және trnS -GGA). Бұл хлоропласт геномының эволюциялануын оңтайландыру үшін трансляциялық тиімділікті көрсетеді. [171]

*3.4 SSR талдауы.* Хлоропласт геномдарындағы қарапайым тізбектік қайталанулар (SSRs), яғни микросателлиттер, хлоропласт ішіндегі қайталанатын қысқа нуклеотидтік тізбектер болып табылады [172] Ср геномындағы SSR көбінесе мононуклеотидтік (әсіресе A/T-ға бай) қайталанулар түрінде кездеседі және көбінесе кодталмайтын аймақтарға шоғырланады [173].

Бұл қайталанулар ядролық геном SSR-деріне қарағанда аз полиморфизм көрсетсе де, олар филогенетикалық қатынастарды анықтау, түрлерді ажырату, популяция құрылымын талдау және өсімдіктердегі генетикалық алуантүрлілікті бағалау үшін құнды молекулалық маркерлер ретінде қолданылады [174] *C. leucocladum* хлоропласт геномында жалпы 47 SSR анықталды.

Көптеген SSR (89,4%) мононуклеотидтік қайталанулар болды, олардың ішінде A және T негіздері басым болды. Барлығы 42 мононуклеотидтік SSR табылды, оның ішінде 22-сі T, 18-сі A, ал тек бір ғана C негізінен тұрды. Динуклеотидтік SSR өте сирек кездесіп (6,4%) тек үш үлгіден ғана анықталды (екі TA және бір AT мотиві). Қызығы, триплеттік SSR анықталған жоқ.

SSRs ұзындығын талдағанда, ең қысқа қайталанулар 10 нуклеотидтен тұрды (мысалы, (T) 10 и (A) 10), ал ең ұзындары 15 нуклеотидтен (мысалы, (A) 15 и (T) 15). Талдаған SSR үлгілерінде ешқандай күрделі (compound) SSR анықталған жоқ, барлық қайталанулар бір мотивтен тұрды. Бұл нәтижелер хлоропласт геномына тән айқын AT-бейімділікті көрсетеді және бұл түрдің популяциялық генетикасы мен ішкі түрдің алуантүрлілігін зерттеуде молекулалық маркер ретінде қолдануға болатын әлеуетті SSR локустарын ашады.

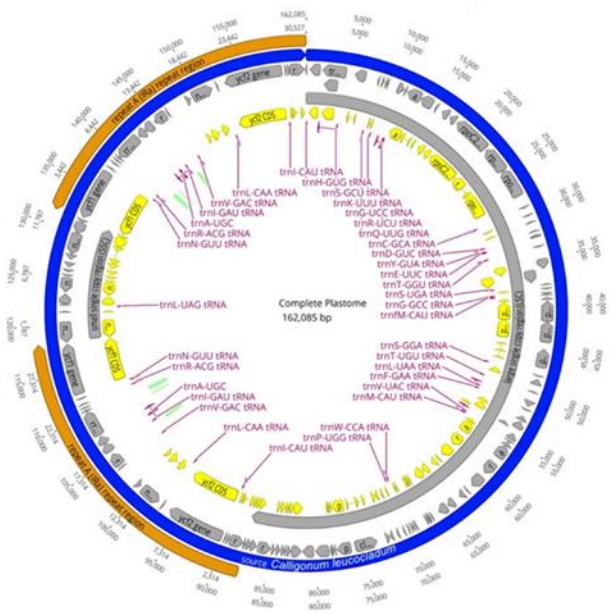
*C. leucocladum* хлоропласт геномының SSR талдауы көрсетіп отырғандай, мононуклеотидтік қайталанулар негізінен poly-T (22 үлгі) және poly-A (18 үлгі) мотивтерінен тұрды, тек бір poly-C (C) 10 қайталануы болды. Динуклеотидтер тек AT/TA мотивтерінен тұрды (үш үлгі: (AT) 6 және (TA) 6),

GC құрамындағы динуклеотидтік SSR анықталған жоқ. Бұл нәтижелер хлоропласт геномына тән AT-бейімділікпен сәйкес келеді және бұрынғы зерттеулерде баяндалған poly-A/poly-T үстемдігі мен AT/TA динуклеотидтік қайталымдарды растайды [175].

Бұл мәліметтерде күрделі SSR анықталмаған, барлық SSR бір мотивтен тұрады. Көптеген SSR (25) кодталмайтын (интергендік) аймақтарда орналасқан, төртеуін интрондардан, ал тек үшеуін кодтайтын гендерден (rpoC2, atpB және ycf1) анықталған. Бұл хлоропласт SSR-дерінің көбінесе реттеуші аймақтарда шоғырланғанын және ген функциясына ықпал ету әлеуеті бар екенін көрсетеді [176].

### 3.5 *C. leucocladum* хлоропласт геномының салыстырмалы талдауы

Қазақстанның үш түрлі жерінен (P1, P2 және P3) жиналған *C. leucocladum* үлгілерінің хлоропласт (cp) геномдары ішкі түрдің алуантүрлілігін көрсететін қызықты нәтижелер берді.




Сурет 30 – Гендердің орналасуымен берілген толық пластом.

P1 және P2 үлгілері геном ұзындығы (162,085 bp), аймақтық өлшемдері (LSC: 87,686 bp; SSC: 13,345 bp; IR: 61,054 bp) және ген құрамына (112 ген, 79 ақуыз кодтайтын ген, 29 tRNA, 4 rRNA) қатысты толық бірдей болды, бұл генетикалық тұрақтылықты көрсетеді.

Оған қарсы, P3 үлгісі басқа үлгілерден 102 bp ұзынырақ болып, геномдар 162,187 bp құрады және құрылымдық айырмашылықтарды көрсетті: LSC аймағы қысқартылған (83,618 bp), SSC аймағы айтарлықтай ұлғайған (17,657 bp), ал IR аймағы кішірейген (51,452 bp). Бұл өзгерістер IR/SSC шекарасының жылжуына байланысты болуы мүмкін [177].

Сонымен қатар, P3 үлгісінде ген саны (126), ақуыз кодтайтын гендер (81), tRNA (37) және rRNA (8) артты. Бұл айырмашылықтар P3

популяциясының географиялық оқшауланууы немесе мутациялық қысымдар нәтижесінде геномдық бейімделу процесінен өтетінін көрсетеді.

Қорытындылай келе, P1/P2 үлгілерінің құрылымы консервативті болғанымен, P3 типтегі әртүрліліктер түрдің микроэволюциялық динамикасын көрсетеді және хлоропласт геномының пластикалығын дәлелдейді [178]. P3 типтегі байқалған хлоропласт геномындағы айырмашылықтар бұл өсімдік түрінің микроэволюциялық бейімделу процестерін және хлоропласт ДНҚ-сының динамикалық табиғатын ашты. IR аймағының 9,602 bp қысқаруы және SSC аймағының ұлғаюы кері қайталанатын аймақтарда гомологиялық рекомбинация оқиғаларының бар екенін көрсетеді, бұл хлоропласт геномдарында жиі кездесетін қайта құру тетігі болып табылады.

tRNA және rRNA гендерінің санының артуы (тиісінше 29 → 37 және 4 → 8) трансляциялық қабілеттілігнің артуымен байланысты болуы мүмкін, бұл P3 популяциясының әртүрлі қоршаған орта жағдайларына (мысалы, топырақ тұздығы немесе құрғақшылық стрессі) физиологиялық бейімделуін көрсетеді. Ақуыз кодтайтын гендердің аздап ұлғаюы (79 → 81) көлденең ген тасымалы немесе геннің дупликациялануы сияқты оқиғалар нәтижесі болуы мүмкін. P1/P2 үлгілерінде мұндай өзгерістердің болмауы P3 популяциясының географиялық оқшауланууын немесе жергілікті селективті қысымдар салдарынан бөлінгенін көрсетеді [179].

Бұл алуантүрлілік түрдің қысқа эволюциялық уақыт шкаласында да геномдық икемділікті көрсетеді және хлоропласттың статикалық құрылым емес, динамикалық эволюциялық бірлік екенін дәлелдейді. Бұл нәтижелер әсіресе өсімдіктердің қоршаған орта стресіне молекулалық жауаптарын түсіну үшін маңызды.

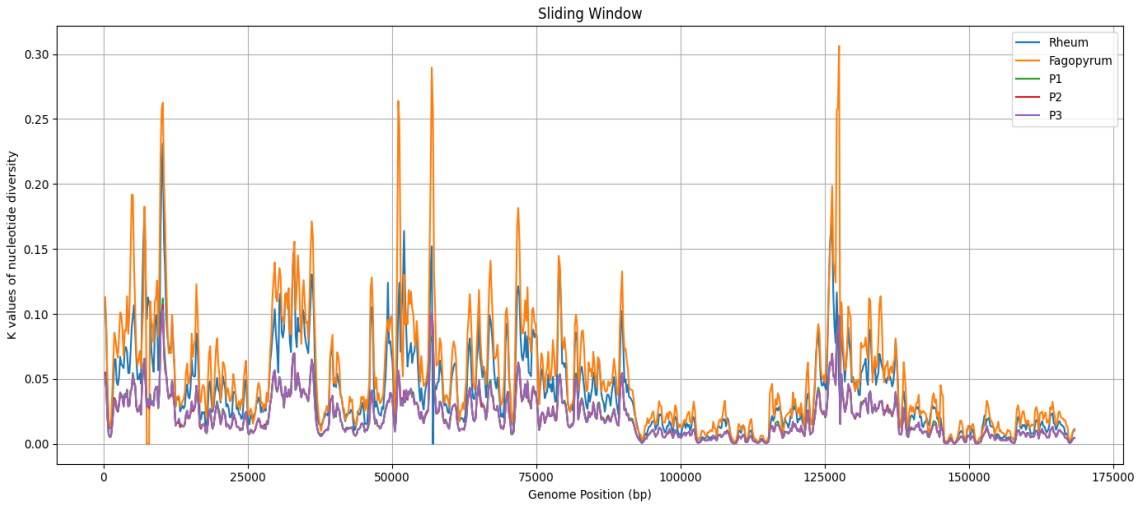
Салыстырмалы талдаулар үшін Қазақстанның үш жерінен жиналған *C. leucocladum* үлгілерімен қатар Polygonaceae тұқымдасына жататын NCBI дерекқорынан алынған екі басқа хлоропласт геномы таңдалды: *Rheum palmatum* (NC _ 027728) және *Fagopyrum luojishanense* (NC _ 037706).

DnaSP6 бағдарламасы арқылы жүргізілген жылжымалы терезесі (sliding window) талдауы бес хлоропласт геномында нуклеотидтік флоралықнегізінде үлкен бірегей көшірме (LSC) және кіші бірегей көшірме (SSC) аймақтарында шоғырланғанын көрсетті. Полиморфтік сайттардың бұл таралуы эволюциялық шектеулердің геномдық бөлімдер бойынша әртүрлі әрекет ететінін көрсетеді, LSC және SSC аймақтары осы хлоропласт геномдарындағы тізбек әртүрлілігінің негізгі қоры болып қызмет етеді (сурет 30).

Талдау терезе ұзындығы 800 bp және қадам өлшемі 200 bp қолдану арқылы жүргізілді.

- *Rheum – Rheum palmatum*;
- *Fagopyrum – Fagopyrum luojishanense*;
- P1 – Балқаш-Алакөл флоралық аймағы, Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Таукум құмдары;
- P2 – Балқаш-Алакөл флоралық аймағы, Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдары, Бақанас ауылына жақын;

• Р3 – Балқаш-Алакөл флоралық аймағы, Жетісу облылы, Балқаш ауданы, Сарыесік-Атырау құмдары, Малайсары жері.




