«Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КеАҚ

ӘӨЖ: 577.1:581.1(574)(043)

Қолжазба құқығында

МУТАЛХАНОВ МЕЙРАМБЕК СУЛТАНБЕКОВИЧ

Тау сағыз популяциясындағы табиғи каучуктің жиналуының цитоэмбриологиялық және биохимиялық заңдылықтарын зерттеу және талдау (*Scorzonera tau-saghyz Lipsch*. et G.G. Bosse)

6D060700 - Биология

Философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін
алу үшін дайындалған диссертация

Отандық ғылыми кеңесші:
б.ғ.д., профессор Богуспаев К.К

Шетелдік ғылыми кеңесші:
б.ғ.к., доцент Портной В.Х
Хайфа университеті, Эволюция
Институты (Хайфа қ. Израиль)

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2026

МАЗМҰНЫ

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР 4
ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР 5
КІРІСПЕ 6
НЕГІЗГІ БӨЛІМ 11
1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ 11
1.1 Қаратау қорығының физикалық географиялық сипаттамасы және климаты 11
1.2 Қаратау қорығының биоалуантүрлілігі (флора мен фаунасы) 15
1.3 Табиғи каучуктың көзі болып табылатын өсімдіктер 16
1.4 Табиғи каучуктың биосинтезі 20
1.5. Табиғи каучуктың әлемдік өндірісі мен өнімділігі 24
1.6 *Scorzonera may-saghyz* – табиғи каучуктің балама көзі 27
2. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ 31
2.1 Зерттеу объектілері мен материалдары 31
2.2 Зерттеу әдістері 31
2.2.1 *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінен пигменттерді бөліп алу әдісі 31
2.2.2 *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тұқымын жинау әдісі 32
2.2.3 *Scorzonera tau-saghyz* үлгілерін жинау және фиксациялау әдісі 32
2.2.4 Термогравиметриялық талдау әдісі (TGA) және (DTGA) 32
2.2.5 Фурье түрлендіретін инфрақызыл спектроскопияны талдау әдісі (FTIR) 32
2.2.6 ЯМР спектрометрия әдісі 32
2.2.7 Цитоэмбриологиялық (хромосомалық) талдау әдісі 32
2.2.8 Тау сағыз тамырынан каучукті сумен механикалық бөліп алу әдісі 33
2.2.9 Тау сағыз тамырынан табиғи каучукті гексан арқылы бөліп алу әдісі 34
2.2.10 Эксклюзионды хроматография (SEC) әдісі 34
2.2.11 Тау сағыздың ядролық ДНҚ-сын бағалау әдісі 34
2.2.12 t-критерийі негізінде статистикалық талдау әдісі 38
2.2.13 Пирсон корреляциясына негізделген статистикалық талдау әдісі 38
2.2.14 *Scorzonera tau-saghyz* тамырындағы элементтерді анықтау әдісі 39
2.2.15 Қаратау топырағының агрохимиялық құрамын анықтау әдістері 39
2.2.16 *Scorzonera tau-saghyz* өсуіне вермикомпосттың әсерін зерттеу әдісі 39
3. ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУЛАР 41
3.1 Қаратаудағы тау сағыз популяциясының морфологиялық және географиялық таралу ерекшеліктері 41
3.2 Қаратаудағы тау сағыз популяциялары өсетін топырақтың агрохимиялық және физика-химиялық қасиеттері 50
3.3 *Scorzonera tau-saghyz* цитогенетикалық ерекшеліктері (хромосомалық) талдау нәтижелері 51
3.4 *Scorzonera tau-saghyz* жапырақтарынан геномдық ДНҚ оқшаулау және оның функционалдық талдауы 53

3.4.1 Әр түрлі экспозициядағы тау сағыз өсімдігіндегі фотосинтетикалық пигменттердің таралу ерекшеліктеріне талдау 62
3.4.2Әр түрлі тау беткейінен алынған тау сағыз тамыр үлгілеріндегі каучук мөлшері. 64
3.4.3Каучук пен пигмент арақатынасына жүргізілген корреляциялық талдау көрсеткіштері 65
3.5 *Scorzonera tau-saghyz* тамырынан табиғи каучукті су және гексан еріткіштері арқылы экстракциялау нәтижелері 66
3.5.1Табиғи каучуктің термогравиметриялық (TGA) және дифференциалды термогравиметриялық (DTGA) талдау нәтижелері 71
3.5.2 Табиғи каучуктің Фурье түрлендіру инфрақызыл (FTIR) спектрлік талдауы 73
3.5.3 *Scorzonera tau-saghyz* каучуктің макромолекулалық сипаттамалары 74
3.5.4 *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse өсімдігінің тамыр экстракты үлгісінің ЯМР (NMR) спектрлерін талдау. 77
3.5.5 Scorzonera tau-saghyz каучугінің элементтік құрамын талдау нәтижелері 82
3.6 *Scorzonera tau-saghyz* жас өскіндерінің өсуіне вермикомпосттың әсерін бағалау ... 83
ҚОРЫТЫНДЫ 95
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ 97
ҚОСЫМША А 110

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

STS	*Scorzonera tau-saghyz*
TK	*Taraxacum kok-saghyz*
SNP	Бір нуклеотид деңгейіндегі полиморфизм (single nucleotide polymorphism)
ГРР	Өсімдіктердің әлемдік генетикалық ресурстарының жинағы
QTL	Сандық белгілердің локустары
AFLP	Күшейтілген фрагмент ұзындығының полиморфизмі
ЦСР	Циннамоил-СоА-редуктаза
In Vitro	Жасанды қоректік ортада өсіру
ДНК	Дезоксирибонуклеин қышқылы
СРТ	*Цис*-пренилтрансфераза
RNA seq	Транскриптомды секвенирлеу
HMGCR	Гидроксиметилглютарил-СоА редуктаза
MVD	Ифосфомевалонат декарбоксилаза
DXS	1-деокси-D-ксилулоза-5- фосфат синтаза
IDI	Изопентил – дифосфат дельта- изомераза
FPPS	Фамезил дифосфат синтаза
GGPPS	Геранилгеранил дифосфат синтаза
ISPH	4-гидрокси-3-метилбат-2-1-дифосфат редуктаза
SRPP	Шағын каучук ақуыз бөлшегі
REF	Каучук ұзарту факторы
SEC	Эксклюзионды хроматография әдісі

ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Тау сағыз (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse) – табиғи каучук түзетін, Қазақстанның Қаратау жотасында өсетін эндемик болып табылатын көпжылдық шөптесін өсімдік.

Табиғи каучук – негізінен *цис*-1,4-полиизопреннен тұратын, өсімдіктердің латексінде түзілетін жоғары молекулалы табиғи полимер.

Латекс – каучук бөлшектері, ақуыздар, липидтер және басқа да биологиялық белсенді заттардан тұратын өсімдіктің сүтті шырыны.

Популяция – белгілі бір аумақта тіршілік ететін, өзара еркін шағылысатын және ортақ гендік қор түзетін бір түрге жататын дарақтар жиынтығы.

Морфологиялық белгілер – өсімдіктің сыртқы құрылысы мен пішінін сипаттайтын белгілер (өсімдік биіктігі, жапырақтарының пішіні мен саны, тамыр жүйесінің құрылысы және т.б.).

Цитогенетика – жасушаның хромосомалық аппаратының құрылысы, саны, қызметі және тұқымқуалаушылықтағы рөлін зерттейтін ғылым саласы.

Кариотип – организмге тән хромосомалардың саны, мөлшері, пішіні және морфологиялық ерекшеліктерінің жиынтығы.

Прайминг (Priming) – тұқымдардың өнгіштігін, өну энергиясын және стресс факторларына төзімділігін арттыру мақсатында оларды биологиялық белсенді ерітінділермен алдын ала өңдеу әдісі.

Вермикомпост – органикалық қалдықтардың компосттық құрттар (*Eisenia fetida*) арқылы өңделуі нәтижесінде түзілетін жоғары сапалы органикалық тыңайтқыш.

Вермикомпост шайы – вермикомпосттың суда дайындалған, құрамында пайдалы микроорганизмдер, макро- және микроэлементтер, фитогормондар мен басқа биологиялық белсенді заттар болатын сұйық экстракты.

Өнгіштік – белгілі бір уақыт аралығында қалыпты өскін түзген тұқымдардың жалпы тұқым санына пайыздық қатынасы.

Өну энергиясы – тұқымдардың қысқа уақыт ішінде біркелкі және жылдам өну қабілетін сипаттайтын көрсеткіш.

Биомасса – өсімдіктің немесе оның жеке мүшелерінің жалпы массасы.

Таза масса – өсімдік мүшелерінің табиғи ылғалдылығы сақталған кездегі массасы.

Құрғақ масса – өсімдік үлгілерін тұрақты массаға дейін кептіргеннен кейін анықталатын масса.

ITS (Internal Transcribed Spacer) – рибосомалық ДНҚ-ның ішкі транскрипцияланатын аралық бөлігі, өсімдіктердің генетикалық сәйкестігін және филогенетикалық байланыстарын анықтауда кеңінен қолданылатын молекулалық маркер.

Полимеразалық тізбекті реакция (ПТР, PCR) – ДНҚ-ның белгілі бір бөлігін көп мөлшерде көбейтуге арналған молекулалық-генетикалық әдіс.

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы Қаратаудың таулы аймағындағы тау-сағыз популяциясының географиялық таралуын зерттеуге, табиғи каучуктың физика-химиялық талдауын жүргізуге, оның жинақталуының морфологиялық, биохимиялық және цитоэмбриологиялық (хромосома саны) заңдылықтарын анықтауға, тау-сағызға молекулалық-филогенетикалық идентификация жасауға, сондай-ақ биогумустың өсімдіктің өсуі мен дамуына әсерін зерттеуге арналған.

Зерттеу жұмысының өзектілігі Каучук стратегиялық маңызы бар полимерлі материал болып табылады және автомобиль шиналарын, медициналық бұйымдарды, конвейер таспаларын, герметиктерді, амортизаторларды және динамикалық жүктемелер жағдайында қолданылатын басқа да өнімдерді өндіруде кеңінен пайдаланылады. Каучуктар табиғи және синтетикалық болып бөлінеді, қазіргі таңда өнеркәсіпте олардың 200-ден астам түрі өндіріледі. 2025 жылы синтетикалық каучук нарығының көлемі 34,8 млрд АҚШ долларына жетті, бұл жыл сайын өндірілетін 25 млн тоннадан астам эластомерлердің шамамен 60 %-ын құрайды. Дегенмен, бірқатар стратегиялық маңызды салаларда табиғи каучукты синтетикалық каучукпен толық алмастыру оның ерекше физика-химиялық және механикалық қасиеттеріне байланысты технологиялық тұрғыдан мүмкін емес. Табиғи каучук (*цис*-1,4-полиизопрен) – латекс түзуші өсімдіктерден алынатын полимер және жоғары серпімділігімен, беріктігімен әрі механикалық әсерлерге төзімділігімен сипатталады. Қазіргі уақытта оның әлемдік жылдық өндіріс көлемі шамамен 11–15 млн тоннаны құрайды. Табиғи каучуктың негізгі коммерциялық көзі – әлемдік өндірістің 90 %-дан астамын қамтамасыз ететін *Hevea brasiliensis* өсімдігі болып табылады. Алайда фитопатогендерге жоғары сезімтал тропикалық ағаш болып табылатын *Hevea brasiliensis*-ті пайдалану табиғи каучук өндірісінің тұрақтылығы мен оның жаһандық жеткізіліміне елеулі қауіп тудырады. Шикізат базасының шектеулілігіне байланысты *цис*-1,4-полиизопрен синтездей алатын баламалы каучук түзуші өсімдіктерді іздеу ерекше өзектілікке ие. Осындай перспективалы түрлердің бірі – Орталық Азияда өсетін *Asteraceae* тұқымдасына жататын көпжылдық жартылай бұта *Scorzonera tau-saghyz* (тау-сағыз). Оның тамырларында жиналатын каучук сапасы жағынан гевея каучугінен кем түспейді. Қазіргі уақытта тау сағыз таралу аймағы тар, сирек кездесетін және жойылып бара жатқан өсімдік түрі ретінде Қазақстан Республикасының Қызыл кітабына енгізілген. Алайда тұқымдарының өнгіштігінің төмен болуы, жас өскіндердің ерте кезеңде жойылуы және өсіру агротехникасының тиімсіз тәсілдерін қолдану тау сағызды плантациялық жағдайда жаппай өсіруге кедергі келтіретін негізгі факторлар болып отыр. Сонымен қатар өткен ғасырдың ортасында синтетикалық каучук өндіру технологиясының ашылуы нәтижесінде отандық каучук түзуші өсімдіктерді (тау-сағыз және көк-сағыз) өсірумен айналысқан барлық шаруашылықтар жабылды. Осыған байланысты тау-сағыз тұқымдарының өнгіштігін арттырудың ғылыми негізделген тәсілдерін іздеу және оны плантациялық жағдайда тиімді өсіру мәселесі ерекше өзекті болып

табылады. Соның ішінде табиғи каучукты Қазақстанда ғана емес, әлемдік деңгейде де қажетті көлемде тұрақты өндіруге мүмкіндік беретін жаңа агротехникалық өсіру әдістерін әзірлеу маңызды ғылыми бағыттардың бірі болып саналады.

Зерттеудің мақсаты Қаратау тауларындағы тау-сағыз популяциясының географиялық таралуын және олардың морфологиялық-генетикалық ерекшеліктерін зерттеу. Тау-сағыз тамырларынан табиғи каучукты бөліп алудың тиімді әдістерін әзірлеу және оның физика-химиялық қасиеттерін бағалау. Сонымен қатар молекулалық-филогенетикалық идентификация жүргізу, каучуктың жинақталуына әсер ететін факторларды, соның ішінде физиологиялық-биохимиялық көрсеткіштер мен өсімдіктерді өсіру жағдайларын анықтау.

Зерттеу міндеттері

1. Қаратау таулы аймағындағы тау-сағыз популяциясының географиялық таралуын анықтау, тау-сағыздың құрғақ тамырларынан табиғи каучукты бөліп алу әдісін әзірлеу және оның физика-химиялық талдауын жүргізу.
2. Тау-сағыз тамырларында табиғи каучуктың жинақталуының морфологиялық, цитоэмбриологиялық және биохимиялық заңдылықтарын зерттеу.
3. Қаратау тауларында өсетін жабайы тау-сағыз популяциясына молекулалық-филогенетикалық идентификация жүргізу.
4. Құрғақ вермикомпост пен вермикомпост шайының зертханалық жағдайда тау-сағыздың өсуі мен дамуына әсерін зерттеу.

Зерттеу нысаны Қаратау тауларында өсетін *Scorzonera tau-saghyz* (тау-сағыз) популяцияларынан алынған үлгілер.

Зерттеу әдістері Жұмыста далалық, морфологиялық, цитологиялық, молекулалық-генетикалық, биохимиялық және физика-химиялық зерттеу әдістері қолданылды. Табиғи каучукты бөліп алу және талдау экстракциялық және хроматографиялық әдістерді пайдалану арқылы жүргізілді.

Зерттеудің ғылыми жаңалықтары

Алғаш рет тау-сағыз популяциясының географиялық таралуын зерттеу негізінде *Scorzonera tau-saghyz* түрінің айқын экологиялық факторлармен шартталған ішкі популяциялық өзгергіштікпен сипатталатыны анықталды. Тамырлардағы каучук мөлшері бойынша популяцияішілік жоғары өзгергіштік анықталып, селекция үшін перспективалы жоғары өнімді формаларды іріктеуге мүмкіндік беретіндігі көрсетілді. Алғаш рет тау-сағыз тамырларынан алынған каучукқа кешенді элементтік талдау жүргізіліп, оның құрамындағы макроэлементтер (*Ca, K, Mg*) және микроэлементтер (*Zn, Fe*) анықталды.

Өлшемдік эксклюзионды хроматография, термогравиметриялық талдау, Фурье түрлендірулі инфрақызыл спектроскопия, дифференциалдық термогравиметриялық талдау, және ядролық магниттік резонанс әдістері арқылы каучуктың негізгі физика-химиялық сипаттамалары анықталып, оның молекулалық массасы (Mw = 1223,9 кг/моль) және *цис*-1,4-полиизопрендік құрылымы расталды. Құрғақ тамырлардан каучукты су негізінде экстракциялау

әдісінің гександық экстракциямен салыстырғанда экологиялық қауіпсіз әрі экономикалық тұрғыдан тиімді екендігі көрсетілді. Сонымен қатар, гүлдену фазасында тамырдағы каучуктың жинақталу деңгейі фотосинтетикалық пигменттердің мөлшерімен тәуелсіз екендігі анықталды. Тау-сағыздың диплоидты хромосома саны (2n=14) екені дәлелденді. ITS1 аймағындағы кДНҚ негізіндегі SNP-полиморфизмдер dCAPS әдісімен валидацияланып, *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларында генетикалық әртектіліктің бар екендігін көрсетті. Анықталған бастапқы генетикалық дифференциация селекциялық бағдарламалар үшін практикалық тұрғыдан маңызды болып табылады, өйткені ол тұқым өнгіштігін және абиотикалық стресс факторларына төзімділікті арттыратын генотиптерді іріктеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, вермикомпост пен вермикомпост шайын қолданудың тұқым өнгіштігін арттыруда, өсімдіктің өсуін ынталандыруда және биомасса жинақталуын күшейтуде тиімділігі алғаш рет эксперименттік түрде дәлелденді.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы

Алынған нәтижелер табиғи каучукты өндіру технологияларын жетілдірудің ғылыми негізін қалыптастырады және гевеяны ішінара алмастыра алатын баламалы каучук көздерін әзірлеуде маңызды болып табылады.

Қорғауға шығарылған негізгі қағидалар

1.Қазақстан Республикасы Қаратау таулы аймағындағы тау-сағыз (*Scorzonera tau-saghyz*) популяцияларында экологиялық жағдайларға тәуелді тамыр жүйесі, каудексі, вегетативтік және генеративтік мүшелерінің морфологиялық белгілері бойынша айқын популяцияішілік өзгергіштік анықталды. Тау-сағыз (*Scorzonera tau-saghyz*) латексі мен каучугында көк-сағызбен (*Taraxacum kok-saghyz*) салыстырғанда макроэлементтердің (Ca, K, Mg) және микроэлементтердің (Zn, Fe) мөлшері статистикалық тұрғыдан сенімді жоғары екендігі анықталды. SEC, ЯМР, FT-IR, TGA және DTGA әдістері арқылы табиғи каучуктың жоғары молекулалық массасы (Mw = 1223,9 кДа) және оның *цис*-1,4-полиизопрендік құрылымы алғаш рет кешенді түрде сипатталды.

2.Тау-сағыздың диплоидты хромосома саны (2n=14) екені анықталды. Тамырлардағы каучуктың жинақталу деңгейі гүлдену кезеңінде (мамыр айы) фотосинтетикалық пигменттердің (хлорофилл *a*, хлорофилл *b* және каротиноидтар) мөлшерімен тәуелсіз екендігі көрсетілді. Каучук биосинтезі жазғы тыныштық кезеңінің басында (шілде–тамыз) айларында басталатыны анықталды.

3.ITS1 аймағындағы кДНҚ-ның SNP-полиморфизмдері dCAPS молекулалық маркерлері арқылы анықталып, *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларындағы генетикалық дифференциацияның бастапқы деңгейін көрсетеді.

4.Вермикомпост пен вермикомпост шайын қолданудың тиімділігі тұқым өнгіштігінің 68,3 ± 4,68 %-ға артуымен байқалды. Бақылау тобында жерүсті бөлігінің орташа массасы 83,3 ± 6,3 мг болса, тәжірибелік топта ол орта есеппен 252 ± 18,1 мг-ға жетіп, шамамен 3 есе артқан. Сондай-ақ кейбір өлшеулерде

бақылау тобында орташа масса 220 мг, ал тәжірибеде 476 мг болып, 2,19 есе жоғары нәтиже көрсеткен.

Автордың жұмыстағы жеке үлесі Диссертациялық жұмыс аяқталған ғылыми еңбек болып табылады. Автор зерттеу жұмысының барлық кезеңдеріне белсенді қатысқан: әдеби деректерді талдаудан бастап, зерттеудің мақсаты мен міндеттерін айқындауға, зерттеу әдістерін таңдауға, далалық және эксперименттік жұмыстарды жүргізуге, алынған нәтижелерді өңдеу мен талқылауға, сондай-ақ ұсыныстар әзірлеу және диссертациялық қолжазбаны дайындауға дейін толыққанды үлес қосқан.

Негізгі ғылыми жұмыстарының жоспарымен байланысы Диссертациялық жұмыстың ғылыми зерттеулері гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалған ғылыми-зерттеу жобасы аясында жүзеге асырылды: AP05134291 «*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse геномын секвенирлеу және каучук мөлшері белгісі бойынша геномның ассоциативтік картасын жасау» тақырыбындағы жоба. Ғылыми жетекшісі – биология ғылымдарының докторы, профессор К.К. Богуспаев.

Жұмыстың сыннан өтуі Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері мен ғылыми жетістіктері халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалып, төмендегі басылымдарда жарияланған:

1. Студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (2018 ж., Алматы, Қазақстан);
2. «Экологиялық генетика және эксперименттік биологияның өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (2018 ж., 25 қаңтар, Алматы, Қазақстан);
3. Студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (2020 ж., 6–9 сәуір, Алматы, Қазақстан);
4. «Биотехнологияның қазіргі мәселелері: зертханалық зерттеулерден өндіріске дейін» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (2021 ж., 4–5 маусым, Алматы, Қазақстан);
5. «Генетикалық үдерістерді пәнаралық зерттеу: қазіргі жағдайы мен болашағы» атты дөңгелек үстел материалдарының жинағы (2023 ж., Алматы, Қазақстан);
6. «Қоршаған орта биотехнологиясы және биоэнергетиканың инновациялық аспектілері» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция (2021 ж., 12–13 ақпан, Алматы, Қазақстан);
7. Студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (2019 ж., 10–11 сәуір, Алматы, Қазақстан);
8. «Астана Биотех 2018» халықаралық симпозиумы (2018 ж., Астана, Қазақстан).

Басылымдар Диссертацияның негізгі мазмұны 18 ғылыми жарияланымда көрініс тапқан, оның ішінде *Scopus* деректер базасына кіретін, жоғары импакт-факторлы халықаралық журналдарда 5 мақала, сондай-ақ зияткерлік меншік бойынша 3 ұлттық патент бар. Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитетінің тізіміне енгізілген ғылыми журналдарда 2 мақала

жарияланған, сондай-ақ халықаралық конференциялар мен симпозиум материалдарында 8 тезис жарық көрген. Автор зерттеу тақырыбы бойынша әдеби деректерді дербес талдаған, зерттеудің мақсаты мен міндеттерін айқындаған, эксперименттік зерттеулер жүргізген, алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу мен талдау жұмыстарын орындаған және диссертациялық жұмысты жазуға толыққанды қатысқан.

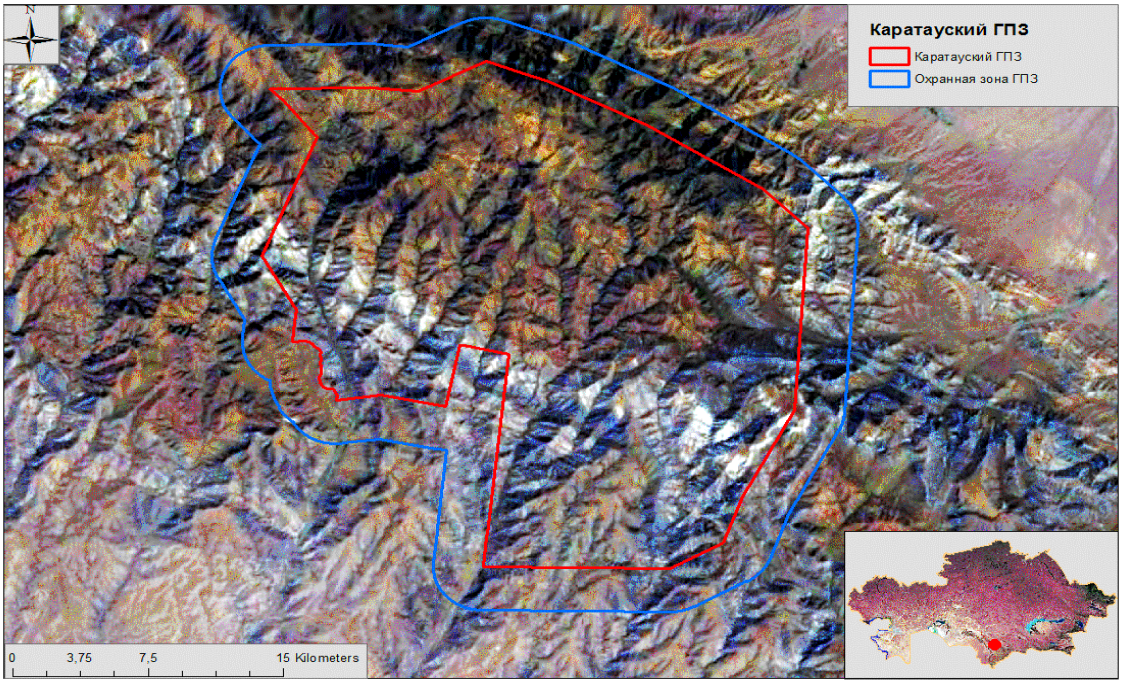
Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі Диссертациялық жұмыс 122 бет компьютерлік беттен тұрады: олардың ішінде қысқартулар, белгілеулер, кіріспе, жұмыс бойынша басқа да әдебиеттерге шолу, зерттеу материалдары және әдістері, нәтижелер мен оларды талқылаулар, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімі бар. Диссертациялық жұмыста 155 пайдаланылған әдебиеттер, 14 кесте, 43 сурет және 1 қосымша бар.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ

1.1 Қаратау қорығының физикалық географиялық сипаттамасы және климаты

Тау-сағыз сирек кездесетін және жойылып кету қаупі төніп тұрған, эндемикалық түр болып табылады, өсу аймағы шектелген өсімдіктер қатарында. Бұл түрдің жабайы өсетін үлгілері Қазақстан аумағында тек Сырдария Қаратауы тауларының ауданында кездеседі [1,2]. Қазақстанның оңтүстігіндегі тау жотасында таралған, Қаратау немесе Сырдария Қаратауы-Тянь Шаньнның солтүстік-батыс беткейінде орналасқан. Қаратау қорығының аумағы (1-сурет) көрсетілген.



Сурет 1 – Қаратау қорығының географиялық орналасуы.
Қазақстан аумағы, Қаратау жотасында [4].

Жотаның ұзындығы шамамен 420 км. Қаратау жотасы тақтатастардан, құмтастардан, әктастардан, доломиттерден тұрады. Қаратау рельефі тегістелген шыңдармен және тік беткейлермен өзара ерекше болып табылады. Қаратау таулары ксерофитті тау-дала өсімдіктері мен ерекшеленеді. Жота Оңтүстік Қазақстан және Жамбыл облыстарының аумағында, шеткі батыс бөлігі Қызылорда облысының аумағында орналасқан [1]. 1998 жылы "Қаратау жотасының палеолиттік объектілері және геоморфологиясы" нысанын ЮНЕСКО-ның Бүкіләлемдік мұра объектілерінің тізіміне енгізуге өтінім берілді, және 2004 жылы Қаратау қорығы құрылды [17]. Қаратау жотасының суреттері 2-суретте көрсетілген.



А – Тау беткейлері, Ә – Тасты тау - сағыз кездесетін жоталар, Б – Бұталы өсімдіктер аралас тау беткейі.

Сурет 2 – Қаратау жоталары 2023 жыл

Қаратау мемлекеттік табиғи қорығы Оңтүстік Қазақстан облысының аумағында Тянь-Шаньның солтүстік-батыс бөлігінің тармағы болып табылатын Қаратау жотасының орталық бөлігінде орналасқан. Мойынқұм, Қызылқұм, Бетпақдала шөлдерімен шектеседі. Қорық солтүстігінде және солтүстік-шығысында Созақ ауданымен, ауданның шекарасынан батысында Баялдыр және Түйетас өзендерінің түйіскен жеріне дейін Қарағаштау тауларының оңтүстігінде Талдыбұлақ, Хантағы өзендері арқылы, Созақ ауданының бойына дейін шектесіп жатады [3].

Жотаның асимметриялық құрылымды болып келеді. Оның оңтүстік-батыс беткейі кең және салыстырмалы түрде жұмсақ. Солтүстік-шығыс және Солтүстік беткейлері айтарлықтай тік орналасқан. Жотаның ең биік нүктесі-теңіз деңгейінен 2167 м биіктікте орналасқан Бессаз төбесінің жоғарғы ағысындағы Мыңжылқы тауы [3].

Қорық аумағының меридиандық бағыттағы ұзындығы координаттар жүйесі бойынша 28,3 км (68°38 - ден 68°50' шығыс бойлыққа дейін), ендік бағытта-23,6 км (43°36' - дан 43°49' солтүстік ендікке дейін) құрайды. Қорықтың жалпы ауданы 34300 га құрайды, орталығы Түркістан қаласынан 40 км жерде, теміржол станциясы бар Кентау қаласында орналасқан. Бұл қалалар автомагистраль жолымен байланысқан. Орталықтан қорық аумағына дейінгі ең жақын қашықтық-17 км. Қорық "Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі Орман және аңшылық шаруашылығы комитетінің "Қаратау мемлекеттік табиғи қорығы" мемлекеттік мекемесін құру туралы"Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2004 жылғы 1 наурыздағы № 249 қаулысына сәйкес ұйымдастырылған.Қорық мемлекеттік мекеме түрінде заңды тұлға мәртебесіне ие. Қорықтың уәкілетті органы Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің Орман және аңшылық шаруашылығы комитеті болып табылады.

Қаратау қорығы-еліміздің қорықтарының ішіндегі ең жасы. Алайда, оның құрылу тарихы ұзақ және күрделі, шамамен 30 жылды құрайды. Өткен ғасырдың 70-жылдарынан бастап Қаратаудың бірегей эндемикалық флорасын қорғау қажеттілігі туралы көптеген ботаниктер – М.С. Байтенов, В. П. Голоскоков, Н. Х. Кармышева және т. б. 1975 жылы академик Б. А. Быков, "Қазақстандағы қорық ісінің ғылыми негіздері" комиссиясының төрағасы қорықты құру туралы нақты ұсыныстар жасаған. Эндемикалық өсімдіктер мен сирек кездесетін жануарлар түрлерінің ең көп шоғырланған аумағы 140 мың га болатын жотаның ең биік бөлігін сақтау қажеттілігінің қысқаша негіздемесін ол зоолог Е. И. Строутманмен бірге алғаш рет 1982 жылы жарыққа шығарды [3,4].

Үш далалық маусымда (1981, 1982, 1985 жж.) ғылым академиясының "Қазақстандағы қорық ісін дамыту" нысаналы бағдарламасын әзірлеуге сәйкес аумақты экспедициялық зерттеуді әр жылдары ботаниктер (Н.К. Жапарова, Н.В. Ляшенко, П. М. Мырзакулов, В. А. Самойлова) және (Ю. Г. Афанасьев, Б. А. Губанов) зоологтар жүргізді. Өкінішке орай, жоспарланған аумақтың ауданы 41,4 мың гектарға дейін қысқарды. Қазақстан экология және биоресурстар министрлігінің тапсырмасы бойынша қорықтың техникалық-экономикалық

негіздемесі 1998 жылы ғана жасалды. Құнды ұсыныстарды Р. В. Камелин 1990 жылы жариялады. 2002 жылдың күзінде Батыс Тянь-Шаньның биоалуантүрлілігін сақтау жөніндегі трансшекаралық жоба аясында Е. И. Рачковская бастаған ғылыми экспедицияның нәтижелері негіздеме болды. Өкінішке орай, Созақ ауданының әкімшілігімен келіспеушілікке байланысты қорық аумағы тек Оңтүстік Қазақстан облысының Түркістан ауданы шегінде ғана бөлінді, ол 34,3 мың га құрайды [3,4].

Климаты. Аумақтың климаты континенталды, құрғақ. Ауаның орташа жылдық температурасы +8 - + 12с аралығында болады. Ең суық ай қаңтар (орташа температура –5 ^{0}С), ең ыстық – шілде (+25 - +27^{0}С). Орташа тәуліктік температурасы 5^{0}С -тан жоғары жылы кезеңнің ұзақтығы - 220 күн, аязсыз кезең 160–180 күн. Жауын – шашынның орташа жылдық мөлшері шамамен 400 мм, таулардың жоғары бөліктерінде жекелеген жылдары 500 және тіпті 700 мм дейін. Жауын-шашынның жыл мезгілдеріне таралуы біркелкі емес-көктем мен күзге дейін. Мамыр айының ортасында қорық тауларында қатты найзағаймен жаңбыр жауады. Қыста ауа-райы көбінесе ашық және тыныш болады. Желдің орташа жылдамдығы 3–4 м/с аспайды. Қар жамылғысы таяз-20–30 см-ге дейін, ол әдетте қарашаның соңғы күндерінде орнатылады, ақпан айының соңында жойылады. Климаттың негізгі ерекшелігі-жауын-шашынның жыл мезгілдеріне сәйкес келмеуі. Қорық маңындағы Қаратаудың таулы бөлігінде метеостанциялар жоқ, сондықтан қорыққа жақын орналасқан Ащысай және Түркістан гидрометеостанциялары бойынша көпжылдық деректер келтіріледі [3].

Бұл өңірдің геологиясы күрделі болып келеді. Шөгінді жыныстардың, негізінен девондық әктастардың, сирек – палеозойдың көміртекті кезеңдерінің басым болуымен сипатталады. Таулардың төменгі бөліктері мезозойдың бор дәуіріндегі жыныстардың көп бөлігінен тұрады, ал тау бөктері мен тау етектері кайнозой дәуіріндегі ең жас өсінділерден тұрады. Кейде аумақта кристалды кварциттердің шығуы (Біресек өзенінің жоғарғы ағысы), одан да сирек – атқылау жыныстары (гранитоидтар мен порфирлер) кездеседі [1].

Топырағы. Қаратау тауларында қарапайым таулы сұр топырақтар, ал жоғары гипсометриялық деңгейлерде таулы жеңіл каштан және қара каштан топырақтары бар. Осы топырақтардан басқа, қорықта жайылмалық, және тоғай топырақтары аз кездестіреміз [5].

Гидрология. Жотаның беткейлері көптеген өзендердің терең аңғарларымен және барлық жерде маусымдық жер үсті ағындары бар уақытша су ағындарымен бөлінген. Негізгі өзендер-Баялдыр, Біресек және Хантағы жоталарының беткейінен басталып, оның осьтік бөлігіне перпендикуляр құяды. Алқаптың жоғарғы ағысында олар тар, каньон тәрізді, көбінесе биіктікте айтарлықтай айырмашылықтар бар, бұл көркем сарқырамалардың пайда болуына ықпал етеді. Аңғарлардың төменгі бөліктері әдетте жұмсақ және кеңірек болады. Тек кейбір жерлерде өзендер тар жартасты қысқыштардан ағып өтеді, онда қуатты су ағындары терең шұңқырларды құрайды.

Өзендердің ешқайсысы өз суларын Сырдария өзенінің негізгі су артериясына жеткізбейді [6].