Сурет 31 – Бес толық хлоропласт геномы бойынша жылжымалы терезесінің талдауы.

LSC (0–75,000 bp) және SSC (125,000–150,000 bp) аймақтарында π мәндері едәуір жоғары (0,05–0,25 аралығында) байқалды, ал IR аймақтары (шамамен 75,000–125,000 bp) шамамен нөлдік вариация көрсетті. Бұл таралу IR аймақтарының гомологтық рекомбинация арқылы консервативті екенін, ал LSC және SSC аймақтарының мутацияларды жинауға бейім екенін растайды.

Арнайы атап өтуге болатын “hot spot” – *Fagopyrum* үлгісінде 50,000–60,000 bp диапазонында π ≈ 0,25 мәніне жеткен аймақ, бұл аймақты филогенетикалық маркер ретінде пайдалануға болатынын көрсетеді. Р1–Р3 үлгілерінің ұқсас алуантүрлілік профилі *C. leucocladum* түрішілік геномдық тұрақтылығын көрсетеді, ал *Rheum* және *Fagopyrum* арасындағы айырмашылықтар түрлер арасындағы дивергенцияны көрсетеді.

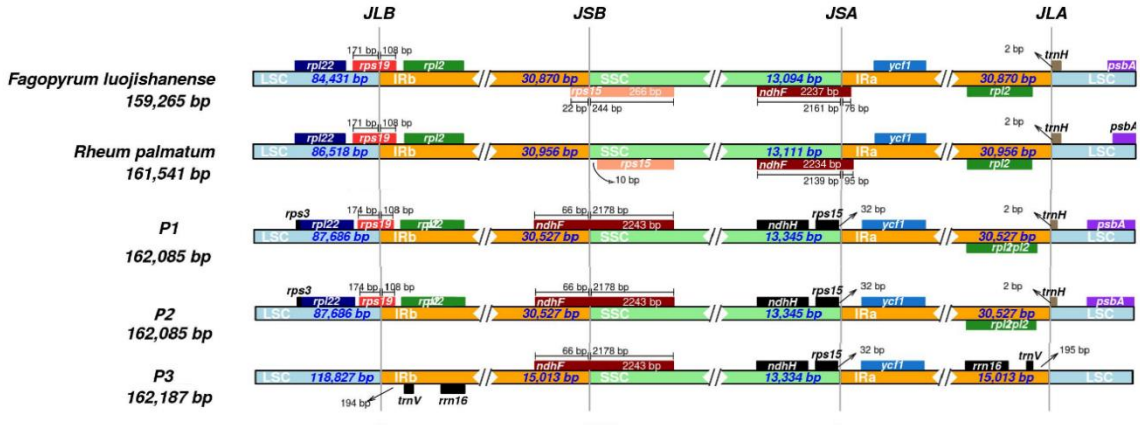
Сонымен қатар, біз хлоропласт геномдарының ең консервативті аймағы IR-ды салыстырдық, кейін бес түрдің IR–SSC және IR–LSC сайттарын талдадық (сурет 31).

Бұл *Fagopyrum luojishanense, Rheum palmatum* және үш *C. leucocladum* популяциясы (Р1, Р2, Р3) арасындағы үлкен бірегей көшірме (LSC), кіші бірегей көшірме (SSC) және кері қайталанатын (IR) аймақтардың шекараларын көрсетеді. Гендердің орналасуы мен ұзындықтары шекара аймақтарына қатысты көрсетілген.

IR салыстыруы Polygonaceae тұқымдасна жататын түрлердің хлоропласт геномдарының құрылымдық ұйымдастырылуын, атап айтқанда *C. leucocladum* үлгілерін (Р1, Р2, Р3) *Fagopyrum luojishanense* және *Rheum palmatum* мен салыстырмалы талдауды көрсетті. Хлоропласт геномының төрт негізгі аймағының (LSC, SSC, IRa/IRb) шекаралары мен ұзындықтарын айқындайды.

Calligonum үлгілері Р1 және Р2 үшін геном ұзындықтары (162,085 bp) және аймақтық өлшемдері (LSC: 87,686 bp; SSC: 13,345 bp; IR: 61,054 bp) дәл бірдей болды, ал Р3 үлгісінде IR аймағы қысқартылған (51,452 bp) және SSC аймағы ұлғайған (17,657 bp), бұл ерекше байқалды. Бұл айырмашылық Р3

популяциясының географиялық оқшауланuы немесе қоршаған орта стресіне байланысты геномдық бейімделуден өткенін көрсетуі мүмкін (сурет 32).




Сурет 32 – Бес Polygonaceae тұқымдасына жататын хлоропласт геномдарының LSC, SSC және IR шекараларын салыстыру.

*Fagopyrum luojishanense* (159,265 bp) және *Rheum palmatum* (161,541 bp) геномдарының ұзындықтары Calligonum түрлеріне қарағанда кіші болды, ал IR-SSC шекараларындағы өзгерістер түрлер арасындағы эволюциялық дивергенцияны көрсетті. P1 және P2 үлгілері бір-біріне өте ұқсас болса да, P3 үлгісі JLB және JSA шекараларында айқын құрылымдық айырмашылықтарды көрсетті.

Әсіресе P3 үлгісінде IRb және SSC аймақтары қысқартылған, rrn16 және trnV гендері IR-SSC шекарасына жылжып, ndhF гені қысқа сегментті қамтиды. Бұл айырмашылықтар *C. leucocladum* үлгілері әртүрлі географиялық жерлерден жиналған кезде хлоропласт геном деңгейінде құрылымдық флоралықбар екенін және ішкі түрдің пластомдық вариациясы болуы мүмкін екенін көрсетеді. Мұндай құрылымдық айырмашылықтар эволюциялық және таксономиялық зерттеулер үшін маңызды дәлелдер болып табылады.

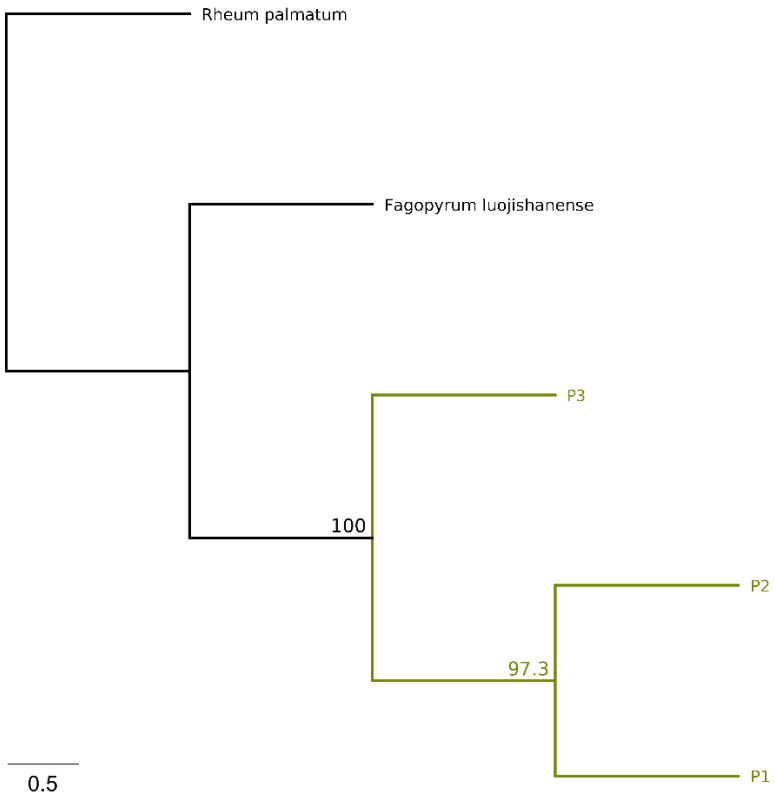
Біздің нәтижелер P3 үлгісінде IRb және SSC аймақтары айтарлықтай қысқарғанын көрсетті. IR аймақтары әдетте консервативті және тұрақты ұзындықта болады; ал бұл аймақтардағы ұзындықтың өзгеруі хлоропласт геномының құрылымдық эволюциясында маңызды оқиға болып табылады. P3 үлгісінде бұл қысқару IRb аймағының SSC аймағына жылжуымен және IR аймағында әдетте орналасқан rrn16 және trnV гендерінің IR-SSC шекарасына жылжуына әкелді. Бұл гендердің шекара аймағына жылжуы IR аймағының шекаралары қайта айқындалғанын және P3 үлгісінде құрылымдық қайта ұйымдастырулардың болғанын көрсетеді. Сонымен қатар, ndhF гені P3 үлгісінде P1 және P2 үлгілеріне қарағанда қысқа сегменттен тұрады, бұл геннің жартылай жойылғанын немесе IR-SSC шекарасына жақын орналасуы нәтижесінде шектеулі күйде екенін көрсетеді. Мұндай құрылымдық айырмашылықтар орналасуға байланысты пластомдық қайта

ұйымдастыруларды көрсетуі мүмкін және ішкі түрдің филогеографиялық дивергенциясының, бейімделу процестерінің немесе түрішілік пластид геномының эволюциясының алғашқы белгілері ретінде қаралуы мүмкін.

Қорытындылай келе, Р3 үлгісінде байқалған шекаралардың қозғалуы мен геннің құрылымындағы өзгерістер *C. leucocladum* әртүрлі географиялық популяцияларында хлоропласт геномының айтарлықтай пластикалылығын көрсетеді және генетикалық алуантүрлілігін тек ядролық деңгейде ғана емес, сонымен қатар органеллалық геном деңгейінде де бақылауға болады.

Біздің пластомдық нәтижелеріміздің ауыл шаруашылығына тікелей маңызы бар: құрғақшылыққа төзімді *C. leucocladum* генотиптерін анықтау жайылымдардың тұрақтылығын арттырып, жел тосқауылдарын оңтайландырып, құрғақ климаттық агроорман шаруашылығыжүйелерде қорғаныс белдеулерін күшейте алады [180]. Жергілікті бейімделген желілерді таңдауға бағыт беру арқылы ол геномдық маркерлер топырақ қорғаушы егістіктерді, егістік маңындағы құмды бекітуді және маргиналды ауыл шаруашылығы жерлерін қалпына келтіруді қолдайды.

Филогенетикалық шежіре әртүрлі жерлерден жиналған үш *C. leucocladum* үлгісі (P1, P2, P3) және туыстығы жақын *Fagopyrum luojishanense* және *Rheum palmatum* түрлері қосылды (сурет 33).




Сурет 33 – Бес түрдің толық хлоропласт геномдары негізінде ең үлкен төзімділік (ML) әдісімен салынған филогенетикалық шежіре.

*Rheum palmatum* және *Fagopyrum luojishanense* хлоропласт геномдары сыртқы топтар ретінде пайдаланылды. Шешуші түйіндерде bootstrap қолдау мәндері (50% ≥) көрсетілген.

Филогенетикалық шежіреде P1 және P2 үлгілері ең жақын туыстар ретінде топтастырылып, жоғары қолдау мәніне ие болды (97,3%). Кейін осы екі үлгі P3-пен бірігіп, ішкі түрлік кластер құрды. Бұл *C. leucocladum*-тің әртүрлі географиялық популяциялары арасында генетикалық айырмашылықтар бар екенін, бірақ олар эволюциялық тұрғыдан бір жалпы түр шеңберінде тығыз байланыста екенін көрсетеді. P1-P2-P3 кластері *Fagopyrum luojishanense*-ден 100% қолдауымен бөлінген, ал бұл кластер филогенетикалық тұрғыдан алшақ *Rheum palmatum*-тен бөлініп, шежіренің сыртқы тобын құрады. Қорытындылай келе, бұл филогенетикалық құрылым *C. leucocladum*-тің ішінде орналасуына байланысты генетикалық вариация бар және оны басқа Polygonaceae мүшелерінен айқын ажырататынын көрсетеді.

Қазақстанда *C. leucocladum* -тің салыстырмалы хлоропласт геномикасы құрғақ ортаға молекулалық бейімделулерді анықтады, бұл басқа өсімдіктердегі стресске төзімділік пен биохимиялық тұрақтылыққа қатысты соңғы зерттеулермен сәйкес келеді. Бір популяцияда IR аймағының қысқаруы және SSC аймағының ұлғаюы геномдық пластикалығын көрсетеді, бұл қатал шөл жағдайына бейімделу тетігі ретінде қаралады, сондай-ақ бұл стресс-реактивті геномдық өзгерістерді басқа фиторемедиация түрлерінде байқалған үрдістерге ұқсас. A/T-ге бай кодондардың көптігі оксидативті стресс кезінде транскрипциялық тиімділікті арттыра алады, Бұл ұқсас механизмдерге сипатталған биоактивті шөл өсімдіктері сияқты түрлері. *Paeonia emodi* және *Arctium tomentosum* зерттеулері екінші реттік метаболиттердің экологиялық бейімділігі мен фармакологиялық әлеуетке қосқан үлесін көрсетті [181] Геномдық, биохимиялық және экологиялық деректерді біріктіру *C. leucocladum*-тің адаптивті эволюциясын түсінуге және Қазақстанның құрғақ аймақтарында тұрақты агроорман шаруашылығыжәне экологиялық қалпына келтіру жұмыстарына ықпал ететін кешенді негіз ұсынады.

Біз әртүрлі жерлерден жиналған *C. leucocladum* үлгілерінің (P1, P2, P3) толық хлоропласт геномдарын секвенциялап, салыстырдық. Нәтижелер көрсетіп отырғандай, осы түрдің хлоропласт геномы көп өсімдіктердегі пластомдар сияқты құрылымдалған, бірақ P3 үлгісінде кейбір ерекшеліктер бар. P1 және P2 үлгілері геном ұзындығы, ген саны және шекара аймақтары бойынша ұқсас болды. Алайда P3 үлгісінде құрылымдық өзгешеліктер байқалды: IR аймағы қысқа, SSC аймағы үлкен, ген саны көп. Бұл P3 популяциясының арнайы қоршаған орта жағдайларына бейімделу немесе географиялық оқшаулануына байланысты геномдық өзгеріске ұшырағанын көрсетеді.

SSRs талдауы микросателлиттердің көп екенін көрсетті, көбі A/T құрамында болды, бұл молекулалық маркерлерді жасау үшін пайдалы болуы мүмкін. Кодон қолдану ыңғайын қарастыру арқылы түрдің қоршаған ортаға бейімделуі, гендердің экспрессиясы мен трансляциясын реттеуі анықталды. Құрылымдық өзгерістер эволюция және таксономия зерттеулері үшін

маңызды ақпарат береді және *C. leucocladum*-тің қабат деңгейінде генетикалық өзгергіштігі бар екенін көрсетеді.

Анықталған геномдық пластикалылық, әсіресе РЗ-тегі бейімделетін өзгерістер, стресске төзімді генотиптерді таңдауға молекулалық маркерлер жасауға негіз болып, агроорман шаруашылығыөсіруді қолдауға, топырақты қорғауға және Орталық Азияда деградацияға ұшыраған ауыл шаруашылығы жерлерін экологиялық қалпына келтіруге ықпал етеді.

### 3.6 Зерттеу нәтижелерін талқылау

Сарыесік-Атырау аймағындағы құмды құм төбесі экожүйесін зерттеу тоғыз ценопопуляцияны қамтиды. Бірінші популяциясы құрамына бірінші ценопопуляция, екінші ценопопуляция және үшінші ценопопуляция кіреді. Бірінші ценопопуляция төменгі құм құм жотасы бөлігінде орналасып, өсімдіктің тығыздығы жоғары, биологиялық әртүрлілігі мол. Екінші ценопопуляция орташа биіктікте орналасып, өсімдіктер сирек, топырақтағы ылғал мөлшері төмен. Үшінші ценопопуляция құм төбесінің басқа бөліктерінде орналасып, өсімдіктер әркелкі таралған, негізгі түрлермен қатар сирек кездесетін және эндемдік түрлер кездеседі.

Екінші популяциясы да үш ценопопуляциядан тұрады. Бірінші ценопопуляция орташа биіктіктегі құм жотасында өсімдіктердің таралуы сирек, бірақ ылғал мөлшері кей жерлерде қолайлы. Екінші ценопопуляция жоғары құм құм жотасы бөлігінде орналасып, өсімдіктер сирек, негізінен Calligonum түрлері басым. Үшінші ценопопуляция құм төбенің төменгі бөліктерінде орналасып, өсімдіктің тығыздығы орташа, флоралық құрамы әртүрлі.

Үшінші популяциясы рельефі жоғары аудандарда орналасқан, сонымен қатар үш ценопопуляцияны қамтиды. Бірінші ценопопуляция төменгі бөлігінде орналасқан, ал өсімдіктің тығыздығы салыстырмалы түрде жоғары, қоршаған ортаның стресс факторларының әсері байқалады. Екінші ценопопуляция орталық бөлігінде, өсімдіктер сирек кездеседі, бірақ құрамында биологиялық белсенді және қорғаныш қасиеттері бар түрлер басым. Үшінші ценопопуляция жоғарғы бөлігінде орналасқан, өсімдіктер сирек және қатал климаттық жағдайларға бейімделген.Барлық ценопопуляцияларда негізгі түрлер*: Calligonum aphyllum, C. leucocladum , Poa bulbosa, Descurainia sophia, Artemisia terrae-albae, Agropyron desertorum*. Кейбір ценопопуляцияларда ерекше және эндемдік түрлер, мысалы, *Tragopogon marginifolius, Neotrinia splendens, Kraschenninnikovia ceratoides, Astragalus physocarpus* және *Eremopyrum orientale кездеседі. Ephedra intermedia* және *Heliotropium dasycarpum* түрлері жоғары құрғақшылыққа төзімділікті көрсетеді. Бұл зерттелген тоғыз ценопопуляцияның құмды төбелер экожүйесіндегі әртүрлі микрорельефтік және экологиялық жағдайларға бейімделген өсімдіктер қауымдастығының құрылымын, Флоралық алуантүрлілігін және бейімделу стратегияларын анық көрсететінін дәлелдейді.

Өсімдік жамылғысының проективтік жабындылығы және тығыздығы

Жалпы өсімдік жамылғысының проективтік жабындылығы 20%-дан 40%-ға дейін өзгеріп отырады. Бұл көрсеткіш құмды экожүйелерге тән орташа өсімдік тығыздығын көрсетеді, мұнда өсімдік қауымдастықтары судың аздығы мен құмды дауылдардың әсерінен стресс жағдайында болады. Бірінші популяция, екінші ценопопуляция және үшінші ценопопуляция ең жоғары жабындылықты (шамамен 40%) көрсетеді, бұл олардың төменгі және тұрақты құм төбелері бөліктерінде орналасуына байланысты, мұнда өсімдік өсуі үшін жағдайлар қолайлы. Ал бірінші популяция, екінші ценопопуляция және П2 үшінші ценопопуляция жоғары орналасқан төбелерде болғандықтан жабындылық аздау (30–35%) байқалады, себебі өсімдік өсуіне қолайсыз жағдайлар бар.

Бұл зерттеу зерттелген популяциялардың топырақ жағдайлары, өсімдік жамылғысы және экологиялық тұрақтылығы бойынша маңызды нәтижелер көрсетті. Аймақтың топырақтары гумус пен қоректік элементтердің төмен мөлшерімен сипатталады, бұл олардың құнарлылығын шектеп, өсімдіктердің өсуіне теріс әсер етеді. Топырақтың жоғары сілтілігі мен құмды құрылымы судың сіңуін төмендетіп, қоректік заттардың өсімдіктерге қолжетімділігін шектейді. Мұндай жағдайлар өсімдіктердің тіршілігіне айтарлықтай қиындықтар туғызады және топырақ сапасын жақсарту мен ресурстарды басқару стратегияларын әзірлеудің қажеттілігін көрсетеді.

NDVI деректерін талдау өсімдік жамылғысының айтарлықтай төмендегенін көрсетті, әсіресе 1 және 3-популяцияларда. Бұл өзгерістердің басты себептері - климаттың өзгеруі мен антропогендік әсердің күшеюі. Климаттық факторлар (жауын-шашынның азаюы, температураның көтерілуі, экстремалды ауа райы құбылыстары) өсімдіктердің физиологиялық жағдайына тікелей әсер етеді. Оған қоса, артық мал жайылымы, тұрақсыз егіншілік және урбанизация сияқты адам әрекеттері экожүйелердің деградациясын жеделдетеді. Мұндай жағдайда өсімдік динамикасын үнемі бақылайтын мониторинг жүйелерін енгізу және табиғатты қорғау шараларын тиімді жоспарлау қажет.

Климаттың өзгеруі, құрғақшылық және топырақтың тозуы сияқты күрделі жағдайларға қарамастан, өңірдің өсімдік популяциялары жоғары бейімделгіштік қабілетін көрсетеді. Алайда, 2 және 3-популяциялар топырағында кадмийдің жиналуы экологиялық және санитарлық тұрғыдан алаңдатарлық жайт. Кадмий - тіпті аз мөлшерде қауіпті ауыр металл, ол топырақ-өсімдік-жануар-адам тізбегі арқылы таралып, адам денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін. Мұндай ластану көздері ретінде өнеркәсіптік шығарындылар (кен өндіру, энергетика, өндіріс) және тыңайтқыштар мен пестицидтер қосылған ауылшаруашылық ағындары болуы мүмкін. Сондықтан кадмий көздерін анықтап, тиімді азайту шараларын қабылдау аса маңызды. Бұл ретте экологиялық нормаларды қатаң сақтау, қалдықтарды бақылау, тұрақты ауыл шаруашылығын дамыту және фиторемедиация әдістерін қолдану ұсынылады. Сондай-ақ, жергілікті қауымдастықтар арасында экологиялық қауіптер мен алдын алу шаралары туралы ақпараттық-ағартушылық жұмысты жүргізу қажет.

Зерттелген популяциялар ішінде 2-популяция ерекше тұрақтылығымен және қалпына келу әлеуетімен ерекшеленеді. Бұл аймақта топырақ тұзданбаған, өсімдік жамылғысы салыстырмалы түрде тұрақты, яғни экожүйе деградацияның бастапқы кезеңінде емес. Сондықтан 2-популяция қорғау және қалпына келтіру шараларын жүзеге асыру үшін ең тиімді нысан болып табылады. Бұл популяцияны сақтау және зерттеу ұқсас экожүйелердің тұрақты дамуы үшін үлгілік жүйе бола алады.

Кеңірек айтқанда, зерттеу нәтижелері топырақтың саулығы биоалуантүрлілік пен экожүйе тұрақтылығының негізгі шарты екенін көрсетті. Топырақтың тозуы (малдың шамадан тыс жайылуы, тұрақсыз егіншілік, ластану) экологиялық тепе-теңдікті бұзады, ал климаттың өзгеруі бұл процестерді одан әрі тереңдетеді. Мұндай әсерлерді азайту үшін антропогендік қысымды төмендету, бейімделу стратегияларын енгізу және экожүйенің төзімділігін арттыру қажет. Практикалық шараларға жайылымды реттеу, тозған жерлерді қалпына келтіру және жергілікті, климатқа төзімді түрлермен көгалдандыру жатады. Сондай-ақ, органикалық тыңайтқыштарды пайдалану, эрозияға қарсы әдістерді қолдану және синтетикалық химикаттарға тәуелділікті азайтуға топырақтың құнарлылығын жақсартуға мүмкіндік береді.