1.2 Қаратау қорығының биоалуантүрлілігі (флора мен фаунасы)

Қорықтың жоғары сатыдағы өсімдіктерінің флорасы, қазіргі уақытта белгілі мәліметтерге сәйкес 360 түрі бар. Ол ежелгі және жаңа эндемикалық түрлердің, тұқымдастар мен формалардың бірегей конгломераты болып табылатын өзіндік ерекшелігімен ерекшелігімен еске түседі. Түрлердің жалпы санының кемінде төрттен бір бөлігі сирек кездесетін санатқа жатады (96 түрі). Қорықтың қазіргі аумағында тек Қаратау эндемиктерінің 53 түрі бар, тағы 10 түрі Қаратау мен Батыс Тянь-Шаньға тән. Қызыл кітапқа (дайындалған 2-ші басылымды ескере отырып) 42 түрі енгізілген. Қорықта монотипті ұрпақ өкілдерін сақтау өте маңызды. Ботаникалық-географиялық аудандастыру бойынша қорықтың аумағы орталық аласа таулы-орта таулы жоталарға жатады жатады [3-6]. Бұл аймақта Е.И. Рачковскаяның соңғы зерттеулердің нәтижелері бойынша өсімдіктер қауымдастығының өзіндік ерекшелігін және тік белдеудің ерекшелігін ескере отырып жасалған. Аласа таулар (1200-ге дейін, кейде 1600 м – ге дейін) Арнайы таулы-жусан белдеуі, ал орта таулар-дала белдеуі. Топырақтың басым түрлері де осы екі белдеумен байланысты-жусандағы қарапайым сұр топырақ. Тек Бессаз тауларында таулы шалғынды-дала фрагменттері, ал өзен алқаптарында жайылмалы орманды – шалғынды топырақтар кездеседі. Өсімдіктердің басым түрлері (тау жусандары, дала және фриганоидтар немесе таулы ксерофиттер) ерекше болып келеді. Фриганоидтар-көпжылдық тікенді шөптер, бұталары басым болатын құрғақ, тасты мекендейтін өсімдіктердің ерекше түрі. Олардың әрқайсысының құрамында эндемикалық флористикалық элементтердің тұтас кешені бар. Тау жусандарының басым бөлігі-эндемикалық түрі *Қаратау жусаны*-көптеген жоғары сабақтары бар бұта. Көбінесе бұл акантолимонның эндемикалық түрлері, лепидолофтар, кузиниялар, Регель рафидофитоны және т.б. Мұндай фриганоидты элементтердің дала аумағында, *Қаратау жусаны* сияқты жусан өсімдіктерінің болуы қорықтың өсімдіктеріне ерекше көрініс береді. Кішігірім аумақтарды жапырақты бұталар алып жатыр, олар ойыс беткейлермен және жартас аумақтарының астындағы жерлермен шектеседі. Кейде Парсы тау күлі мен Королькова долана ағаштары кездеседі. Қорықтың сирек кездесетін өсімдіктер қауымдастығына негізінен талдардың қатысуымен Түркістандық долана, тұт және алма ағаштарынан тұратын өзен тоғайлы ормандары жатады. Төмен таулардың құрғақ беткейлері кішкентай жапырақтары бар реликті ағаштар – Регель мен Семенов үйеңкі алмұртының тоғайларынан тұрады [1-6].

Қорықта сирек кездесетін түрлердің популяциясы қорғалады.Қорықтың көптеген пайдалы өсімдіктерінің ішінде әлемге 1929 жылы ғана ашылған КСРО - ның ең танымал ресурстық жабайы табиғатының бірі болған аңызға айналған тау сағыз бар. Қиыршық тасты жоталар мен үстірттерде тұратын бұл бұта (*Scorzonera tau-saghyz* тау-сағыз) тамырларында 40%-ға дейін (орта есеппен 18–20%) жоғары сапалы каучук бар [1]. Сәндік өсімдіктер, әсіресе қызғалдақтар ерекше назар аударады: Альберт мен Грейга (көбінесе жартас алаңдарында бұл түрлер бірге өсіп, табиғи будандар түзеді), эндемикалық Қаратау тікенді қызғалдақ және т. б. кездеседі [3-6].

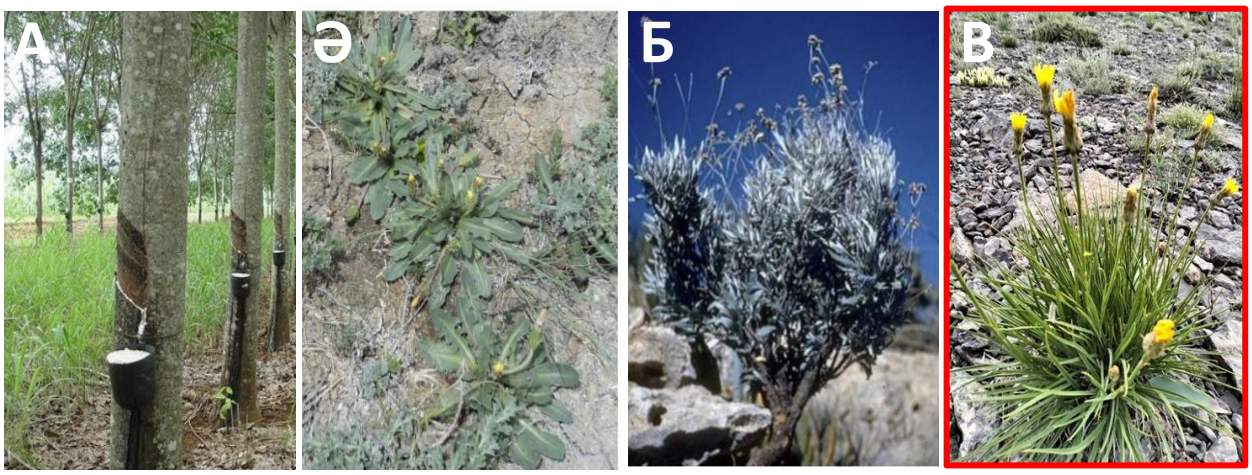
1.3 Табиғи каучуктың көзі болып табылатын өсімдіктер

Латекс тамырлы өсімдіктердің 43 тұқымдасына жататын өсімдіктердің кем дегенде 20000 түрінде кездеседі [7]. Табиғи каучук латексте (сүтті шырында) кездеседі, ол маманданған жасушаларда – сүт тамыршаларында (латциферлерде) синтезделеді. Бұл жасушалар бөлуші ұлпаның ерекше түріне жатады. Латекстегі каучук қорғаныс немесе тосқауылдық қызмет атқарады – ол өсімдік тіндері зақымдалған кезде жәндіктердің енуінен қорғайды және олардың қоректенуін ауыз бөліктерін желімдеу (желімдендіру) арқылы тежейді [8]. Қазіргі таңда негізгі экономикалық негіз болып табылатын каучук (*цис*-1,4-полиизопрен), ол 2500 өсімдік түрлерінде кездеседі (300 туыстың сегіз тұқымдасында бар)[9,10] Табиғи каучук – шиналар мен медициналық қолғаптарды қоса алғанда, шамамен 50000ға тарта каучук бұйымдарды өндіру үшін қолданылатын алмастырылмайтын және құнды биополимер [11]. Қазіргі таңда табиғи каучук өндірісі толығымен *Hevea brasiliensis* өсімдігінен алынады. Иілгіш, созылатын, серпімді және су өткізбейтін каучук қазіргі әлемнің маңызды материалдарының бірі. Жыл сайын өндірушілер 14 миллион тоннадан астам табиғи каучук және одан да көп синтетикалық каучукты шиналар, аяқ киімдер, желімдер, бояулар, шлангтар, тығыздағыштар, қолғаптар, презервативтер, көлік белдіктері және т. б. Сияқты өнімдерге айналдырады. *(Hevea brasiliensis Muell. Arg.)* – табиғи таралу аймағында (Амазонка бассейнінде) биіктігі 30-40 м-ге дейін жететін, жапырақ тастайтын (*deciduous*), ортотропты ырғақты өсу типіне ие және *Euphorbiaceae* тұқымдасына жататын биік ағаш. *H. Brasiliensis* генетикалық алуантүрлілігі Амазонка алабында шоғырланған, әлемдегі коммерциялық табиғи каучуктың негізгі көзі болып табылады. Табиғи каучук 7 тұқымдасқа (*Euphorbiaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Moraceae, Papaveraceae* және *Sapotaceae*) бірігетін табиғи каучукты жеті тұқымдасқа жататын 300 туыстың құрамындағы 7500-ден астам өсімдік түрі синтездейді [12]. Алайда табиғи каучуктың іс жүзіндегі негізгі көзі – каучук ағашы (*H. brasiliensis*), себебі ол стратегиялық маңызы бар бірегей биополимер түзеді және оның көптеген қолданылу салаларында синтетикалық материалдармен толық алмастыру мүмкін емес [13]. (*H. brasiliensis*) каучук ағашының маңыздылығына қарамастан, табиғи каучуктың баламалы көздерін іздестіру бірнеше себептерге байланысты өзекті болып отыр: плантациялар аумағының қысқаруы, латекске байланысты аллергиялық қауіптер және жоғары сапалы каучукке сұраныстың артуы [13–22]. Соңғы жылдары перспективалы балама көз ретінде гуайуле – *Parthenium argentatum Gray (Asteraceae)* қарастырылуда [23–28]. Бұл – Техас пен Солтүстік Мексиканың Чиууа шөлейт аймағында өсетін бұта, ол қазіргі кезде әлемдік каучук өндірісінің шамамен 10%-ын ғана қамтамасыз етеді. Гуайуле 18-49°C температура аралығына төзімді, жылдық жауын-шашын мөлшері 230-400 мм болатын, жақсы дренаждалған топырақтарда өсе алады. Оның өнімділік әлеуеті 600-900 кг/га шамасында [29]. Гуайуле латексі гипоаллергенді латекстік бұйымдар өндіруге жарамды. Өсу қарқынының баяулығы мен каучук мөлшерінің төмендігі сияқты шектеулеріне қарамастан, гуайуле гипоаллергенді латекс өндіруде коммерциялық тұрғыдан өміршең

балама ретінде қарастырылып өсірілуде [30]. Солтүстік және Солтүстік-Шығыс Қытайда өсетін кейбір түрлердің де маңызы бар. Мысалы, *Euonymus alata (Celastraceae)* қабығында каучук мөлшері 10-16% аралығында болады. Сонымен қатар Қазақстанның қызыл кітабына енген таулы аймағында табылған *Taraxacum kok-saghyz* (көк–сағыз) түрі жоғары каучук құрамы мен ерекшеленеді [31–37]. Басқа каучук көздеріне мыналар жатады: *Ceara* каучук – *Manihot glaziovii,* үнді каучук – *Ficus elastica Roxb.,* панамалық каучук – *Castilla elastica Cerv., Lagos* каучугі – *Funtumia elastica Stapf.,* және Мадагаскар каучугі – *Cryptostegia grandiflora R. Br*. Каучук – изопрен бірліктерінен тұратын көмірсутекті полимер, өсімдіктерде екінші реттік метаболит ретінде (*цис*-1,4-полиизопрен) негізінен ағаштың екіншілік флоэмасында түзіледі. Табиғи өсімдіктерден алынатын каучукке тән жоғары серпімділік, жылуға төзімділік және механикалық беріктік қасиеттері оны көптеген өнеркәсіптік салаларда алмастырылмайтын табиғи материал етеді [38]. *H. brasiliensis* ағашы дүниежүзі бойынша 10 миллион гектардан астам аумақта өсіріледі және жыл сайын шамамен 8,4 миллион тонна каучук өндіріледі [14–22,39]. Бұл – жаңартылатын (жасыл) эластомер, оны өндіру синтетикалық каучукпен салыстырғанда мұнайды шамамен алты есе аз қажет етеді. Негізгі өндіріс Оңтүстік-Шығыс Азияда (92%), Африкада (6%) және Латын Америкасында (2%) шоғырланған [13]. Жетекші өндіруші елдер: Вьетнам, Таиланд, Индонезия, Үндістан, Малайзия, сондай-ақ Қытай, Кот-д'Ивуар, Либерия, Шри-Ланка, Бразилия, Филиппин, Камерун, Нигерия, Камбоджа, Гватемала, Мьянма, Гана, Конго, Габон және Папуа – Жаңа Гвинея.

Кесте 1 – Табиғи каучук өндіретін өсімдіктер [13].

Табиғи каучук өндіретін өсімдік	Сипаттамасы	Каучук алынатын бөлігі	Молекулалық салмағы (кДа)	Өндіріс көлемі (тонна/жыл)	Каучук мөлшері (%)
Гевея*(Hevea brasiliensis)*	Гевея – каучук беретін ағаш, латекс түзіледі	Қабығы	1 310	9 000 000	30–40
Гуайюла бұтасы (*P. argentatum Gray*)	Гуайюла латексі қоңыр немесе жасыл түсті болады	Тамыры	1 280	10 000	3–12
Көк – сағыз (*Taraxacum kok-saghyz)*	Тамырында сүт тәрізді сұйықтық түзеді	Тамыры	2 180	3 000	0–15



А – *Hevea brasiliensis* [64]. Ә – *Taraxacum kok-saghyz* [31]. Б – *Parthenium argentatum* [64]. В – *Scorzonera tau-saghyz*

Сурет 3 – Табиғи каучук өндіретін өсімдіктер

Taraxacum kok-saghyz тамырларында жоғары сапалы табиғи каучук латексін түзеді, сондықтан тропикалық каучук ағаштарына өміршең балама көзі бола алады [11,40,41]. Қолайлы жағдайларда *Taraxacum kok-saghyz* тамырларында әдетте 60-100 мкг/г каучук түзеді, алайда генетикалық және экологиялық факторларға байланысты бұл көрсеткіш 10-нан 228 мкг/г дейін өзгеруі мүмкін [42]. *Hevea*-дан айырмашылығы, *Taraxacum kok-saghyz* қоңыржай климатта өсіріле алады, бұл импорттық каучукке тәуелділікті азайтып, ішкі жеткізу тізбектерін нығайтады – мұндай мәселе COVID-19 пандемиясы кезінде айқын байқалды. Балама *Taraxacum kok-saghyz* өсімдіктерінің генотиптерін жасау үшін генетикалық метаболикалық инженериясының тәсілдері үлкен маңызға ие [43,44]. Алайда, біздің каучук биохимиясы туралы біліміміз айтарлықтай дамығанымен, *Taraxacum kok-saghyz* биосинтезі, биосинтетикалық аппарат және оған қатысты молекулалық механизмдер туралы қазіргі түсінігіміз толық емес болып қала береді. Екі кеңістікте бөлінген метаболикалық жолдар өсімдіктердегі *Taraxacum kok-saghyz* биосинтезінің бастапқы өнімдерін қамтамасыз етеді және олардың гендері мен ферменттері кешендері айтарлықтай жақсы зерттелген. Керісінше, соңғы кезеңге қатысатын ақуыздар мен гендерді – ең жоғары молекулалық салмақты каучук полимердің синтезі енді ғана пайда бола бастады. Бұл шолуда біз *Taraxacum kok-saghyz* биосинтезіндегі соңғы ғылыми зерттеулерге сыни баға береміз, *in vitro* қалпына келтіру және *H. Brasiliensis* өсімдігін қоса алғанда, өсімдіктердегі *Taraxacum kok-saghyz* сапасын жақсартуға бағытталған генетикалық және метаболикалық зерттеу инженериясындағы жетістіктерге, тағы екі перспективалы балама каучук дақылдары, атап айтқанда каучуктік *Taraxacum kok-saghyz* және гваюла, сияқты үлгі түрлерін айтуға болады. Сонымен қатар, біз табиғи каучук биосинтезін зерттеудегі өзекті мәселелерді және балама каучук дақылдарының

коммерциялық дамуын жеделдету үшін табиғи каучук метаболикалық жолдарын дамытудың болашақ жоспарлары қозғалады [45,46]. Табиғи каучукке үнемі өсіп келе жатқан өнеркәсіптік сұраныс *H. brasiliensis* каучук өндіру жүйесінің осалдығымен, ормандарды кесуге мораторийммен және *H. brasiliensis* латексі мен каучук өнімдеріндегі ақуыздарға ауыр аллергиялық реакциялармен бірге зерттеушілерге қоңыржай аймақтарда өсіруге және дамытуға мүмкіндік берді [47].

Каучукті арнайы органеллалар, атап айтқанда цитозолда және бетінде орналасқан каучук бөлшектері шығарады, олардың изопентенил пирофосфатының *цис*-полиизопренге қосылу реакциясы арқылы жүреді. Бұл бөлшектердің мөлшері түрден түрге қарай өзгереді, сонымен қатар бір ағза ішінде де өзгеруі мүмкін. Каучук бөлшектерінің жалпы құрылымы өсімдіктердің барлық түрлерінде бірдей, өйткені олардың барлығы липидтерден, ақуыздардан және басқа қосылыстардан тұратын көп қабатты мембранамен қоршалған біртекті каучуктық ядро болып табылады [10]. Кейбір бөлшектермен байланысқан ақуыздардың гликозилденген қалдықтары және фосфолипидтердің гидрофильді бас топтары бөлшектердің сулы цитозолмен әрекеттесуіне мүмкіндік береді. Каучук бөлшектерінің мембранасы липидтер мен ақуыздардың ерекше жиынтығынан тұрады. Бір қызығы, каучук бөлшектердің мембранасын құрайтын липидтер дамуы өздігінен жүреді және ешқандай қосымша заттарды қажет етпейді. Полиизопрен тізбегін ұзарту процесі бөлшектердің ішіне ене отырып, каучук бөлшектерінің біртіндеп өсуіне әкеледі [48].

Каучук өсімдіктердің өсуі мен дамуы кезінде қажет емес екіншілік өнім. Осыған байланысты каучук бөлшектердің жалғыз функциясы каучукті тиімді біртұтас етіп құрау. Табиғи каучук "тұйық өнім" болып көрінеді, өйткені өсімдіктерде бұл затты ыдырататын ферменттер жоқ. Осыған байланысты табиғи каучук өсімдік ағзасында өмірінің соңына дейін қалады [49,50]. Осы жерде неліктен өсімдіктер оны синтездеу үшін көп энергияны пайдаланады деген сұрақ туындайды: Қазірдің өзінде табиғи каучуктың физиологиялық рөлі толық белгісіз. Табиғи каучук ауруға төзімділікке, жараларды емдеуге және қоршаған ортаның күйзелісіне төзімділікке қатысады деп болжануда. Қорғаныс және стресстік реакциялармен байланысты гендер каучук шығаратын өсімдіктердің геномында жоғарылайды және басқа ұлпалармен салыстырғанда латексте экспрессияның жоғары жылдамдығын көрсетеді деп болжанған [51]. Сонымен қатар, латексті құрайтын химиялық заттар мен ақуыздар шөпқоректілерге уыттылық көрсетеді және өсімдікті жәндіктерден қорғай алады, өйткені бұл олардың ауыз бөліктерін иммобилизациялауы мүмкін. Сондай-ақ, каучук синтезі фотосинтез кезінде пайда болатын заттармен, атап айтқанда қанттармен басқа да полимерлерді каучукке айналдыру арқылы фотосинтетикалық үдеріске байланысты суық температурада, қатты жарықта немесе қоршаған ортаның басқа әсерлерінде зақымданудан қорғаныс механизміне айналуы мүмкін деп болжанады [49,50].

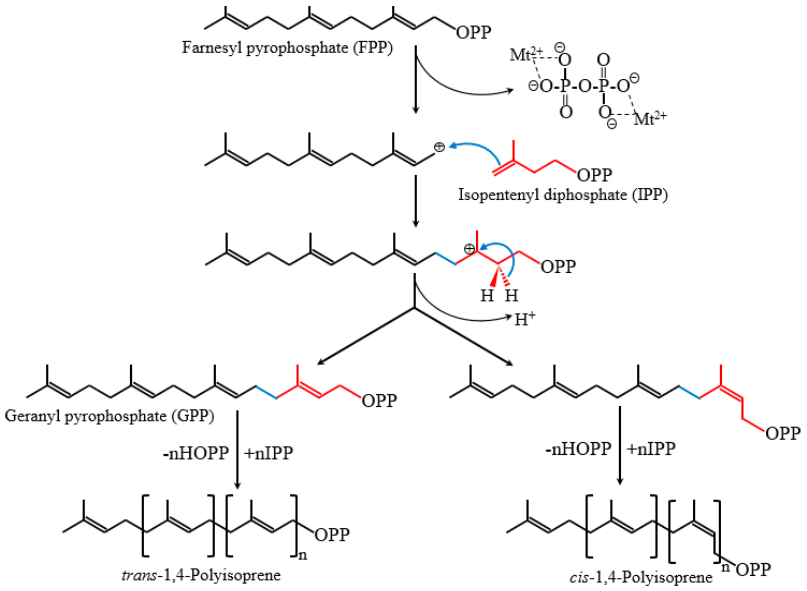
1.4 Табиғи каучуктың биосинтезі

Табиғи каучук – изопреноидтар мен терпеноидтардың жалпы биосинтез жолының бүйірлік тармағының соңғы өнімі болып табылады. Оның биосинтезінің негізгі прекурсоры барлық изопреноидтарға ортақ аралық қосылыс – изопентенил дифосфат (IPP) болып саналады. Жоғары сатыдағы өсімдіктерде, соның ішінде *Hevea brasiliensis* және *Parthenium argentatum* түрлерінде табиғи каучуктың биосинтезі IPP молекулаларының инициатор қызметін атқаратын аллил дифосфаттарына (аллил пирофосфаттарына) біртіндеп қосылуы арқылы жүзеге асады. Нәтижесінде *цис*-1,4-полиизопреннің жоғары молекулалы полимерлік тізбегі түзіледі. Табиғи каучуктың негізгі құрылымдық бірлігі – *цис*-1,4-полиизопрен, молекулалық массасы әдетте 1000 кДа-дан жоғары болатын жоғары молекулалы биополимер. Оның ерекше физика-химиялық қасиеттерін синтетикалық каучуктар толық алмастыра алмайды [52,53]. Каучук биосинтезі үш негізгі кезеңнен тұрады: инициация, полимерлену және аяқталу. Инициация кезеңінде аллил дифосфаттары, соның ішінде диметилаллил дифосфат (DMAPP), геранил дифосфат (GPP), фарнезил дифосфат (FPP) және геранилгеранил дифосфат (GGPP) бастапқы молекула қызметін атқара алады. Алайда көптеген зерттеулер табиғи жағдайда негізгі инициатор ретінде фарнезил дифосфаттың (FPP) қызмет атқаратынын көрсетеді. Бұл оның каучук молекуласының соңғы құрылымындағы *транс*-бастама-*цис* тізбектілігімен және цитоплазмада орналасуымен түсіндіріледі [54–57]. Каучук трансферазасының белсенділігі үшін Mg^{2+} немесе Mn^{2+} иондарының болуы міндетті. Бұл екі валентті катиондар ферменттің кофакторлары ретінде қызмет атқарып, аллил дифосфатының иондануын және IPP-нің полимер тізбегіне қосылуын қамтамасыз етеді [55,58,59]. Реакция механизмі катиондық полимерленуге ұқсас жүреді: алдымен инициатор молекуласында аллил катионы түзіліп, кейін оған IPP қосылады. Протонның бөлінуінен кейін тізбектің ұшы қайтадан аллил дифосфат түріне ауысып, келесі IPP молекуласының қосылуына мүмкіндік береді[60]. Осылайша полимер тізбегі үздіксіз ұзартып, *цис*-1,4-полиизопрен түзіледі (4-сурет) [60]. Полимерленудің аяқталу механизмі толық анықталмағанымен, табиғи каучуктың молекулалық массасының қалыптасуына бірнеше фактор әсер ететіні белгілі. *In vitro* тәжірибелерінде IPP концентрациясының жоғарылауы синтезделетін полимердің молекулалық массасын арттыратыны, ал FPP мөлшерінің көбеюі керісінше оның төмендеуіне әкелетіні анықталған [61]. Сонымен қатар, магний иондарының концентрациясы ферменттің субстраттарға аффинділігіне және түзілетін каучуктың молекулалық массасына ықпал етеді [55,58].

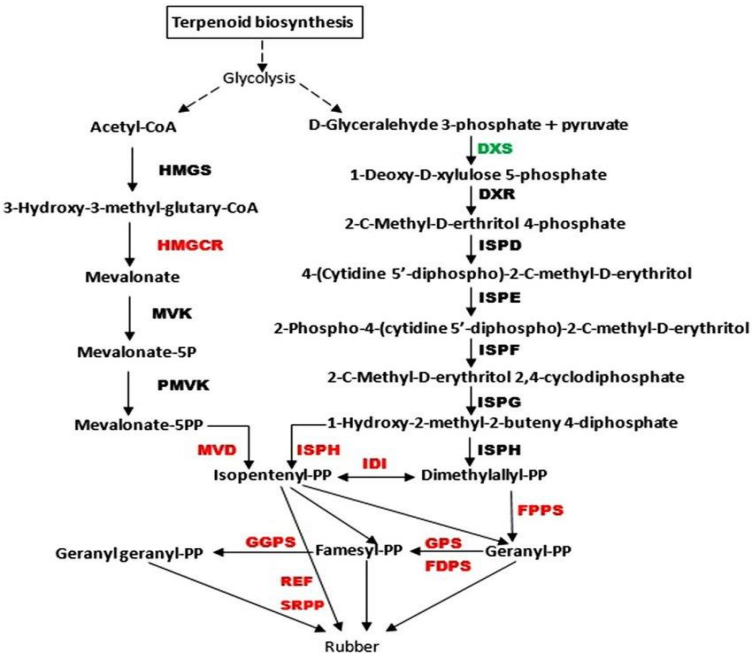
Өсімдіктерде IPP екі тәуелсіз метаболизмдік жол арқылы синтезделеді: мевалон қышқылы (MVA) жолы және 2-C-метил-D-эритритол-4-фосфат (MEP) жолы (5-сурет). MVA жолында IPP ацетил-КоА-дан басталатын реакциялар тізбегі арқылы түзіліп, негізгі реттеуші фермент ретінде 3-гидрокси-3-метилглутарил-КоА редуктаза (HMGCR) қатысады [47]. Ал MEP жолында IPP пируват пен D-глицеральдегид-3-фосфаттың конденсациясынан түзілетін 1-дезокси-D-ксилулоза-5-фосфат (DXP) арқылы синтезделеді және соңғы кезеңде

4-гидрокси-3-метилбут-2-енил дифосфат редуктазасының (IspH) қатысуымен IPP-ге айналады.Түзілген IPP молекулалары изопентенил дифосфат изомеразасының (IDI) әсерінен диметилаллил дифосфатқа (DMAPP) изомерленеді. Кейіннен DMAPP пен IPP қатысуымен геранил дифосфат (GPP), фарнезил дифосфат (FPP) және геранилгеранил дифосфат (GGPP) түзіледі. Бұл реакциялар сәйкесінше фарнезил дифосфат синтазасы (FPPS) және геранилгеранил дифосфат синтазасы (GGPPS) ферменттерінің қатысуымен жүзеге асады [62].

IPP молекулаларының полимерге қосылуын каучук трансфераза немесе цис-пренилтрансфераза (CPT) катализдейді. Бұл фермент каучук бөлшектерінің мембранасымен байланысқан және халықаралық ферменттік номенклатура бойынша EC 2.5.1.20 класына жатады. Әдебиеттерде ол каучук полимераза, каучук пренилтрансфераза, *цис*-1,4-полиизопренилтрансфераза немесе каучук аллилтрансфераза деген атаулармен де кездеседі [63] . Соңғы жылдары латекстің протеомдық зерттеулері каучук биосинтезіне тек *цис*-пренилтрансфераза ғана емес, сондай-ақ каучук бөлшектерімен байланысқан көптеген реттеуші ақуыздардың қатысатынын көрсетті[64–66]. Бұл ақуыздар полимерленудің аяқталуын, полимер тізбегінің ұзындығын және каучуктың молекулалық массасын реттеуге қатысады. Сондықтан табиғи каучуктың биосинтезі көпсатылы әрі күрделі реттелетін молекулалық процесс болып табылады. 4-суретте табиғи каучуктың биосинтезінің молекулалық механизмі көрсетілген.



Сурет 4 – Табиғи каучуктың биосинтезінің молекулалық механизмі: фарнезил дифосфаттың (FPP) инициатор ретінде қатысуымен изопентенил дифосфатының (IPP) біртіндеп қосылуы нәтижесінде *цис*-1,4-полиизопреннің түзілу сызбасы [10]

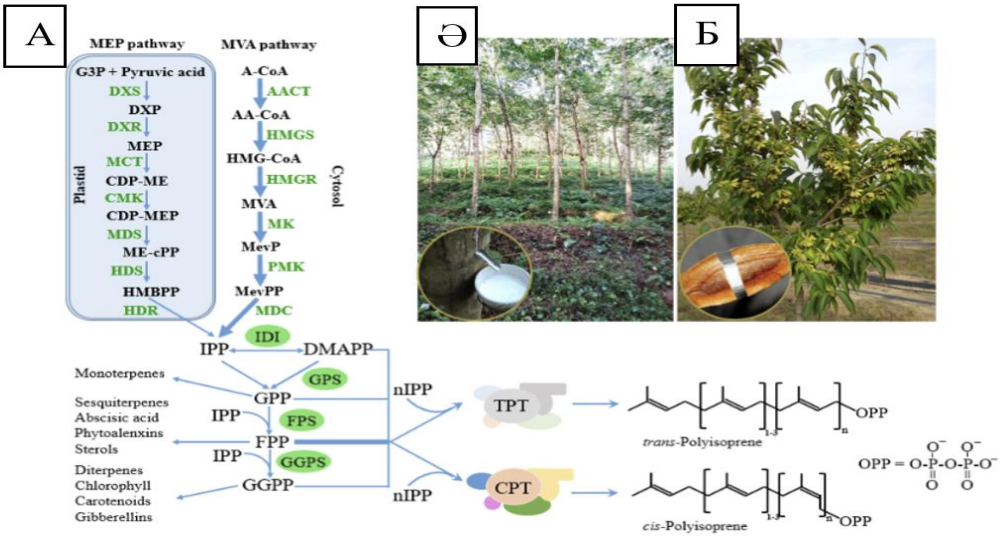


Сурет 5 – табиғи каучук биосинтезінің метаболизмдік жолдары [67]

Табиғи каучуктың биосинтезіне қажетті изопентенил дифосфат (IPP) өсімдіктерде екі тәуелсіз метаболизмдік жол – мевалонат (MVA) және 2-С-метил-D-эритритол-4-фосфат (MEP) жолдары арқылы түзіледі (6-сурет). Екі жолдың да соңғы өнімдері IPP мен диметилаллил дифосфат (DMAPP) болып табылады. Олар IDI, FPPS және GGPPS ферменттерінің қатысуымен геранил дифосфат (GPP), фарнезил дифосфат (FPP) және геранилгеранил дифосфат (GGPP) түзеді. Олардың ішінде FPP каучук биосинтезінің негізгі инициаторы болып табылады, ал кейін каучук трансфераза (CPT) ферментінің әсерінен IPP молекулаларының біртіндеп қосылуы нәтижесінде жоғары молекулалы *цис*-1,4-полиизопрен (табиғи каучук) синтезделеді (5-сурет). Каучуктың полимерленуі *цис*-пренилтрансфераза (CPT) немесе каучук трансферазасының қатысуымен жүзеге асады. Бұл ферменттің әсерінен IPP молекулалары FPP-ге біртіндеп қосылып, жоғары молекулалы *цис*-1,4-полиизопрен түзіледі (4-сурет). Каучуктың полимерленуі *цис*-пренилтрансфераза (CPT) немесе каучук трансферазасының қатысуымен жүзеге асады. Бұл ферменттің әсерінен IPP молекулалары FPP-ге біртіндеп қосылып, жоғары молекулалы *цис*-1,4-полиизопрен түзіледі (6-сурет). Ал *транс*-пренилтрансфераза (TPT) әсерінен *транс*-1,4-полиизопрен синтезделеді.[68]. Каучуктың полимерленуі *цис*-пренилтрансфераза (CPT) немесе каучук трансферазасының қатысуымен жүзеге асады. Бұл ферменттің әсерінен IPP молекулалары FPP-ге біртіндеп қосылып, жоғары молекулалы *цис*-1,4-полиизопрен түзіледі (5,6-сурет). Ал транс-пренилтрансфераза (TPT) әсерінен *транс*-1,4-полиизопрен синтезделеді [69].

6-сурет алдыңғы екі сызбаны біріктіре отырып, табиғи каучуктың биосинтезін молекулалық, биохимиялық және практикалық тұрғыдан көрсетеді. Сызбада MVA және MEP жолдарының өзара байланысы, CPT (*цис*-пренилтрансфераза) мен TPT (*транс*-пренилтрансфераза) ферменттерінің қызметі және олардың

сәйкесінше *цис*- және *транс*-полиизопрен түзуі көрсетілген. Сонымен қатар табиғи каучуктың негізгі өндірістік көзі болып табылатын *Hevea brasiliensis* плантациялары және ағаш діңінен латексті алу тәсілі бейнеленген. Сондықтан бұл сызба табиғи каучук биосинтезінің теориялық негізі мен өндірістік қолданылуын байланыстырады.



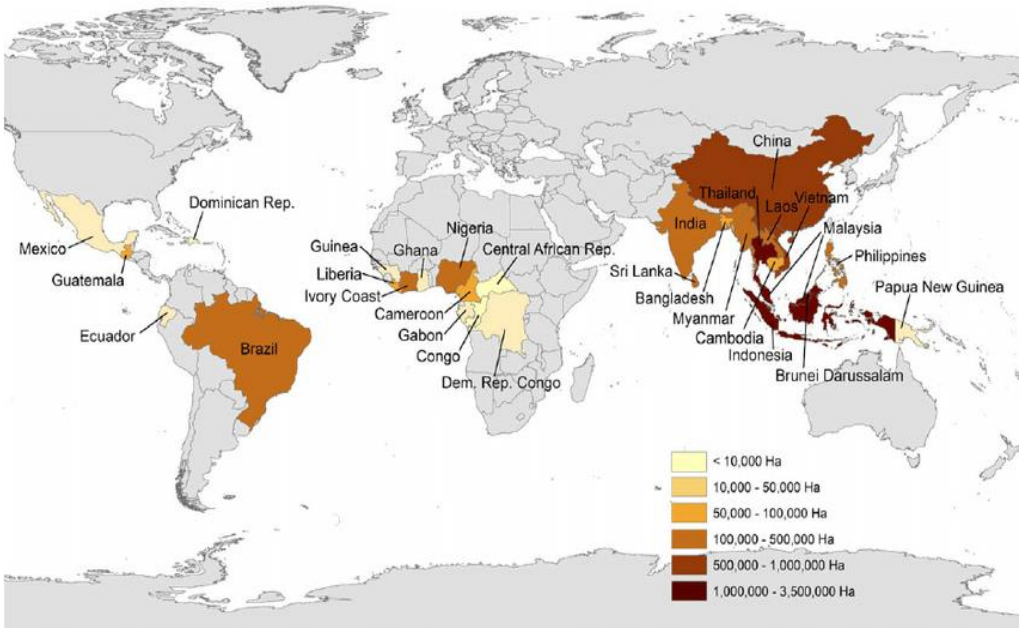
А – Полиизопрен (каучук) биосинтезінің молекулалық сызбасы, Ә – Табиғи каучук (*цис*-полиизопрен) көзі — Гевея ағашы, Б – Гуттаперча (*транс*-полиизопрен) бөлетін өсімдік (эвкоммия)

Сурет 6 – MVA (сол жақта) және MEP (оң жақта) каучук биосинтезі жолдары [10,67]

Жоғарыда келтірілген сызбалар табиғи каучук биосинтезінің біртұтас әрі көпсатылы процесс екенін көрсетеді. Алғашқы кезеңде мевалонат (MVA) және метилэритритолфосфат (MEP) жолдары арқылы изопентенил дифосфат (IPP) пен диметилаллил дифосфат (DMAPP) синтезделеді. Кейін олардың қатысуымен геранил дифосфат (GPP), фарнезил дифосфат (FPP) және геранилгеранил дифосфат (GGPP) түзіліп, FPP табиғи каучук биосинтезінің негізгі инициаторы ретінде қызмет атқарады. *Цис*-пренилтрансфераза (CPT) ферментінің әсерінен IPP молекулаларының біртіндеп қосылуы нәтижесінде табиғи каучуктың негізгі компоненті – жоғары молекулалы *цис*-1,4-полиизопрен түзіледі. Сонымен қатар сызбалар табиғи каучуктың биосинтезі мен оның өндірістік көздерінің өзара байланысын көрсетеді. Демек, каучуктың түзілу қарқындылығы MVA және MEP жолдарының белсенділігіне, түзілуіне, сондай-ақ CPT ферментінің қызметіне тікелей тәуелді. Осы биохимиялық және молекулалық механизмдерді терең зерттеу табиғи каучуктың жиналу заңдылықтарын түсінуге, оның мөлшерін арттыруға және *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігін болашақта табиғи каучуктың баламалы өнеркәсіптік көзі ретінде тиімді пайдаланудың ғылыми негізін қалайды.