Мұндай үрдістер Орталық Азияның басқа елдерінде де байқалады. Мысалы, Өзбекстандағы Қызылқұм шөлінде Calligonum және оған ілеспе бұталар гумус мөлшерінің төмендігімен (0,1-0,2%) және артық мал жайылымынан туындаған деградация белгілерімен сипатталады. Бұл біздің Тауқұм (P1) аймағындағы нәтижелермен сәйкес келеді. Түрікменстанның Қарақұм шөлінде жүргізілген зерттеулерде Calligonum қауымдастықтары топырақтың жоғары сілтілігі (pH> 9) және ылғал тапшылығы салдарынан қалпына келу қабілетін жоғалтып, популяциялық құрылымның қарапайымдануына ұшырағаны анықталды. Бұл құбылыс біздің Малайсары (P3) нүктесіндегі нәтижелермен де сәйкес келеді, мұнда NDVI төмен және топырақ сілтілігі жоғары. Ал Қырғызстанның шөлейт және тау етегіндегі аймақтарында антропогендік қысымның төмендеуі нәтижесінде Artemisia және Astragalus популяцияларында генеративтік дарақтардың үлесі артқаны байқалды, бұл біздің Сарыесік-Атырау (P2) өңіріндегі теңгерімді жас құрылымымен және тұрақты NDVI көрсеткіштерімен ұқсас.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу Орталық Азияның шөл экожүйелерін қорғау үшін кешенді және көпдеңгейлі тәсілдің қажеттілігін айқындайды. Топырақ пен өсімдік қалпына келтіру, ластануды бақылау, климаттық бейімделу және тұрақты ауыл шаруашылығын дамыту шараларын біріктіре отырып, *C. leucocladum* және ұқсас түрлердің ұзақ мерзімді өміршеңдігін қамтамасыз етуге болады. Осы мақсатта ғалымдардың, мемлекеттік органдардың және жергілікті қауымдастықтардың үйлестірілген іс-қимылы болашақ тұқымдас үшін биоалуантүрлілікті және экологиялық тұрақтылықты сақтаудың негізгі шарты болып табылады

Фенофаза және маусымдық ерекшеліктер

Көптеген түрлер зерттелген популяцияларда гүлдену және жеміс беру фенофазасында болды, бұл зерттеу кезеңіндегі климаттық жағдайлардың қолайлы екенін көрсетеді. Бұл сондай-ақ экожүйедегі түрлердің төмен ылғалдылық жағдайында да тиімді көбею қабілетіне ие екенін дәлелдейді. Кейбір түрлер, мысалы, *Artemisia terrae-albae, Erysimum siliculosum, Meniocus linifolius, Alyssum desertorum* және *Salsola tragus,* тыныштық немесе ыдырау фенофазасында болды, бұл олардың экстремалды климаттық жағдайларға төзімділігін және құрғақшылық кезеңдерінен кейін қалпына келу қабілетін көрсетеді.

Экологиялық және антропогендік әсерлер

Жол құрылысы, жайылымдық пайдалану және пайдалы қазбаларды өндіру сияқты антропогендік факторлар зерттелген популяцияларға аз әсер етеді. Дегенмен, кейбір алқаптарда , мысалы, үшінші ценопопуляция және бірінші ценопопуляция, флоралық құрамда локальді өзгерістер байқалады, бұл экожүйеге түсетін жүктеменің жоғарылауына байланысты болуы мүмкін. Жалпы экожүйелердің бұзылуы әлсіз деңгейде бағаланады. Бұл зерттелген популяциялардың көбісінде сыртқы факторларға қарамастан табиғи тұрақтылықтың жоғары екенін растайды.

Жетісу облылындағы құм төбелеріндегі зерттелген өсімдік популяциялары таралу жағдайлары, флоралық құрам және экожүйелік процестер бойынша алуантүрлілікті көрсетеді. Бірінші популяция және екінші популяциялары тұрақты экожүйелермен сипатталады, өсімдіктердің түрлік құрамының әртүрлілігі байқалады. Ал үшінші популяциясы антропогендік әсерге көбірек ұшырайды, бұл олардың флоралық құрамына және өсімдік тығыздығына әсер етеді. Дегенмен, жалпы алғанда экожүйелер тұрақты күйде қалады, ал түрлік құрам өсімдіктің құмды және жартылай шөлді жағдайларға бейімделгенін көрсетеді.

# ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу жұмысының негізгі мақсатына сәйкес, *C. leucocladum* түрінің табиғи популяцияларының экологиялық, популяциялық, генетикалық және фитохимиялық ерекшеліктері кешенді түрде зерттеліп, төмендегідей ғылыми негізделген қорытындылар жасалды. Жүргізілген зерттеу нәтижелері осы түрдің экологиялық бейімделу, демографиялық тұрақтылық және биологиялық потенциалын бағалауға мүмкіндік берді.

1. Алғаш рет жүргізілген мониторинг барысында *C. leucocladum* түрінің 7 табиғи ценопопуляциясы анықталып, олардың теңіз деңгейінен 340–612 м биіктік аралығында таралғаны белгіленді. Популяциялардағы дарақ тығыздығы 1 м² жерде 3–8 дана аралығында өзгеріп, бұл түрдің әртүрлі экологиялық жағдайларға бейімделу деңгейінің айырмашылығын көрсетеді. Фитоценоз құрамында 18–32 өсімдік түрі тіркеліп, зерттелген түрдің қауымдастықтағы жамылғы үлесі 12–38 % болды, бұл көрсеткіш кейбір учаскелерде түрдің доминант немесе субдоминант рөл атқаратынын дәлелдейді. Антропогендік әсері жоғары аймақтарда түрлік құрамның кедейленуі және жамылғы үлесінің төмендеуі байқалды, бұл экожүйелік тұрақтылықтың әлсіреу үрдісін көрсетеді. Жалпы, популяциялардың басым бөлігі салыстырмалы тұрақты күйде болғанымен, экологиялық қысым факторлары олардың құрылымдық динамикасына айтарлықтай ықпал етеді. Бұл деректер *C. leucocladum* түрінің биотикалық және абиотикалық факторларға реакциясын талдауда экологиялық бағалаудың маңызды негізін құрайды.

2. Популяциялардың онтогенетикалық құрылымы алғаш рет жан-жақты зерттеліп, жастық спектр бойынша генеративті дарақтар үлесі 46–58 %, виргинильді дарақтар 21–34 %, ювенильді дарақтар 9–17 % аралығында анықталды. Бұл көрсеткіштер популяциялардың көпшілігінде қалыпты орталықтанған онтогенетикалық типтің басым екенін және табиғи жаңару процесінің тұрақты түрде жүріп жатқанын дәлелдейді. Дегенмен, кейбір популяцияларда жас дарақтар санының төмен болуы регрессивті даму элементтерінің бар екенін көрсетеді. Орташа морфометриялық көрсеткіштер: өсімдік биіктігі 42,3 ± 3,8 см, бұтақ саны 18 ± 2,4 дана, тамыр ұзындығы 27,4 ± 2,1 см болды. Морфологиялық өзгергіштік деңгейі орташа мәнде анықталып, бұл түрдің экологиялық икемділігін, қоршаған орта факторларына бейімделу қабілетін сипаттады. Популяциялық құрылым көрсеткіштері түрдің демографиялық тұрақтылығын бағалауда ғылыми негізді құрал болып табылды.

3. Ғылыми айналымға алғаш рет популяциялардың қазіргі жағдайына NDVI негізінде қашықтықтан мониторинг жүргізіліп, вегетациялық белсенділік сандық тұрғыда бағаланды. Вегетациялық кезеңде NDVI мәндері 0,32–0,71 аралығында өзгеріп, ең жоғары көрсеткіштер мамыр–маусым айларында (0,65–0,71) тіркелді, бұл кезеңде фотосинтетикалық белсенділік ең жоғары деңгейге жететінін көрсетті. Орташа вегетациялық индекс 0,54 ± 0,06 болып, өсімдік жамылғысының қалыпты даму деңгейін сипаттады. Экотоп

топырағы әлсіз сілтілі (pH 7,4–8,2), гумус мөлшері 0,68–1,21 %, тұздану деңгейі 0,12–0,38 % аралығында болды. NDVI мен гумус мөлшері арасындағы оң корреляциялық байланыс (r = 0,62) топырақ құнарлылығының өсімдік өнімділігіне тікелей әсер ететінін дәлелдеді. Бұл нәтижелер экожүйелік мониторингте және ресурстық бағалауда NDVI әдісінің тиімділігін ғылыми негізде көрсетті.

4. Фитохимиялық талдау *C. leucocladum* өсімдігінің құрамында флавоноидтардың жалпы мөлшері 2,8–4,6 %, фенолды қосылыстар 3,4–5,2 % аралығында екенін анықтады. Антиоксиданттық белсенділік DPPH әдісі бойынша 68–79 % ингибиция деңгейінде болды, бұл көрсеткіш түрдің жоғары биологиялық белсенділік әлеуетін айқындайды. Генетикалық талдау популяцияішілік полиморфизм деңгейін 64–81 %, генетикалық әртүрлілік индексін H = 0,214–0,287 аралығында, ал генетикалық дифференциация коэффициентін Gst = 0,18 көрсеті. Бұл деректер популяциялар арасында орташа деңгейдегі генетикалық айырмашылық бар екенін және генетикалық алмасу процесінің белгілі бір деңгейде сақталғанын анықтады. Генетикалық әртүрліліктің жеткілікті деңгейде болуы түрдің ұзақ мерзімді эволюциялық тұрақтылығын қамтамасыз ететін маңызды фактор болып табылды.

Жалпы, кешенді зерттеу нәтижелері *C. leucocladum* түрінің табиғи популяцияларының салыстырмалы тұрақтылығын, морфо-биологиялық икемділігін, генетикалық әлеуетін және фитохимиялық құрамының перспективалылығын ғылыми тұрғыда дәлелдейді. Алынған деректер түрді сақтау, ресурстық пайдалану және интродукциялау бағытындағы практикалық шараларды әзірлеуге негіз бола алады.

Ұсыныстар:

1. NDVI көрсеткіштері шекті мәннен төмен популяцияларды жедел бақылау және оларға араласу қажет; арнайы мониторинг жүйесін енгізу Қазақстандағы табиғатты қорғау критерийлеріне сәйкес жүргізілуі тиіс.

2. Биологиялық белсенді қосылыстардың ең жоғары концентрациясын (4,8–6,5 %) ескеретін шикізат жинау ережелері немесе нұсқаулықтарын әзірлеу маңыздылығы.

3. Ең үлкен генетикалық әртүрлілікке ие популяцияларды сақтау мақсатында генетикалық резерваттар құруды қарастыру және ғылыми негіздеу ұсынылады. Бұл шаралар түрдің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ


1.Seilkhan A. S. et al. Degradation of lands in central Asia //International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. – 2016. – Т. 2. – С. 195-208.

2.Tao Z., Shi A., Zhao J. Epidemiological perspectives of diabetes //Cell biochemistry and biophysics. – 2015. – Т. 73. – №. 1. – С. 181-185. DOI 10.1007/s12013-015-0598-4

3.Иманбаева А. А., Белозеров И. Ф., Мусаева Ж. К. Таксономическая и экологическая характеристика флоры мангистауской области //Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2024. – №. 3S. doi.org/10.11134/symposium.14

4.Ekor M. The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety //Frontiers in pharmacology. – 2014. – Т. 4. – С. 177. doi.org/10.3389/fphar.2013.00177

5.Идрисова Г. З. и др. Редкие и охраняемые виды растений на территории родников Западного Казахстана //Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2018. – Т. 16. – №. 2. – С. 66-71. DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-66-71

6.Mirzaee F. et al. Medicinal, biological and phytochemical properties of Gentiana species //Journal of traditional and complementary medicine. – 2017. – Т. 7. – №. 4. – С. 400-408. doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.013

7.Ydyrys A. et al. The systematic assessment of the membrane-stabilizing and antioxidant activities of several kazakhstani plants in the Asteraceae family //Plants. – 2023. – Т. 13. – №. 1. – С. 96. doi.org/10.3390/plants13010096

8.Гемеджиева Н. Г., Токенова А. М., Фризен Н. В. Обзор современного состояния и перспективы изучения казахстанских видов рода Allium L //Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2021. – Т. 20. – №. 1. – С. 97-101. doi.org/10.14258/pbssm.2021020

9.Киселева Т. Л. Кинетический синергизм в фитотерапии: традиционные препараты с точки зрения современных научных представлений //Традиционная медицина. – 2011. – №. 2 (25) 2011. – С. 50-57.

10. Berganayeva G. et al. Medicinal plants of the flora of Kazakhstan used in the treatment of skin diseases //Molecules. – 2023. – Т. 28. – №. 10. – С. 4192. doi.org/10.3390/molecules28104192

11. Kuzmishyna I. I. Medicinal plants and medicinal raw materials: theory and practice. – 2024.

12. Magomedov M. R. D. Tropho-Energetic Bases of the Functioning and Stability of Natural Populations of Herbivorous Mammals //Biology Bulletin. – 2023. – Т. 50. – №. Suppl 1. – С. S48-S62. doi.org/10.1134/S1062359023601222

13. Imanaliyeva M.T., Tynybekov B.M., Parmanbekova M.K., Imanova E.M., Kyrbasova E.A., Kabylbek K., Kurmanbay U.K. Anatomical studies of vegetative organs in two Gentiana species (Gentianaceae) // Eurasian Journal of Ecology. – 2024. – Т. 80. – № 3. – DOI: 10.26577/eje.2024.v80.i3-09.

14. Maley A. M., Arbiser J. L. Gentian violet: a 19th century drug re-emerges in the 21st century //Experimental dermatology. – 2013. – Т. 22. – №. 12. – С. 775-780. doi.org/10.1111/exd.12257

15. Saparov A. Soil resources of the Republic of Kazakhstan: Current status, problems and solutions //Novel measurement and assessment tools for monitoring and management of land and water resources in agricultural landscapes of Central Asia. – Cham : Springer International Publishing, 2013. – С. 61-73. doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_2

16. Gnecchi-Ruscone G. A. et al. Ancient genomic time transect from the Central Asian Steppe unravels the history of the Scythians //Science advances. – 2021. – Т. 7. – №. 13. – С. eabe4414. DOI: 10.1126/sciadv.abe4414

17. Bukenova E. A. et al. Development of the method of obtaining the endogenic biostimulator from wheat green spike glumes //Research on Crops. – 2019. – Т. 20. – №. 1. – С. 210-214. DOI : 10.31830/2348-7542.2019.030

18. Крекова Я. А., Залесов С. В., Соловьева М. В. Ассортимент древесных растений, используемых в зеленом строительстве в северной части Казахстана //Леса России и хозяйство в них. – 2020. – №. 3 (74). – С. 27-36.

19. Инелова З. А. Охрана редких и исчезающих видов долины среднего и нижнего течения р. Иле //Eurasian Journal of Ecology. – 2010. – Т. 27. – №. 1.

20. Bondarieva L. et al. Ecological monitoring of medicinal plants populations under different ecological-cenotic and anthropogenic environmental conditions //Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2024. – Т. 25.
DOI 10.12912/27197050/190038

21. Moldakhanova N., Alimkulov S., Smagulov Z. Analysis of changes in the ecological space of the Ili River delta (due to reduced flow of the Ili River). – 2023. doi.org/10.5109/6781031

22. Mukhitdinov A. et al. The transformation of ecosystems of the Ili River Delta (Kazakhstan) under the flow regulation and climate change //Applied Ecology & Environmental Research. – 2020. – Т. 18. – №. 2. DOI: 10.15666/aeer (http://dx.doi.org/10.15666/aeer

23. Mussina A. et al. Evaluation of tree species, Aésculus hippocastanum as a phytoremediator in conditions of artificial soil contamination //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2025. – Т. 23. – №. 3. – С. 707-720. DOI 10.22124/cjes.2025.8947

24. Baitasheva G. et al. Dynamics of germination of vegetable seeds when using dimethyl (1-hydroxy-1-phenylethyl) phosphanate as an accelerator //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2024. – Т. 22. – №. 4. – С. 889-897. DOI:10.22124/CJES.2024.8138

25. Kuandykova A. B. et al. Application of N-(1-ethynylcyclohexyl) amide of O, O-diethyl-phosphoric acid as a growth stimulant for vegetable crops //Brazilian Journal of Biology. – 2025. – Т. 85. – С. e295653. doi.org/10.1590/1519-6984.295653

26. Serbayeva A. et al. Ecological and edaphic evaluation of Erysimum croceum populations in the Zailiyskiy Alatau: implications for conservation //Brazilian Journal of Biology. – 2025. – Т. 85. – С. e299803. doi.org/10.1590/1519-6984.299803

27. Айдосова С. С., Жагловская А. А. Естественная и антропогенная динамика саксаульных лесов Иле-Балхашского региона //Earth: life in biodiversity/health protection and physical development of a person in conditions of the biospheric crisis. – 2013. – С. 9-11.

28. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России. – 2011.

29. Mussina M. et al. Comparative Chloroplast Genomics of Calligonum leucocladum from Kazakhstan: Genetic Basis for Arid Adaptation and Agroforestry Applications //ES Food and Agroforestry. – 2025. – Т. 22. – С. 1893. DOI:10.30919/faf1893

30. Baitenov M.B., Pavlov N.V. *Calligonum Linnaeus* // In: Pavlov N.V. (eds.) Flora of Kazakhstan. Vol. 1. – Akmola: Science Press, 1960. – P. 117–147

31. Арькова Ж. А. Влияние агротехнических приемов на семенную продуктивность клевера сходного (Trifolium ambiguum Bieb.) в условиях лесостепи ЦЧР : дис. – Воронежский государственный аграрный университет им. КД Глинки, 2008.

32. Gazizova A. et al. Phytochemical Profiling of Mentha asiatica Boriss. Leaf Extracts: Antioxidant and Antibacterial Activities //ES Food & Agroforestry. – 2025. – Т. 19. – С. 1355. DOI: 10.30919/esfaf1355

33. Ишмуратова М. Ю. и др. Флора гор Улытау (Центральный Казахстан). – Болашак-Баспа, 2016.

34. Baitulin I.O., Kokoreva I.I., Nurusheva A.M. Morphological features of the rubber plant Taraxacum kok-sagyzRodin in ontogenesis // Izv. NAN RK. Ser. Biol. i Medic. – 2011. – № 6(288). – С. 14–19.

35. Ydyrys A., Yeszhanov B., Baymurzaev N., Sharakhmetov S., Mautenbaev A., Tynybekov B., Baidaulet T. Technology of landscaping in arid zones by using biohumus from sheep wool // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 169. – Art. 02012. – DOI: 10.1051/e3sconf/202016902012

36. Нестерова С. Г., Айдосова С. С., Инелова З. А., Чилдибаева А. Ж., Басыгараев Ж. М., Коротков В. С. Полезные растения пустынь Иле-Балхашского региона // Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2011. – Т. 52. – № 6. – С. 144–148.

37. Dairov A. K., Mukanov K. K., Khapilina O. N., Manabayeva S. A., Kakimzhanova A. A., Khassenova A. E. et al. Biobanks as a way to conserve biodiversity in the context of the continuing decline in the species diversity of wild flora and fauna // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2024. – № 1. – С. 3–26. https://biotechlink.org/index.php/journal/article/view/401/402

38. Zhu B., Zhu C., Dewancker B. A study of development mode in green campus to realize the sustainable development goals // International Journal of Sustainability in Higher Education. – 2020. – Т. 21. – № 4. – С. 799–818. https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2020-0021

39. Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Ydyrys A., Abidkulova K.T. Abundance and age structure of natural cenopopulations of Taraxacum kok-saghyz L. E. Rodin // Vestnik KazNU. Ser. Ekol. – 2015. – T. 1, № 2. – C. 503–512.

40. Barinova S. S., Nevo E., Bragina T. M. Ecological assessment of wetland ecosystems of northern Kazakhstan on the basis of hydrochemistry and algal biodiversity // Acta Botanica Croatica. – 2011. – T. 70. – № 2. – C. 215–244. https://doi.org/10.2478/v10184-010-0020-7

41. Ситпаева Г. Т., Отрадных И. Г., Седина И. А. Коллекция редких видов растений Казахстана в условиях ботанического сада Алматы // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2021. – Т. 20. – № 1. – С. 404–408. https://doi.org/10.14258/pbssm.2021081

42. Mussina M., Tynybekov B., Raimbekova B., Ilesbek M., Osmonali B., Issabayeva S. et al., Imanaliyeva M. Assessment of Vegetation and Soil Characteristics of Calligonum leucocladum Populations in the Balkhash Region, Kazakhstan // ES Energy and Environment. – 2025. – T. 30. – C. 1809. DOI:10.30919/ee1809

43. Koblanova S., Mukhtubayeva S., Kakimzhanova A., Orazov A., Dyussembekova D., Abileva G. Diversity of birch and alder forests in the Kostanay region of Kazakhstan // Forests. – 2024. – T. 15. – № 10. – C. 1680. **https://doi.org/10.3390/f15101680**

44. Nishteswar K. Depleting medicinal plant resources: A threat for survival of Ayurveda // AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda). – 2014. – T. 35. – № 4. – C. 349–350. *DOI:* 10.4103/0974-8520.158972

45. Prochazka P., Abrham J., Cerveny J., Kobera L., Sanova P., Benes D. et al., Smutka L. Understanding the socio-economic causes of deforestation: a global perspective // Frontiers in Forests and Global Change. – 2023. – T. 6. – C. 1288365. https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1288365

46. Surasinghe T. The effects of climate change on global wildlife and terrestrial ecosystems // TAPROBANICA: The Journal of Asian Biodiversity. – 2011. – T. 2. – № 1. **DOI: 10.4038/tapro.v2i1.2705**

47. Карнаухов Н. А. Плантационное выращивание лекарственных растений в Северном Казахстане : выпускная бакалаврская работа по направлению подготовки 35.03.01 – Лесное дело. – 2024.