1.5. Табиғи каучуктың әлемдік өндірісі мен өнімділігі

Бүгінде каучук – иілгіш, созылмалы, серпімді және су өткізбейтін қасиеттерімен ерекшеленетін маңызды материалдардың бірі. Жыл сайын өндірушілер 14 миллион тоннадан астам табиғи каучук пен одан да көп синтетикалық каучук өндіріп, оны шиналар, аяқ киімдер, желімдер, бояулар, шлангтар, тығыздағыштар, қолғаптар, презервативтер, машина белдіктері және басқа да өнімдер жасауға пайдаланады [70–79]. Барлық маңыздылығына қарамастан, табиғи каучуктің экономикалық тұрғыдан маңызды бір ғана көзі бар, *Hevea brasiliensis*, көптеген тропикалық елдерде көшет тамырларының қорларында клондық тұқым ретінде өсірілетін ағаш. *H. brasiliensis* табиғи каучук өндірісінің шамамен 85% құрайды. Оңтүстік-шығыс Азияда өндіріледі, Ең ірі өндірушілер ретінде (7– суретте) көрсетілген Таиланд, Индонезия және Вьетнам танылса, Африканың Кот-д'Ивуар, Камерун және Либерия сияқты елдері бұл салада өз ықпалын күшейтіп келеді.



Сурет 7 – Табиғи каучук өндіретін елдердің дүниежүзілік картасы [80,81]

Жаһандық сұраныстың артуы негізінен көлік секторының дамуымен байланысты. Алайда, бұл клондық ағаш дақылдарының жаппай сәтсіздікке ұшырау ықтималдығы айтарлықтай алаңдаушылық тудырады[61,82–84]. 2019 жылдың соңғы жарты жылдығында *Neofusicoccum* және *Pestalotiopsis* қоздырғыштары Гевея ағашының жапырақтарын зақымдауы және 500 000 гектардан астам аумаққа және жеті елге таралуы [39,85]. Тек 2020 жылы COVID-19 індетінің салдарынан көптеген шина зауыттарының жұмысын тоқтатуы сұраныс пен ұсыныс арасындағы 10% (1миллион тонна табиғи каучук) айырмашылықтың алдын алуға мүмкіндік берді [44]. Қоңыржай климаттық аймақтардағы табиғи каучук өндірісінің тапшылығы ауа-райы жағдайлары, мемлекеттік саясат және түрлі аурулар салдарынан оңай бұзылуы мүмкін ұзақ жеткізу тізбегінің қалыптасуына әкеледі. Өсімдік өнімдерінің ешбірі белгілі бір

өндірістік түрге толықтай тәуелді емес. Мысалы, ақуыз, май және крахмал өндіруге арналған дақылдардың алуан түрлілігі олардың біреуінің қолжетімсіз болған жағдайда, басқа баламалармен оңай ауыстырылуына мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ағаш түрі ретінде *H. brasiliensis* нарық талаптарының өзгеруіне оңай жауап бере алмайды [44]. Табиғи каучук өндірісі (ANRPC) елдерінің, 2021 – 2022 жылдарда табиғи каучук өндіргені туралы ақпарат 2 – кестеде берілген.

Кесте 2 – Табиғи каучук өндіруші елдердің қауымдастығы (ANRPC) табиғи каучук өндірісі 2022 ж. [86,87].

Елдер		Жылдар 2021	Жылдар 2022
		Тонна	Тонна
Азия			
Таиланд		4,643,722	5,262,800[2]
Индонезия		3,222,474	2,748,000[2]
Вьетнам		2,272,858	2,336,000[2]
Қытай Халық Республикасы		749,000	753,000[2]
Малайзия		469,669	377,047[2]
Үндістан		749,000	843,200[2]
Лаос		225,700	N/A
Камбоджа		374,300	394,700[2]
Филиппин		430,636	280,000[2]
Шри Ланка		76,884	70,900[2]
Папуа Жаңа Гвинея		5,500	5,500[2]
Африка			
Кот-д ' Ивуар,		730,062	737,000[3]
Нигерия		150,086	150,000[4]
Либерия		90,800	N/A
Гана		54,800	N/A
Камерун		47,800	N/A
Латын және Оңтүстік Америка			
Бразилия		239,851	185,000
Гватемала		119,600	96,000[5]
Мексика		95,798	15,000[5]
Колумбия		14,800	14,000[5]
Эквадор		19,273.86	N/A
Әлемде өндірілген табиғи каучук		14,021,987.53	11,971,147

2016 жылы өндіріс көлемі шамамен 15 млн тоннаны құраса, 2026 жылға қарай бұл көрсеткіш 20 млн тоннаға жуықтайды деп болжануда. Табиғи каучук өндірісі (көк бағандар) де өсуде, бірақ оның көлемі синтетикалық каучукпен салыстырғанда төмен. 2026 жылға қарай ол шамамен 16-17 млн тонна деңгейінде болады деп күтілуде. Сұраныс пен нарық көрсеткіштерінің өсу қарқыны (%) Графиктің оң жақ осі пайыздық өсімді (0.00% – 5.00%) көрсетеді: Табиғи каучукке сұраныс (қою көк сызық): 2018 жылы сұраныстың күрт өсуі байқалады (4%-дан жоғары), одан кейін 2020 жылы 2%-ға дейін төмендеп, кейінгі жылдары 3% деңгейінде тұрақталған. Шина және шина өнімдерінің өсімі (көгілдір үзік сызық): 2016 жылы ең жоғары өсу қарқынын (4,5%) көрсеткенімен, 2024 жылға қарай бұл көрсеткіш 2%-дан төмен түсіп, нарықтың баяулағанын аңғартады. Синтетикалық каучукке сұраныс (сарғыш сызық): 2016-2017 жылдары 3,5% деңгейінде тұрақты болып, кейін біртіндеп төмендеп, 2023-2026 жылдары 2-2,5% аралығында қалыптасқан. Қорытынды График мәліметтеріне сүйенсек, каучук нарығында өндіріс көлемінің өсуі жалғасуда, алайда сұраныстың өсу қарқыны (әсіресе шина өндірісі мен синтетикалық материалдарда) соңғы онжылдықта біртіндеп төмендеу немесе тұрақтану үрдісін байқатады. Бұл нарықтың қанығуын немесе өндіріс тиімділігінің артуын білдіруі мүмкін. Ұсынылған график 2016-2026 жылдар аралығындағы әлемдік каучук нарығының серпінін, соның ішінде өндіріс көлемін және сұраныстың өсу қарқынын сипаттайды [88]. Төменде (8-суретте) өндіріс көлемінің серпіні (Табиғи және синтетикалық каучук).



Сурет 8 – Табиғи каучук өндірісі және болжамды өсуі [89]

Каучук әлемдік биржаларда Токио, Сингапур және Малайзияның тауар биржасында сатылатын маңызды өнім. Әр түрлі биржалардағы бағалар бір-бірімен тығыз байланысты, бірақ долларға айырбастау кезінде тауар бағасы әрдайым бірдей бола бермейді [88,90,91]. Соңғы жылдары каучук бағасы төмендеп, 2013 жылы кг үшін 2,79 доллардан 2017 жылы кг үшін 1,58 долларға дейін, ал бүгінде кг үшін 1,20-1,50 долларға дейін төмендеді. 2023 жылдың қараша айындағы жағдай бойынша каучуктің орташа әлемдік бағасы 1кг үшін 1,67 доллорды құрайды [86,91]. Бұл баға табиғи каучуктің индустриясын дамыту үшін тым төмен, өйткені каучук өндіретін өсімдіктерді күтіп баптау, мен дұрыс өсуі, және кәсіп иелерінің жұмыс жасауын дамыту үшін аз қаражат болып табылады [90]. Бағасы 2025 жылы әр кг шаққанда 2,02 доллорға дейін көтеріліп, 2030 жылы кг 2,40 доллорға дейін жетеді деп болжануда [91].

1.6 *Scorzonera may-saghyz* – табиғи каучуктің балама көзі

Тау-сағыз — күрделі гүлділер тұқымдасына, бақбақтар (*козельцы*) туысына жататын көпжылдық өсімдік. Оның топыраққа терең бойлайтын қуатты тамыры бар, оның жоғарғы бөлігінен, жер бетіне жақын жерде қысқарған сабақтар – каудекстер тарайды. Каудекстер қураған жапырақтардың қалдығымен қапталып, жас жапырақтар шоғырымен аяқталады. Тау-сағыздың жапырақтары ұзынша келеді, астық тұқымдастардың жапырақтарына ұқсайды. Ескі тау-сағыз өсімдіктерінде көптеген жапырақты каудекстер жастықша тәрізді пішін түзеді. Тау-сағыз плантацияларда көбінесе 3-4 жасында гүлдей бастайды, және жебе тәрізді гүл сидамдарын шығарады [1]. Гүл сидамдарында 1-ден 4-ке дейін гүл себеттері болады. Бір гүл себетінде 30-дан 45-ке дейін ұсақ гүлдер орналасады. Пісіп жетілген сәтте себет ашылып, айдаршасы бар тұқымдар желмен оңай ұшатын ақ шар түзеді. Тау-сағыз тұқымдары цилиндр пішінді, қырлы және ұшында ұшпа-айдаршасы болады. Бір граммда шамамен 150 дана тұқым болады. Тау-сағыздың тамырлары мен каудекстерінде қабық ұлпасының сүт жолдарын толтырып тұратын сүт шырыны күйіндегі каучук болады [1]. Өсімдіктің жасына, өсу жағдайларына және ботаникалық әртүрлілігіне байланысты каучук мөлшері қатты өзгеріп отырады. Сыртқы белгілері, каучук мөлшері және тез піскіштігі бойынша тау-сағыздың мынадай ең құнды сорттары ажыратылады. (кесте 3). Табиғи жағдайда тау-сағыз негізінен тамыр атпалары (өркендері) арқылы көбейеді. Ал мәдени (қолдан өсіру) жағдайында тұқымы арқылы көбейтіледі. Тау-сағыз тұқымының біркелкі өнуі үшін 20-25° жылылық қажет. Температура 9° жылыдан төмен болғанда, тұқымның өнуі байқалмайды. Тұқымның жақсы өнуі үшін жылудан бөлек, тұқым себілген топырақ қабатының жеткілікті деңгейде ылғалды болуы шарт.

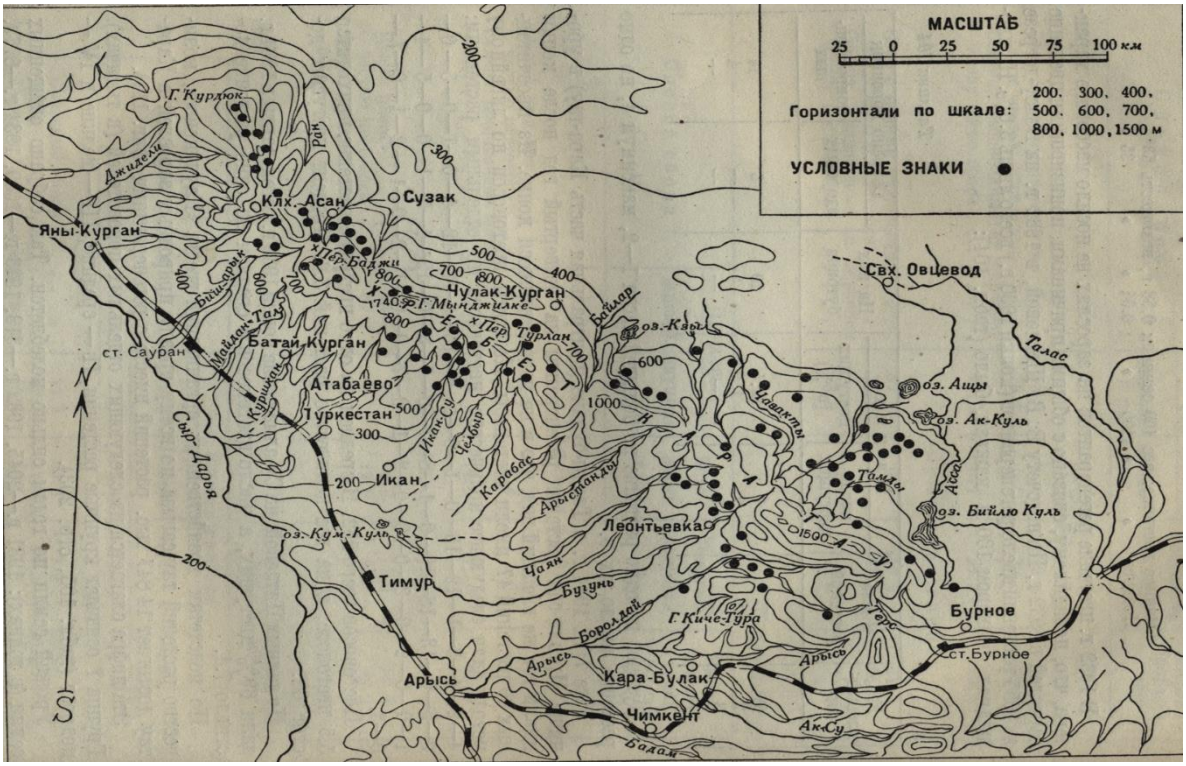
Кесте 3 – Тау сағыз өсімдігінің сорттары (1938 ж.ж) [1].

Сорт атауы	Жапырақтары мен ерекшеліктері	Гүлдеу мерзімі мен пайызы
Қайнар-Бастау	Жапырақтары тар, сызықты; гүл сидамдары ұзын, бұтақты.	Тез пісетін сорт; екінші жылы өсімдіктердің үшінші жылы 50%-ға дейіні гүлдейді.
Жылаған-Ата	Жапырағы жалпақ; гүл сидамдары жуан, қысқа, бұтақтанбайды.	Кеш пісетін сорт; үшінші жылы өсімдіктердің төртінші жылы 20%-ға дейіні гүлдейді.
Леонтьевка	Жапырағы жалпақ-қандауыр тәрізді; гүл сидамдары жуан, қысқа, бұтақтанбайды.	Кеш пісетін сорт; үшінші жылы өсімдіктердің 10–15%-ы гүлдейді.

Топырақта жылу мен ылғал жеткілікті болған жағдайда, алғашқы өскіндер 5-6-шы күні көріне бастайды. Өскіндер шыққаннан кейін 7-8-ші күні шыға бастайды. Күзгі салқындау кезінде өсімдіктің өсуі мен жаңа жасыл жапырақтардың дамуы байқалып, ол алғашқы аязға дейін жалғасады. Бұл процесс тау-сағыздың үшінші, төртінші және одан кейінгі өмір сүру жылдарында да қайталанады. Тау-сағыздың вегетациялық кезеңде жақсы дамуы үшін жеткілікті ылғалдылық қажет. Бұл уақытта топырақ ылғалдылығы оның толық ылғал сыйымдылығының шамамен 60 пайызын құрауы тиіс. Алайда, тау-сағыз егістігіндегі топырақтың артық, біркелкі емес және тез өзгеретін ылғалдылығы (әсіресе тыныштық кезеңінде) тамырлардың ауруына әкеледі және өсімдіктердің едәуір бөлігі өліп қалады. Ерте пісетін сорттарда екінші жылы, ал қалған сорттарда үшінші-төртінші жылы ерте көктемде өсімдіктердің бір бөлігінде бүршіктер пайда болады. Бақылаулар көрсеткендей, бұл бүршіктер өткен жылдың күзінен бастап қалыптасады. Мамыр айының алғашқы күндерінде жаппай гүлдеу басталады. Мамырдың соңында немесе маусымның бірінші жартысында тұқымдар пісіп үлгереді. Тау-сағыздың гүлдеуі мен тұқымының пісуі бір уақытта жүрмейді, сондықтан тұқым жинау 15-20 күнге созылады. Үшінші-төртінші жылы тұқым өнімі гектарына 20-60 кг құрайды. Осы жаста өсімдіктердің қалыпты тығыздығы жағдайында шикі тамыр өнімі гектарына 30-35 центнерге жетеді. Бұл 10-15 ц құрғақ тамыр береді, оның құрамында 15-тен 25 пайызға дейін каучук болады. Техникалық каучуктың жалпы өнімі гектарына 250–300 кг құрайды. Тау-сағызға вегетация кезеңінде күн шуақты күндердің көп болуы және салыстырмалы түрде жоғары температура өте қажет болғандықтан, оны өсіруге ең қолайлы аймақтар ретінде Оңтүстік Қазақстан аудандарын санау керек [92]. Әдетте, гүл бүршіктері күзде қалыптасады. Бүршіктену кезеңі наурыз айында айқын байқалады. Ташкент облысында жаппай гүлдеу сәуірдің екінші жартысында басталады. Тұқымдардың пісіп-жетілуі мамырдың екінші жартысында байқалып, айдың соңында аяқталады. Солтүстікке қарай орналасқан аудандарда (Оңтүстік

Қазақстан) гүлдеу және пісу кезеңдері Ташкент облысымен салыстырғанда 2–3 аптаға кеш жүреді. Тұқым өнімі үшінші жылы 1 гектардан 15-тен 60 кг-ға дейін құрайды. 15 кг-нан жоғары өнімді каучук өсіретін кеңшарлардың (каучуксовхоз) плантацияларынан алынған тез пісетін сорттар береді. 3 жылдық тамырлардың орташа өнімділігі, егістіктің қалыпты жиілігінде (1 гектарға 200–300 мың өсімдік), 1 гектардан 30–35 центнер шикі тамырды құрайды. Олардың құрамында құрғақ салмаққа шаққанда 15%-дан 20%-ға дейін каучук болады, бұл техникалық каучукке қайта есептегенде 1 гектардан 150–250 кг өнім береді. Тамырдың 42–60 центнерге дейінгі жоғары өнімділігі 1 гектардан 300–500 кг техникалық каучук алуға мүмкіндік береді [1,93,94].

Тау сағыз өсімдігінің таралу ареалы аймақтары 1938-жылдары белгілі болған (9-суретте). Қазіргі уақытта зерттеу болмаған соң белгісіз болып табылады. *Scorzonera tau-saghyz* популяциясы біртіндеп қалпына келуде деп айту қиын, алайда, бәсекеге қабілеттіліктің төмендігі, каучук үшін өткен түрлердің жаппай жиналуы, тұқымның әлсіз жаңаруы және мал жаюға арналған аумақтың қарқынды дамуы сияқты бірнеше тосқауылдарға байланысты тау-сағыздың популяцияларының қалпына келуін айтарлықтай баяулатады. *Scorzonera tau-saghyz* теңіз деңгейінен 500-2000 м биіктікте жартасты беткейлерде, аласа және орта таулы үстірттерде кездеседі, бұл жайлы ескі әдебиеттерде мәліметтер бар (10–суретте) көрсетілген (әктаста және кейде тақтатастарда) өседі.



Сурет – 9 Тау сағыз өсімдігінің таралу ареалы аймақтары қара нүктемен белгіленген [1].
(1937-1940 жылдар)



А – Тау сағыз популяциясы (1938 жыл)[1]., Ә – Тау сағыз популяциясы (2023 жыл)

Сурет 10 – Тау сағыз популяциясы

2. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

2.1 Зерттеу объектілері мен материалдары

Зерттеу нысаны ретінде Қаратау тауларында табиғи жағдайда өсетін эндемик табиғи каучук түзуші тау-сағыз (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse) популяцияларынан жиналған өсімдік үлгілері (тамыры, жапырағы және тұқымы) пайдаланылды. Үлгілер Құмантас жотасының жоғарғы аңғарларында (беткейлерінде) орналасқан 3–5 жылдық өсімдіктерден жиналды.

2.2 Зерттеу әдістері

2.2.1 *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінен пигменттерді бөліп алу әдісі

Пигменттердің мазмұны Фон Веттштейн-Холм (1957) формуласы арқылы есептелді. Пигменттердің мазмұны жарияланған әдісті қолдана отырып зерттелді [24]. Бір грамм жапырақ 5 мл 100 % ацетон қосып ұнтақталды. Алынған пигмент сығындысы 5 минут ішінде 5000 айн/мин центрифугаланды. Супернатанттың оптикалық тығыздығы 644, 662 және 441 НМ толқын ұзындығында өлшенді. Үлгілердің Жарық сіңіру деректері пигменттердің құрамын одан әрі есептеу үшін пайдаланылды [25]. мұндағы 662-662нм толқын ұзындығындағы жарықты сіңіру 644 - 644нм толқын ұзындығындағы жарықты сіңіру 441-441нм толқын ұзындығындағы жарықты сіңіру парақтың бір граммындағы пигменттердің құрамын қайта есептеу [25]. Формуласы бойынша орындалды: мұндағы с – жапырақ пигменттерінің мазмұны (мг/г) с1 – аликвоттағы пигменттердің концентрациясы (мг / л) V – сығындының көлемі (мл) m – жапырақ үлгілерінің массасы (мг). Тау сағыз жапырақ үлгілерінен хлорофиллді алу (*Around)* сипаттаған әдіс бойынша жүргізілді, 10 г. сұйық азотта мұздатылған тау сағыз жапырақтары ұсақталып, артынан тағы да 20 мл құяды. Араластырылған қоспаны 5000-10000 айн/мин центрифугалайды. Супернатант бөлініп, қалдықтың толық түссізденуіне дейін қайталанды [20].

Пигменттің концентрациясы спектрофотометрде 644нм және 662нм толқын ұзындығында еріткішке қарсы анықталды (ацетонға қарсы).

100% ацетон үшін:

$$C_{хл.a} = 9{,}784\ D_{662} - 0{,}990\ D_{644}; \quad (1)$$
$$C_{хл.b} = 21{,}426\ D_{644} - 4{,}650\ D_{662};$$
$$C_{хл.a\ +хл.\ b} = 5{,}134\ D_{662} + 20{,}436\ D_{644}$$
$$C_{кар.} = 4{,}695\ D_{440{,}5} - 0{,}268\ DC_{хл.a\ +хл.\ b}$$

$$c = \frac{c_1 \cdot V}{m} \quad (2)$$

Бұл жерде $C_{хл.a}$, $C_{хл.b}$, $C_{хл.a\ +хл.\ b}$, $C_{кар.}$ – хлорофилл концентрациялары, *a,b,* хлорофилл мен каратиноидтардың жиынтығы, мг/л; *D* – тиісті толқын ұзындықтарындағы тәжірибеде алынған оптикалық тығыздық шамаларында есептелді.

2.2.2 *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тұқымын жинау әдісі

Тау – сағыз тұқымдарын Қаратау аумақтарынан мамырдың аяғы мен маусым айының басында жиналды. Тау-сағыз тұқымдарының пісіп жетілуі шамамен 15-20 күнге созылады. Тұқымдар дамуының соңғы кезеңдерінде қолмен жиналды. Жиналған тұқымдар желден қорғалған жерде, бірінші күні көлеңкеде, содан кейін күн сәулесінде жайылған брезенттерде кептірілді. Тұқымдарды кептіргеннен кейін нөмірі, уақыты және орны көрсетілетін жеке пакеттерге жиналып сақталды.

2.2.3 *Scorzonera tau-saghyz* үлгілерін жинау және фиксациялау әдісі

Жапырақтары, тамырлары, каудекс (әр бұтадан 5 үлгі) кесіліп, сипаттамасы бар фольгаға оралып, сұйық азотпен Дьюар ыдысына орналастырылды, содан кейін үлгілер -80^{0}С сақталды.

2.2.4 Термогравиметриялық талдау әдісі (TGA) және (DTGA)

Талдау әдісі жарияланған әдістерді бейімдеу арқылы таңдалды[95]. TGA және DTGA алынған үлгілердің талдаулары термоанализаторда (NETZSCH STA 449F3A-0372-M, Германия) 10 К / мин қыздыру жылдамдығымен 30-дан 600°С-қа дейінгі температура интервалында және тазалығы 99,99% азот атмосферасында жүргізілді.

2.2.5 Фурье түрлендіретін инфрақызыл спектроскопияны талдау әдісі (FTIR)

Талдау әдісі жарияланған әдістерді бейімдеу арқылы таңдалды[95]. Алынған каучук үлгілеріндегі химиялық байланыстарды сіңіру спектрі 4 см$^{-1}$қадамымен 450-4000 см$^{-1}$ диапазонында FTIR спектроскопия (PerkinElmer FT-IR model Spectrum 100) әдісімен зерттелді.

2.2.6 ЯМР спектрометрия әдісі

Талдау әдісі жарияланған әдістерді бейімдеу арқылы таңдалды. Каучук эстрактыларын $CDCl_3$-те ерітті және JNM-ECA JEOL 400 спектрометрін қолдана отырып, ^{1}Н және ^{13}С бір өлшемді ЯМР спектрлерін және DEPT, HMQC, COSY және HMBC екі өлшемді спектрлерін алу үшін талданды (JEOL, Токио, Жапония).

^{1}Н және ^{13}С ЯМР сәйкесінше 399,78 және 100,53 МГц деңгейінде есептелді. Химиялық ығысулар дейтерленген еріткіштің қалдық протондарына немесе көміртек атомдарына қатысты өлшеніп отырды.

ЯМР спектрлерін алу үшін биополимер үлгісінің 60 мг-ы 0,6 мл $CDCl_3$-те ерітіліп, диаметрі 5 мм шыны ампулаға орналастырылды. Спектрлер 25°С температурада алынды.

2.2.7 Цитоэмбриологиялық (хромосомалық) талдау әдісі

Материалды фиксациялау

Тау-сағыздың жас өскіндерінен тамыр материалы алынып, стандартты

әдіс бойынша [17]. Қоспада этил спиртінің 3 бөлігі және мұзды сірке қышқылының бір бөлігі қолданылды (Карнуа фиксаторы). Фуксин күкірт қышқылының сулы ерітіндісімен бояу келесі схема бойынша жүргізілді: Бекітілген материал тазартылған дистилденген судың үш порциясында жуылды (суық гидролиз) Нысан 1:1 сумен сұйылтылған суық HCl ерітіндісіне (тоңазытқыштан) алынып, 60 минут ұсталады. Дистилденген сумен HCl-ды жуған соң тамырларды фуксин қышқылының сулы ерітіндісіне салып, түні бойына қалдырылды. Тамырларды жаңадан дайындалған күкіртті судың үш порциясында әрқайсысы 10–15 минуттан жуылып отырды. Ферментативті мацерация. Боялған тамыр ұштары (1–1,5 мм) кесіліп, фермент (цитаза) бар планшеттің тесіктеріне салынып, онда 40-60 минут ұсталды. Тамшуырдың көмегімен объект заттық шыныға сірке қышқылының тамшысына ауыстырылды және қақпақпен жабылды. Түбірлік меристема клеткаларының моно қабатын қақпақ әйнегіне ақырын басу, яғни салмақ түсіру арқылы жүргізілді және уақытша препарат дйындадық [17].

2.2.8 Тау сағыз тамырынан каучукті сумен механикалық бөліп алу әдісі

Каучук алудың келесі әдісі Қазақстанда табиғи сағыз өндіру үшін қолданылатын дәстүрлі әдіске негізделген. *Scorzonera tau-saghyz*, а) тамыры бар тұтас қазылған өсімдік, б) тамырдың кесілуінен шығатын латекс тамшылары, в) кептірілген тамырдың сынуы кезінде көрінетін каучук жіптер. Жетілген өсімдіктер *Scorzonera tau-saghyz (STS)* (2-5 жас) 2021 жылы 16 маусымда Құмантас жотасында өсетін Қаратау тауларындағы жабайы қопалардан және Сарабадан жиналды (жерден қазылды). Өсімдіктер жабысқан субстратты (құм мен тастарды) кетіру үшін қолмен шайқалды. Өсімдіктер тұрақты құрғақ массаға жеткенше 1-2 апта бойы ашық ауада кептірілді. Диаметрі 0,5-3 см болатын тамырлар өсімдіктерден кесіліп, каучукті алып тастамас бұрын өлшенді. Тамырлар ұзындығы 5-10 см кесектерге кесіліп, содан кейін өсімдіктің қабығы мен басқа тіндерін бұзу үшін балғамен ұрылды. Балғамен бірнеше рет ұрғаннан кейін, қопсытылған қабық пен тамыр қабығының бөліктері қолдарымен алынып тасталды, қабықтың бөліктері каучук жіптердің бетінен бөлініп кетуі үшін тамырдың резеңке бөлігін әр түрлі бағытта сәл созды. Фрагменттер босатылмағаннан кейін, әрбір үлгі балғамен қайта соғылды және ішінара тазартылған үлгіні алу үшін процесті 2-4 рет қайталанды. Содан кейін әрбір үлгі су астында жуылып, ұсақ қабық бөлшектері мен тамыр қабығының қалдықтарынан ажыратылды. Бұл жуу процесі тағы екі рет қайталанды. Жуылған үлгі тұрақты массаға дейін кептіріліп, өлшенді. Тазалау процесінде ажыратылған барлық каучук емес фрагменттер жиналды, біріктірілді, кептірілді және өлшенді. Шығу бастапқы тамырлардың құрғақ салмағына негізделген. 2021 жылдың 5 ақпанында жабайы популяциялардан 2–5 жылдық 10 жетілген (STS) өсімдігі жиналды. Өсімдіктерден жабысқан топырақ (құм мен тастар) қолмен шайқап алынып тасталды. Өсімдіктер 1–2 апта бойы ашық ауада тұрақты құрғақ массаға жеткенше кептірілді. Диаметрі 0,5–3 см болатын тамырлар өсімдіктерден бөлініп алынып, каучук экстракциясына дейін қайтадан өлшенді.

Әрбір каучук үлгісі су астында созылып және бірнеше рет жуылып, майда қыртыстық бөлшектер мен қалған тамыр қабығынан тазартылды. Бұл жуу процесі екі рет қайталанды. Жуылған каучук тұрақты массаға дейін кептіріліп, өлшенді. Тазарту процесі барысында бөлінген барлық каучук емес фрагменттер жиналып, біріктіріліп, кептіріліп, өлшенді. Каучуктың шығымы бастапқы тамыр бөліктерінің құрғақ массасына шаққанда есептелді.

2.2.9 Тау сағыз тамырынан табиғи каучукті гексан арқылы бөліп алу әдісі

Тау сағыз үлгілерінің шамамен 4г ұсақталған тамыр массасы 250 мл эрленмейер сынауыққа салынып, 50 мл гексанмен 40°С температурада үздіксіз араластыра отырып 4 күн бойы экстракцияланды. Экстракция аяқталғаннан кейін каучук ерітіндісі бар сынауықтағы еріткішті 30°С-тан аспайтын су моншасында айналмалы буландырғышта (ротавиртуалдағыш) буландырып алып тастады. Қалған тұнба тұрақты массаға дейін кептірілді Кептірілген сынама өлшеніп, каучуктың шығымы бастапқы тамыр массасына шаққанда есептелді. Содан кейін үлгілер сумен айналмалы буландырғышқа орналастырылды (IKA RV05, Германия), үлгілер вакуумды кептіру шкафында кептірілді (VD115, Германия) және алынған каучук аналитикалық таразыларда өлшенді (AS 220/X, Poland).

2.2.10 Эксклюзионды хроматография (SEC) әдісі

STS1 (*Scorzonera tau-saghyz*) -ден шамамен 40 мг каучук 20 мл THF-де ерітіліп, тұнба мен супрануклеациялық сұйықтық бөлінді. Тұнба (құрамында ерімейтін каучук тамыры және ерімейтін каучук гель бар) және шөгу үстіндегі сұйықтық (құрамында еріген каучук бар) кептіріліп, өлшенді[96] SEC өлшеулері Agilent 1260 Infinity изократиялық сорғысынан, Wyatt Eclipse DUALTEC бөлу жүйесінен, Wyatt OPTILAB T-rEX интерферометриялық рефрактометрінен, Wyatt DAWN HELOS-II көпбұрышты статикалық жарық шашырау детекторынан (MALS), Agilent 1260 Infinity стандартты автосэмплерінен және 35 °C температурада термостатталған Styragel VR колонкаларының (HR6, HR5, HR4, HR3, HR1 және H0.5) алты жиынтығынан тұратын жүйе арқылы жүргізілді. Қозғалмалы фаза ретінде CaH_2 үстінде үздіксіз дистилляцияланған тетрагидрофуран (THF) қолданылды; ағын жылдамдығы 1 мл/мин болды. Кептірілген тазартылған каучук жаңадан дистилляцияланған THF-та ерітіліп, 2 мг/мл концентрациядағы ерітінді дайындалды. Ерітіндінің 1 мл көлемі 0,45 мкм PTFE шприцтік сүзгілер арқылы SEC виалдарына сүзілді. Әрбір жағдайда 100 мкл ерітінді SEC жүйесіне енгізіліп, нәтижелер ASTRA 7 бағдарламалық қамтамасыз етуі (Wyatt Technology) арқылы талданды. Абсолюттік молекулалық массалар келесі dn/dc мәндерін пайдалана отырып анықталды: полистиролүшін—*dn/dc=0,185мл/г*; полиизопрен үшін — *dn/dc = 0,130 мл/г*.

2.2.11 Тау сағыздың ядролық ДНҚ-сын бағалау әдісі

Зерттеу объектілері ретінде Қаратау жотасында табиғи жағдайда өсетін *Scorzonera tau-saghyz* өсімдіктері қолданылды. Үлгілер жотаның шығыс,

солтүстік және оңтүстік бөлігінде орналасқан үш географиялық жағынан бөлінген табиғи популяциядан жиналды. Салыстырмалы филогенетикалық талдау үшін зерттеуге *Scorzonera* тұқымдасының басқа түрлерінің *ITS* аймағының нуклеотидтік тізбектері және сыртқы топ ретінде *Taraxacum* тұқымдасының (*Taraxacum kok-saghyz*) өкілі енгізілді. Салыстырмалы таксондардың тізбектері GenBank дерекқорынан (NCBI) алынды.

Геномдық ДНҚ бөліп алу өсімдіктердің жаңа жиналған немесе кептірілген жапырақтарынан Doyle және Doyle (1987) ұсынған модификацияланған *CTAB* әдісі арқылы бөлініп алынды [97].Жаңа буын секвенирлеу NGS (Next-Generation Sequencing - жаңа буын секвенирлеуі) технологияларын қолдану жоғары сапалы және таза геномдық ДНҚ алуды талап етеді. Осы мақсатта коммерциялық GenElute Plant Genomic DNA Miniprep Kit (Sigma) жинағы және CTAB (цетилтриметиламмоний бромиді) негізінде модификацияланған зертханалық әдіс қолданылды. CTAB жасуша мембраналарын тиімді бұзып, ДНҚ-ны полисахаридтерден ажыратуға мүмкіндік береді, өйткені бұл қосылыстардың CTAB қатысындағы ерігіштігі әртүрлі болады. Зерттеу барысында Қаратау жотасының шығыс, солтүстік және оңтүстік табиғи популяцияларынан жиналған өсімдік үлгілерінен жалпы 100 үлгінің геномдық ДНҚ-сы бөлініп алынды. Алғашқы кезеңде 0,1–0,3 г лиофильді жапырақтар келіде мұқият ұсақталды. Ұсақталған ұлпаның шамамен 100 мг мөлшері 2,0 мл пробиркаға ауыстырылып, ДНҚ бөліп алу GenElute Plant Genomic DNA Miniprep Kit (Sigma) өндірушісінің хаттамасы немесе Doyle және Doyle (1987) ұсынған модификацияланған CTAB әдісі бойынша жүргізілді. Алынған ДНҚ-ның сапасы мен концентрациясы ND-1000 NanoDrop спектрофотометрі (NanoDrop Technologies, Wilmington, DE) және көлденең агарозды гельдегі электрофорез әдісі арқылы қаралды.