48. Hoban S. et al. Global genetic diversity status and trends: towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition //Biological Reviews. – 2022. – T. 97. – №. 4. – C. 1511-1538. https://doi.org/10.1111/brv.12852

49. Leigh D. M. et al. Opportunities and challenges of macrogenetic studies //Nature Reviews Genetics. – 2021. – T. 22. – №. 12. – C. 791-807. doi.org/10.1038/s41576-021-00394-0

50. Nielsen E. S. et al. Molecular ecology meets systematic conservation planning //Trends in Ecology & Evolution. – 2023. – T. 38. – №. 2. – C. 143-155. doi.org/10.1016/j.tree.2022.09.006

51. Heuertz M. et al. The application gap: Genomics for biodiversity and ecosystem service management //Biological Conservation. – 2023. – Т. 278. – С. 109883. doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109883
52. Andrello M. et al. Evolving spatial conservation prioritization with intraspecific genetic data //Trends in Ecology & Evolution. – 2022. – Т. 37. – №. 6. – С. 553-564. https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.03.003
53. Zhong L., Wu X., Ding R., Wang C., Li L., Zhang J. et al., Zhong S. Perspectives on the application of remote sensing technology in the cultivation of medicinal plants // International Journal of Remote Sensing. – 2025. – Т. 46. – № 5. – С. 2055–2088. https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2443620
54. Mao Z.M. Four new species of Calligonum in China // Zhiwu Fenlei Xuebao. – 1984. – Vol. 22. – P. 148–150.
55. Chowdhury S. et al. Insights from citizen science reveal priority areas for conserving biodiversity in Bangladesh //One Earth. – 2023. – Т. 6. – №. 10. – С. 1315-1325. DOI: 10.1016/j.oneear.2023.08.025
56. Ambu J. et al. Genome-wide patterns of diversity in the European midwife toad complex: phylogeographic and conservation prospects //Conservation Genetics. – 2025. – Т. 26. – №. 2. – С. 361-379. doi.org/10.1007/s10592-025-01673-7
57. Leverkus A. B. et al. Tree planting goals must account for wildfires //Science. – 2022. – Т. 376. – №. 6593. – С. 588-589. DOI: 10.1126/science.abp8259.
58. Zhong L., Wu X., Ding R., Wang C., Li L., Zhang J. et al., Zhong S. Perspectives on the application of remote sensing technology in the cultivation of medicinal plants // International Journal of Remote Sensing. – 2025. – Т. 46. – № 5. – С. 2055–2088. https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2443620
59. Boulanger E. et al. Climate differently influences the genomic patterns of two sympatric marine fish species //Journal of Animal Ecology. – 2022. – Т. 91. – №. 6. – С. 1180-1195. doi.org/10.1111/1365-2656.13623
60. Xuereb A. et al. Re-evaluating Coho salmon (Oncorhynchus kisutch) conservation units in Canada using genomic data //Evolutionary Applications. – 2022. – Т. 15. – №. 11. – С. 1925-1944. https://doi.org/10.1111/eva.13489
61. Benestan L. et al. Contrasting influence of seascape, space and marine reserves on genomic variation in multiple species //Ecography. – 2023. – Т. 2023. – №. 1. – С. e06127. doi.org/10.1111/ecog.06127
62. Nielsen E. S. et al. Integrating environmental, evolutionary, and socioeconomic vulnerability to future-proof coastal conservation planning //Biological Conservation. – 2023. – Т. 286. – С. 110302. doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110302
63. Buenafe K. C. V. et al. Current approaches and future opportunities for climate-smart protected areas //Nature Reviews Biodiversity. – 2025. – С. 1-14. doi.org/10.1038/s44358-025-00041-0
64. Neubert S. et al. Multiple-use spatial planning for sustainable development and conservation //Trends in Ecology & Evolution. – 2025. DOI: 10.1016/j.tree.2025.09.007

65. Schmidt D. A. et al. Genome-wide analysis reveals associations between climate and regional patterns of adaptive divergence and dispersal in American pikas //Heredity. – 2021. – Т. 127. – №. 5. – С. 443-454. doi.org/10.1038/s41437-021-00472-3

66. Zbinden Z. D. et al. Riverscape community genomics: A comparative analytical approach to identify common drivers of spatial structure //Molecular Ecology. – 2023. – Т. 32. – №. 24. – С. 6743-6765. doi.org/10.1111/mec.16806

67. Watts M. et al. Software for prioritizing conservation actions based on probabilistic information //Conservation Biology. – 2021. – Т. 35. – №. 4. – С. 1299-1308. doi.org/10.1111/cobi.13681

68. Vajana E. et al. Spatial conservation planning of forest genetic resources in a Mediterranean multi-refugial area //Biological Conservation. – 2024. – Т. 293. – С. 110599. doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110599

69. Weaver S. et al. Assessing genomic and ecological differentiation among subspecies of the rough-footed mud turtle, Kinosternon hirtipes //Journal of Heredity. – 2022. – Т. 113. – №. 5. – С. 538-551. https://doi.org/10.1093/jhered/esac036

70. Gonzalez-Fernandez A. et al. Determination of priority areas for amphibian conservation in Guerrero (Mexico), through systematic conservation planning tools //Journal for Nature Conservation. – 2022. – Т. 68. – С. 126235. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126235Получите права и контент.

71. Berio Fortini L. et al. Advancing at-risk species recovery planning in an era of rapid ecological change with a transparent, flexible, and expert-engaged approach //Conservation Biology. – 2025. – Т. 39. – №. 3. – С. e14421. https://doi.org/10.1111/cobi.14421

72. Han Y. et al. Carbon nanotube reinforced ionic liquid dual network conductive hydrogels: Leveraging the potential of biomacromolecule sodium alginate for flexible strain sensors //International Journal of Biological Macromolecules. – 2024. – Т. 282. – С. 137123.

73. Zhang X. et al. Simple-easy electrochemical sensing mode assisted with integrative carbon-based gel electrolyte for in-situ monitoring of plant hormone indole acetic acid //Food Chemistry. – 2025. – Т. 467. – С. 142342. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142342

74. Abdolla N. et al. The impact of high-fat diet and circadian disruptions on obesity and immune system dysfunction //ES Food and Agroforestry. – 2025. – Т. 20. – С. 1591. DOI:10.30919/faf1591

75. Yedilova A. et al. Evaluating the Status of Humulus Lupulus Populations in Kazakhstan: Implications for Conservation, Sustainability and Forest Ecosystem Management //ES Energy & Environment. – 2025. – Т. 27. – С. 1426. DOI:10.30919/ee1426

76. Kaur A. et al. Isolation, Characterization, and Utilization of Secondary Metabolites from Ehretia acuminata: Bioactive Compounds for Pharmaceutical and Industrial Applications //ES Food and Agroforestry. – 2025. – Т. 20. – С. 1447. DOI: 10.30919/faf1447

77. Song F., Ting L., Kevin S., Feng Y., Ge X.J. Complete plastome sequencing resolves taxonomic relationships among species of Calligonum L. (Polygonaceae) in China // BMC Plant Biology. – 2020. – Vol. 20. – Art. 261

78. КУПРИЯНОВ А. Н. и др. Учредители: Алтайский государственный университет //TURCZANINOWIA Учредители: Алтайский государственный университет. – 2024. – Т. 27. – №. 4. – С. 157-160.

79. Кобланова С. А., Рогожкина Ю. О. Эколого-таксономический анализ прибрежной флоры Аулиекольского района (Костанайская область) //Fundamental and Experimental Biology. – 2020. – Т. 99. – №. 3. – С. 83-90. doi.org/10.31489/2020bmg3/83-90

80. Ишмуратова М. Ю., Исмаилова Ф. М., Минаков А. И. Географические новинки во флоре Государственного национального природного парка" Буйратау" //Актуальные проблемы современности. – 2015. – №. 3. – С. 169-172.

81. Печенкина В. А. и др. Зараженность вирусами желтой карликовости ячменя и полосатой мозаики пшеницы сортов озимой ржи (Secale cereale L.), выращиваемых на Среднем Урале //Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2024. – №. 1. – С. 74-82. doi: 10.17072/1994-9952-2024-1-74-82

**82.** Zhidebayeva A., Syrlybekkyzy S., Taizhanova L., Koibakova S., Altybaeva Z., Koishina A. et al., Mkilima T. Emerging frontiers in ecosystem and biodiversity monitoring using remote sensing and geographic information systems // Global Journal of Environmental Science & Management (GJESM). – 2025. – Т. 11. – № 4. **DOI:**10.22034/gjesm.2025.04.23

83. Рахимова Е. В. и др. Изучение почвенных грибов ризосферы основных лесообразующих пород Большого Алматинского ущелья Заилийского Алатау (Казахстан) //Проблемы современной науки и образования. – 2018. – №. 11 (131). – С. 9-13. https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-pochvennyh-gribov-rizosfery-osnovnyh-lesoobrazuyuschih-porod-bolshogo-almatinskogo-uschelya-zailiyskogo-alatau-kazahstan

84. Бельтюкова Н. Н. и др. Молекулярно-генетический анализ редких видов растений северного Казахстана //ББК 28.0+ 26.0 Ф94. – С. 18.

85. Wen Z.B., Xu Z., Feng Y. Species-level phylogeographical history of the endemic species Calligonum roborovskii and its close relatives in Calligonum section Medusa (Polygonaceae) in arid north-western China // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2017. – Vol. 180. – P. 542–553

86. Tan Y., Zhang Q., Pan B.R. Coupling relationship between Calligonum L. community species diversity and soil factors in China // Arid Land Geograph. – 2008. – Vol. 31. – P. 88–95

87. Турсунбоев Х. Е. Размножение некоторых интродуцированных видов рода Acer L. на среднезасоленных почвах на юге Каракалпакстана //Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2010. – №. 2. – С. 85-86. http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/geograph/2010/02/2010-02-23.pdf

88. Акопян Ж. А., Овакимян Ж. О., Паравян З. М. К вопросу о сохранении редких и исчезающих видов галофильной флоры Араратской равнины //ТАХТАДЖЯНИЯ. – 2018. – Т. 4. – С. 67-73. https://takht.sci.am/index.php/takhajania/article/view/79/61

89. Аметов А. Интродукция И Особенности Развития Корневых Систем Некоторых Кормовых Растений На Темно-Каштановых Почвах Конуса Выноса Предгорий Заилийского Алатау //Experimental Biology. – 2011. – Т. 52. – №. 6. – С. 24-28. https://bb.kaznu.kz/index.php/biology/article/view/400/371

90. Пачикин К. М., Насыров Р. М., Соколов А. А. Почвы и почвенный покров Алтын-Эмельского национального парка //Труды ГНПП «АлТыН-Эмель». – 2016. – С. 33.

91. Lebedeva M. A. et al. Biologically Active Substances and Antioxidant Activity of Some Plants of the Asteraceae Family, Cultivated in Conditions of Western Siberia //Russian Journal of Bioorganic Chemistry. – 2023. – Т. 49. – №. 7. – С. 1706-1713. https://doi.org/10.1134/S1068162023070750

92. Бубенчиков Р. А., Кораблева Т. В. Разработка методик идентификации и количественного определения флавоноидов в траве латука компасного (Lactuca serriola L.) //Человек и его здоровье. – 2019. – №. 2. – С. 87-94. DOI: 10.21626/vestnik/2019-2/10

93. Karastergiou A. et al. Valorization of grape pomace: A review of phenolic composition, bioactivity, and therapeutic potential. Antioxidants 2024, 13, 1131 https://doi.org/10.3390/antiox13091131.

94. Bayram N.E., Gercek Y.C., Kutlu N., Celik S., Bayram S., Basturk F.N., Yildirim N. The application of deep eutectic solvents for protein extraction from bee bread (Perga) // Microchemical Journal. – 2024. – Vol. 204. – Art. 111139. https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111139

95. Celik S., Gercek Y.C., Ozkok A. и др. Organic acids and their derivatives: minor components of bee pollen, bee bread, royal jelly, and bee venom // European Food Research and Technology. – 2022. – Vol. 248. – С. 3037–3057. – DOI: 10.1007/s00217-022-04110-y.

96. Gercek Y.C., Celik S., Bayram S. Screening of plant pollen sources, polyphenolic compounds, fatty acids, and antioxidant/antimicrobial activity from bee pollen // Molecules. – 2022. – Vol. 27. – Art. 117. – DOI: 10.3390/molecules27010117.