ITS-аймағын амплификациялау Молекулалық маркер ретінде ішкі транскрибирленетін спейсерлерді және 5,8S рРНҚ генін қамтитын рибосомалық ДНҚ аймағы (*ITS*1–5,8S–*ITS*2) пайдаланылды. Амплификация әмбебап праймерлердің көмегімен жүргізілді:

- тура праймер *STS-ITS* F: 5′-AGGAGAAGTCGTAACAAG-3′
- кері праймер *STS-ITS* R: 5′-GTTTCTTTTTCCTCCGCT-3′

ПТР реакциялары 10 мкл көлемінде 2× PCR Taq MasterMix (Applied Biological Materials Inc., Канада), әр праймерден 200 нМ және 1 мкл матрицалық ДНҚ қолдану арқылы жүргізілді. Амплификация шарттары: бастапқы денатурация — 94 °C-та 3 минут; 36 цикл: 94 °C-та денатурация (30 с), 58 °C-та праймерлердің байланысуы (30 с) және 72 °C-та элонгация (1 мин); соңғы элонгация — 72 °C-та 1 минут. Амплификация нәтижелері агарозды гельдегі электрофорез әдісімен бақыланды.

Нуклеотидтік тізбектерді секвенирлеу және талдау

ПТР өнімдері амплификация кезінде қолданылған сол праймерлерді пайдалана отырып, тікелей секвенирлеу әдісімен секвенирленді. Екі тізбек бойынша секвенирлеу BigDye Terminator v3.1 (Applied Biosystems, АҚШ) жиынтығын қолдана отырып, Applied Biosystems 3730 автоматты капиллярлық секвенаторында жүргізілді. ПТР өнімдерін тазарту және секвенирлеу Тель-Авив

университетінің Өмір туралы ғылымдар факультетінің сервистік қызмет көрсету орталығында жүргізілді. Алынған тізбектер DNAMAN (Lynnon Biosoft) бағдарламасында өңделіп, біріктірілді. Нуклеотидтік тізбектердің көптік туралануы BioEdit v.7.0 және CLUSTALW бағдарламаларының көмегімен орындалды.

РНҚ негізінде кДНҚ синтездеу

Талдауға *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамыр, жапырақ және сабақ ұлпаларынан бөлініп алынған жалпы кДНҚ-дан алынған ITS-аймағының (ITS1–5,8S–ITS2) толық ұзындықтағы тізбегі енгізілді. Өсімдік материалынан жалпы РНҚ модификацияланған CTAB әдісі бойынша бөлініп алынды [98,99]. Бастапқы материал ретінде өсімдіктің 100 мг жас жапырағы пайдаланылды. Үлгілер алдын ала салқындатылған фарфор ыдысқа салынып, сұйық азоттың қатысуымен біртекті ұсақ ұнтақ түзілгенше мұқият ұсақталады. Алынған ұнтақ құрамында 1 мл, алдын ала 65°C-қа дейін қыздырылған CTAB буфері бар сынауыққа ауыстырылады. РНҚ бөліп алуға арналған CTAB буферінің құрамы: 2% CTAB, 2% поливинилпирролидон (PVP, молекулалық массасы 40 000 Да), 100 мМ Tris-HCl (pH 8,0), 25 мМ EDTA және 2,0 М NaCl. Қолданар алдында буферге соңғы концентрациясы 2% болатындай β-меркаптоэтанол қосылады. Алынған суспензия вортексте қарқынды араластырылып, 65°C температурада 10 минут инкубацияланады. Одан кейін үлгіге көлемі бірдей (1 мл) хлороформ : изоамил спирті (24:1) қоспасы қосылып, сынауықтарды бірнеше рет шайқау арқылы 5 минут араластырылады. Фазаларды бөлу үшін үлгілер 4°C температурада 12 000 × g жылдамдықпен 15 минут центрифугада айналдырады. Центрифугалаудан кейін жоғарғы сулы фаза интерфазаға тимей жаңа сынауыққа абайлап көшіріледі. Егер ақуыздық интерфаза байқалса, хлороформ : изоамил спирті қоспасымен экстракциялау қайта жүргізіледі. Тазартылған сулы фазаға көлемінің 1/4 бөлігіне тең 10 М LiCl ерітіндісі қосылып, РНҚ-ны селективті тұндыру үшін үлгілер 4°C температурада бір түн бойы инкубацияланады. Инкубациядан кейін үлгілер 4°C температурада 14 000 × g жылдамдықпен 20 минут центрифугаланады. Алынған тұнба 75%-дық этанолмен жуылып, бөлме температурасында қысқа уақыт кептіріледі де, соңында 20 мкл DEPC-пен өңделген суда (DEPC-water) ерітіледі [98,99]. Бөлініп алынған РНҚ құрамындағы геномдық ДНҚ қалдықтарын жою үшін үлгілер РНҚаза белсенділігі жоқ DNase I (RNase-free DNase I) ферментімен өңделеді. Бұл кезең литий хлоридімен селективті тұндырудан кейін РНҚ құрамында геномдық ДНҚ қоспаларының сақталу мүмкіндігіне байланысты жүргізіледі [98,99]. Реакциялық қоспа 10 мкл РНҚ препараты, 1,5 мкл 10× DNase буфері және 2 мкл DNase I (RNase-free) ферментінен дайындалады. Қоспа 37°C температурада 30 минут инкубацияланады. Ферменттік реакцияны тоқтату үшін 1,5 мкл 50 мМ ЭДТА қосылып, үлгілер 65°C температурада 10 минут инкубацияланады. Комплементарлы ДНҚ (кДНҚ) синтезі арнайы ITS4 кері праймерін пайдалану арқылы кері транскрипция әдісімен жүргізіледі. Матрицалық РНҚ-ның екіншілік құрылымдарының әсерін азайтып, кДНҚ синтезінің тиімділігін арттыру мақсатында жоғары температурада жұмыс істейтін термотұрақты кері

транскриптаза қолданылады [99]. Алғашқы кезеңде матрицалық РНҚ денатурацияланып, арнайы праймердің байланысуы қамтамасыз етілді. Жалпы көлемі 12 мкл болатын реакциялық қоспаға 5 мкл тазартылған РНҚ, 1 мкл ITS4 кері праймері (10 мкМ), 1 мкл dNTP қоспасы (әрқайсысы 10 мМ) және 5 мкл DEPC-пен өңделген су енгізілді. Қоспа 70°C температурада 5 минут инкубацияланып, кейін бірден мұзға ауыстырылып, 3 минут ұстаймыз. Кері транскрипция реакциясын жүргізу үшін салқындатылған қоспаға 4 мкл 5× кері транскриптаза буфері, 1 мкл РНҚаза ингибиторы және белсенділігі 200 бірлік болатын 1 мкл термотұрақты кері транскриптаза қосылады. Кері транскрипция амплификаторда келесі температуралық бағдарлама бойынша жүргізіледі: 50°C – 60 минут, одан кейін 85°C – 5 минут. Бірінші кезеңде мақсатты біртізбекті кДНҚ синтезделсе, екінші кезең ферментті инактивациялау үшін қолданылады. Алынған біртізбекті кДНҚ өсімдіктердің ITS-аймағына сәйкес келіп, кейінгі молекулалық-генетикалық зерттеулерде пайдаланылды [98,99]. ITS-аймағы сплайсингке ұшырамайтын және құрылымы өзгеріссіз транскрипцияланатын болғандықтан, кДНҚ тізбегі геномдық рибосомалық ДНҚ-ның сәйкес учаскесіне толық сәйкес келеді. кДНҚ тізбегі ITS аймағындағы нуклеотидтік нұсқалардың тұрақтылығын растаушы элемент ретінде ғана қолданылды және популяциялық-генетикалық қорытындылар үшін дербес негіз болып табылмады.

Филогенетикалық талдау

Филогенетикалық ағаштар ITS1 нуклеотидтік тізбектерінің негізінде, *Scorzonera tau-saghyz* геномдық ДНҚ-сының теңестірілген тізбектері, сондай-ақ *Scorzonera* туысының басқа түрлері мен сыртқы топ ретінде *Taraxacum kok-saghyz* пайдаланыла отырып тұрғызылды. Филогенетикалық реконструкция MEGA / BioEdit бағдарламалық пакеттерінде іске асырылған кластерлік талдау әдістерін қолдану арқылы жүргізілді.Таксондар арасындағы генетикалық айырмашылық деңгейін сандық бағалау үшін ITS1 тізбектері арасындағы генетикалық қашықтықтардың салыстырмалы мәндері есептелді. Алынған нәтижелер туыстар арасындағы және түр ішіндегі дифференциация деңгейлерін салыстыру, сондай-ақ филогенетикалық ағаштың топологиясын интерпретациялау үшін пайдаланылды.

Геном өлшемін зерттеу жұмысында қолданылатын ағындық цитометрия үшін жапырақ үлгілерін дайындау әдістемесі [100–102].

0,1-0,3 грамм лиофизильдеген жапырақтар арнайы жабдықтармен ұнтақталған. ~100 мг ұсақталған тіндер 2.0 мл пробиркаға ауыстырылды және одан әрі ДНҚ бөліп алу жиынтық өндірушісінің хаттамасына сәйкес (GenElute Plant Genomic DNA Miniprep Kit, Sigma) немесе зертханада өзгертілген CTAB хаттамасы арқылы жүргізілді [103]. ДНҚ-ның сапалық және сандық талдауы ультракүлгін спектрофотометрия (ND1000 Spectrophotometer, Nanodrop) және агарозды гельдегі көлденең электрофорез арқылы жүргізілді. Белгілі маркер ретінде "*Завитан*" қатты бидайдың жабайы түрінің жапырақтары жиналды. Тау сағыздың 2 см жапырағының бір бөлігі және "*Завитан*" жапырақтарының бірдей саны 900 мкл экстракция буферіне мұзда ұсталған петри табақшасына салынды. Ерітінді дәл сол эксперимент күні жаңадан дайындалды (бір үлгіге): ағаш

өсімдіктеріне арналған 877,5 мкл буфер [100,101]. 1,0 мг DTT және 25 мкл TritonX-100 ерітіндісі. Содан кейін фильтратқа бояу ерітіндісі қосылды: 11,25 мкл пропидий-РНК-наза йодидінің ерітіндісі, 7,5 мкл пропидий йодиді (мл-ге 5 мг), 0,375 мкл бастапқы РНК-аза ерітіндісі (100 мг/мл) және 3,375 "А"ерітіндісі. Үлгілер мұздағы жарықтан қорғайтын ыдыста сақталды және Тель-Авив Университетінің Өмір туралы ғылымдар факультетінің орталығында ағынды цитометрге тасымалданды.

Үлгілер дайындық аяқталғаннан кейін 1 сағат ішінде BD FACSort ™ (BD Biosciences, Сан-Хосе, Калифорния, АҚШ) сыналды. 488 нм Лазер боялған ядро үлгілерін пайдаланды. Пропидий йодидінің флуоресценциясы 610/20 нм жолақты сүзгі арқылы өлшенді және PI флуоресценциясының ауданы мен енінің сызықтық графигін қолдану арқылы дублеттер алынып тасталды.

2.2.12 t-критерийі негізінде статистикалық талдау әдісі

Орташа мәндерді салыстыру үшін студенттің *t*-критерийі (3) - де берілген келесі формула бойынша есептеледі:

$$t = \frac{\left|\overline{x_1} - \overline{x_2}\right|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \qquad (3)$$

Қайда:

$\bar{x}_1$- Бірінші массивтің медианасы

$\bar{x}_2$- Екінші массивтің медианасы

m_1 - Бірінші массивтің стандартты қатесі

m_2- Екінші массивтің стандартты қатесі

t - критерийін талдау нәтижелерін түсіндіру екі гипотезаны тұжырымдауды қамтиды:

- Нөлдік гипотеза: егер *t*-критерийінің нәтижесі берілген еркіндік дәрежесі мен *t*-үлестіру ықтималдығы үшін *t*-үлестіру кестесінде берілген мәннен аз болса қабылданады. Нөлдік гипотеза үлгілер арасында ешқандай айырмашылық жоқ дегенді білдіреді.

- Альтернативті гипотеза: егер *t*-критерийінің нәтижесі берілген еркіндік дәрежесі мен t-үлестіру ықтималдығы үшін *t*-үлестіру кестесінде көрсетілген мәннен жоғары болса қабылданады. Балама гипотеза үлгілердің бір-бірінен ерекшеленетінін білдіреді.

2.2.13 Пирсон корреляциясына негізделген статистикалық талдау әдісі

Пирсонның корреляциялық талдауы формула бойынша есептеледі:

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\left(n\sum x^2 - (\sum x)^2\right)\left(n\sum y^2 - (\sum y)^2\right)}} \qquad (4)$$

Белгілер арасындағы байланыс күші корреляциялық талдау нәтижелері бойынша анықталады:

1. 0,00-0,19- өте әлсіз;
2. 0.20-0.39 әлсіз ;
3. 0,40-0,59-орташа;
4. 0,60-0,79- күшті;
5. 0,80-1,0- өте күшті.

2.2.14 *Scorzonera tau-saghyz* тамырындағы элементтерді анықтау әдісі

Тамыр үлгілерінің элементтік құрамын Agilent 5110 ICP-OES (Agilent Technologies, Santa Clara, CA) индуктивті байланысқан плазмалық оптикалық эмиссиялық спектрометриясы арқылы талданды. Сол тамырлардағы азот мөлшері VARIO Max Cube көміртек-азот анализаторы (Elementar Americas, Mt. Laurel, NJ) көмегімен жану әдісі арқылы анықталды. Барлық элементтік талдаулар (Ohio State University) университетінің (Service Testing and Research Laboratory) зертханасында жүргізілді.

2.2.15 Қаратау топырағының агрохимиялық құрамын анықтау әдістері

Зерттеу барысында топырақ үлгілерінің негізгі агрохимиялық көрсеткіштері стандартталған әдістемелер бойынша анықталды. Топырақтағы жалпы гумус мөлшері (ҚР СТ 3477-2019) стандартына сәйкес Тюрин әдісімен анықталды. Бұл әдіс органикалық заттардың хром қышқылды тотығуына негізделген және топырақ құнарлылығының негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Жеңіл гидролизденетін азот мөлшері Тюрин–Кононова әдісімен анықталды. Әдіс топырақтағы өсімдікке қолжетімді азот қосылыстарын гидролиздеу арқылы олардың мөлшерін анықтауға негізделген. Қозғалмалы фосфор (P_2O_5) және қозғалмалы калий (K_2O) мөлшері (МЕМСТ 26205-91) стандартына сәйкес анықталды. Бұл әдіс топырақтағы өсімдікке сіңімді фосфор мен калий қосылыстарын арнайы экстрагент көмегімен бөліп алып, олардың мөлшерін фотоколориметриялық және жалынды фотометриялық тәсілдермен анықтауға негізделген. Топырақ ерітіндісінің pH көрсеткіші сулы ортада (МЕМСТ 26423-85) стандарты бойынша *pH*-метр арқылы өлшенді. Бұл көрсеткіш топырақтың қышқылды-сілтілі ортасын сипаттайды және өсімдіктердің қоректік элементтерді сіңіруіне әсер ететін маңызды фактор болып табылады.

2.2.16 *Scorzonera tau-saghyz* өсуіне вермикомпосттың әсерін зерттеу әдісі

Зерттеу нысаны Қаратау Мемлекеттік Табиғи Қорығының Аумағында Хантағы Тауларының биік аңғарларында өсетін *Scorzonera tau-sagyz Lipsch* etz & *G. G. Bosse* жабайы түрлерінің үш жылдық өсімдіктерінен жиналған тұқымдар болды. (Координаттары: ендік *43°33'13"* N, бойлық *68°53'52"* E, теңіз деңгейінен 816 м биіктікте.

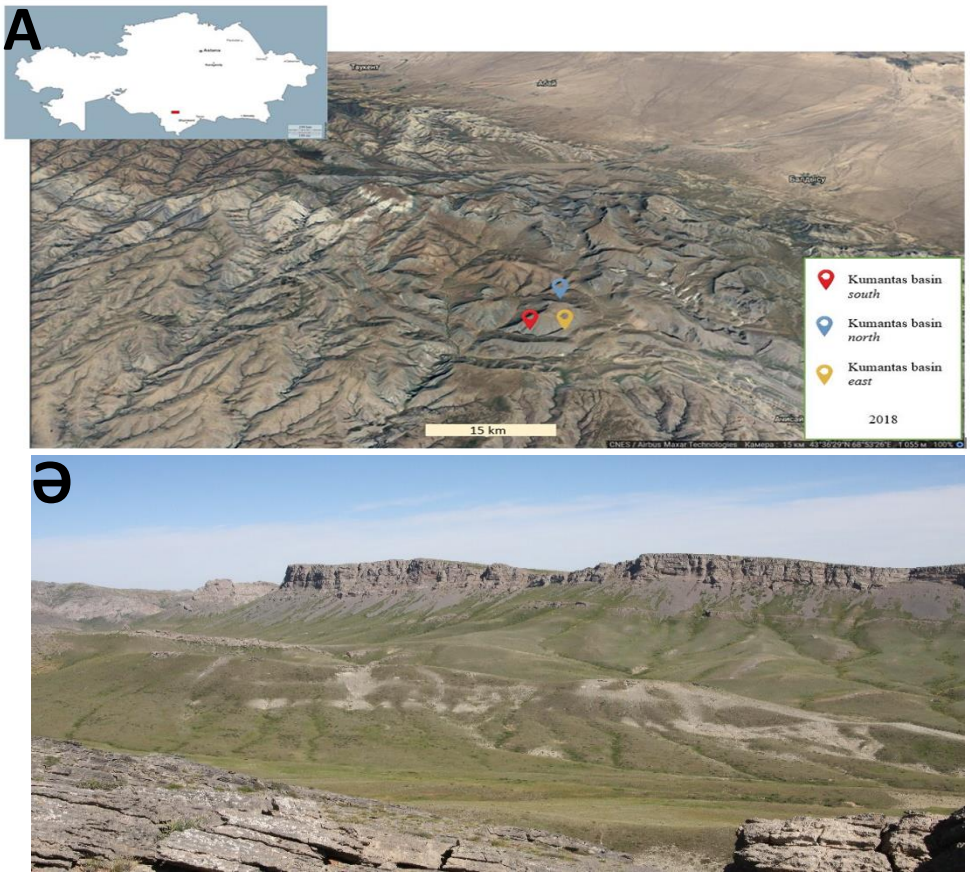
Тұқым жинауға жарамды өсімдіктердің даму фазасы (дамудың соңғы сатысында антодий); Тұқымдар қолмен жиналып, дамудың соңғы кезеңінде, антодиум толығымен ашылған кезде, педункулға бекітілген жерде антодияны

кесіп тасталды. Жиналған тұқымдар бірінші күні көлеңкеде 1 мм ұяшықтары бар торда, содан кейін күн сәулесінде мезгіл-мезгіл араластыра отырып кептірілді. Фузадан тазартылған әсер етпеген тұқымдар тұқымның толықтығы мен жетілу белгілеріне қарай сұрыпталды. Зерттеуде вермикомпосттың екі түрі – құрғақ және сұйық вермикомпост пайдаланылды. Вермикомпост зертханамызда әзірленген, өздігінен жылжитын үйінді әдісінің модификацияланған нұсқасы бойынша өндірілді. Бұл әдісте жаз мезгілінде ашық алаңда ірі қара малдың көңі композттық құрттар – *Eisenia fetida* көмегімен өңделді [10]. «Вермикомпост шайы» хлорсыз тұндырылған су мен електен өткізілген құрғақ вермикомпостты белгілі көлемдік қатынаста (v/v) араластыру арқылы дайындалды. Сулы суспензияны аэрациялау үшін СХ-0088 компрессоры қолданылды. Суспензия 1–3 тәулік бойы үздіксіз аэрация жағдайында дайындалды. Дайын болған суспензия қажетті концентрацияларды алу мақсатында дистилденген сумен бірнеше рет сұйылтылып, әртүрлі концентрациядағы вермикомпост шайы әзірленді. Тұқымдарды праймингтеу және өскіндерді өсіру: Құрғақ тұқымдар бөлме температурасында 1%,5% және 10% (v/v) концентрациядағы вермикомпост шайында 4 және 8 сағат бойы алдын ала өңделді. Бақылау нұсқасы ретінде дистилденген суға малынған тұқымдар пайдаланылды. Өңдеуден кейін тұқымдар ылғал сүзгі қағазы төселген петри табақшаларына орналастырылды. Тәжірибе үш қайталауда жүргізілді және әр нұсқада 100 тұқымнан пайдаланылды. Тәжірибе барысында тұқымдар әр үш күн сайын суарылып отырды. Тұқымдардың өнуі жылыжай жағдайында 16 сағаттық жарық режимінде және 25 ± 2 °C температурада жүргізілді. Тұқымдардың өнгіштігін және өскіндердің өсу қарқынын бағалау үшін өлшеулер әр үш күн сайын жүргізілді. Құрамында 20% вермикомпост бар субстратта *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігін стандартты контейнерлерде өсіру. Зертханалық жағдайда өскіндерді жаппай өсіру үшін көлемі 200 мл болатын Stuewe & Sons, Inc. (Tangent, Oregon, АҚШ) компаниясының стандартты өсіру контейнерлері пайдаланылды. Өсіру кезінде жарықтандыру қарқындылығы 5000 люкс, фотопериод ұзақтығы тәулігіне 16 сағат болды. Өсімдіктер аптасына екі рет суарылды. Өсімдіктердің өсуін бағалау мақсатында 6 ай бойы әр 6 күн сайын келесі көрсеткіштер анықталды: өркеннің ұзындығы (мм); жапырақтар саны; негізгі тамырдың ұзындығы (мм); жанама және бірінші реттік жанама тамырлардың саны мен ұзындығы; өсімдіктің жалпы биомассасы (жерүсті және жер асты мүшелерінің жаңа және құрғақ массасы, мг). Өркендер мен тамырлар 75 °C температурадағы термостатта тұрақты массаға дейін кептіріліп, олардың құрғақ массасы анықталды. Әрбір тәжірибелік нұсқа бойынша нәтижелердің орташа мәні мен стандарттық ауытқуы (M ± SD) есептелді. Алынған эксперименттік деректерді статистикалық өңдеу үшін тәуелсіз таңдауларға арналған Стьюденттің *t*-критерийі қолданылды [11]. Ол вермикомпост шайының тұқымдардың өнгіштігіне және вермикомпосттың өскіндердің өсу көрсеткіштеріне әсерінің статистикалық мәнділігін бағалау үшін пайдаланылды.

3. ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУЛАР

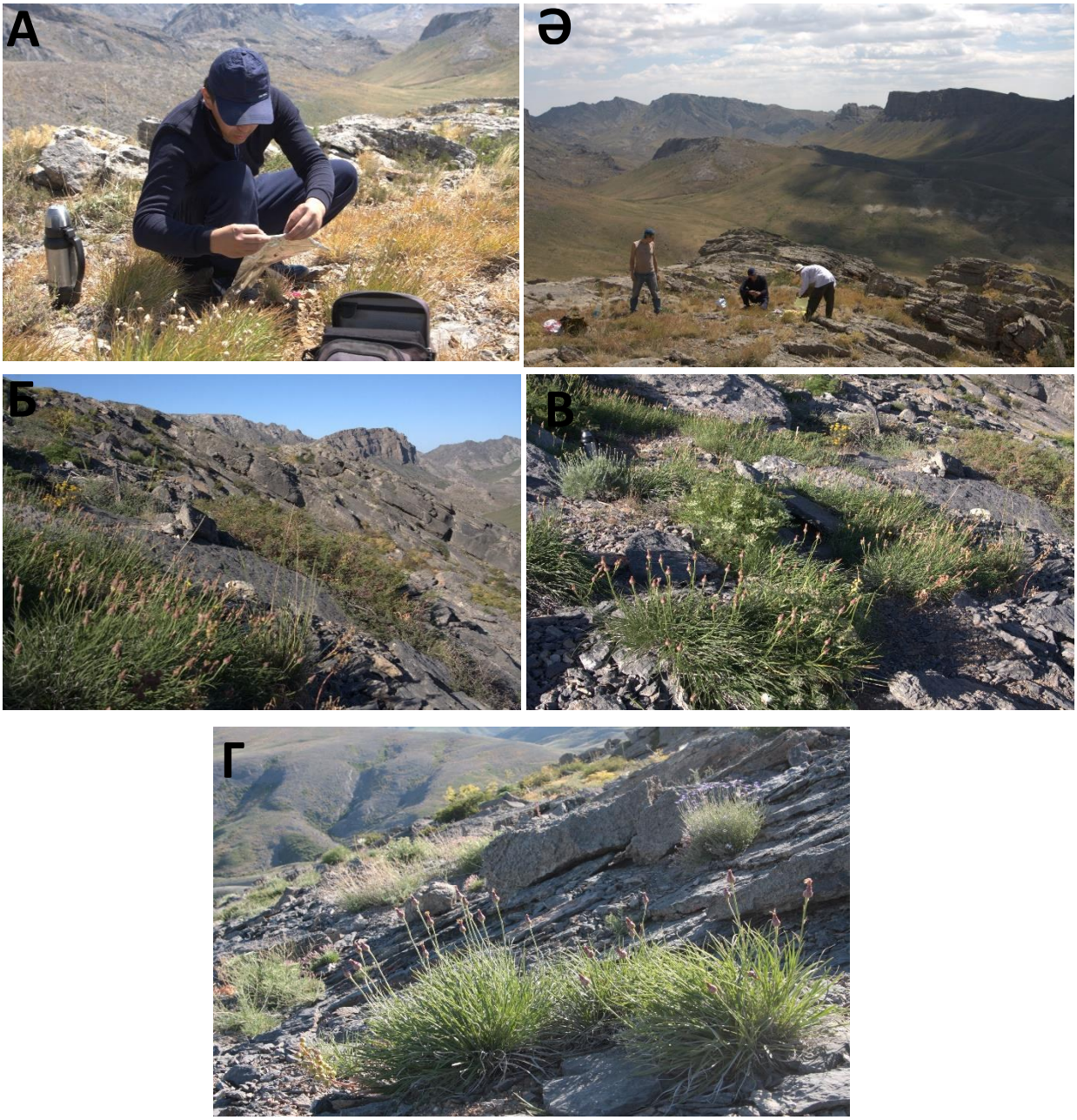
3.1 Қаратаудағы тау сағыз популяциясының морфологиялық және географиялық таралу ерекшеліктері

Алғашқы жылдары (1934-1935ж.ж) Қаратауға жасалған экспедиция барысында Қаратаудағы тау сағыз туралы түсініктер мен зерттеулер, кеңейе түсті, көпжылдық өсімдіктерде (табиғи өскіндерде) каучук мөлшері 40%-ға дейін жетеді, ал жас өсімдіктерде (плантацияларда) каучук мөлшері 10%-дан 25%-ға дейін ауытқиды [1]. Зерттеулердің негізгі нәтижесі, Қаратау тауларында тау-сағыздың бір түрі емес, "тау-сағыз" деген жалпы атаумен біріктірілген бірнеше түрі кездеседі, бұл өсімдіктердің олардың негізгі қасиеті - каучуктік қасиетін сақтайтын, бір-біріне жақын барлық түрлер жатады деген тұжырым болды. Олар сыртқы түріне өте ұқсас (habitus) және бір-бірімен жалпы морфологиялық белгілермен байланысты деп есептеледі [1]. Біздің алғашқы 2018 жылғы жасаған экспедициямызда тау сағыз өсетін популяциялары анықталып зерттеу үшін үлгілер жиналды. Құмантас тау беткейінен (оңтүстік, солтүстік және шығыс) тау сағыз үлгілері жиналды (11 – суретте) көрсетілген.



А – Үлгілер жиналған тау жотасы беткейі (Құмантас), Ә – Құмантас тау жотасы

Сурет – 11 Қаратау Құмантас жотасы тау-сағыз популяциясы үлгілер жиналған тау жотасы



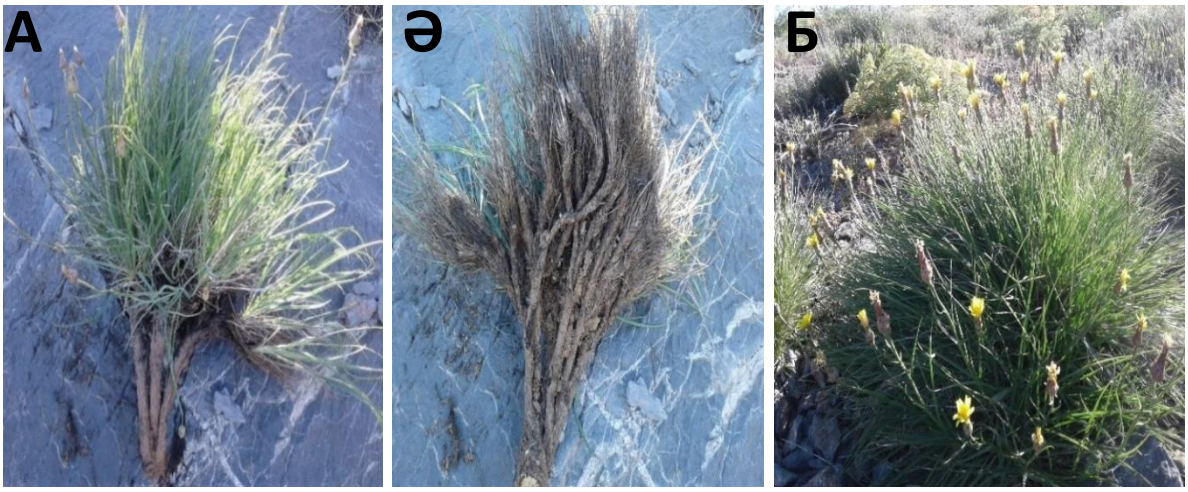
А,Ә – Тау сағыз үлгілерін жинау (жапырақ, тамыр), Б – Тау жотасының оңтүстік беткейі, В – тау жотасының шығыс беткейі, Г – Тау жотасының солтүстік беткейі.

Сурет – 12 Қаратаудағы 2018 жылғы экспедиция барысы.

Жабайы өсетін тау сағыздың (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse) үлгілері Құмантас жотасының жоғарғы аңғарларында орналасқан Қаратау мемлекеттік табиғи қорығы аумағында 3–5 жылдық өсімдіктерден жиналды (географиялық координаттары*: 43°33'13"* с.е., *68°53'52"* ш.б., теңіз деңгейінен 816 м биіктікте) орналасқан.

Тау-сағыз (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse) – сыртқы морфологиялық белгілері бойынша жастықша тәрізді пішін түзетін көпжылдық

шөптесін өсімдік (13-сурет). Қаратау тауларында мұндай жастықша тәрізді тіршілік формасы әртүрлі тұқымдастарға жататын өсімдіктер арасында кең таралған және құрғақ, тасты ортаға бейімделудің нәтижесі болып табылады. Өсу ортасы мен экологиялық жағдайларға байланысты жастықшасының диаметрі 30–100 см аралығында өзгерсе, биіктігі жапырақтарымен бірге 25–40 см жетеді. Жастықша тамыр мойнынан басталатын сүректенген көпжылдық сабақтың көптеген қысқа, тығыз тармақтарының есебінен түзіледі. Сабақтары қысқа, жуандаған және мол тармақталған. Оның жер асты бөлігі – каудексі ұзынша болып келеді (ұзындығы 3–40 см), әсіресе борпылдақ шөгінді топырақтарда жақсы дамиды, ал жер үсті бөлігі қысқа болғанымен, қарқынды тармақталады (13-сурет).

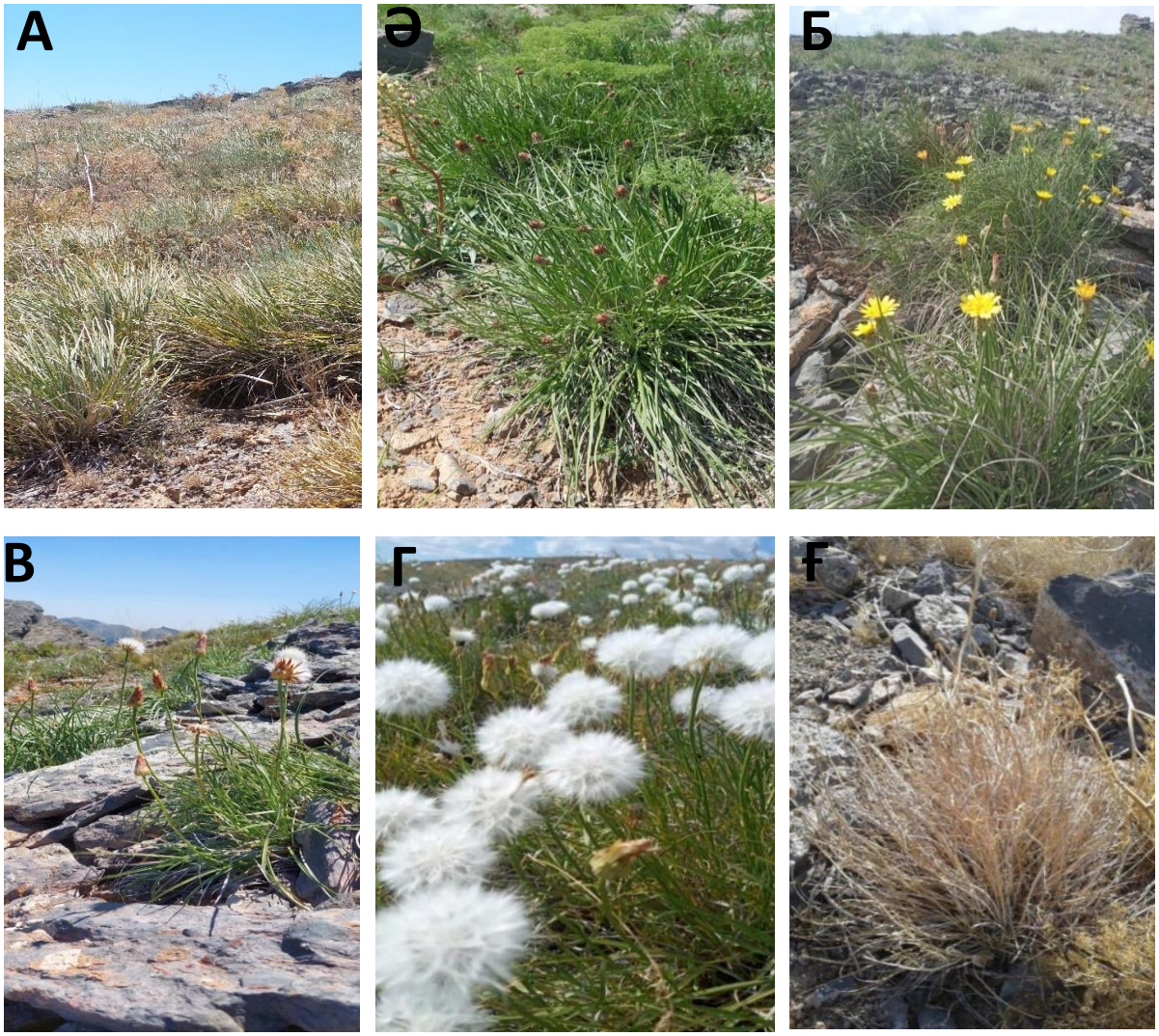


А – Тау сағыз өсімдігінің сыртқы көрінісі Ә – Тау сағыздың каудекстерінің көрінісі Б – Тау сағыз өсімдігінің жастықшасы.

Сурет 13 – Тау сағыз өсімдігінің сыртқы фенотиптік көрінісі:

Каудексінің жоғарғы бөлігі өткен жылғы жапырақтардың құрғақ қынаптары мен қабыршақтарымен қапталған. Каудекс жапырақ розеткасымен және гүлсабақтармен аяқталады. Жерасты бөлігі қысқарған, көпжылдық каудекс түзеді. Каудекстің төменгі (жерасты) бөлігінің эпидермисі жалаңаш, аздап кедір-бұдырлы, қою қоңыр түсті және күңгірт келеді. Жоғарғы (жерүсті) бөлігі бір-біріне тығыз жанасып орналасқан, түбі дельта тәрізді кеңейген ескі жапырақ қынаптарының қалдықтарымен қапталған (13-сурет). Ескі жапырақ тақталары ыдырап, параллель жүйкелері бойымен талшықтарға ажырайды. Каудекстің ұшында жапырақ розеткасы және бір немесе бірнеше гүлсабақ қалыптасады. Тамыр маңы розеткасындағы жапырақтар саны 6–24 аралығында болады. Жапырақтары жіңішке сызықты немесе жіңішке қандауыр тәрізді, сағақсыз, 3–5 жүйкелі. Жапырақ негізі дельта тәрізді кеңейген. Жапырақ тақтасы жалпақ немесе түтікше тәрізді, көлденең кесіндісінде дөңгелек немесе әлсіз қырлы болады. Түсі сұрғылт-жасыл, беті жалаңаш немесе әлсіз түкті. Тақтаның астыңғы жағында ортаңғы жүйке және кейде 1–2 бүйір жүйкелері айқын байқалып, қыр

тәрізді шығыңқы келеді. Жүйкелері ашық түсті және жылтыр. Жапырақтар түбімен бір-біріне тығыз жанасып, бірін-бірі қаптай розетка түзеді (14-сурет).



А – Тау сағыз популияциясы, Ә – Көктемгі бүршіктену, Б – Тау сағыздың гүлдеуі, В – Тау сағыздың тұқым бере бастауы, Г – Жаппай тұқым беруі, Ғ – Күзгі уақыттағы тау сағыз.

Сурет – 14 *S. tau-saghyz* өсімдігінің онтогонезі.

Жапырақ розеткасының түбі шамамен 1 см енді болады. Ол бір-бірін қаптай орналасқан бірнеше жұқа жарғақты қабыршақтармен қапталған. Сыртқы қабыршақтары кеңдеу (ені шамамен 9 мм), жұмыртқа тәрізді, ұшы сүйірленген, ал ішкі қабыршақтары ұзындау (ұзындығы 3 см-ге дейін), жіңішке қандауыр тәрізді (15-сурет). Қабыршақтарының түсі мөлдір, қою немесе қара-қоңыр. Ортаңғы жүйкесі айқын байқалады, ал бүйірлік жүйкелері (10-ға дейін) әлсіз дамыған. Сыртқы беті жалаңаш, ішкі бетінің түп жағында сирек түктер кездеседі.

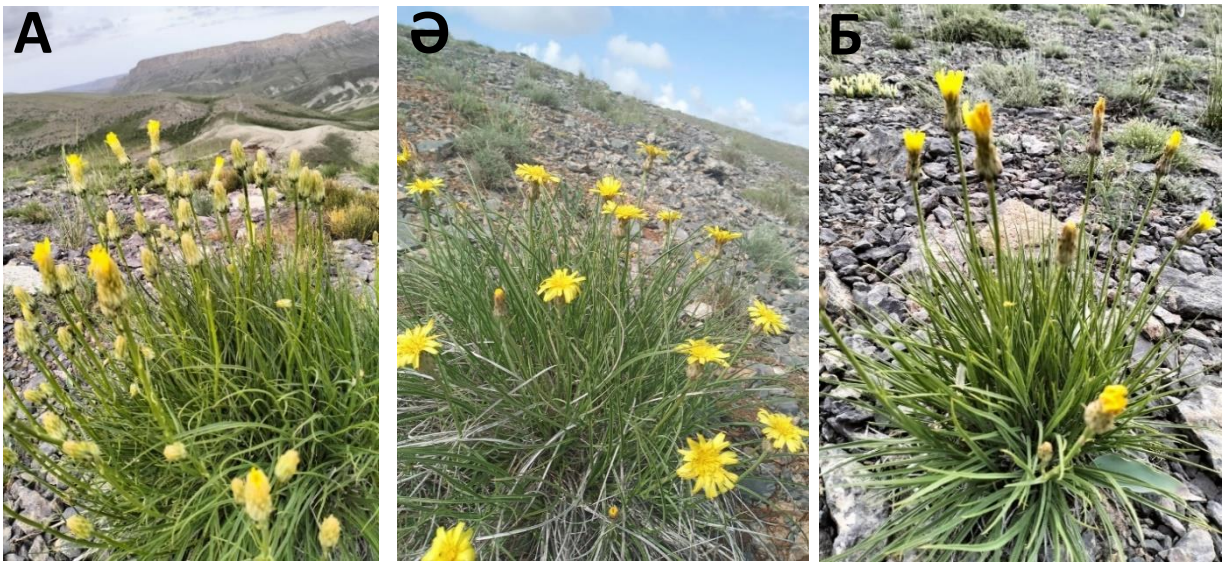
Сабақтың жапқыш қабыршақтарға жанасатын бөлігі мен олардың негізі әлсіз түкті, ал қысқарған сабақтың жоғарғы бөлігі мен жапырақ негіздерінің ішкі беті қалың түктермен қапталған. Осы ерекшелігіне байланысты жерүсті сабағында розеткалардың жыл сайынғы өсу аймақтары айқын байқалады. Бұл бөліктердің ұзындығы небәрі 2–3 мм болады. Кейбір дарақтарда негізгі розетканың түбінде қосымша жапырақ розеткасы қалыптасып, каудекстің тармақталуына бастама береді. Гүлсабақтары жапырақтардан әдетте 2–5 см немесе одан да ұзын болады. Көлденең кесіндісінде гүлсабақ цилиндр тәрізді, іші қуыс немесе жартылай өзекпен толған, мұндай жағдайда қабырғалары қалың келеді. Түбі жұқа қабыршақтармен қапталған. Гүлсабақтар жапырақ розеткасының астынан 1–3-тен дамиды және көбіне түбінен сәл иілген, кейде тік орналасады. Гүлшоғыры – көпгүлді себетше. Әр гүлсабақта немесе оның бұтақтарында бір-бірден себетше орналасады. Бір өсімдіктегі себетшелер саны 14-тен 69-ға дейін өзгереді. Себетшелердің орама жапырақшалары 3–6 қатар болып орналасады. Сыртқы орама жапырақшалары қысқа, үшбұрышты-қандауыр тәрізді, ал ішкілері ұзынырақ, цилиндр пішінді, шөптесін және етті келеді. Орама жапырақшаларының ұзындығы 11–30 мм, түбіндегі ені 4–18 мм аралығында өзгереді. Түсі қоңырлау-жасыл, кейде қызғылт немесе ашық жасыл болады



А – Тау- сағыздың гүлдеуі, Ә – Тау-сағыздың жер асты жер үсті мүшелері

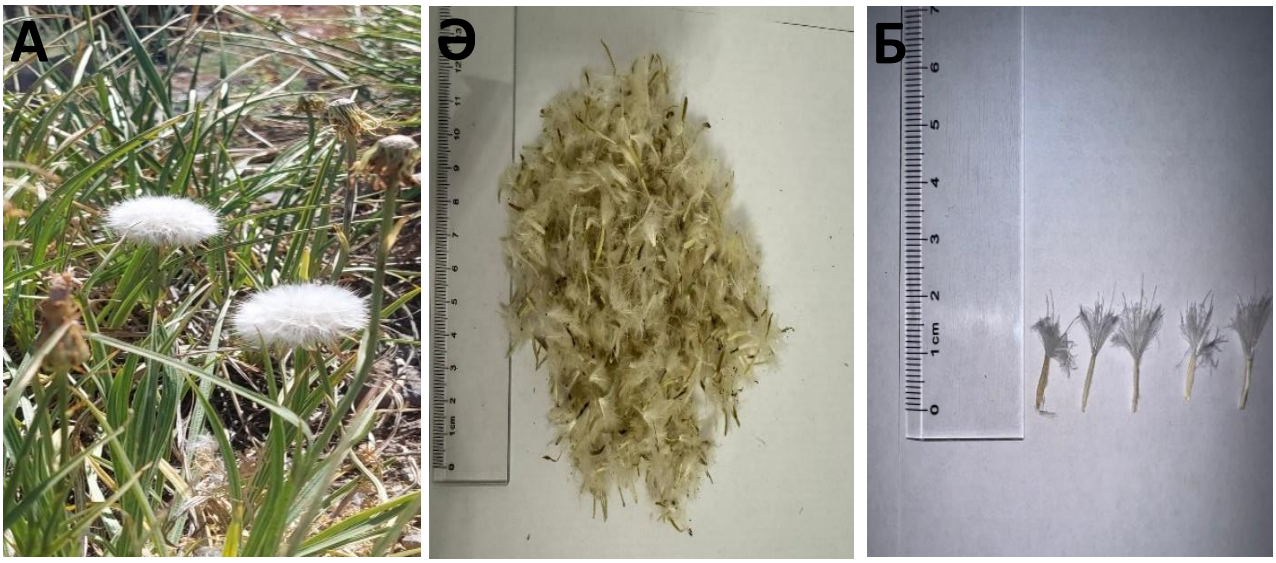
Сурет 15 – *S. tau-saghyz* өсімдігінің жоғарғы каудексті бөлігі.

Сыртқы орама жапырақшалары үшбұрышты-қандауыр тәрізді, түбі дельта тәрізді кеңейген, ұшы үшкір, жиектері бір-біріне тығыз жанасқан, кейде жұқа үлдірлі және кірпікшелі келеді. Ішкі орама жапырақшалары ең ұзын, жіңішке қандауыр тәрізді, төменгі бөлігі жалаңаш, жиектері ақшыл үлдірлі, жоғарғы бөлігі түкті, ұшы доғал немесе сүйірленген. Барлық орама жапырақшалары бір-бірін қаптай 3–6 қатар түзіп, гүлшоғырды толық қоршап тұрады. Гүлдері қосжынысты, тілшелі, ашық сары түсті, кейде күлгін реңді жүйкеленуі байқалады (16-сурет). Тілше ұзындығы 15–25 мм, ұшы бес біркелкі емес тісшеге бөлінеді. Аталықтарының саны 5, аталық жіпшелері жалаңаш, ал тозаңқаптары өзара бірігіп түтік түзеді. Аналығы біреу, жатын төменгі, аналық мойны жіңішке, екі қалақшаға тармақталған аналық аузымен аяқталады. Гүлденетін өркендер жапырақ розеткасының түбінен дамиды, олардың саны көбіне 1–3 болады. Гүлсабақтарының ұзындығы 5–40 см, бойында 7–23 сабақ жапырақтары орналасады. Гүлшоғыры – көпгүлді себетше, дара немесе тармақталған гүлсабақтарда 2–4-тен орналасады. Себетшелердің пішіні цилиндр тәрізді, конус немесе алмұрт тәрізді болып келеді. Бір өсімдіктегі себетшелер саны 14–69 аралығында өзгереді. *Scorzonera tau-saghyz* табиғи жағдайда мамыр–маусым айларында гүлдеп, маусым–тамыз айларында жеміс салады (16-сурет). Жемісі – тұқымша, пішіні ұзынша цилиндр тәрізді немесе әлсіз ұршық тәрізді, ұзындығы 6–14 мм (орташа 10 мм), ені 1–4 мм. Тұқымша беті бойлық қырлы, қырлары тегіс, бұдырлы немесе майда тікенекті болуы мүмкін. Бір себетшеде 14–69 тұқымша жетіледі (17-сурет). Піскен тұқымшалары қоңыр немесе сұрғылт-қоңыр түсті, түктермен қапталған, немесе кейде сирек түкті болады. Тұқымшаның жоғарғы бөлігінде көптеген жіңішке қауырсын тәрізді түктерден тұратын ақ түсті айдарша (*pappus*) орналасады. Айдарша тұқымдардың жел арқылы таралуына бейімделіп, олардың табиғи жағдайда алыс қашықтыққа таралуын қамтамасыз етеді. Жүргізілген морфологиялық зерттеулер *Scorzonera tau-saghyz* түрінің Қаратау жотасының құрғақ, тастақты және желді беткейлерінде тіршілік етуге жоғары дәрежеде бейімделгенін көрсетті. Қысқарған әрі көп тармақталған каудекс, тереңге бойлаған кіндік тамыр жүйесі, тығыз орналасқан жапырақ розеткасы, көпгүлді себетшелері және жастықша тәрізді тіршілік формасы өсімдіктің ылғалды тиімді пайдалануына, топырақ эрозиясы мен күшті желдің әсеріне төзімділігін арттыруға, сондай-ақ температураның күрт ауытқуына бейімделуіне мүмкіндік беретін негізгі морфологиялық ерекшеліктер болып табылады. Бұл белгілер түрдің табиғи популяцияларындағы экологиялық қолайсыз орта жағдайларында тұрақты тіршілік етуіне негіз болатынын көрсетеді.



А – тау жотасының оңтүстік беткейі, Ә – тау жотасының шығыс беткейі, Б – тау жотасының солтүстік беткейі

Сурет 16 – Тау-сағыз өсімдігінің гүлдеуі тау беткейлері бойынша (2023 жыл)



А – Пісіп-жетілген мамық тұқымдары (себеттері), Ә – Жиналып алған тұқымдар, Б – Тұқымдардың сыртқы көрінісі

Сурет 17 – Бір себеттің тұқымдары *(Scorzonera tau-saghyz)*

Тамыр жүйесі жақсы жетілген, негізгі тамыры жуан кіндік тамыр типіне жатады. Тамыр мойны маңындағы жуандаған бөлігінің диаметрі 5 см-ге дейін жетеді. Негізгі тамыр 20–100 см тереңдікке дейін бойлап, одан көптеген жанама тамырлар таралады, олардың ұзындығы қолайлы жағдайларда 2 м-ге дейін жетуі мүмкін [1]. Тамырдың сыртқы қабаты қалың көпқабатты тоз ұлпасымен (30–60

қабатқа дейін) қапталған, бұл оның механикалық беріктігін арттырып, құрғақшылық жағдайында судың булануын азайтады. Тамыр бетінде көптеген төмпешіктер (бүртіктер) жақсы жетілген. Көктемде осы бүртіктерден маусымдық жіңішке сору тамыршаларының шоқтары дамиды, олар өсімдікті сумен және минералдық элементтермен қамтамасыз етеді. Вегетациялық кезеңнің соңына қарай, әдетте шілде айының басында, бұл тамыршалар құрап, олардың орнына келесі көктемде жаңа тамыршалар түзіледі (18-сурет). *Scorzonera tau-saghyz* негізінен тұқым арқылы көбейгенімен, каудексінің тармақталуы нәтижесінде вегетативті көбеюге де қабілетті. Каудекс өсімдіктің көпжылдық тіршілігін қамтамасыз ететін маңызды морфологиялық мүше болып табылады [1]. Ол қор заттарын жинақтау, су мен қоректік заттарды өткізу, бүршіктерді қорғау және жаңа өркендердің қалыптасуына жағдай жасау қызметтерін атқарады. Каудекстің тармақталуы нәтижесінде бірнеше жапырақ розеткасының түзілуі өсімдіктің вегетативті жаңаруына және табиғи популяцияларда ұзақ уақыт сақталуына мүмкіндік береді (18-суретте).



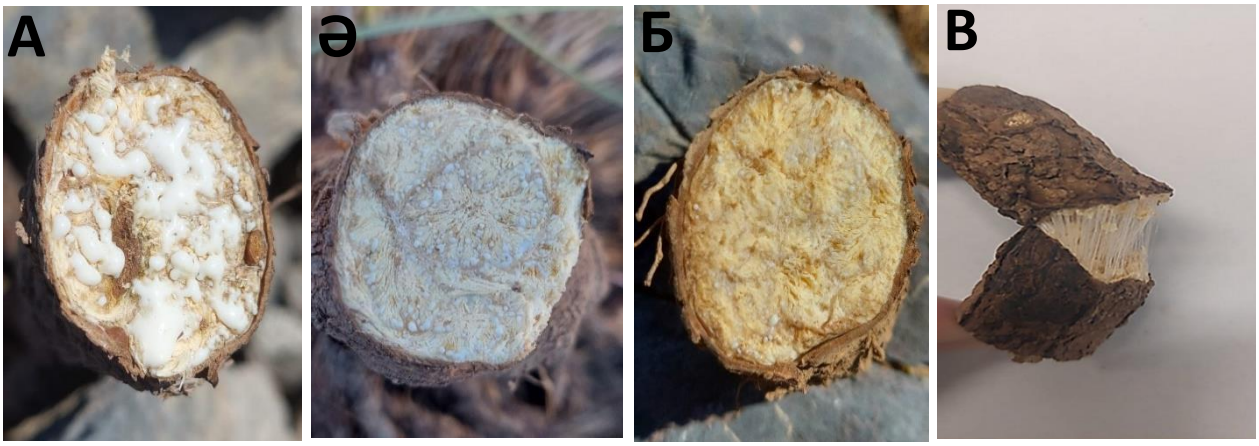
А – Тамырдың жоғарғы бөлігі каудекстері , Ә, Б – Каудекстері бар тамыр бөлігі,

Сурет 18 – Тау-сағыздың тамыр жүйесі

Тау-сағыздың тамыр жүйесі жақсы жетілгендігімен, жоғары механикалық беріктігімен және тіршілік ету ортасының ерекшеліктеріне байланысты топырақта әртүрлі тереңдік пен бағытта таралу қабілетімен сипатталады. Негізгі кіндік тамырмен қатар көктемде маусымдық эфемерлі сору тамыршалары қалыптасып, өсімдікті сумен және минералдық элементтермен қамтамасыз етеді.

Бұл тамыршалар вегетациялық кезеңнің соңына қарай құрап, келесі жылы қайтадан түзіледі.

Тамырдың ішкі ұлпасы ақ немесе ақшыл түсті, борпылдақ құрылымды келеді. Тамырдың сыртқы қабатында және көлденең кесіндісінде көптеген латициферлерден бөлінетін ақ немесе сарғыш-жасыл түсті латекс айқын байқалады (19-сурет). Вегетациялық кезеңнің соңында, әсіресе күз айларында, латекс құрамындағы полиизопреннің мөлшері артып, ол созылмалы табиғи каучук жіпшелерін түзеді.



А – Тау-сағыз тамырының кесіндісіндегі латекс (Мамыр айының басы), Ә –Тау-сағыз тамырының кесіндісіндегі латекс (Мамыр айының соңы), Б – Тау-сағыз тамырының кесіндісіндегі латекс (Маусым айының ортасы), В – Тау – сағыз тамырындағы каучук жіпшелері (тамыз айының ортасы және қыркүйек айының соңы)

Сурет 19 – *Scorzonera tau-saghyz* тамырының көлденең кесіндісі

Тамырдың сыртқы қабығы қалың, қара-қоңыр түсті, жақсы жетілген тоз ұлпасымен қапталған. *Scorzonera tau-saghyz* тамырының маңызды морфологиялық ерекшеліктерінің бірі – тамыр мойны мен каудекс аймағынан жаңа сабақ өркендерін түзу қабілеті, бұл өсімдіктің көпжылдық тіршілігін сақтауға және вегетативті жаңаруына мүмкіндік береді . Тіршілік ету ортасының ерекшеліктеріне байланысты тамыр жүйесінің бірнеше морфологиялық типтері ажыратылды: тасты беткейлерге тән, тастақты жондар мен беткейлерге тән және борпылдақ беткейлер мен үйінділерге тән тамыр типтері (20-сурет). Бұл айырмашылықтар тамырдың ұзындығы, тармақталу дәрежесі және топыраққа ену тереңдігі бойынша ерекшеленіп, өсімдіктің әртүрлі экологиялық жағдайларға бейімделу деңгейін көрсетеді.



А – Тасты беткейлердегі тау-сағыз тамыры, Ә – Тастақты беткейлердегі тау-сағыз тамыры, (Мамыр айының соңы), В – Зертханалық жағдайдағы тау-сағыз тамыры

Сурет 20 – *Scorzonera tau-saghyz* тамырының көлденең кесіндісітамыр жүйесінің морфологиялық және типтік тармақталуы табиғатта және зертханалық жағдайдағы көрінісі

Scorzonera tau-saghyz популяцияларында экологиялық жағдайларға тәуелді екені анықталды. Тамыр жүйесінің, каудекстің, жапырақтарының және генеративтік мүшелерінің құрылымдық ерекшеліктері өсімдіктің құрғақ әрі тастақты ортада тіршілік етуге жоғары бейімделгенін көрсетті. Анықталған морфологиялық белгілер табиғи каучуктың жинақталуымен және түрдің селекциялық тұрғыдан құнды формаларын іріктеумен тығыз байланысты маңызды бағалау белгілері болып табылады.

3.2 Қаратаудағы тау сағыз популяциялары өсетін топырақтың агрохимиялық және физика-химиялық қасиеттері

Қаратау аймағынан алынған екі топырақ үлгісінің құрамы мен қасиеттерінде айқын айырмашылықтар бар екенін көрсетті. Karatau 1 үлгісінде гумус мөлшері 2,41 % болып, топырақтың органикалық заттарға салыстырмалы түрде бай екенін көрсетті. Бұл үлгіде калий мөлшері де жоғары (170 мг/кг), ал азот мөлшері 22,4 мг/кг деңгейінде анықталды. Ал Karatau 2 үлгісінде гумус мөлшері небәрі 0,69 % болып, органикалық заттардың төмен деңгейін көрсетті, бірақ азот мөлшері жоғарырақ (39,2 мг/кг) болды. Фосфор мөлшері екі үлгіде де төмен деңгейде (10–12 мг/кг) анықталды. Екі топырақ үлгісінің де pH көрсеткіші 8,6–8,8 аралығында болып, олардың айқын сілтілі реакцияға жататынын дәлелдеді. Сонымен қатар, CO_2 мөлшерінің жоғары болуы (11,56–17,54 %) топырақтардың кальций карбонаттылығын көрсетеді. Микроэлементтер құрамына талдау жүргізу нәтижесінде Zn, Cu, Cd және Pb элементтері екі үлгіде де анықталды. Karatau 2 үлгісінде Zn, Cu және Cd мөлшері сәл жоғары болса, Pb мөлшері екі үлгіде шамалас деңгейде болды. Бұл көрсеткіштер зерттелген

топырақтардың микроэлементтермен әртүрлі деңгейде қамтамасыз етілгенін көрсетеді. Жалпы алғанда, Karatau 1 үлгісі гумус пен калий мөлшерінің жоғары болуына байланысты салыстырмалы түрде құнарлы топыраққа жатса, Karatau 2 үлгісі органикалық заттардың төмендігімен және сілтілі реакциясымен сипатталады.Топырақтың агрохимиялық талдау көрсеткіштері (кесте 4,5). Алынған нәтижелерді әдебиет деректерімен тұжырымдағанда *Scorzonera tau-saghyz* өсетін аймақтардың топырағының негізінен карбонатты, сілтілі және қоректік элементтермен әркелкі қамтамасыз етілетінін көрсетеді. Мұндай топырақ жағдайлары өсімдіктің минералдық қоректенуіне және морфологиялық бейімделуіне әсер ететіні белгілі [104–107].

Кесте 4 – Топырақ құрамындағы микроэлементтердің мөлшері.

№ п/п	Үлгі алынған орын	Анықталған көрсеткіштер					
		Жалпы гумус, %	Қозғалмалы			pH	CO2
			Азот мг/кг	Фосфор мг/кг	Калий мг/кг		
1	Karatau 1	2,41	22,4	12	170	8,61	11,56
2	Karatau 2	0,69	39,2	10	120	8,78	17,54

Ескерту: Karatau 1,2- топырақ үлгілері

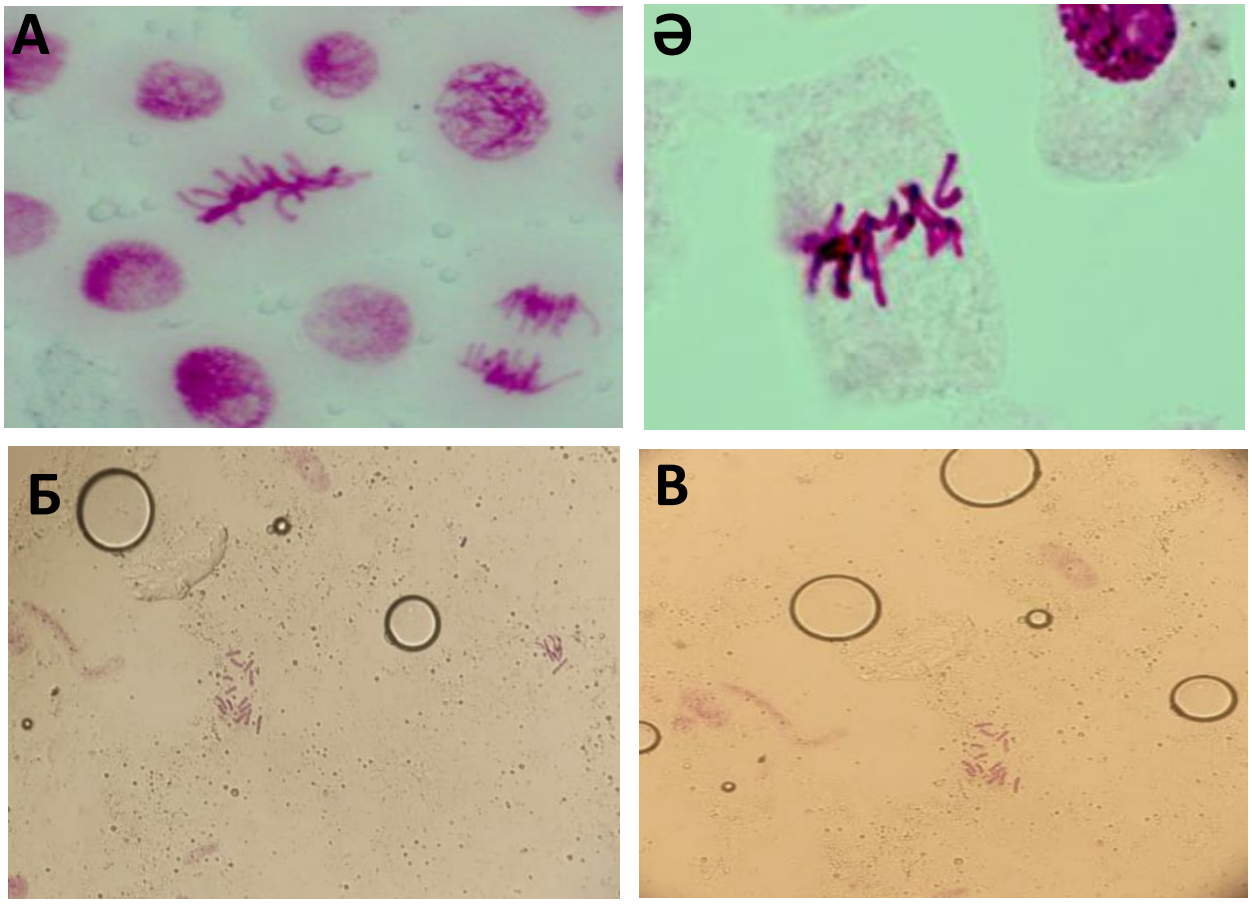
Кесте 5 – Топырақ құрамындағы қозғалмалы микроэлементтер мөлшері.

№ п/п	Үлгі алынған орын	Қозғалмалы микроэлементтер формалары, мг/кг			
		Zn	Cu	Cd	Pb
1	Karatau 1	9,00	1,40	1,80	2,00
2	Karatau 2	10,00	1,60	2,00	1,90

Ескерту: Karatau 1,2- топырақ үлгілері

3.3 *Scorzonera tau-saghyz* цитогенетикалық ерекшеліктері (хромосомалық) талдау нәтижелері

Цитогенетикалық талдау (хромосомалық талдау) біз әзірлеген және сыналған әдістеме бойынша жүргізілді. Жас өскіндердің тамырларының 13 үлгісі қаралды. Өсімдіктердің цитогенетикалық талдауы нәтижесінде хромосомалар оқшауланып, олардың саны есептелді. Диплоидты жасушаларда хромосомалардың соңғы саны анықталды. Олардың саны (2n=14) (21-сурет). Қазіргі уақытта біз полиплоидтарды анықтаған жоқпыз.



А, Ә – жасуша бөлінуінің метафаза кезеңі (жасуша деңгейінде);Б, В – митоз бөлінуінің метафазалық хромосомалары (хромосомалық деңгейде).

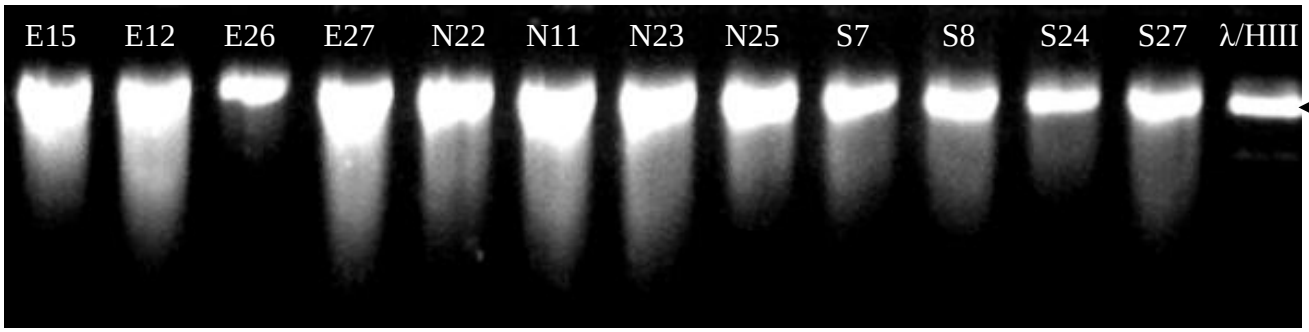
Сурет 21 – Тау-сағыздың метафаза кезеңіндегі хромосомалық талдауы хромосома саны 2n=14

Осылайша, хромосомалардың мультиморфизмі – сателлиттік құрылымдардың болу әдебиеттерде кездеседі, өлшемі мен пішінінің айырмашылықтары – түр ішіндегі генетикалық әртүрліліктің жоғары деңгейін білдіреді. Бұл ерекшеліктер олардың тұқымқуалаушылығын, селекция процесіне ықпалын зерттеу үшін әрі қарайғы жұмыстарды талап етеді. Фотоматериалдарға жүргізілген талдау *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің кариотиптік айқын өзгергіштігін дәлелдейді және бұл өзгергіштіктерді жүйелеу мен селекция саласында іс жүзінде пайдалану қажеттігін көрсетеді. *Scorzonera tau-saghyz* тамыр ұштарын зерттеу нәтижесінде химералық полиплоидия мен анеуплоидияның күрделі жүйесі анықталған [108]. Тау сағыз үлгілерінде диплоидты триплоидты, тетраплоидты және гексаплоидты жасушалар тіркелген. Сонымен қатар 15, 16, 18, 19, 20 және 21 хромосомасы бар анеуплоидты жасушалар байқалған [108]. Мұндай аномальды хромосомалық жиынтықтар соматикалық дизъюнкцияның болмауы немесе хромосомалардың жойылуы нәтижесінде пайда болуы мүмкін деп есептеледі [108]. *Scorzonera* туысының басқа түрлерінде де хромосома саны әртүрлі. Мысалы, *S. nervosa* түрінде 2n=12

және трисомиялық жасушалар тіркелген, ал *S. hispanica* және *S. acanthoclada* түрлерінде 2n=14, *S. tuberosa* түрінде 2n = 12 хромосома анықталған [108]. Бұл деректер туыс ішінде хромосомалық эволюцияның әртүрлі бағытта жүргенін көрсетеді. Жүргізілген цитогенетикалық деректерге сәйкес, *Scorzonera tau-saghyz* түрі күрделі кариотиптік құрылымымен сипатталады. Түрдің диплоидты хромосома саны 2n=14 болғанымен, оның ұлпаларында химералық полиплоидия мен анеуплоидияның әртүрлі формалары кездеседі [108]. Осы ерекшеліктердің барлығы *Scorzonera tau-saghyz* түрінің эволюциялық дамуы күрделі болғанын және оның генетикалық құрылымы жоғары өзгергіштікке ие екенін көрсетеді. Бұл мәліметтер түрді сақтау, селекциялық жұмыстар жүргізу және генетикалық ресурстарды тиімді пайдалану үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады.

3.4 *Scorzonera tau-saghyz* жапырақтарынан геномдық ДНҚ оқшаулау және оның функционалдық талдауы

Scorzonera tau-saghyz – Қаратау жотасының аумағында ғана таралған эндемик түр болып табылады және *Scorzonera* туысының жүйеленуі тұрғысынан да, сондай-ақ оның табиғи каучук көзі ретіндегі шаруашылық және биотехнологиялық маңызына байланысты ерекше ғылыми қызығушылық тудырады. *Scorzonera tau-saghyz* табиғи популяцияларын молекулалық-генетикалық тұрғыдан зерттеу түрдің эндемиктік сипатына, таралу аймағының шектеулілігіне және Қаратау жотасындағы популяцияларының оқшауланған түрде таралуына байланысты өзекті болып табылады. Мұндай жағдайда түрішілік генетикалық әртүрліліктің, тіпті әлсіз байқалатын деңгейін анықтау маңызды, өйткені ол популяциялардың ерте кезеңдегі генетикалық оқшаулануын және жергілікті орта жағдайларына бейімделу үдерістерін сипаттайтын маңызды көрсеткіш болып саналады. Молекулалық-генетикалық зерттеудің алғашқы кезеңінде Қаратау жотасының шығыс, солтүстік және оңтүстік бөліктерінен жиналған *Scorzonera tau-saghyz* өсімдіктерінен жоғары сапалы геномдық ДНҚ бөлініп алынды. Геномдық ДНҚ-ны бөліп алу үшін модификацияланған CTAB әдісі қолданылды. Бұл әдіс жоғары молекулалық массалы, деградацияға ұшырамаған ДНҚ алуға мүмкіндік береді. Алынған ДНҚ-ның сапасы агарозды гельдегі электрофорез нәтижелерімен расталды (22-сурет). Жоғары молекулалық массалы айқын ДНҚ жолақтарының байқалуы бөлініп алынған ДНҚ-ның жоғары сапасын көрсетті және оның полимеразалық тізбекті реакция (ПТР), секвенирлеу және басқа да молекулалық-генетикалық зерттеулер жүргізуге жарамды екенін дәлелдеді.

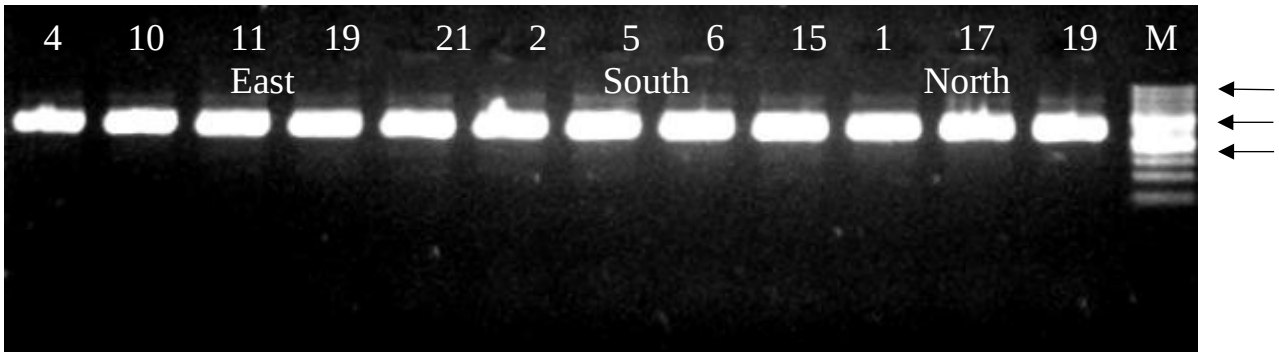


Үлгілер Қаратаудың шығыс (E), солтүстік (N) және оңтүстік (S) популяцияларынан алынған. Молекулалық масса маркері — λ/HindIII. Жебемен белгіленген шамамен 22 мың ж.п. (жұп нуклеотид) өлшеміндегі фрагмент бөлініп алынған ДНҚ-ның жоғары сапасын көрсетеді.

Сурет 22 – Модификацияланған CTAB әдісі арқылы бөлініп алынған *Scorzonera tau-saghyz* геномдық ДНҚ-сының электрофорездік талдау нәтижелері.