97. Гемеджиева Н.Г., Рамазанова М.С., Арысбаева Р.Б., Кердяшкин А.В., Рыбаков И.А. Оценка сырьевой базы щавеля тяньшанского в горных регионах юго-востока Казахстана // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2023. – Т. 22. – № 1. – С. 97–101. https://doi.org/10.14258/pbssm.2023017

98. Childibaeva A. Z., Aralbai N. K., Kuatbaev A. T., Kaldybekkyzy G. Қазақстан флорасындағы тарандар (Polygonaceae Lindl.) тұқымдасының туыстық және түрлік анықтағыш кілттері = Родовые и видовые ключи определителя семейства гречишные (Polygonaceae Lindl.) флоры Казахстана // Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2014. – Т. 61. – № 2. – С. 9–14.

99. Nurmahanova A., Akhmetova A., Atabayeva S., et al. Study of morphogenesis and anatomical structure of Arctium tomentosum Mill. native to Kazakhstan // Journal of Ecological Engineering. – 2024. – Vol. 25. – P. 325–335

100. Vyas G. K., Kumar V., Sharma R., Sharma R. A., Sharma S., Singh J. P., Kumar S. Chemical and genetic diversity among some wild stands of *Calligonum polygonoides* (Polygonaceae) from the Thar Desert of Rajasthan // Revista de Biología Tropical. – 2012. – T. 60. – № 3. – C. 1097–1108.

101. Zhao J., Davis L.C., Verpoorte R. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites // Biotechnology Advances. – 2005. – T. 23, № 4. – C. 283–333. – DOI: 10.1016/j.biotechadv.2005.01.003.

102. Crozier A., Jaganath I.B., Clifford M.N. Phenols, polyphenols, and tannins: an overview // Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure, and Role in the Human Diet. – 2006. – Vol. 1. – C. 1–24. – DOI: 10.1002/9780470988558.ch1.

103. Kumar S., Pandey A.K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview // The Scientific World Journal. – 2013. – C. 1–16. – DOI: 10.1155/2013/162750.

104. Yang Y., Guo Y. Unraveling salt stress signaling in plants // Journal of Integrative Plant Biology. – 2018. – T. 60, № 9. – C. 796–804. – DOI: 10.1111/jipb.12689.

105. Pérez L., García R. Role of lysine in protein synthesis and nitrogen metabolism in plants // Plant and Soil Science Journal. – 2022. – T. 78, № 1. – C. 211–230.

106. Quideau S., Deffieux D., Douat-Casassus C., Pouységu L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis // Angewandte Chemie International Edition. – 2011. – T. 50, № 3. – C. 586–621. – DOI: 10.1002/anie.201000044.

107. Balkybek Y., Tynybekov B., Kulymbet K., Kurmanbay U., Umirbayeva Z., Nurakyn Z., Toktar M. Study of soil cover of Veronica spuria L. populations in Ile Alatau mountains, Kazakhstan // EQA-International Journal of Environmental Quality. – 2025. – Vol. 66. – C. 99–106. – DOI: 10.6092/issn.2281-4485/20806.

108. Seilkhan A. An overview of green applications of natural products for pharmaceutical, biofuel, and rubber industries: case study of Kazakh dandelion (Taraxacum kok-saghyz Rodin.) // ES Energy & Environment. – 2024. – Vol. 25. – Art. 1171. – DOI: 10.30919/esee1171.

109. Zayed A., Wink M. Induction of antioxidant enzymes by alkaloids in Lupinus species // Phytochemistry. – 2004. – Vol. 65, № 20. – C. 3073–3080. – DOI: 10.1016/j.phytochem.2004.09.011.

110. Magalhães L.M., Santos F., Segundo M.A., Reis S., Lima J.L. Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin–Ciocalteu reducing capacity // Talanta. – 2010. – Vol. 83. – C. 441–447. – DOI: 10.1016/j.talanta.2010.09.042.

111. Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chern J.C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods // Journal of Food and Drug Analysis. – 2002. – Vol. 10.

112. Kostić A., Milinčić D.D., Nedić N., Gašić U.M., Spirović Trifunović B., Vojt D., Tešić Ž.L., Pešić M.B. Phytochemical profile and antioxidant properties of bee-collected artichoke (Cynara scolymus) pollen // Antioxidants. – 2021. – Vol. 10. – Art. 1091. – DOI: 10.3390/antiox10071091.

113. Broadhurst R.B., Jones W.T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1978. – Vol. 29. – C. 788–794. – DOI: 10.1002/jsfa.2740290908.

114. Apak R., Güçlü K., Özyürek M., Karademir S.E. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52. – C. 7970–7981. – DOI: 10.1021/jf048741x.

115. Ivanova L.A., Kuznetsova T.V. Features of biochemical activity of organic acids in plants of arid landscapes // Ecology and Industry of Russia. – 2018. – Vol. 22, № 2. – C. 34–39.

116. Kuznetsova T.V., Ivanova L.A. The role of organic acids in the growth and development of plants // Bulletin of Tomsk State University. Biology. – 2017. – № 38. – C. 45–58.

117. Musina M., Umirbekova O. Natural resources of Kazakhstan: study and practical application of *C. leucocladum*(Schrenk) Bunge // Modern Scientific Method. – 2024. – Vol. 8. – C. 45–58.

118. Rahman G., Muhammad J., Ilyas M., Subhanullah M., Ullah K., Massimzhan M., Toktar M., Bektay Y., Kalybekov M., Ydyrys A., Zhakypbek Y. Phytoremediation of heavy metals from soil and their effects on plant physiology – a review // ES Materials & Manufacturing. – 2024. – Vol. 26. – Art. 1298. – DOI: 10.30919/esmm1298.

119. Ydyrys A., Yeszhanov B., Baymurzaev N., Sharakhmetov S., Mautenbaev A., Tynybekov B., Baidaulet T. Technology of landscaping in arid zones by using biohumus from sheep wool // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 169. – Art. 02012. – DOI: 10.1051/e3sconf/202016902012.

120. Tynybekov B., Imanaliyeva M., Kuatbayev A., Satybaldiyeva G., Boribay E., Kulymbet K., Nurmahanova A. Adaptation features of Gentiana tianschanica Rupr. populations to environmental factors in Kazakhstan // ES Energy & Environment. – 2024. – Vol. 26. – Art. 1361. – DOI: 10.30919/esee1361.

121. Kobylina T., Novikov A., Sadyrova G., Kyrbassova E., Nazarbekova S., Imanova E., Tynybekov B. The volatile compounds composition of different parts of wild Kazakhstan Sedum ewersii Ledeb. // Separations. – 2024. – Vol. 11, № 7. – Art. 208. – DOI: 10.3390/separations11070208.

122. Li X., Zhang D. Role of sugar signaling in plant abiotic stress responses // International Journal of Molecular Sciences. – 2016. – Vol. 17, No. 12. – P. 2066. – DOI: 10.3390/ijms17122066.

123. Imanaliyeva M. T., Tynybekov B. M., Parmanbekova M. K., Imanova E. M., Kyrbasova E. A., Kabylbek K., Kurmanbay U. K. Anatomical studies of vegetative organs in two Gentiana species (Gentianaceae) // Eurasian Journal of Ecology. – 2024. – Vol. 80, No. 3. – DOI: 10.26577/eje.2024.v80.i3-09.

124. Wingler A., Roitsch T. Metabolic regulation of leaf senescence: Interactions of sugar signaling with biotic and abiotic stress responses // Plant Biology. – 2008. – Vol. 10, Suppl. 1. – P. 50–62. – DOI: 10.1111/j.1438-8677.2008.00086.x.

125. Strack D., Fester T. Isoprenoid metabolites with antioxidant and other properties // Journal of Plant Physiology. – 2006. – Vol. 163, No. 2. – P. 165–181. – DOI: 10.1016/j.jplph.2005.05.010.

126. Есжанова Г. Т., Бексейтова К. С., Рахимжанова Д. Т. Фитохимический анализ сырья Calligonum leucocladumBunge // News of Kazakhstan Science / Novosti nauki Kazahstana. – 2022. – № 1. – С. 1–16. – DOI: 10.53939/15605655/2023.1.16.

127. Mazo V. K., Sidorova Y. S., Sarkisyan V. A., Kiseleva T. L., Kochetkova A. A. Perspectives of using plant polyphenols as functional food ingredients // Nutrition Issues. – 2018. – Vol. 87, No. 6. – P. 57–66.

128. Bykov B.A. Krasnaya kniga Kazakhskoy SSR. Chast ’2. Rasteniya. – Alma-Ata: Nauka Kazakhskoy SSR, 1981. – 284 c.

129. Lipshits S.Y. Koksagyz (Taraxacum koksaghyz Rodin) – В кн.: Kauchuk i kauchukonosy. – 1953. – Вып. 2. – С. 149–172.

130. Mayhood K. Roots to rubber. Ohio State scientists see Russian dandelion as a new, sustainable source of natural latex // The Columbus Dispatch. – 2008. – С. 1.

131. Van Beilen J.B., Poirier Y. Guayule and Russian dandelion as alternative sources of natural rubber // Critical Reviews in Biotechnology. – 2007. – Т. 27, № 4. – С. 217–231.

132. Van Dijk P.J., Kirschner J., Štěpánek J. и др. Taraxacum kok-saghyz Rodin definitely is not an example of overcollecting in the past. A reply to S. Volis et al. (2009) // Journal of Applied Botany and Food Quality. – 2010. – Т. 83. – С. 217–219.

133. Volis S., Uteulin K., Mills D. Russian dandelion (Taraxacum kok-saghyz): One more example of overcollecting in the past? // Journal of Applied Botany and Food Quality. – 2009. – Т. 3. – С. 60–63.

134. Перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений: утв. постановлением Правительства РК №1034 от 31.10.2006. – Астана, 2006.

135. Оразова А.О. Одуванчики Казахстана и Средней Азии. – Алма-Ата, 1975. – 180 с.

136. Павлов Н.В. Ботаническая география СССР. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1948. – 705 с.

137. Гвоздева Л.П. Растительные покровы пустыни Сары-Ишткотрау. – Алма-Ата, 1960.

138. Anishchenko L.V. Encyclopedia of medicinal plants. – Moscow: AST, 2017. – ISBN 978-5-17-100053-0.ë

139. Vazirinejad R., Ayoobi F., Arababadi M.K. et al. Effect of aqueous extract of Achillea millefolium on the development of experimental autoimmune encephalomyelitis in C57BL/6 mice // Indian Journal of Pharmacology. – 2014. – Vol. 46, No. 3. – P. 303–310.

140. Aslanova D., Karomatov I.D. Yarrow is common in folk and scientific herbal medicine // Biological Integration Medicine. – 2018. – No. 1. – P. 167–186.

141. Vitale S., Colanero S., Placidi M. et al. Phytochemistry and biological activity of medicinal plants in wound healing: An overview of current research // Molecules. – 2022. – Vol. 27. – P. 3566.

142. Mohammadhosseini M., Sarker S.D., Akbarzadeh A. Chemical composition of the essential oils and extracts of Achillea species and their biological activities: A review // Journal of Ethnopharmacology. – 2017. – Vol. 199. – P. 257–315.

143. Masłowski M., Aleksieiev A., Miedzianowska J., Strzelec K. Potential application of peppermint (Mentha piperita L.), German chamomile (Matricaria chamomilla L.), and yarrow (Achillea millefolium L.) as active fillers in natural rubber biocomposites // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – Vol. 22. – P. 7530.

144. Ali S.I., Gopalakrishnan B., Venkatesalu V. Pharmacognosy, phytochemistry, and pharmacological properties of Achillea millefolium L.: A review // Phytotherapy Research. – 2017. – Vol. 31. – P. 1140–1161.