Жоғары молекулалық массалар аймағында айқын және қарқынды ДНҚ жолақтарының байқалуы геномдық ДНҚ-ның тұтастығының сақталғанын және оның полимеразалық тізбекті реакция (ПТР) мен секвенирлеу сияқты кейінгі молекулалық-генетикалық зерттеулерге жарамды екенін көрсетті. Тұрақты әрі қайталанымды сапалы ДНҚ үлгілерін алу нуклеотидтік өзгергіштікті дәл бағалаудың негізгі шарты болып табылады, өйткені бастапқы ДНҚ-ның сапасы анықталатын генетикалық полиморфизмдердің сенімділігіне тікелей әсер етеді. Популяциялар арасындағы генетикалық әртүрлілікті бағалау үшін өсімдіктердің филогенетикалық және популяциялық зерттеулерінде кеңінен қолданылатын рибосомалық ITS-аймағы (ITS1–5.8S–ITS2) таңдалды. Бұл маркердің құрамында консервативті және өзгергіш нуклеотидтік бөліктер қатар кездесетіндіктен, түрішілік және тұраралық генетикалық айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Барлық зерттелген үлгілерде ITS1–5.8S–ITS2 аймағының ПТР арқылы амплификациясы нәтижесінде күтілген ұзындықтағы (754 жұп нуклеотид) ДНҚ фрагменттері алынды (23-сурет). Бұл пайдаланылған праймерлердің тиімділігін растады және алынған өнімдерді секвенирлеуге мүмкіндік берді. ITS1 нуклеотидтік тізбектері кейіннен көптік теңестіру (*multiple sequence alignment*) және филогенетикалық талдау жүргізу үшін пайдаланылды (Қосымша А1 және А2-кестелер). ITS1 нуклеотидтік тізбектерін көптік теңестіру нәтижесінде *Scorzonera tau-saghyz* үлгілерінде бұл аймақтың жоғары деңгейде консервативті екендігі анықталды. Сонымен қатар, жеке генотиптер мен популяцияларға тән бірнеше бірнуклеотидті полиморфизмдер (SNP) анықталды (24-сурет, Қосымша А2-кесте). Полиморфты нуклеотидтік орындардың саны аз болғанымен, олардың анықталуы биологиялық тұрғыдан маңызды нәтиже болып табылады. Себебі рибосомалық ДНҚ көп көшірмелі құрылымға ие және эволюция барысында жоғары деңгейде консервативті сақталатын геномдық аймақ болып саналады. Сондықтан ITS1 аймағында анықталған SNP-маркерлер

рибосомалық ДНҚ қайталамаларының толық гомогенденбеуін немесе *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларында генетикалық жіктелу үдерісінің бастапқы кезеңдерінің қалыптаса бастағанын көрсетуі мүмкін.



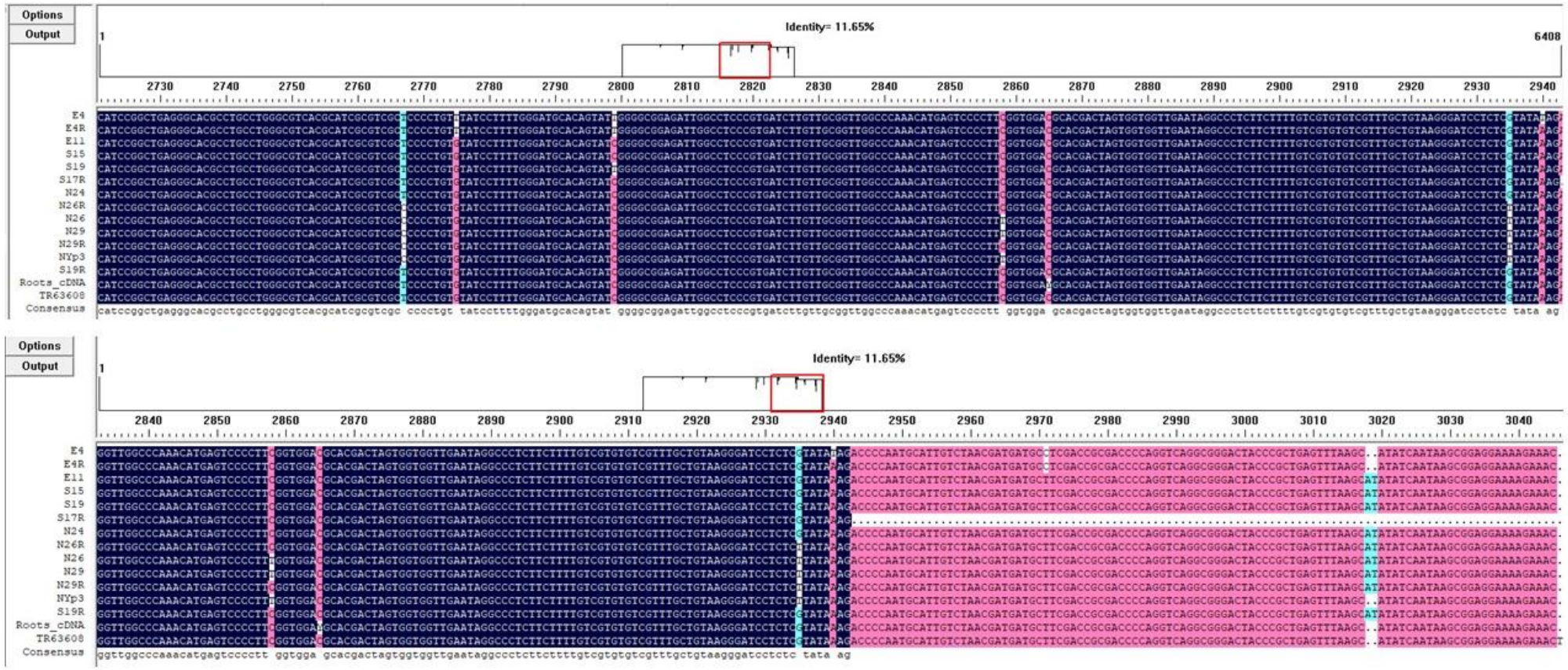
Қаратаудың East - шығыс, South - оңтүстік және North-солтүстік популяциялары. M – молекулалық масса маркері (100 bp DNA ladder). Жебелермен 500, 1000 және 3000 ж.п. (жұп нуклеотид) өлшеміндегі фрагменттер көрсетілген.

Сурет 23 – *Scorzonera tau-saghyz* әртүрлі популяциялары өкілдерінің рибосомалық ДНҚ-сының ITS-аймағын (ITS1–5.8S–ITS2) ПТР арқылы амплификациялау нәтижелері

Анықталған айырмашылықтардың ПТР немесе секвенирлеу кезінде пайда болған артефакт емес екендігін растау мақсатында талдауға өсімдіктің әртүрлі мүшелерінен алынған кДНҚ тізбектері енгізілді. Геномдық ДНҚ мен кДНҚ-да анықталған SNP-маркерлердің толық сәйкес келуі олардың геномдық табиғатын растады және рибосомалық ДНҚ-ның осы нұсқаларының тұрақты сақталатынын көрсетті. Бұл нәтижелер популяциялар арасындағы генетикалық туыстық байланыстарды бағалауға бағытталған филогенетикалық талдау жүргізуге негіз болды. ITS1 нуклеотидтік тізбектері негізінде құрылған филогенетикалық ағаш (25-сурет) зерттелген барлық *Scorzonera tau-saghyz* үлгілерінің айқын монофилетикалық топ түзетінін көрсетті. Бұл топ *Scorzonera* туысының басқа өкілдерінен және сыртқы топ ретінде алынған *Taraxacum kok-saghyz* түрінен анық ажыратылады. Сонымен қатар *Scorzonera tau-saghyz* класының ішінде әлсіз байқалатын, бірақ қайталанымды популяциялық құрылым анықталды. Алынған нәтижелер зерттелген үлгілердің түрлік сәйкестігін және ITS1 аймағының таксономиялық зерттеулер үшін сенімді молекулалық маркер екенін дәлелдейді [101,102,109].

Scorzonera tau-saghyz класының ішінде байқалған популяциялық құрылымға сәйкес Қаратаудың солтүстік және оңтүстік бөліктерінен алынған генотиптер 1948 жылы жиналған гербарий үлгісінен алынған референстік ITS1 тізбегіне өте жақын орналасқан. Бұл аталған популяциялардың генетикалық тұрақтылығын және ұзақ уақыт бойы ITS1 аймағының консервативті нұсқасының сақталғанын көрсетеді. Ал Қаратаудың шығыс бөлігінен алынған

үлгілер мен жиынтық кДНҚ негізінде алынған тізбектер филогенетикалық ағашта жеке тармақ түзді. Бұл шығыс популяцияларында тұрақты сақталған аздаған нуклеотидтік айырмашылықтардың бар екенін көрсетеді. Мұндай айырмашылықтар, ең алдымен, шығыс популяцияларының географиялық оқшаулануына және олардың дербес эволюциялық даму ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін. (25-суретте) көрсетілген филогенетикалық ағашта анықталған айырмашылықтарды сандық тұрғыдан бағалау мақсатында генетикалық қашықтықтардың салыстырмалы мәндері есептелді [101,102,109]. Есептеу нәтижесінде *Scorzonera* және *Taraxacum* туыстары арасындағы генетикалық қашықтық 0,21328 екендігі анықталды, ал *Scorzonera* туысы ішіндегі орташа генетикалық қашықтық 0,001-ден аспады. Осылайша, туыстар арасындағы генетикалық айырмашылықтар түрішілік айырмашылықтардан 200 еседен астам жоғары екені анықталды. East4 үлгісі үшін генетикалық қашықтық 0,00178-ге тең болды, бұл *Scorzonera* туысы ішіндегі орташа көрсеткіштен шамамен 1,8 есе жоғары болғанымен, туыстар арасындағы генетикалық қашықтықпен салыстырғанда екі реттік шамадан астам төмен деңгейде қалды. Бұл нәтижелер 25-суретте келтірілген филогенетикалық ағаштың туыстар арасындағы генетикалық айырмашылықтарды дәл бейнелейтінін және *Scorzonera tau-saghyz* түрінде ITS аймағының жоғары деңгейде консервативті сақталғанын дәлелдейді.



Талдауға Қаратаудың Е – Шығыс, N – Солтүстік және S – Оңтүстік популяцияларынан алынған үлгілер, сондай-ақ тамырдан алынған кДНҚ және жапырақ, сабақ пен тамырдың жиынтық кДНҚ тізбектері енгізілді. Полиморфты нуклеотидтік позициялар (SNP) астын сызу арқылы немесе бір-бірінен ерекшеленетін нуклеотидтермен белгіленген. Анықталған SNP-маркерлер геномдық ДНҚ мен кДНҚ-да бірдей байқалып, олардың геномдық табиғатын және *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларындағы генетикалық өзгергіштікті көрсетеді.

Сурет 24 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің геномдық ДНҚ-сы мен кДНҚ-сынан алынған ITS1 нуклеотидтік тізбектерінің теңестірілуі.

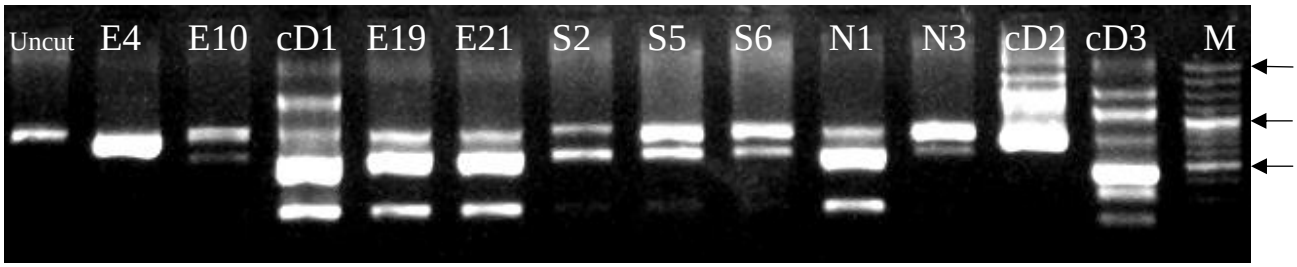


Қалың қаріппен *Scorzonera tau-saghyz* түрінің жиынтық кДНҚ тізбегі (TR63608_ITS) белгіленген. Бұтақтардағы сандар эволюциялық қашықтықтың (бұтақ ұзындығының) мәндерін көрсетеді. Зерттелген *Scorzonera tau-saghyz* үлгілерінің барлығы бір монофилетикалық топ құрап, олардың генетикалық жақындығын және ITS1 аймағының жоғары деңгейде консервативті екенін дәлелдейді.

Сурет 25 – *Scorzonera* туысы мен *Taraxacum kok-saghyz* түрінің ITS1 нуклеотидтік тізбектері негізінде құрылған филогенетикалық ағаш [109]
[100,101]

Айта кету керек, тек ITS1 маркерінің деректері негізінде популяциялар арасындағы генетикалық оқшаулану дәрежесін сандық тұрғыдан дәл бағалау немесе олардың арасындағы миграциялық үдерістерді толық реконструкциялау мүмкін емес. Дегенмен, анықталған нуклеотидтік айырмашылықтар мен олардың географиялық таралу ерекшеліктері Қаратаудың шығыс популяциялары мен солтүстік–оңтүстік популяциялар тобы арасында ген ағынының кем дегенде ішінара өзгергенін болжауға мүмкіндік береді. Мұндай популяциялық дифференциация аймақтың орографиялық ерекшеліктеріне, тіршілік ортасының фрагментациясына және жекелеген популяциялардың ұзақ уақыт бойы оқшауланuына байланысты болуы мүмкін. Филогенетикалық талдау жоғары ақпараттылығымен ерекшеленгенімен, ITS1 аймағын секвенирлеуді көптеген үлгілерге жаппай қолдану көп еңбек пен қаржылық шығынды талап етеді. Осыған байланысты анықталған SNP-маркерлер негізінде қарапайым әрі экономикалық жағынан тиімді dCAPS (derived Cleaved Amplified Polymorphic Sequence) маркерлік жүйесі әзірленді. dCAPS Finder бағдарламасының көмегімен BciVI рестрикциялық ферментінің тану сайтының болуы немесе болмауына қарай ITS1 аймағындағы баламалы аллельдерді ажыратуға мүмкіндік беретін арнайы маркер құрастырылды. dCAPS Finder бағдарламасының көмегімен BciVI рестрикциялық ферментінің тану сайтының болуы немесе болмауына қарай ITS1 аймағындағы альтернативті аллельдерді ажыратуға мүмкіндік беретін dCAPS-маркер құрастырылды (Қосымша А2-кесте). dCAPS талдауының нәтижелері секвенирлеу және филогенетикалық талдау негізінде алынған қорытындыларды толық растады (26-сурет). Электрофорез барысында анықталған әртүрлі жолақтық профильдер ITS1 аймағының гомозиготалы және гетерозиготалы нұсқаларына сәйкес келді. Полиморфизм деңгейі Қаратаудың

шығыс популяциясынан алынған үлгілерде жоғарырақ екендігі байқалды. Бұл нәтижелер популяциялар арасында ғана емес, сонымен қатар популяция ішіндегі генетикалық өзгергіштіктің де бар екенін көрсетеді және ITS1 тізбектері негізінде анықталған популяциялық құрылыммен толық сәйкес келеді. Жүргізілген зерттеулер барысында ДНҚ сапасын бағалау, ITS1 аймағын секвенирлеу, филогенетикалық талдау және dCAPS әдісін кешенді қолдану *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларының генетикалық құрылымын жан-жақты сипаттауға мүмкіндік берді [101–102]. Алынған нәтижелер зерттелген түрдің жоғары деңгейде генетикалық консервативті екенін, сонымен бірге географиялық оқшаулану мен рибосомалық қайталанатын тізбектер эволюциясының ерекшеліктеріне байланысты жергілікті популяциялық дифференциацияның қалыптасқанын көрсетті. Әзірленген dCAPS-маркер бұл эндемик түрдің популяциялық-генетикалық құрылымын зерттеуде, генотиптеуде, сондай-ақ генетикалық қорын сақтау мен қорғауға бағытталған зерттеулерде тиімді молекулалық құрал болып табылады.



Uncut — рестрикцияланбаған ПТР өнімі. E – Шығыс, N – Солтүстік және S – Оңтүстік популяция үлгілері. M — молекулалық масса маркері. Жебелермен ПТР өнімінің және рестрикция нәтижесінде түзілген фрагменттердің күтілетін өлшемдері көрсетілген. Электрофоредегі әртүрлі жолақтық профильдер ITS1 аймағының альтернативті аллельдері мен гетерозиготалы генотиптеріне сәйкес келеді.

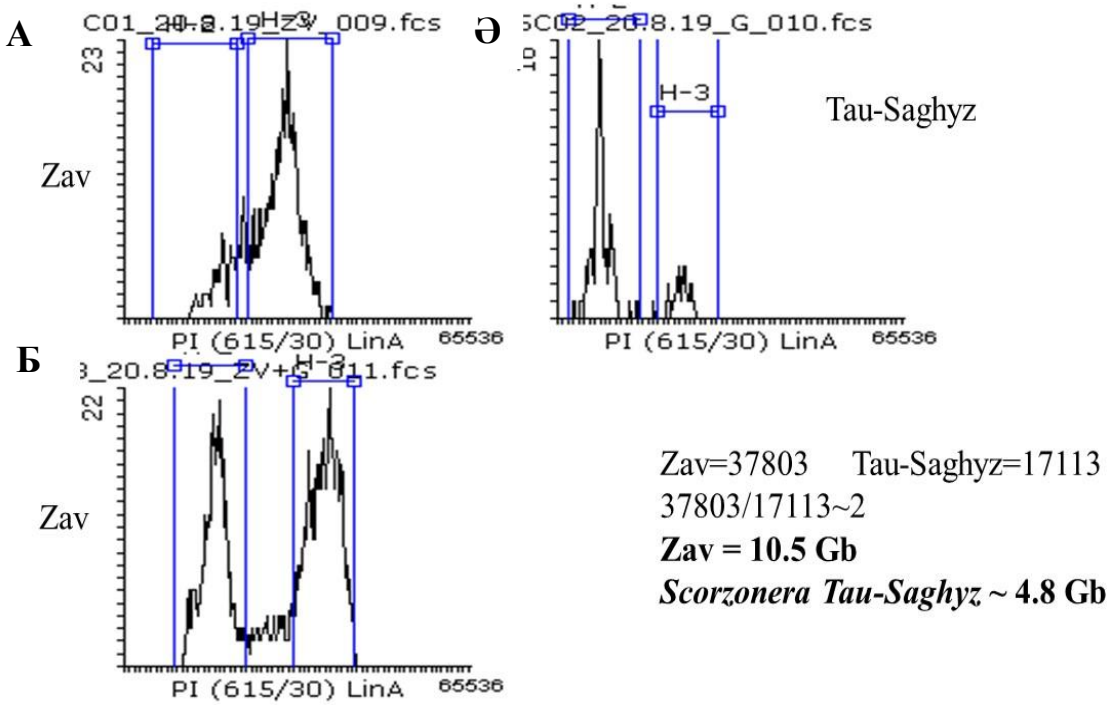
Сурет 26 – *Scorzonera tau-saghyz* әртүрлі популяцияларындағы ITS1 аймағына BciVI рестриктазасын пайдаланып жүргізілген dCAPS талдауының нәтижелері.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларының жоғары деңгейдегі генетикалық консервативтілігімен қатар, жергілікті генетикалық дифференциацияның бар екенін көрсетті. Осы зерттеуде популяциялар арасындағы миграциялық модельдер, FST коэффициенті, AMOVA талдауы немесе популяция құрылымын бағалаудың байестік әдістері қолданылмады. Бұл зерттеудің әдістемелік кемшілігі емес, керісінше пайдаланылған молекулалық маркерлер санының шектеулі болуына байланысты болды. Сондықтан бұл жұмыс *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларының генетикалық құрылымын кешенді зерттеудің бастапқы кезеңі ретінде қарастырылып, ақпараттық құндылығы жоғары молекулалық маркерлерді анықтауға және популяцияларды генетикалық тұрғыдан ажырату мүмкіндігін бағалауға бағытталды. Алынған нәтижелер болашақта ядролық және

митохондриялық маркерлердің, микросателлиттердің немесе SNP-панельдердің кең ауқымды талдауын жүргізуге ғылыми-әдістемелік негіз қалайды. Мұндай зерттеулер популяциялар арасындағы генетикалық оқшаулану деңгейін сандық тұрғыдан бағалауға, миграциялық бағыттарды реконструкциялауға және осы эндемик түрдің эволюциялық тарихын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Айта кету керек, бұл зерттеу бастапқы негізгі сипатқа ие және ITS1 рибосомалық маркерін пайдалана отырып, *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларының генетикалық дифференциациялану мүмкіндігін алдын ала бағалауға бағытталды. Дегенмен, секвенирлеу және dCAPS талдауы арқылы расталған ITS1 аймағындағы қайталанатын SNP-тердің анықталуы түр ішіндегі нақты генетикалық өзгергіштіктің бар екенін дәлелдеп, зерттеуді одан әрі кеңейтудің қажеттілігін көрсетті. Алынған нәтижелер Қаратаудың шығыс бөлігіндегі популяциялардың солтүстік және оңтүстік популяциялармен салыстырғанда генетикалық тұрғыдан біршама көбірек дифференциацияланғанын көрсетеді. Бұл олардың арасында ген ағынының белгілі бір дәрежеде шектелгенін және кеңістіктік оқшауланудың қалыптасқанын болжауға мүмкіндік береді. Алдағы зерттеулерде микросателлиттер, көплокусты SNP-маркерлер және жоғары өнімді секвенирлеу NGS (Next-Generation Sequencing - жаңа буын секвенирлеуі) технологиялары сияқты өзгергіштігі жоғары молекулалық маркерлерді қолдану жоспарлануда. Бұл популяциялардың генетикалық құрылымын сандық тұрғыдан бағалауға, популяциялар арасындағы миграция деңгейін анықтауға және *Scorzonera tau-saghyz* түрінің табиғи таралу аймағындағы эволюциялық тарихын жан-жақты реконструкциялауға мүмкіндік береді. *Scorzonera tau-saghyz* түрінің ITS1 нуклеотидтік тізбектері жоғары деңгейде консервативті болғанымен, популяциялар арасындағы генетикалық айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік беретін ақпараттық SNP-маркерлер анықталды. Филогенетикалық талдау зерттелген үлгілердің бір монофилетикалық топ құрайтынын және Қаратау популяциялары арасында генетикалық дифференциацияның бар екенін көрсетті. ITS1 маркері *Scorzonera tau-saghyz* түрінің филогенетикалық орнын анықтауда жоғары ақпараттылық көрсетті. ITS1 аймағында анықталған SNP-полиморфизмдер және олардың dCAPS–BciVI әдісімен расталуы Қаратау популяцияларында бастапқы генетикалық дифференциацияның бар екенін көрсетті. Бұл нәтижелер молекулалық филогенетикасы бойынша жүргізілген зерттеулермен сәйкес келеді [101,102,109]. TS1 тізбектерін секвенирлеу және dCAPS талдауы *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларындағы генетикалық өзгергіштікті анықтауға мүмкіндік берді. BciVI негізінде әзірленген dCAPS-маркер SNP-полиморфизмдерді сенімді анықтап, популяцияларды генотиптеу мен селекциялық зерттеулерде қолдануға жарамды тиімді молекулалық маркер екендігін көрсетті.

Қаратау өңірінің эндемигі *Scorzonera tau-saghyz* ядролық геномының көлемін анықтау мақсатында пропидий иодидімен (PI) боялған оқшауланған ядроларға ағынды цитометриялық талдау жүргізілді. Ішкі стандарт ретінде ядролық ДНҚ мөлшері белгілі *Zav* үлгісі (2C=10,5 Gb) пайдаланылды. Әдістемелік қателіктерді болдырмау үшін үлгілер жеке және стандартпен бірге ұсақтау (ко-чоппинг)

әдісімен талданды. Нәтижесінде *Zav* үлгісінің флуоресценция шыңы 37803, ал *Scorzonera tau-saghyz* ядроларының шыңы 17113 арнада тіркелді (27-сурет). Алынған гистограммалар G_0/G_1 фазасындағы ядролардың айқын шыңдарын көрсетіп, флуоресценцияны тіркеудің сызықтық сипатын және өсімдіктің екінші реттік метаболиттерінің өлшеу нәтижесіне әсер етпейтінін растады.



А – Ішкі стандарт (*Zav*) ядроларының флуоресценция шыңы; Ә – *Scorzonera tau-saghyz* ядроларының флуоресценция шыңы; Б – Стандарт пен зерттелетін үлгінің ядролары бірге талданған кездегі (*ко-чоппинг*) біріктірілген гистограмма.

Сурет 27 – Пропидий иодидімен (PI) боялған ядролардың флуоресценция қарқындылығының сызықтық шкаладағы (LinA) таралу гистограммалары.

Ағынды цитометрия нәтижесінде анықталған *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің ядролық геном көлемі (2C≈4,8Gb) қосжарнақты өсімдіктердің көпшілігімен салыстырғанда жоғары болғанымен, *Asteraceae* тұқымдасының *Scorzonerinae* тармағы өкілдері үшін белгілі геномдық өзгергіштік шегінде орналасады. Геном көлемінің салыстырмалы түрде үлкен болуы бұл түрдің эволюциялық даму барысында палеополиплоидия құбылысының орын алуымен немесе қайталанатын кодталмайтын ДНҚ тізбектерінің (ретротранспозондардың) жинақталуымен байланысты болуы мүмкін. Алынған мәліметтер *Scorzonera tau-saghyz* геномы туралы алғашқы негізгі сипаттамалардың бірі болып табылады және жоғары өнімді секвенирлеу NGS (Next-Generation Sequencing - жаңа буын секвенирлеуі), құрылымдық геномика және биоинформатикалық зерттеулерді жоспарлау үшін маңызды ғылыми негіз қалайды. Ағынды цитометрия әдісін қолдану арқылы алғаш рет Қаратау эндемигі *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің

абсолютті ядролық геном көлемі анықталды. Флуоресценция шыңдарының орташа мәндерінің арақатынасы негізінде зерттелген түрдің геном көлемі 2C ≈ 4,8 Gb екені белгіленді. Алынған көрсеткіш *Scorzonera tau-saghyz* түрінің салыстырмалы түрде ірі геномға ие екенін дәлелдейді және бұл мәлімет толық геномдық секвенирлеуді жоспарлауда, сондай-ақ табиғи каучук түзуші өсімдіктің молекулалық-генетикалық ерекшеліктерін зерттеу үшін маңызды ғылыми негіз болып табылады.

3.4.1 Әр түрлі экспозициядағы тау сағыз өсімдігіндегі фотосинтетикалық пигменттердің таралу ерекшеліктеріне талдау

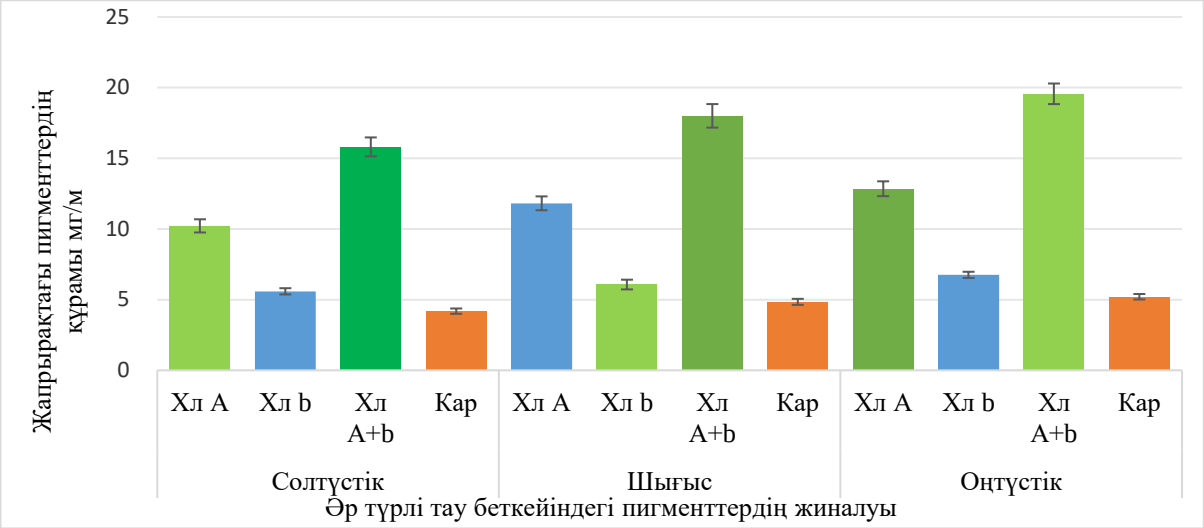
Экспедиция барысында тау-сағыздың әртүрлі мекен ету орындарынан 100-ден астам жапырақ үлгілері жиналып, олардағы хлорофилл *a*, хлорофилл *b* және каротиноидтардың мөлшері анықталды. Жапырақ пигменттерінің биохимиялық талдауы табиғи популяцияларда тау-сағыз жапырақтарындағы хлорофилл мен каротиноидтардың құрамына өсімдік өсетін беткей экспозициясының айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Бұл, әсіресе, каучук жинақтаушы өсімдіктер өсетін петрофильді өсімдік қауымдастықтарына тән. Атап айтқанда, солтүстік экспозициядағы өсімдік қауымдастықтарында өсетін тау-сағыз жапырақтарындағы хлорофилл мен каротиноидтардың мөлшері оңтүстік экспозицияда өсетін өсімдіктермен салыстырғанда 2 есе төмен болды. Жасыл пигменттердің негізгі компоненті - хлорофилл *a* мөлшері күн сәулесі ең аз түсетін солтүстік беткейде ең төменгі мәнді көрсетіп, 10,22 ± 0,47 мг/100 г құрады. Шығыс беткейге ауысқанда бұл көрсеткіш 11,82 ± 0,49 мг/100 г-ға дейін өссе, ең жоғары инсоляция тән оңтүстік беткейде максималды шегіне жетіп, 12,85 ± 0,52 мг/100 г болып тіркелді. Қосымша жасыл пигмент хлорофилл *b*-ның мөлшері де осыған ұқсас өсу бағытын қайталайды. Ең төменгі көрсеткіш солтүстік беткейде (5,59 ± 0,22 мг/100 г), орташа мән шығыс беткейде (6,07 ± 0,34 мг/100 г) байқалса, ең жоғары деңгей оңтүстік беткейдегі өсімдіктерде (6,75 ± 0,22 мг/100 г) анықталды. Негізгі және қосымша хлорофилдердің жалпы жиынтығы өсімдіктің фотосинтез аппаратының жалпы қуатын сипаттайды. Бұл көрсеткіш солтүстіктен оңтүстікке қарай сатылы түрде артып отырады: солтүстік беткейде 15,81 ± 0,67 мг/100 г, шығыста 18,01 ± 0,83 мг/100 г және оңтүстікте 19,57 ± 0,73 мг/100 г мәндерін көрсетті. Бұл заңдылық жарық пен жылу деңгейінің артуы хлорофилл жүйесінің белсенділігін ынталандыратынын айғақтайды.болды. Өсімдікті сыртқы стресстен және артық жарықтан қорғайтын қосымша пигменттер - каротиноидтардың жиналуы да экспозицияға тікелей байланысты. Солтүстік беткейде бұл көрсеткіш 4,19 ± 0,19 мг/100 г деңгейінде болса, шығыста 4,84 ± 0,21 мг/100 г болып өсті, ал күн радиациясы ең күшті әсер ететін оңтүстік беткейде максималды 5,21 ± 0,20 мг/100 г көрсеткішіне жетті. (6-кесте).

Кесте 6 – Таудың жота беткейі бойынша жапырақтардағы фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері

Беткей экспозициясы	Хлорофилл *a* (мг/100 г)	Хлорофилл *b* (мг/100 г)	Хлорофилл *a+b* (мг/100 г)	Каротиноидтар (мг/100 г)
Солтүстік	10,22 ± 0,47	5,59 ± 0,22	15,81 ± 0,67	4,19 ± 0,19
Шығыс	11,82 ± 0,49	6,07 ± 0,34	18,01 ± 0,83	4,84 ± 0,21
Оңтүстік	12,85 ± 0,52	6,75 ± 0,22	19,57 ± 0,73	5,21 ± 0,20

Алынған нәтижелерге сәйкес, фотосинтетикалық пигменттердің ең жоғары мөлшері (хлорофилл *a, b, a+b* және каротиноидтар) оңтүстік экспозициядағы өсімдік қауымдастықтарында өсетін тау-сағыз үлгілерінің жапырақтарында анықталды. Шығыс экспозицияда өсетін өсімдіктерде бұл көрсеткіш төмендеу болды, ал ең төмен мәндер солтүстік экспозициядағы беткейлерде өсетін тау-сағыз өсімдіктерінде тіркелді. Фотосинтетикалық пигменттердің құрамындағы өзгерістер тау-сағыз өсімдіктерінің гүлдеу және жеміс салу мерзімдеріне де айтарлықтай әсер етті. Зерттеу жүргізілген кезеңде солтүстік экспозициядағы өсімдіктердің басым бөлігі әлі гүлдеу сатысында**,** шығыс экспозициядағылары гүлдеу және жеміс салу кезеңдерінде**,** ал оңтүстік экспозициядағылары негізінен жеміс салу сатысында болды (гүлдейтін өсімдіктер өте сирек кездесті). Фотосинтетикалық пигменттерді анықтау үшін тау сағыз популяциясының Қаратау жотасының тау беткейлерінен алынды (оңтүстік, шығыс, солтүстік) үлгілердің жиналды. Үлгілердегі деректердің таралуын анықтау және *t*-критерийін есептеу үшін каучуктың пайыздық мөлшері пайыздық үлеске есептелінді. Статистикалық талдау әдісін анықтау үшін үлгілердегі деректердің таралуын көрсететін диаграммалар жасалынды. Біздің үлгілерде деректер үздіксіз болды және үлгілер деректердің қалыпты таралуымен сипатталып отырды.

Статистикалық маңызды айырмашылықтың болуын анықтау үшін жоғарыда аталған стьюденттің *t*-критерийі қолданылды. *t*-критерийін қолдана отырып статистикалық талдау нәтижелерін түсіндіру үшін екі гипотеза ұсынылған болатын. Бірінші гипотеза-Қаратау тауларының солтүстік және шығыс беткейлерінде өсетін өсімдіктердің үлгілері тамырлар мен каудекстегі каучук құрамымен ерекшеленбейді. Балама гипотеза-Қаратау тауларының солтүстік және шығыс беткейлерінде өсетін өсімдіктердің үлгілері тамырлар мен каудекстегі каучук құрамымен ерекшеленеді.*t*-тестті қолдану негізіндегі статистикалық талдаулар жүргізілді шығыс, және оңтүстік, солтүстік беткейлері арасындағы хлорофилл *a* құрамындағы статистикалық маңызды ($p<0,05$) айырмашылықты көрсетті. Хлорофиллдің жалпы мөлшері шығыс-солтүстік және оңтүстік-солтүстік беткейлері арасында әр түрлі болғаны байқалды (28-сурет).

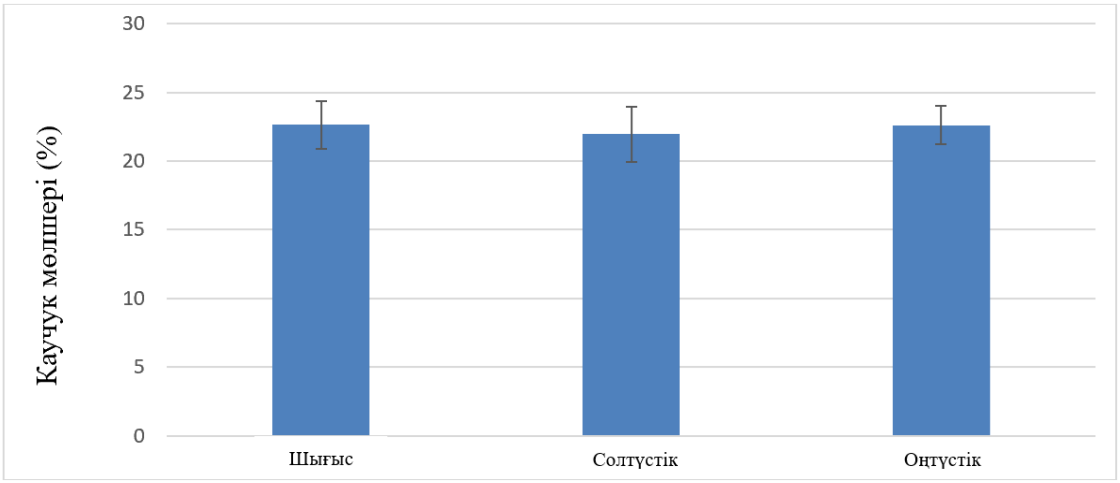


Сурет 28 – Таудың жота беткейі бойынша жапырақтарындағы пигменттердің медиандық мөлшері

Тау-сағыз жапырақтарындағы пигменттердің сандық және медианалық құрамын кешенді анықтау нәтижесі олардың концентрациясы беткей экспозициясына (еңістің орналасу бағытына) тікелей тәуелді екенін дәлелдеді. Жалпы алғанда, шығыс және оңтүстік популяцияларындағы жапырақтар құрамындағы хлорофилл *a* концентрациясы мен өзге де пигменттер кешені солтүстік популяциядағы үлгілермен салыстырғанда айтарлықтай жоғары көрсеткіштерді иеленді. Тау-сағыз жапырақтарындағы фотосинтетикалық пигменттердің жинақталу деңгейі өсімдік өсетін беткейдің географиялық экспозициясына тікелей тәуелді. Екі түрлі өлшем әдісінде де (мг/100 г және мкг/мл) солтүстік беткей үнемі ең төменгі көрсеткіштерді көрсетті. Оңтүстік және шығыс беткейлерде хлорофиллдер мен каротиноидтардың жоғары мөлшері күн радиациясы мен температураның қолайлы болуымен түсіндіріледі, ал солтүстік беткейде олардың төмен болуы жарық пен жылудың жеткіліксіздігіне байланысты [110–112]. Осындай заңдылықтар басқа табиғи каучук түзуші өсімдіктерде де анықталған [113–115]. Алайда фотосинтетикалық пигменттердің жоғары мөлшері каучуктың көп жинақталуын тікелей көрсетпейді, себебі бұл үдеріске генетикалық және экологиялық факторлар кешені әсер етеді [114,115].

3.4.2 Әр түрлі тау беткейінен алынған тау сағыз тамыр үлгілеріндегі каучук мөлшері

Қаратау тауларынан үш түрлі беткейден жиналған тау сағыз тамыр үлгілерінен бөлініп алынған каучуктың құрғақ массасының пайыздық орташа мәні әр түрлі болды. Алынған нәтижелер бойынша шығыс үшін 22.62%, солтүстік үшін 21.96% және оңтүстік үшін 22.60% болды (29-сурет).



Сурет 29 – *S. tau-saghyz* тамырының құрғақ массасындағы каучуктің үлесінің медианалық пайызы.

t-тестті қолдану арқылы жүргізілген статистикалық талдау топтар арасындағы каучук мөлшерінде статистикалық тұрғыдан мәнді айырмашылықты көрсеткен жоқ (P <0,05). Ал пигмент мөлшері топтар арасында айтарлықтай өзгеріс көрсетті

3.4.3 Каучук пен пигмент арақатынасына жүргізілген корреляциялық талдау көрсеткіштері

Жапырақтардағы фотосинтетикалық пигменттердің жиналуы мен тамырлардағы каучуктың жиналуы арасындағы байланысу дәрежесін анықтау үшін *r*-Пирсонның сызықтық корреляция коэффициенті қолданылды.

S. tau-saghyz тамырларының каучук құрамы мен жапырақ пигменттерінің арасындағы корреляциялық талдау деректері 7-кестеде келтірілген. Қаратау тауларының баурайынан алынған сынамалардағы жапырақтардағы пигменттер мен тамырлардағы каучук құрамы арасындағы корреляциялық талдау нәтижелері (7-кесте). Әр түрлі беткейлерден алынған үлгілердегі жапырақтардағы пигмент мөлшері мен тау сағыз тамырлардағы каучук мөлшері арасындағы корреляциялық талдау нәтижелері төмендегідей болды. Шығыс және оңтүстік экспозиция топтарында пигменттердің медиандық мөлшері жоғары болғанымен, теріс корреляция тіркелді, ал солтүстік экспозиция тобының пигмент мөлшері ең төмен деңгейде болғанда оң корреляция байқалды. Алайда корреляция коэффициентінің мәні өте төмен болғандықтан, жапырақтағы фотосинтетикалық пигменттер мөлшері мен каучуктың жиналу үдерісі арасында айқын статистикалық байланыс жоқ деп қорытынды жасауға болады.

Кесте 7 – Жалпы алынған нәтижелер фотосинтетикалық пигменттердің *S. tau-saghyz* тамырларында каучуктың жиналуымен әлсіз байланысын көрсетеді.

Айнымалылар	Каучук мөлшері		
Тау жотасы	Солтүстік	Шығыс	Оңтүстік
Хлорофилл, *a*	0,169	-0,090	- 0,263
Хлорофилл *b*	0,094	-0,088	- 0,286
Хлорофилл *a+b*	0,150	-0,088	- 0,293
Каротиноидтар	0,225	-0,098	- 0,099

Корреляцияның болмауының ықтимал себептерінің бірі – биомасса мен каучук жинақтау үдерістері арасында органикалық қосылыстарды пайдалану тұрғысынан тікелей бәсекелестіктің орын алуы. Каучуктың қайталама метаболит болып табылатынын ескере отырып, өсімдіктер үшін биомассаның жиналуы бастапқы маңызы бар үдеріс болып саналады.Сонымен қатар, зерттеу барысында үлгілердің жапырақтары мен тамырлары тау сағызының гүлдену кезеңінде алынғандықтан, бұл кезеңде каучук биосинтезінің белсенділігі төмендеуі ықтимал. Алайда, Н. В. Култиасов тау-сағыздың дамуының бірнеше кезеңдерін ажыратып көрсетеді. Солардың бірі – биомассаның жиналуы айтарлықтай бәсеңдейтін тыныштық кезеңі. Ғалымның пайымдауынша, дәл осы кезеңде органикалық қосылыстар үшін бәсекелестіктің азаюына байланысты каучук жинақталу деңгейі артады. Тікелей корреляцияның болмауының екінші ықтимал себебі табиғи каучук синтезіне қатысатын органикалық қосылыстардың тікелей фотосинтетикалық аппараттан емес, крахмал сияқты сақтау қосылыстарынан алынуынан болуы мүмкін. Бұл тек пигменттер мен каучук құрамы арасында жанама байланыстың болуын білдіреді. Тамырдағы табиғи каучуктың жиналуы фотосинтездік пигменттердің мөлшерімен емес, өсімдіктің физиологиялық күйі мен даму кезеңімен тығыз байланысты. Ұқсас нәтижелер табиғи каучук түзуші өсімдіктерде де көрсетілген, онда каучуктың жинақталуы фотосинтез қарқындылығынан гөрі көмірсулар алмасуы мен латекстің түзілуіне тәуелді екендігі анықталған [54,95]. Фотосинтездік пигменттердің мөлшері табиғи каучуктың жиналуын тікелей сипаттамайды. Сондықтан каучуктың биосинтезін бағалауда физиологиялық даму кезеңдері мен көмірсулар алмасуының көрсеткіштерін ескеру қажет.

3.5 *Scorzonera tau-saghyz* тамырынан табиғи каучукті су және гексан еріткіштері арқылы экстракциялау нәтижелері

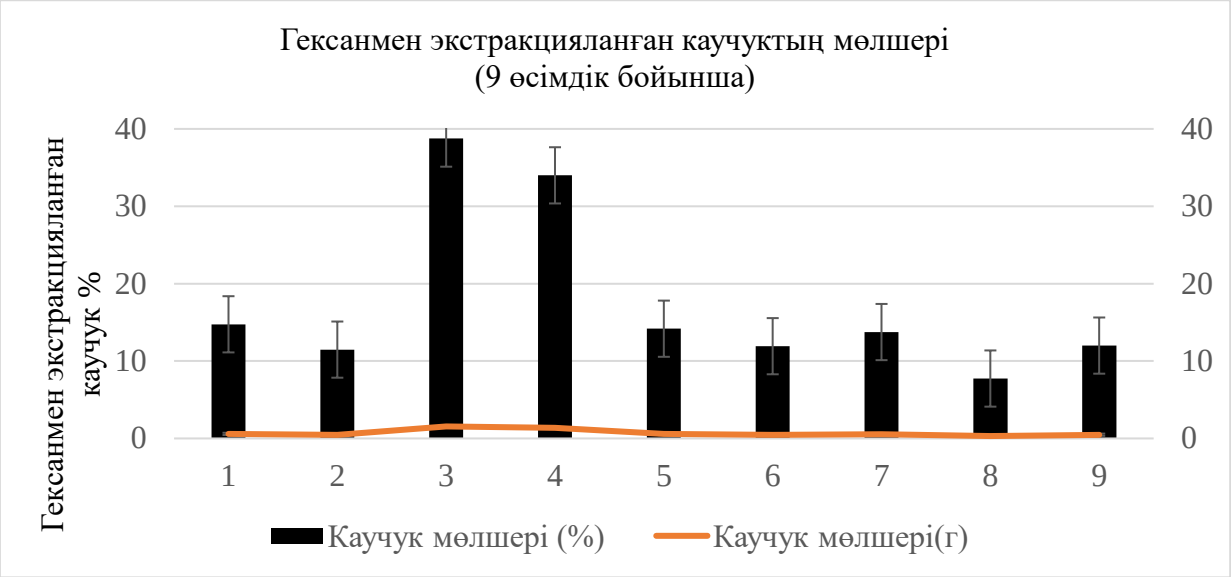
Тау-сағыз құрамында табиғи каучук жинақтайтын эндемикалық каучук өсімдігі болып табылады. Соңғы жылдары табиғи каучукқа деген сұраныстың артуына байланысты тау-сағызды баламалы шикізат көзі ретінде зерттеу өзектілігі жоғарылауда. Осыған байланысты өсімдіктің тамырлары мен каудекстерінен каучукті тиімді бөліп алу әдістерін әзірлеу және салыстырмалы түрде бағалау маңызды ғылыми-практикалық міндет болып табылады.Тау-сағыздан каучук алу үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады, олардың ішінде механикалық сумен экстракциялау әдісін алғаш болып біздер қолданып жатырмыз, ал органикалық еріткіштерді қолданатын экстракциялық әдіс кеңінен

таралған. Механикалық сумен экстракциялау әдісі өсімдік тамырларындағы каучукті қабық пен қыртыс ұлпаларынан физикалық әсерлер арқылы ажыратуға негізделген және бастапқы, жартылай тазартылған каучук үлгілерін алуға мүмкіндік береді. Гексан мен экстракциялау әдісі каучукты органикалық еріткіштерде еріту арқылы бөліп алуға бағытталған және каучуктың сандық мөлшерін дәл анықтауға, сондай-ақ оның химиялық және құрылымдық қасиеттерін кейінгі талдауға қолайлы болып табылады [116–122]. Осы жұмыста тау-сағыз тамырларынан каучук алудың механикалық сумен экстракциялау әдістері қолданылып, олардың технологиялық кезеңдері, алынған өнімнің сипаты және қолданылу ерекшеліктері салыстырмалы түрде қарастырылды (кесте 8). Бұл тәсілдерді кешенді пайдалану тау-сағыз каучугін зерттеудің толық әрі сенімді нәтижелерін алуға мүмкіндік береді. Механикалық сумен экстракциялау және гексанмен экстракциялау арқылы каучук алу әдістерінің ерекшеліктері алынған каучук нәтижесі.

Кесте 8 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамырларынан каучукты бөліп алудың екі әдісінің (сумен және гексанмен экстракциялау) технологиялық сызбасы

№	Сумен экстракциялау әдісі	Гексанмен экстракциялау әдісі
1	Бастапқы өсімдік материалы (тау-сағыз тамырлары мен каудекстері)	Тау-сағыз тамырлары мен каудекстерін дайындау және өлшеу
2	Өсімдік материалын кептіру	Ұсақталған үлгіге 50 мл гексан қосу
3	Кептірілген тамырларды ұсақтау және қабықтан ажырату	Экстракция жүргізу (reflux, 40°C температурада 4 тәулік)
4	Ұнтақталған өсімдік қалдықтарын сумен жуу	Еріткішті айналмалы буландырғыш арқылы жою (≤30°C)
5	Жартылай тазартылған каучук үлгісін алу, суда жуу	Вакуумда кептіру (24°C температурада 22–24 сағат)
6	Тазартылған каучук үлгісін алу	Тазартылған каучук үлгісін алу
7	Каучук мөлшерін есептеу (%)	Каучук мөлшерін есептеу (%)

Екі әдісті кешенді түрде қолдану тау-сағыз каучугінің сапасы мен шығымын жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелеріне келетін болсақ, гексан негізінде экстракциялау әдісі бойынша тау сағыз өсімдіктерінің дарақтары арасында каучук мөлшерінің едәуір айырмашылығы анықталды (30-сурет). Каучуктың пайыздық мөлшері 7,74%-дан 38,75%-ға дейін өзгерді. Ең жоғары каучук мөлшері 3-өсімдік үлгісінде тіркелді (38,75%;



Сурет 30 – Гексанмен экстракцияланған каучук мөлшерінің салыстырмалы көрсеткіші (%),(г)

1,55 г немесе 1550 мг), ал екінші жоғары көрсеткіш 2-өсімдік үлгісіне тән болды (34,00%; 1,359 г немесе 1359 мг). Бұл үлгілер каучук биосинтезінің жоғары деңгейімен сипатталады және өндірістік тұрғыдан перспективті болып табылады. 1, 5 және 7-үлгілерде каучуктың пайыздық мөлшері 13,75–14,75%, ал 2, 6 және 9-үлгілерде бұл көрсеткіш 11,48–12,00% аралықтарында болды. Ең төмен каучук мөлшері 8-ші үлгіде (7,74%; 309 мг). Атап айту керек, каучук концентрациясы өсімдіктер арасында айтарлықтай ауытқыды (77,25 мг/г-нан 387,50 мг/г-ға дейін өзгерді).

Су арқылы экстракциялау нәтижесінде зерттелген өсімдік үлгілерінде каучук мөлшері 15,19%-дан 33,51%-ға дейін өзгерді, бұл популяция ішіндегі биохимиялық вариацияның жоғары екенін көрсетеді (31-сурет). Ең жоғары каучук мөлшері 4-үлгіде (33,51%; 24,896 г немесе 24 896 мг) анықталды, бұл оны каучукқа бай перспективалы үлгі ретінде сипаттайды. Сонымен қатар, 6 және 8-үлгілерде де салыстырмалы түрде жоғары көрсеткіштер тіркелді (тиісінше 25,87% және 25,13%). Орташа деңгейдегі каучук мөлшері 2, 3, 5 және 7-үлгілерде байқалды (20,65–23,95%), ал ең төмен көрсеткіштер 9 және 10-үлгілерде тіркелді (15,53% және 15,19%). Каучук концентрациясы 151,94–335,06 мг/г аралығында өзгеріп, ең жоғары мән тағы да 4-ші үлгіде анықталды (335,06 мг/г). Олай болса, су арқылы экстракциялау әдісі, гексан негізіндегі экстракциялау әдісімен салыстырғанда каучук шығымы аздап кішкене болғанымен, өсімдік үлгілеріндегі каучук мөлшерінің мәні салыстырмалы тұрғыда бір-біріне жақын болды. Сонымен қатар, барлық үлгілер бірдей бір жылы жиналғанына қарамастан, қарастырылған екі әдісте де каучук мөлшерінің айтарлықтай айырмашылығы сақталды.



Сурет 31 – Сумен экстракцияланған каучук мөлшерінің салыстырмалы көрсеткіші (%),(г)

Жүргізілген зерттеу нәтижелері *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамырларында табиғи каучуктың жоғары мөлшерде жиналатынын көрсетті. Алынған мәліметтер бойынша каучук мөлшері мен оның концентрациясы қолданылған экстракция әдісіне байланысты өзгеретіні анықталды. Зерттеу нәтижесі барысында механикалық су және гексан әдістері қолданылып, олардың нәтижелері салыстырылды. Алынған деректерді талдау зерттелген өсімдіктердегі каучук мөлшерінің кең ауқымда өзгеретінін көрсетті, бұл популяция ішінде айқын ішкі өзгергіштіктің бар екенін дәлелдейді. Әсіресе гександық экстракция кезінде айырмашылық айқын байқалды, мұнда жеке үлгілер арасындағы каучук мөлшерінің пайызы бес еседен астам өзгерді. Өзгергіштік деңгейін сандық тұрғыдан бағалау мақсатында вариация коэффициенті есептелді. Эксперименттік деректерге статистикалық өңдеу жүргізіліп, сумен және гексанмен экстракциялау арқылы алынған *Scorzonera tau-saghyz* үлгілеріндегі каучук мөлшерінің өзгергіштігі сандық түрде бағаланды. Әрбір нұсқа үшін арифметикалық орта мән (x̄), стандарттық ауытқу (SD) және вариация коэффициенті (CV) есептелді. Бұл көрсеткіштер зерттелетін белгінің салыстырмалы өзгергіштік деңгейін анықтауға мүмкіндік береді.

Вариация коэффициенті келесі формула бойынша есептелді:

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad (5)$$

мұнда:
SD — стандарттық ауытқу,
x̄ — көрсеткіштің арифметикалық орта мәні.

Есептеулер өсімдіктер іріктемесіндегі каучуктың пайыздық мөлшеріне негізделіп жүргізілді. мұнда: SD — стандарттық ауытқу, $\bar{x}$ — көрсеткіштің арифметикалық орта мәні. Есептеулер өсімдіктер іріктемесіндегі каучуктың пайыздық мөлшері бойынша жүргізілді. Гександық экстракция кезінде каучуктың орташа мөлшері 17,62 %, стандарттық ауытқуы 10,89, ал вариация коэффициенті 61,8 % болды. Биостатистикада кеңінен қолданылатын интерпретацияға сәйкес, CV көрсеткіші 40 %-дан жоғары болған жағдайда белгінің өте жоғары өзгергіштігі байқалады. Демек, бұл топтағы каучук мөлшері айқын популяция ішілік әртектілікпен сипатталады

Сулы экстракция кезінде каучуктың орташа мөлшері 22,08 %, стандарттық ауытқуы 5,66, ал вариация коэффициенті 25,6 % болды. Бұл көрсеткіш жоғары, бірақ биологиялық тұрғыдан қалыпты өзгергіштік деңгейіне сәйкес келеді. Осылайша, гександық экстракция кезінде вариация коэффициенті 61,8 % болып, белгінің өте жоғары өзгергіштігін көрсетті, ал сулы экстракция жағдайында бұл көрсеткіш 25,6 % болып, жоғары, бірақ биологиялық тұрғыдан заңды өзгергіштік деңгейін сипаттады. Анықталған вариабельділік, ықтимал түрде, генетикалық және экологиялық факторлардың бірлескен әсерімен түсіндіріледі. Зерттелген барлық үлгілер бір табиғи популяцияға жатқанына қарамастан, мұндай айқын айырмашылықтардың болуы изопреноидты қосылыстардың, соның ішінде табиғи каучуктың биосинтез белсенділігі әртүрлі генотиптердің бар екенін көрсетеді. Сонымен қатар микроклиматтық жағдайлар, топырақ құрылымы және қоректік элементтермен қамтамасыз етілу деңгейі де әсер етуі мүмкін, бұл түрдің бұрын анықталған морфологиялық ерекшелігімен сипатталады. Гександық экстракция кезінде байқалған жоғары өзгергіштік латекстің липофильді фракциясындағы айырмашылықтарды және каучуктың тамырдың маманданған тіндерінде жиналу дәрежесінің әртүрлі болуын көрсетуі мүмкін. Осылайша, анықталған айырмашылықтар әдістемелік қателікпен байланысты емес, керісінше *Scorzonera tau-saghyz* популяциясына тән табиғи биохимиялық әртектілікті көрсетеді. Каучук мөлшері жоғары өсімдіктердің анықталуы өнімділігі жоғары формаларды селекциялық іріктеу мүмкіндігін растайды және каучук биосинтезін реттейтін механизмдерді анықтауға бағытталған молекулалық-генетикалық зерттеулердің перспективтілігін көрсетеді.

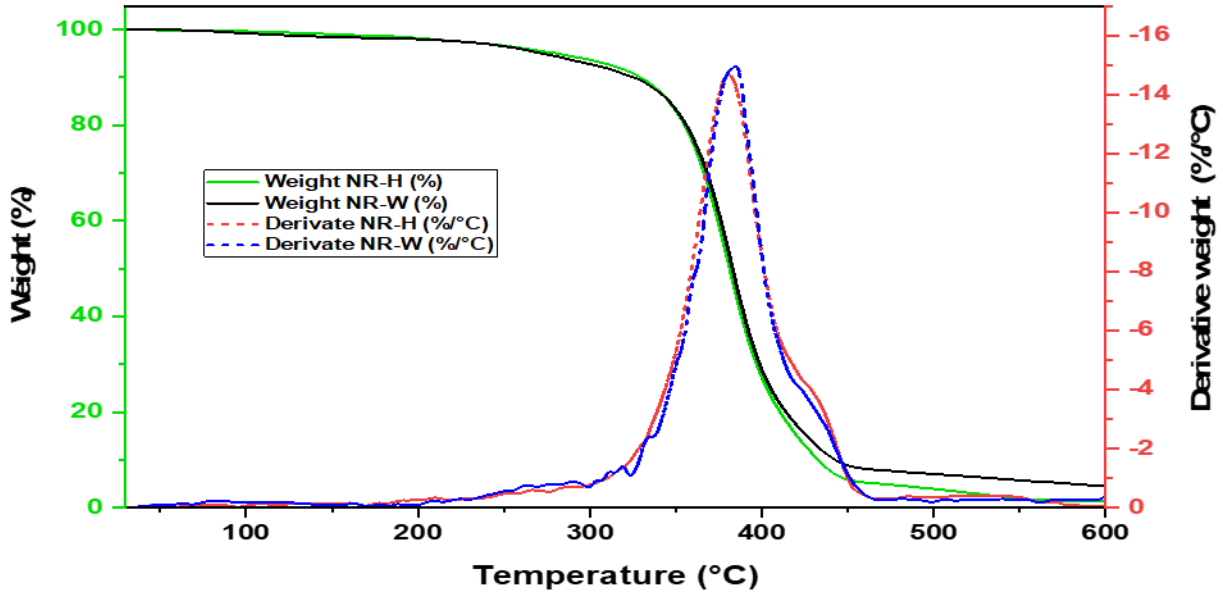
Алынған нәтижелер әдеби деректермен толық сәйкес келеді [58]. Жүргізген зерттеулерде *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігі табиғи каучуктың маңызды альтернативті көздерінің бірі ретінде қарастырылатыны көрсетілген. *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамырларында табиғи каучуктың айтарлықтай жоғары мөлшері жиналуы мүмкін және ол өнеркәсіптік каучук өндірісінде қолдануға перспективалы өсімдік болып табылады. Сонымен қатар жүргізген зерттеулерде табиғи каучукты алу барысында қолданылатын еріткіштердің түрі мен экстракция жағдайлары алынған өнім мөлшеріне тікелей әсер ететіні көрсетілген [83]. Бұл зерттеу нәтижелері біздің жұмысымызда алынған мәліметтерді растайды. Яғни, әртүрлі экстракциялық әдістер табиғи каучук мөлшерін анықтауда әртүрлі нәтижелер беруі мүмкін [56]. Жүргізген зерттеулерде тау-сағыз өсімдігінің каучук өндіру қабілеті оның генетикалық

ерекшеліктеріне, өсу жағдайларына және экологиялық факторларға байланысты өзгеретіндігі көрсетілген. Біздің зерттеу нәтижелерімізде де әртүрлі үлгілер арасында каучук мөлшерінің айтарлықтай өзгергіштігі байқалды. Бұл популяциялар арасындағы генетикалық айырмашылықтармен және өсіп-өну жағдайларымен байланысты болуы мүмкін.

Алынған нәтижелер әдебиет деректерімен сәйкес келеді. Зерттеулерде *Scorzonera tau-saghyz* тамырларында жоғары молекулалық *цис*-1,4-полиизопреннің едәуір мөлшерде жиналатыны және каучук шығымының өсімдіктің генотипіне, экологиялық жағдайларға, сондай-ақ қолданылатын экстракция әдісіне тәуелді екендігі көрсетілген [84,122]. Сонымен қатар, бұл түрдің құрғақ климатқа жоғары бейімделуі және табиғи популяцияларының Қазақстан аумағында сақталуы оны қоңыржай белдеуде табиғи каучук өндіруге арналған перспективалы дақыл ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Қорытындылай келе, жүргізілген зерттеу нәтижелері *Scorzonera tau-saghyz* тамырларында табиғи каучуктың айтарлықтай мөлшерде жиналатынын және оның мөлшері қолданылған экстракция әдісіне байланысты өзгеретінін көрсетті. Бұл нәтижелер тау-сағызды табиғи каучуктың перспективті көзі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді және болашақта селекциялық және биотехнологиялық зерттеулер жүргізудің маңыздылығын көрсетеді.

3.5.1 Табиғи каучуктің термогравиметриялық (TGA) және дифференциалды термогравиметриялық (DTGA) талдау нәтижелері

Термогравиметриялық талдау (TGA) және дифференциалды термогравиметриялық талдау (DTGA) полимерлердің физика-химиялық сипаттамаларын зерттеуде кеңінен қолданылатын маңызды әдістердің бірі болып табылады. Бұл әдістер материалдың термиялық ыдырау температурасының аралықтарын анықтауға, жүйенің көпкомпоненттілігін бағалауға және құрамында болуы мүмкін қоспаларды айқындауға мүмкіндік береді. TGA/DTGA талдауларын жүргізу баламалы каучукті өсімдіктерді зерттеу барысында ерекше маңызды, себебі бұл әдістер алынған материалдың қасиеттерін эталондық табиғи каучукпен салыстыруға және оның өнеркәсіптік қолдану перспективаларын бағалауға мүмкіндік береді. *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамырларын сумен (NR-W) және гексанмен (NR-H) экстракциялау арқылы алынған үлгілердің термогравиметриялық (TGA) және дифференциалды термогравиметриялық (DTGA) қисықтары көрсетілген (32-сурет). Талдау 30–600 °C температуралық диапазонда жүргізілген; графиктерде массаның салыстырмалы жоғалуы (%) және ыдырау жылдамдығының температураға тәуелділігі көрсетілген (32-сурет)



(NR-H) – Табиғи каучук гексан арқылы экстракциялау. (NR-W) – Табиғи каучук механикалық су арқылы эстракциялау.

Сурет 32 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамырларынан гександық (NR-H) және сулы (NR-W) экстракция әдістері арқылы алынған табиғи каучук үлгілерінің термогравиметриялық (TGA) және дифференциалды термогравиметриялық (DTGA) талдау қисықтары.

Зерттелген үлгілер *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінен алынған табиғи каучукқа жатады. Термогравиметриялық талдау нәтижесінде тау сағыздан алынған табиғи каучук 30–230 °C аралығында қыздыру барысында шамамен 2% масса жоғалуы байқалды, бұл негізінен үлгідегі ылғалдың буланып кетуімен түсіндіріледі. 230–330 °C температуралық интервалында шамамен 6% масса жоғалуы тіркелді. Бұл құбылыс гексанмен экстракция кезінде еритін төмен молекулалы органикалық қосылыстардың булануымен байланысты. Термиялық ыдыраудың негізгі кезеңі 330 °C температурадан басталып, 420 °C дейін жалғасады. Осы аралықта үлгінің шамамен 70% массасы жоғалады. Ыдырау жылдамдығының максимумы 390 °C температурада байқалады. Деструкцияның екінші кезеңі 420–460 °C аралығында жүреді және бұл кезеңде шамамен 15% масса жоғалуы орын алды. 460–600 °C температуралық диапазонында NR-H үлгісі шамамен 2%, ал NR-W үлгісі шамамен 6% масса жоғалтты. Бұл айырмашылық өсімдік текті целлюлозалық қоспалардың болуымен түсіндіруге болады.

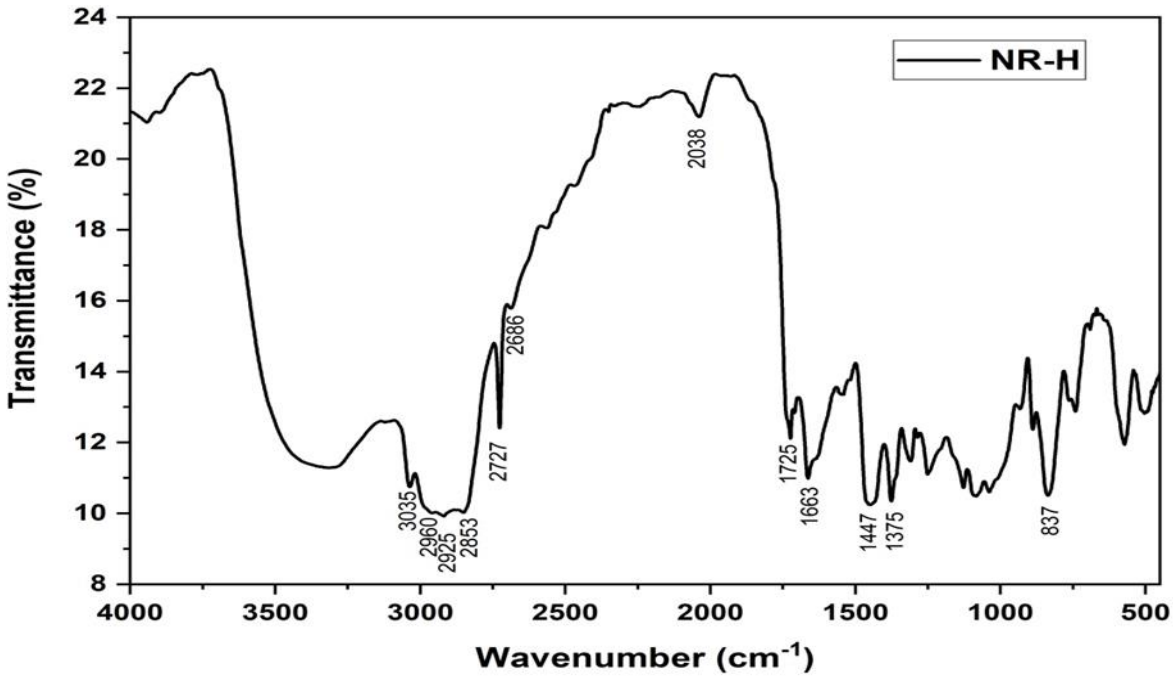
Нәтижелерді талқылау: Алынған нәтижелерге сәйкес термиялық ыдыраудың екі сатылы сипаты табиғи каучукқа (*цис*-1,4-полиизопрен) тән әдеби деректермен толық сәйкес келеді. Бұл зерттелген материалдың *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінен алынған табиғи каучук екендігін көрсетеді. Ыдырау температурасының максимумы 390 °C шамасында тіркелуі зерттелген материалдың жоғары термиялық тұрақтылығын дәлелдейді. Сонымен қатар NR-

Н үлгісінің 600 °C температураға дейін дерлік толық ыдырауы гексанмен алынған экстракттың су арқылы алынған үлгімен салыстырғанда тазалық дәрежесінің жоғары екенін көрсетеді. Осылайша, жүргізілген TGA/DTGA талдауларының нәтижелері келесі қорытындыларды растайды: алынған өнімнің табиғи каучук екендігін; оның термиялық сипаттамалары табиғи каучуктың қасиеттерімен салыстырмалы екенін [123]. Өнімнің тазалығы тұрғысынан гександық экстракция әдісінің артықшылыққа ие екенін көрсетеді.

3.5.2 Табиғи каучуктің Фурье түрлендіру инфрақызыл (FTIR) спектрлік талдауы

Бөлініп алынған полимердің каучуктің химиялық табиғатын түпкілікті растау үшін оның құрылымдық талдауын жүргізу қажет. FTIR-спектроскопия функционалдық топтарды идентификациялауға және полимер құрамында изопрендік құрылымның бар екенін растауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс экстракттың табиғи каучукқа жататынын анықтаудың жылдам әрі ақпараттық тұрғыдан тиімді тәсілі болып табылады. *Scorzonera tau-saghyz*

өсімдігінің тамырларын гексанмен экстракциялау нәтижесінде алынған үлгінің (NR-H) FTIR-спектроскопия нәтижелері көрсетілген (сурет 33). Спектр 4000–400 $см^{-1}$ диапазонында тіркелген. Спектрде *цис*-1,4-полиизопреннің құрылымдық фрагменттеріне (C=C, CH_2, CH_3) сәйкес келетін сипаттамалық жұтылу жолақтары, сондай-ақ минорлық функционалдық топтардың бар екенін көрсететін қосымша сигналдар байқалады.



Сурет 33 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамырларынан алынған табиғи каучуктың гександық экстрактының (NR-H) инфрақызыл спектрі (FTIR)

Спектрде 837, 1375, 1447, 1663, 2853, 2925 және 2960 $см^{-1}$ аймақтарында жұтылу жолақтары байқалады. Бұл жолақтар CH_3 созылу тербелістеріне, CH_2 созылу тербелістеріне, CH созылу тербелістеріне, C=C байланысының созылу тербелістеріне, CH_2 деформациялық тербелістеріне, CH_3 деформациялық тербелістеріне және CH байланысының жазықтықтан тыс тербелістеріне сәйкес келеді. Аталған тербелістер *цис*-1,4-полиизопренге тән құрылымдық белгілер болып табылады. FTIR-спектроскопия нәтижелері NR-H үлгісінде табиғи каучуктың бар екенін растайды [123]. Сонымен қатар спектрде *цис*-1,4-полиизопренге тән емес кейбір жұтылу жолақтары да анықталды. Атап айтқанда, 3400–3200 $см^{-1}$, 1630 $см^{-1}$ және 1540 $см^{-1}$ аймақтарында орналасқан жолақтар аминдерге, сондай-ақ амид I және амид II топтарына сәйкес келеді. Амид I және амид II жолақтары пептидтік байланыстарға тән болып табылады. 3400–3200 $см^{-1}$ диапазонында байқалатын жолақтар – O – H топтарының болуын да көрсетуі мүмкін, бұл каучуктың ішінара тотығуын және құрамында аз мөлшерде судың болуын білдіруі ықтимал [123]. Сонымен қатар 1748–1738 $см^{-1}$ және 1711 $см^{-1}$ аймақтарында байқалған жұтылу жолақтары эфирлік және карбоксил топтарының бар екенін көрсетеді. Бұл құбылыс *tau-saghyz* өсімдігінің гександық экстрактындағы липидтік қосылыстардың болуымен байланысты болуы мүмкін[123].

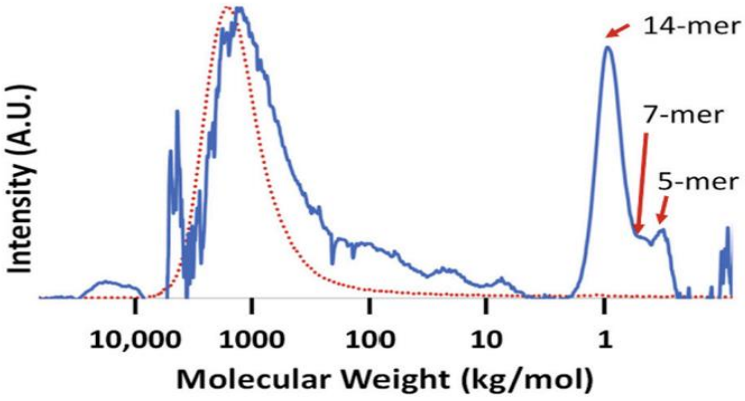
Спектрде *цис*-1,4-полиизопренге тән сипаттамалық жұтылу жолақтарының анықталуы бөлініп алынған заттың құрылымдық тұрғыдан табиғи каучукқа сәйкестігін растайды. Сонымен қатар спектрде байқалған қосымша сигналдар үлгі құрамында минорлық қоспалардың (липидтер, пептидтік қалдықтар, тотығу өнімдері) бар екенін көрсетеді. Мұндай қоспалардың болуы өсімдік текті табиғи каучук үшін тән құбылыс болып табылады. Осылайша, FTIR-спектроскопия нәтижелері *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінен алынған экстракт құрамында аз мөлшердегі қосымша компоненттермен бірге табиғи каучуктың бар екенін түпкілікті растайды.