145. Applequist W.L., Moerman D.E. Yarrow (Achillea millefolium L.): A neglected panacea? A review of ethnobotany, bioactivity, and biomedical research // Economic Botany. – 2011. – Vol. 65. – P. 209–225.

146. 24. Lucas B.N., Dalla N., Boeira C.P., Verruck S., Rosa C.S.D. Determination of total phenolic compounds in plant extracts via Folin–Ciocalteu's method adapted to the usage of digital images // Food Science and Technology. – 2022. – T. 42. – P. e35122. https://doi.org/10.1590/fst.35122

147. 25. Shraim A.M., Ahmed T.A., Rahman M.M., Hijji Y.M. Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation // LWT – Food Science and Technology. – 2021. – T. 150. – P. 111932. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111932

148. 26. Mitra K., Uddin N. Total phenolics, flavonoids, proanthocyanidins, and ascorbic acid contents and in vitro antioxidant activities of newly developed isolated soy protein // CAB Digital Library. – 2014. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20143242640

149. 27. de Carvalho L.M.J., Gomes P.B., de Oliveira Godoy R.L., Pacheco S., do Monte P.H.F., de Carvalho J.L. V. et al., Ramos S.R.R. Total carotenoid content, α-carotene and β-carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch.): A preliminary study // Food Research International. – 2012. – T. 47. – № 2. – P. 337–340. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.040

150. 28. Kielkopf C.L., Bauer W., Urbatsch I.L. Bradford assay for determining protein concentration // Cold Spring Harbor Protocols. – 2020. – № 4. – P. pdb-prot102269. https://doi.org/10.1101/pdb.prot102269

151. 29. Apak R., Güçlü K., Özyürek M., Karademir S.E. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – T. 52. – № 26. – P. 7970–7981. https://doi.org/10.1021/jf048741x

152. 30. Kedare S.B., Singh R.P. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay // Journal of Food Science and Technology. – 2011. – T. 48. – № 4. – P. 412–422. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1

153. Liu N., Guan K.Y., Feng Y. Geographical distribution and eco-adaptability of Calligonum L. in Tarim Basin // Pak. J. Bot. – 2017. – Vol. 49, No. 3. – P. 1001–1007

154. Mao Z.M. Calligonum L. // In: Flora Xinjiangensis. Vol. 1. – Urumqi: Xinjiang Science, Technology and Public Health Press, 1996. – P. 271–272

155. Mao Z.M. Calligonum L. // In: Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Vol. 25. – Beijing: Science Press, 1998. – P. 126–128

156. Mao Z.M., Pan B.R. The classification and distribution of the genus Calligonum L. in China // Acta Phytotaxonomica Sinica. – 1986. – Vol. 24. – P. 98–107

157. Sabirhazi G., Pan B.R., Duan S.M. The community characteristics of Calligonum roborowskii A. Los in Tarim Basin // Acta Ecologica Sinica. – 2012. – Vol. 32. – P. 3288–3295

158. Prozorova T.A., Chernykh I.B. Biodiversity of vegetation in the Bayanaul National Park. – Pavlodar: Eco, 2001. – 187 p.

159. Kamkin V.A., Kadenova A.B., Kamkina E.V. Plants of the Bayanaul State National Natural Park. – Pavlodar: Kereku, 2009. – 477 p.

160. Kadenova A.B., Kamkin V.A., Erzhanov N.T., Kamkina E.V. Flora and vegetation of the Bayanaul State National Natural Park. – Pavlodar: Kereku, 2008. – 383 p.

161. Kupriyanov A.N., Khrustaleva I.A., Manakov Yu.A. New species for the Bayanaul National Park // Botanical Issues of Siberia and Kazakhstan. – 2008. – No. 14. – P. 20–23.

162. Kupriyanov A.N., Khrustaleva I.A., Akmullaeva A.S. List of plants of the Bayanaul National Park (Central Kazakhstan) // Botanical Issues of Siberia and Kazakhstan. – 2011. – No. 17. – P. 95–114.

163. Kupriyanov A.N. New species of wormwood Artemisia (subgen. Artemisia, Asteraceae) from Central Kazakhstan // Botanical Journal. – 1995. – Vol. 80, No. 2. – P. 83–84.

164. Ghorbani A.S. On pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran // Journal of Ethnopharmacology. – 2005. – Vol. 102. – P. 58–68. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.035

165. Ishmuratova M.Y. To study the resources of Serratula coronata L. in the territory of Eastern and Central Kazakhstan // Collection of materials of the

International Conference dedicated to the 70th anniversary of the Altai Botanical Garden and the 70th anniversary of Kotukhov Yu.A.: Botanical Research in the Kazakh Altai. – Almaty, 2005. – P. 130–133.

166. Folk R.A., Soltis P.S., Soltis D.E., Guralnick R. New prospects in the detection and comparative analysis of hybridization in the tree of life // American Journal of Botany. – 2018. – Vol. 105. – P. 364–375.

167. Gambette P., Iersel L., Kelk S., Pardi F., Scornavacca C. Do branch lengths help to locate a tree in a phylogenetic network // Bulletin of Mathematical Biology. – 2016. – Vol. 78. – P. 1773–1795.

168. Gouja H., Garcia-Fernandez A., Garnatje T., Raies A., Neffati M. Genome size and phylogenetic relationships between the Tunisian species of the genus Calligonum (Polygonaceae) // Turkish Journal of Botany. – 2014. – Vol. 38. – P. 13–21.

169. Gouja H., Garnatje T., Hidalgo O., Neffati M., Raies A., Garcia S. Physical mapping of ribosomal DNA and genome size in diploid and polyploid North African Calligonum species (Polygonaceae) // Plant Systematics and Evolution. – 2015. – Vol. 301. – P. 1569–1579.

170. Kang X., Zhang Y., Pan B., Duan S., Tan Y. The fruits morphological characteristics of different populations in Calligonum ebinuricum // Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica. – 2008. – Vol. 28. – P. 1213–1221.

171. Kearse M., Moir R., Wilson A., et al. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data // Bioinformatics. – 2012. – Vol. 28. – P. 1647–1649.

172. Komarov V.L. Calligonum Linnaeus // In: Flora of the USSR. Translations IPS. – Jerusalem: Keter Press, 1970. – P. 411–457.

173. Kong F., Shi W., Yin L., Pan B., Zhao Y. Fruit polymorphism of Calligonum rubicundum Bge. // Arid Zone Research. – 2016. – Vol. 33. – P. 159–165.

174. Li Y., Feng Y., Wang X.Y., Liu B., Lv G.H. Failure of DNA barcoding in discriminating Calligonum species // Nordic Journal of Botany. – 2014. – Vol. 32. – P. 511–517.

175. Mao Z.M., Pan B.R. The classification and distribution of the genus Calligonum L. in China // Zhiwu Fenlei Xuebao. – 1986. – Vol. 24. – P. 98–107.

176. Meng H.H., Gao X.Y., Huang J.F., Zhang M.L. Plant phylogeography in arid Northwest China: Retrospectives and perspectives // Journal of Systematics and Evolution. – 2015. – Vol. 53. – P. 33–46.

177. Zykova M.V., Volikov A.B., et al. Enhanced antioxidant activity and reduced cytotoxicity of silver nanoparticles stabilized by different humic materials // Polymers. – 2023. – Vol. 15, No. 16. – Art. 3386. – DOI: https://doi.org/10.3390/polym15163386

178. Altemimi A., Lakhssassi N., Baharlouei A., et al. Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts // Plants. – 2017. – Vol. 6. – Art. 42. – DOI: https://doi.org/10.3390/plants6040042

179. Barykina R.P., et al. Handbook of botanical microtechnique. Basics and methods. – Moscow: Moscow State University Press, 2004

180. Golubev V.N., Molchanov E.F. Methodological guidelines for the quantitative and ecological-biological study of rare, endangered, and endemic plants of Crimea. – Yalta: GNBS, 1978

181. Zaugolnova L.B. Methodology for studying cenopopulations of rare plant species for assessing their condition // Okhrana rastitel'nykh soobshchestv redkikh i nakhodyashchikhsya pod ugrozoy ischeznoveniya ekosistem (Proceedings of the 1st All-Union Conference, Moscow, October 19 – November 2, 1981). – P. 74–76

Қосымша

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЭКОЛОГИ ЖӘНЕ ТАБИҒИ РЕСУРСТАР МИНИСТРЛІГІ
Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан

050040, Алматы қ., Тимирязев к., 36 «Д»,
тел. 8(727) 394-80-40, факс 8(727) 394-80-40

050040, г. Алматы, ул. Тимирязева 36 «Д»,
тел. 8(727) 394-80-40, факс 8(727) 394-80-40

№ 01-05/324

«18» июня 2024 г.

**Декану факультета**
**биологии и биотехнологии**
**КазНУ им.аль-Фараби**
**Курманбаевой М.С.**

**Уважаемая Меруерт Сакеновна!**

Подтверждаем, что предоставленный гербарный образец, собранный PhD докторантом 1 курса специальности «8D05108-Геоботаника» Мусиной М.Е. по теме исследования «Оценка современного состояния популяций лекарственного вида *Calligonum leucocladum* (Schrenk) Bunge, встречающегося на Юго-Востока Казахстана», относится к *Calligonum leucocladum* (Schrenk) Bunge (Жузгун белокорый сем. Polygonaceae).

**Генеральный директор, д.б.н.** **Ситпаева Г.Т.**

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЭКОЛОГИ ЖӘНЕ ТАБИҒИ РЕСУРСТАР МИНИСТРЛІГІ
Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан

050040, Алматы қ., Тимирязев к., 36 «Д»,
тел. 8(727) 394-80-40, факс 8(727) 394-80-40

050040, г. Алматы, ул. Тимирязева 36 «Д»,
тел. 8(727) 394-80-40, факс 8(727) 394-80-40

№ 01-05/338

« 25 » июня 2024 г.

**АКТ**

Настоящим актом подтверждаем, что PhD докторантом специальности «8D05108-Геоботаника» Мусиной М.Е. по теме исследования «Оценка современного состояния популяций лекарственного вида *Calligonum leucocladum* (Schrenk) Bunge, встречающегося на Юго-Востока Казахстана» были переданы гербарные образцы изучаемого вида в Гербарный фонд (АА) РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК.

| № | Место сбора | Кол-во |
|---|---|---|
| 1 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Таукум. N 44.946111 E 75.055555 H – 369 м | 1 |
| 2 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Таукум. N 44.987222 E 75.020278 H – 365 м | 1 |
| 3 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Таукум. N 44.989167 E 75.526944 H – 376 м | 1 |
| 4 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Сарыесик-Атырау, Близ пос. Баканас. N 44.80805115 E 76.34476369 H – 390 м | 1 |
| 5 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Сарыесик-Атырау, Близ пос. Баканас. N 44.8355166 E 76.35440858 H – 399 м | 1 |
| 6 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Сарыесик-Атырау, Близ пос. Баканас. N 44.80984446 E 76.38511157 H – 403 м | 1 |
| 7 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Сарыесик-Атырау, Малайсары. N 44.42290291 E 76.79942511 H – 482 м | 1 |
| 8 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Сарыесик-Атырау, Малайсары. N 44.44686925 E 76.7761344 H – 458 м | 1 |
| 9 | Балхаш-Алакульский фл.р., Алматинская обл. Балхашский район, пески Сарыесик-Атырау, Малайсары. N 44.472711 E 76.746940 H – 457 м | 1 |
| | **Общее количесво гербарных образцов** | **9** |

**Генеральный директор, д.б.н.** **Ситпаева Г.Т.**

**Зав. лаб. Флоры высших растений, к.б.н.** **Веселова П.В.**