Алынған нәтижелер әдеби жарияланған зерттеулермен сәйкес келеді. FTIR-спектрлерінде байқалған 1660–1640 $см^{-1}$ (C=C созылу тербелісі), 1445 $см^{-1}$ (–CH_2– деформациялық тербелісі), 1375 $см^{-1}$ (–CH_3), 835–840 $см^{-1}$ (цис-1,4-полиизопреннің жазықтықтан тыс тербелісі) аймақтарындағы жұтылу жолақтары табиғи каучуктың негізгі құрылымы болып табылатын *цис*-1,4-полиизопреннің болуын дәлелдейді. Осындай спектрлік ерекшеліктер *Taraxacum kok-saghyz* каучуктеріне арналған зерттеулерде де сипатталған [84,122,123]. Сонымен қатар, TGA/DTGA талдауында анықталған негізгі термиялық ыдыраудың 330–450 °C аралығында жүруі және қалдық массаның аз болуы табиғи каучуктың жоғары тазалығы мен термиялық тұрақтылығын көрсетеді, бұл *Hevea brasiliensis* каучугі үшін жарияланған нәтижелермен сәйкес келеді [122].

3.5.3 *Scorzonera tau-saghyz* каучуктің макромолекулалық сипаттамалары

Scorzonera tau-saghyz тамырынан бөлініп алынған табиғи каучуктің молекулалық-массалық сипаттамалары өлшемдік-эксклюзиондық

хроматография (Size Exclusion Chromatography, SEC) әдісімен анықталды. Бұл әдіс полимердің молекулалық массасын, молекулалық массалардың таралуын, полидисперстілік дәрежесін және полимерлік, олигомерлік және гельдік фракциялардың арақатынасын бағалауға мүмкіндік береді. 34-суретте табиғи каучуктің SEC хроматограммасы көрсетілген.



Хроматограммада жоғары молекулалық полиизопрен фракциясының кең таралуы және төмен молекулалық изопрен олигомерлері (5-, 7- және 14-мер) байқалады. X осі – молекулалық масса (*kg/mol*, логарифмдік масштаб), Y осі – детектор сигналының интенсивтілігі (A.U.). Көк сызық – *SEC* детекторы тіркеген эксперименттік хроматограмма, ал қызыл сызық – каучуктың молекулалық-массалық таралуының аппроксимацияланған қисығы.

Сурет 34 – Тау-сағыз (*Scorzonera tau-saghyz*) өсімдігінен тетрагидрофуран (THF) ерітіндісі арқылы бөлініп алынған каучуктың SEC-хроматограммасы.

Көк түсті қисық дифференциалды сыну көрсеткіші (dRI) детекторының сигналын білдіреді және үлгінің концентрациясына пропорционалды өзгереді. Қызыл үзік сызық: көпбұрышты лазерлік жарық шашырау (Multiangle Laser Light Scattering, MALS) детекторының сигналы болып табылады және үлгінің абсолюттік молекулалық массасын анықтауға мүмкіндік береді. Хроматограммада екі негізгі аймақ айқын байқалады. Бірінші аймақ жоғары молекулалық массалы полимерлерге сәйкес келеді және табиғи каучуктың негізгі бөлігін құрайтын ұзын тізбекті полиизопрен молекулаларын сипаттайды. Екінші аймақта молекулалық массасы төмен олигомерлік қосылыстар орналасқан. Бұл аймақта шамамен 14-mer, 7-mer және 5-mer құрылымдары анықталды, олар табиғи каучук құрамындағы қысқа тізбекті полиизопрендердің бар екенін көрсетеді. (MALS) детекторы төмен молекулалық массалы қосылыстарға сезімтал болмағандықтан, осы аймақта айқын сигнал тіркелмейді. Хроматограмманың негізгі ерекшелігі – жоғары молекулалық массалар аймағында орналасқан кең және қарқынды пиктің болуы. Бұл сигнал табиғи каучуктың негізгі компоненті болып табылатын *цис*-1,4-полиизопреннің жоғары молекулалық фракциясына сәйкес келеді. Пиктің кең болуы

каучуктың молекулалық массаларының кең таралуына ие екенін көрсетеді. Мұндай таралу өсімдіктердің латексінде жүретін ферментативті биосинтез нәтижесінде түзілетін табиғи полимерлерге тән. Синтетикалық полимерлерден айырмашылығы, биологиялық жүйелерде жүретін полимеризация процесі макромолекула тізбектерінің ұзындығын дәл бақылауға мүмкіндік бермейді. Сондықтан әртүрлі ұзындықтағы полимер тізбектерінен тұратын жүйе түзіледі. Жоғары молекулалық тізбектердің болуы табиғи каучуктың қасиеттері үшін маңызды [72,124-130]. Ұзын полимер тізбектері материалға: жоғары серпімділік, үлкен қайтымды деформацияларға қабілеттілік және макромолекулалар арасында физикалық түйісулердің түзілуі сияқты қасиеттер береді [44]. SEC талдауының сандық нәтижелері 9-кестеде келтірілген.

Кесте – 9 SEC талдау нәтижелері

Орташа салмақтық молекулалық масса, Mw (кг/моль)	Орташа сандық молекулалық масса, Mn (кг/моль)	Полидисперстілік индексі, Đ (Mw/Mn)	Полимерлік фракция (массалық үлесі, %)	Олигомерлік фракция (массалық үлесі, %)	Гельдік фракция (%)
1223,9	563,1	2,20	50,5	20,0	29,5

3-кестеде келтірілген мәліметтер бойынша *Scorzonera tau-saghyz* каучугі жоғары молекулалық табиғи полимер болып табылады. Оның орташа салмақтық молекулалық массасы (Mw) 1223,9 кг/моль (≈1,22×10⁶ г/моль), ал орташа сандық молекулалық массасы (Mn) 563,1 кг/моль болды. Бұл көрсеткіштер табиғи каучуктың ұзын полиизопрен тізбектерінен тұратынын және оның жоғары механикалық беріктік пен серпімділік қасиеттеріне ие екенін көрсетеді. Полидисперстілік индексінің (Đ=2,20) мәні табиғи каучуктың молекулалық массаларының кең диапазонда таралғанын білдіреді. Табиғи каучуктер үшін мұндай көрсеткіш қалыпты болып саналады және полимер тізбектерінің ұзындығы әртүрлі болатындығын көрсетеді. Зерттеу нәтижесінде үлгінің 50,5%-ын жоғары молекулалық полимерлік фракция, 20,0%-ын олигомерлік фракция, ал 29,5%-ын гельдік фракция құрайтыны анықталды. Полимерлік фракцияның жоғары болуы табиғи каучуктың негізгі қасиеттерін қалыптастыратын ұзын тізбекті *цис*-1,4-полиизопреннің басым екенін көрсетеді. Ал олигомерлік фракция табиғи каучук биосинтезі барысында түзілетін төмен молекулалық қосылыстардан тұрады және олардың мөлшері dRI сигналы арқылы анықталды. Гельдік фракцияның 29,5% болуы табиғи каучук құрамында еріткіште ерімейтін, өзара байланысқан жоғары молекулалық құрылымдардың бар екенін көрсетеді. Мұндай гельдік құрылымдар табиғи каучуктың серпімділігіне, беріктігіне және механикалық қасиеттеріне оң

әсер етеді. Алынған нәтижелер әдеби мәліметтермен сәйкес келеді. Бұрын жүргізілген зерттеулерде *Hevea brasiliensis* және гуайула (*Parthenium argentatum*) каучуктерінде де айтарлықтай мөлшерде олигомерлік фракциялар анықталғаны көрсетілген [60,131]. Сонымен қатар *Hevea* каучугі үшін орташа молекулалық массаның 1×10^6 г/мольден жоғары, олигомерлік фракцияның 30–50%, ал гельдік фракцияның шамамен 30% болатыны айтылады [131–133]. Біздің зерттеуімізде анықталған Mw = 1223,9 кг/моль және гельдік фракцияның 29,5% болуы *Scorzonera tau-saghyz* каучугінің молекулалық сипаттамалары бойынша *Hevea brasiliensis* каучугіне өте жақын екенін көрсетті. Айырмашылығы ретінде *Scorzonera tau-saghyz* үлгісіндегі олигомерлік фракция мөлшері 20% болып, *Hevea* каучугіне қарағанда біршама төмен екендігі байқалды. Бұл айырмашылық өсімдіктің түрлік ерекшелігіне, латекстің химиялық құрамына, өсіру жағдайына немесе каучукті бөліп алу әдісіне байланысты болуы мүмкін. Жалпы алғанда, SEC талдауының нәтижелері *Scorzonera tau-saghyz* табиғи каучугі жоғары молекулалық массалы *цис*-1,4-полиизопреннен тұратынын, полимерлік, олигомерлік және гельдік фракцияларының арақатынасы өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын *Hevea brasiliensis* табиғи каучугіне ұқсас екенін көрсетті.

Әдебиеттерде *Taraxacum kok-saghyz* және *Hevea brasiliensis* өсімдіктерінен алынған табиғи каучуктердің жоғары молекулалық массалы полиизопреннің негізгі фракциясынан тұратыны және олардың молекулалық-массалық таралуының жоғары болатыны көрсетілген. Мұндай құрылым табиғи каучукқа тән жоғары серпімділік пен механикалық қасиеттердің қалыптасуына ықпал етеді [84,123] Сонымен қатар, аз мөлшердегі олигомерлік фракция мен гельдік компоненттердің болуы табиғи каучуктың биосинтез ерекшеліктерімен байланысты және бұл құбылыс *Hevea brasiliensis* каучугі үшін де сипатталған [26,44,116,123,134]. Сондықтан алынған SEC нәтижелері *Scorzonera tau-saghyz* каучугінің өнеркәсіптік табиғи каучукқа құрылымдық жағынан жақын екенін және оны табиғи каучуктың баламалы көзі ретінде пайдалануға болатынын дәлелдейді. Бұл өз кезегінде *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің Қазақстан жағдайында жоғары сапалы табиғи каучук өндіруге перспективалы баламалы шикізат көзі бола алатынын дәлелдейді [131–133,135].

3.5.4 *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G.G. Bosse өсімдігінің тамыр экстракты үлгісінің ЯМР (NMR) спектрлерін талдау.

Scorzonera tau-saghyz өсімдігінің тамыр экстракттарынан бөлінген биополимердің химиялық құрылымын анықтау мақсатында ядролық магниттік резонанс (ЯМР) әдісімен кешенді зерттеу жүргізілді. ЯМР спектроскопиясы табиғи және синтетикалық полимерлердің құрылымын зерттеуде ең ақпараттық әдістердің бірі болып табылады, өйткені ол молекуладағы атомдардың химиялық ортасын, олардың өзара байланысын және кеңістіктік корреляцияларын анықтауға мүмкіндік береді.

Осы жұмыста бірөлшемді және екі өлшемді ЯМР спектрлері тіркелді:

- протондық спектр (^{1}H NMR)
- көміртек спектрі (^{13}C NMR)
- DEPT спектрі
- COSY, HMQC және HMBC корреляциялық спектрлері

Бұл әдістерді кешенді қолдану зерттелген биополимердің құрылымын анықтауға және оның негізгі компоненті табиғи каучук болып табылатын *цис*-1,4-полиизопрен екенін растауға мүмкіндік берді. (35-суретте) зерттелген каучук үлгісінің ^{1}H ЯМР спектрі көрсетілген. Спектрде полиизопрен құрылымына тән сигналдар байқалады. δ≈5.0–5.2 ppm аймағында винил протондарына (-CH=) сәйкес келетін сигналдар тіркеледі. Бұл сигналдар изопрен буынының қос байланысындағы протондарға тән және полимер құрылымында қанықпаған фрагменттердің бар екенін көрсетеді. δ≈2.0–2.2 ppm аймағында полимердің негізгі тізбегіндегі метилен топтарының (–CH_2–) протондары байқалады. Бұл протондар қос байланысқа жақын орналасқандықтан, олардың химиялық ығысуы осы диапазонда орналасады.

δ≈1.6–1.7 ppm аймағында метил топтарының (-CH_3) сигналдары байқалады. Бұл топтар изопрен буынының бүйірлік орынбасарлары болып табылады. Алынған сигналдар жиынтығы әдебиетте сипатталған табиғи каучук спектрлерімен толық сәйкес келеді және зерттелген биополимердің *цис*-1,4-полиизопрен құрылымын растайды. 35-суретте көрсетілген ^{13}C ЯМР спектрі полимер молекуласындағы көміртек атомдарының таралуын анықтауға мүмкіндік береді. Спектрде келесі негізгі сигналдар байқалады: δ≈124–135 ppm - қос байланыстағы винил көміртектері; δ≈30–35 ppm - полимердің негізгі тізбегіндегі метилен көміртектері; δ≈20–25 ppm - метил топтарының көміртектері байқалады. Бұл химиялық ығысулар изопрен буынына тән көміртек атомдарының сигналдарына сәйкес келеді және зерттелген биополимердің полиизопрендік табиғатын дәлелдейді (кесте 10). Сонымен қатар спектрде бөгде органикалық қосылыстарға тән сигналдардың көп мөлшерде болмауы бөлінген каучуктың салыстырмалы түрде жоғары тазалық дәрежесін көрсетеді. Кестеде көрсетілген химиялық ығысулар табиғи каучук үшін әдебиетте берілген мәндермен сәйкес келеді [79,134,136,137].

Кесте 10 – *Scorzonera tau-saghyz* каучугінің негізгі (ЯМР) химиялық ығысулары

Атом түрі	Құрылымдық фрагмент	δ^{1}H (ppm)	δ^{13}C (ppm)
Винил протон	–CH=	5,0–5,2	124–135
Метилен	–CH_2–	2,0–2,2	30–35
Метил тобы	–CH_3	1,6–1,7	20–25

Төменде (35Б-суретте) көрсетілген DEPT спектрі көміртек атомдарының типтерін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл спектрде келесі сигналдар байқалады: метил топтары (CH_3), метилен топтары (CH_2) және винил топтары (CH). Метилен көміртектерінің сигналдары полимердің негізгі тізбегін көрсетсе, метил топтарының сигналдары изопрен буынының бүйірлік топтарын көрсетеді.

Осылайша DEPT спектрі ^{13}C ЯМР спектрінде анықталған құрылымдық элементтерді қосымша дәлелдейді.

COSY спектрі (36А-суретте) протондар арасындағы *спин-спин* өзара әсерлесулерін көрсетеді. Спектрде келесі корреляциялар байқалады: винил протондары мен метилен протондары арасында, метилен протондары мен метил протондары арасында. Бұл корреляциялар изопрен буынының құрылымына тән және полимер тізбегіндегі көршілес протондардың өзара байланысын дәлелдейді. 36-суретте көрсетілген HMQC спектрі протондар мен оларға тікелей байланысқан көміртек атомдарының корреляцияларын анықтауға мүмкіндік береді. Спектрде келесі байланыстар байқалады:

- Винил протондары ↔ винил көміртектері
- Метилен протондары ↔ метилен көміртектері
- Метил протондары ↔ метил көміртектері

Бұл мәліметтер ^{1}H және ^{13}C ЯМР сигналдарын бір-бірімен нақты сәйкестендіруге мүмкіндік береді.

HMBC спектрі (36В-суретте) протондар мен көміртек атомдары арасындағы алыс корреляцияларды (2–3 химиялық байланыс арқылы) көрсетеді. Спектрде келесі корреляциялар байқалады:

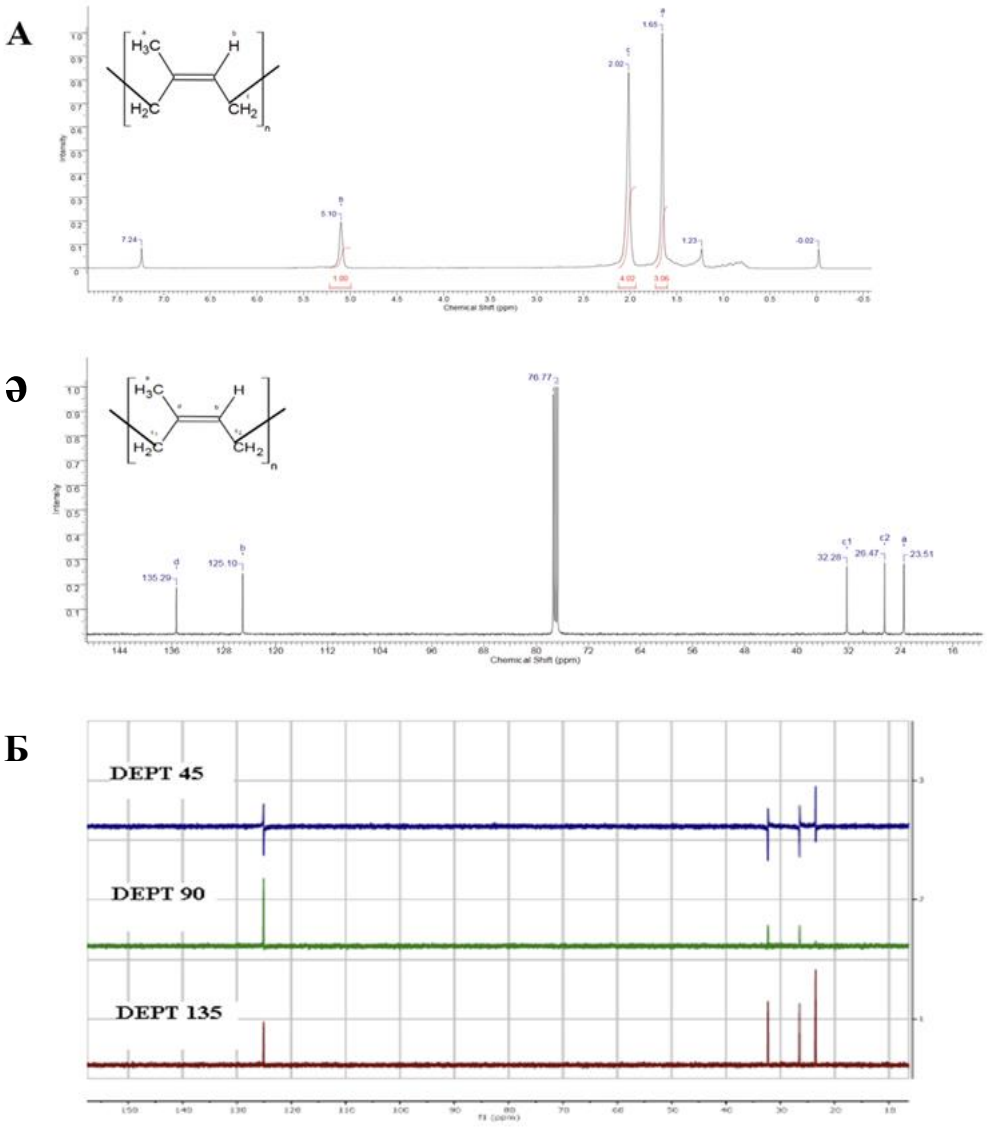
- Винил протондары ↔ көршілес көміртектер
- Метилен протондары ↔ винил көміртектері
- Метил протондары ↔ қос байланыс көміртектері

Бұл корреляциялар изопрен буындарының полимер тізбегінде бір-бірімен байланысқанын дәлелдейді. Атап айту керек, табиғи каучук - 2-метил-1,3-бутадиеннің (изопреннің) полимері болып табылады. Өсімдіктерде бұл полимердің синтезі ферментативті механизм арқылы жүреді. Биосинтез нәтижесінде изопрен молекулаларының қосылуы негізінен *цис*-1,4-қосылу механизмі арқылы жүзеге асады. Мұндай конфигурация полимер тізбегінің жоғары икемділігін қамтамасыз етеді. *цис*-1,4-полиизопреннің маңызды ерекшеліктері:

- Макромолекула тізбегінің жоғары қозғалғыштығы
- Созылу кезінде кристалдану қабілеті
- Жоғары серпімділік қасиеттері.

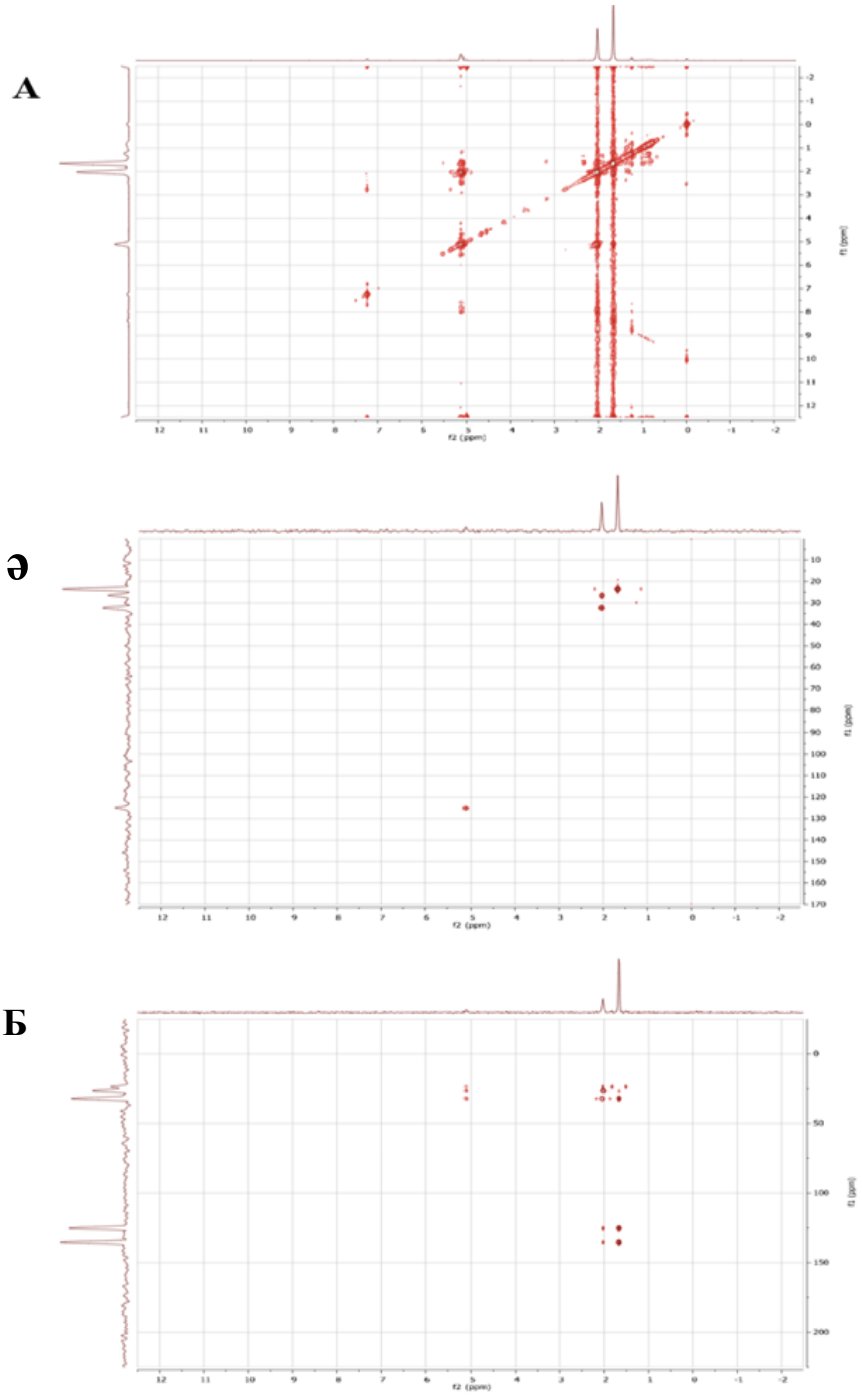
Синтетикалық каучуктармен салыстырғанда табиғи каучуктың құрылымы жоғары стереореттелген болады [57]. ЯМР спектроскопиясы *Scorzonera tau-saghyz* тамырынан бөлінген биополимердің табиғи каучукқа тән *цис*-1,4-полиизопрен құрылымына ие екенін көрсетті. ^{1}H және ^{13}C ЯМР, сондай-ақ DEPT, COSY, HMQC және HMBC спектрлерінде анықталған сигналдар әдебиеттердегі табиғи каучук үшін келтірілген мәліметтермен толық сәйкес келеді, бұл зерттелген үлгінің жоғары құрылымдық тазалығын растайды [57,79,34,136,137]. ЯМР әдістерінің кешенді талдауы *Scorzonera tau-saghyz* тамырынан бөлінген биополимердің негізгі компоненті табиғи каучукқа тән *цис*-1,4-полиизопрен екенін дәлелдеді. Алынған нәтижелер әдебиет деректерімен сәйкес келіп [57, 79,

134,136,137]. *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің табиғи каучуктың перспективалы баламалы көзі екенін растады.



А – ^{1}Н ЯМР спектрі, *цис*-1,4-полиизопренге тән винил, метилен және метил протондарының сигналдарын көрсетеді, Ә – ^{13}С ЯМР спектрі, полимердің винил, метилен және метил көміртек атомдарына сәйкес келетін сигналдарды көрсетіп, *цис*-1,4-полиизопрен құрылымын растайды.
Б – DEPT (DEPT-45, DEPT-90 және DEPT-135) спектрлері, көміртек атомдарының (CH_3, CH_2 және CH) түрлерін ажыратып, табиғи каучуктың полимерлік құрылымын қосымша дәлелдейді.

Сурет 35 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамыр экстрактынан бөлінген каучуктың бірөлшемді ЯМР спектрлері.



А - $^{1}H–^{1}H$ COSY спектрі, изопрен буынының көршілес протондары арасындағы корреляцияларды (винил, метилен және метил протондары) көрсетеді, Ә - $^{1}H–^{13}C$ HMQC спектрі, протондар мен оларға тікелей байланысқан көміртек атомдары арасындағы корреляцияларды көрсетеді және ^{1}H пен ^{13}C спектрлеріндегі сигналдарды сәйкестендіруге мүмкіндік береді. Б - $^{1}H–^{13}C$ HMBC спектрі, протондар мен көміртек атомдары арасындағы екі–үш химиялық байланыс арқылы жүзеге асатын алыс корреляцияларды көрсетеді және полимер тізбегіндегі изопрен буындарының бірізді байланысын растайды.

Сурет 36 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамыр экстрактынан бөлінген каучуктің екіөлшемді ЯМР спектрлері.

3.5.5 *Scorzonera tau-saghyz* каучугінің элементтік құрамын талдау нәтижелері

Латексті өсімдіктерде латекс полиизопреннің каучук бөлшектері, ақуыздар, липидтер және минералдық компоненттер сулы сарысуда дисперсияланған күрделі көпфазалы коллоидтық жүйе ретінде сипатталады.Бұл жүйеде катиондар мен аниондар (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Br^{-} және т.б.) кездейсоқ қоспалар емес, латекстің тұрақтылығы мен қасиеттерін анықтайтын функционалды маңызды компоненттер болып саналады. Латекстің иондық құрамы каучук бөлшектерінің коллоидтық тұрақтылығына тікелей әсер етеді [43]. Көпвалентті катиондар, әсіресе Ca^{2+} және Mg^{2+}, полиизопрен бөлшектерінің беткі зарядтарын экрандау процесіне қатысып, агрегация және коагуляция құбылыстарын реттейді [43]. Олардың концентрациясының өзгеруі латекстің тұтқырлығына, реологиялық сипаттамаларына және сақтау мен өңдеу кезіндегі тұрақтылығына ықпал етеді. Сондықтан бұл элементтердің мөлшерін анықтамай, латекстің физика-химиялық қасиеттерін дұрыс сипаттау және оның технологиялық өңдеу кезіндегі құрылымын болжау мүмкін емес [43].

Биологиялық тұрғыдан алғанда, латекстің элементтік құрамы өсімдіктің физиологиялық жағдайын және каучук метаболизмінің ерекшеліктерін көрсетеді. Кальций мен магний полиизопреннің биосинтезіне қатысатын ферментативтік процестерді реттеуде, сондай-ақ өсімдіктің тіндері зақымданған кездегі сигналдық жауап механизмдерінде маңызды рөл атқарады. Алюминий және басқа элементтердің болуы өсімдіктің өсу ортасының топырақ-геохимиялық жағдайларының және каучук синтезі мен жиналуына әсер ететін ықтимал стресс-факторлардың индикаторы бола алады. Иондар полиизопреннің химиялық құрылымына тікелей кірмегенімен, олар молекулалық-массалық таралуға және каучук тізбектерінің агрегация дәрежесіне жанама түрде әсер етеді. Бұл өз кезегінде алынған каучуктың механикалық қасиеттеріне және оның әрі қарай қолдануға жарамдылығына ықпал етеді. Осылайша, латекстің элементтік құрамын ескермей жүргізілген SEC, ЯМР және басқа да физика-химиялық әдістер нәтижелерінің интерпретациясы толық болмайды. Латекстегі элементтердің мөлшерін анықтау маңызды аналитикалық кезең болып табылады, өсімдіктің биологиялық ерекшеліктерін латекстің физика-химиялық сипаттамаларымен байланыстыруға, әртүрлі үлгілерден алынған каучук қасиеттерінің өзгергіштігін түсіндіруге, нәтижелердің қайталанымдылығын қамтамасыз етуге және әдеби деректермен салыстырмалылығын арттыруға, каучукті бөліп алу жағдайларын ғылыми тұрғыдан негіздеуге мүмкіндік береді (кесте 11).

Кесте 11 – *Scorzonera tau-saghyz* және *Taraxacum kok-saghyz* тамырларынан алынған коагуляцияланған латекстің элементтік құрамы.

Элементтер	*Scorzonera tau-saghyz*		*Taraxacum kok-saghyz*	
	Концентрация (mM)	Жалпы есеп (mM)	Концентрация (mM)	Жалпы есеп (mM)
Al	1,5338 ± 0,1434	21,1871±1,4913	0,2545 ± 0,0209	7,88 ±0,4598
B	0,1475 ± 0,0106		0,1596 ± 0,006	
Ca	16,6662 ± 1,359		0,8999 ± 0,0679	
Cu	0,0136 ± 0,0011		0,0037 ± 0,0003	
Fe	0,4723 ± 0,0472		0,1503 ± 0,0115	
K	7,5125 ± 0,4313		10,6536 ± 0,7354	
Mg	3,9202 ± 0,2928		6,7991 ± 0,4799	
Mn	0,0343 ± 0,0034		0,006 ± 0,0002	
Mo	0,0012 ± 0,0001		0,0001± 0,00001	
Na	10,6677 ± 0,7668		0,4887 ± 0,0289	
P	2,2225 ± 0,1683		6,6783 ± 0,4478	
S	6,6574 ± 0,4657		7,7803 ± 0,438	
Zn	0,0792 ± 0,006		0,0217±0,0017	

Қорытындылай келе, тау-сағыз және басқа да каучукті өсімдіктердің латексі күрделі көпкомпонентті коллоидтық жүйе болып табылады, оның қасиеттері тек полиизопреннің құрылымымен ғана емес, сонымен қатар иондық құрамымен де анықталады. Катиондар мен аниондар латекстің коллоидтық тұрақтылығына, реологиялық құрылымына және технологиялық өңдеу кезіндегі қасиеттеріне тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, элементтік құрам өсімдіктің физиологиялық жағдайын, метаболизм ерекшеліктерін және өсу ортасының геохимиялық факторларын бейнелейді. Иондардың жанама әсері полиизопреннің молекулалық сипаттамалары мен каучуктың механикалық қасиеттеріне ықпал етеді. Осыған байланысты латекстің элементтік құрамын анықтау каучуктың қасиеттерін кешенді түсіндіруде, алынған нәтижелердің ғылыми негізділігін арттыруда және тиімді технологиялық өңдеу шарттарын таңдауда маңызды орын алады.

3.6 *Scorzonera tau-saghyz* жас өскіндерінің өсуіне вермикомпосттың әсерін бағалау

Прайминг - өсімдіктердің стресс факторларына төзімділігін арттыруға, тұқымдардың біркелкі әрі жылдам өнуін қамтамасыз етуге, және тамыр жүйесінің дамуын ынталандыруға мүмкіндік беретін қарапайым, экономикалық

жағынан тиімді әрі жоғары тиімді әдіс [138–145]. Осы зерттеуде тұқымдарды алдын ала өңдеу үшін құрамында фитогормондар мен биологиялық белсенді қосылыстары бар вермикомпост шайы препараты қолданылды. Тұқымдар әртүрлі концентрациядағы вермикомпост шайы ерітінділерінде белгілі бір уақыт бойы өңделіп, кейін өнгіштік көрсеткіштері бағаланды. Жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері 12-кестеде берілген.

Кесте 12 – Жабайы өсетін *Scorzonera tau-saghyz* тұқымдарының 1%, 5% және 10% вермикомпост шайы ерітінділерімен 4 және 8 сағат бойы алдын ала өңделгеннен кейінгі өнгіштігі.

Вермикомпост шайы концентрациясы, %	Вермикомпост пен алдын ала өңдеуден кейін тұқымның өну жылдамдығы (%)	
	4 сағат	8 сағат
Бақылау	31,5±4,66	40,0±4,92
1%	43,0±3,78	45,0±3,80
5%	50,0±5,01	60,0±4,92
10%	68,3±4,68	76,65±4,25
Ескерту: 4 және 8 сағаттық экспозиция жағдайында тәжірибелік және бақылау топтарындағы өскін ұзындығының айырмашылығы статистикалық тұрғыдан мәнді екендігі анықталды ($p < 0,05$).		

37-суретте тау сағыз тұқымдарын әртүрлі концентрациядағы вермикомпост шайымен өңдеу кезіндегі өну тәжірибесінің типтік нәтижелері көрсетілген. Бақылау ретінде алдын ала өңдеуден өтпеген тұқымдар пайдаланылды. Алынған деректерді талдау барысында тау сағыздың құрғақ тұқымдарын «вермикомпост шайымен» прайминтеу қолданылған барлық концентрациялар бақылау мен салыстырғанда өскіндер санының артуына әкелетінін көрсетті. 5% және 10% вермикомпост шайы ерітінділерімен прайминг жүргізілгенде, экспозиция уақытына тәуелсіз өнген тұқымдар санының статистикалық тұрғыдан сенімді артқаны анықталды.

Ең жоғары тиімділік құрғақ тұқымдарды 10% вермикомпост шайы ерітіндісінде 8 сағат бойы өңдеу кезінде байқалды. Бұл жағдайда 4 сағаттық экспозицияда өнген тұқымдардың үлесі 68,3±4,68%, ал 8 сағаттық өңдеуде 76,65±4,25% болды. Аталған көрсеткіштер бақылау нұсқасымен салыстырғанда сәйкесінше 4 сағаттық экспозицияда 2,1 есе, ал 8 сағаттық экспозицияда 2,4 есе жоғары болып, айырмашылықтың статистикалық тұрғыдан мәнді екендігін көрсетті.

0% 1% 5% 10%



Бақылау (А) (Ә) (Б)

А – 1% вермикомпост шайы; Ә – 5% вермикомпост шайы**;** Б **–** 10% вермикомпост шайы

Сурет – 37 *Scorzonera tau-saghyz* тұқымдарының әртүрлі концентрациядағы вермикомпост шайы ерітінділерімен 4 сағат бойы алдын ала өңделгеннен кейінгі өнгіштігі (12-тәулік): Бақылау – Вермикомпост шайы ерітіндісімен өңделмеген;

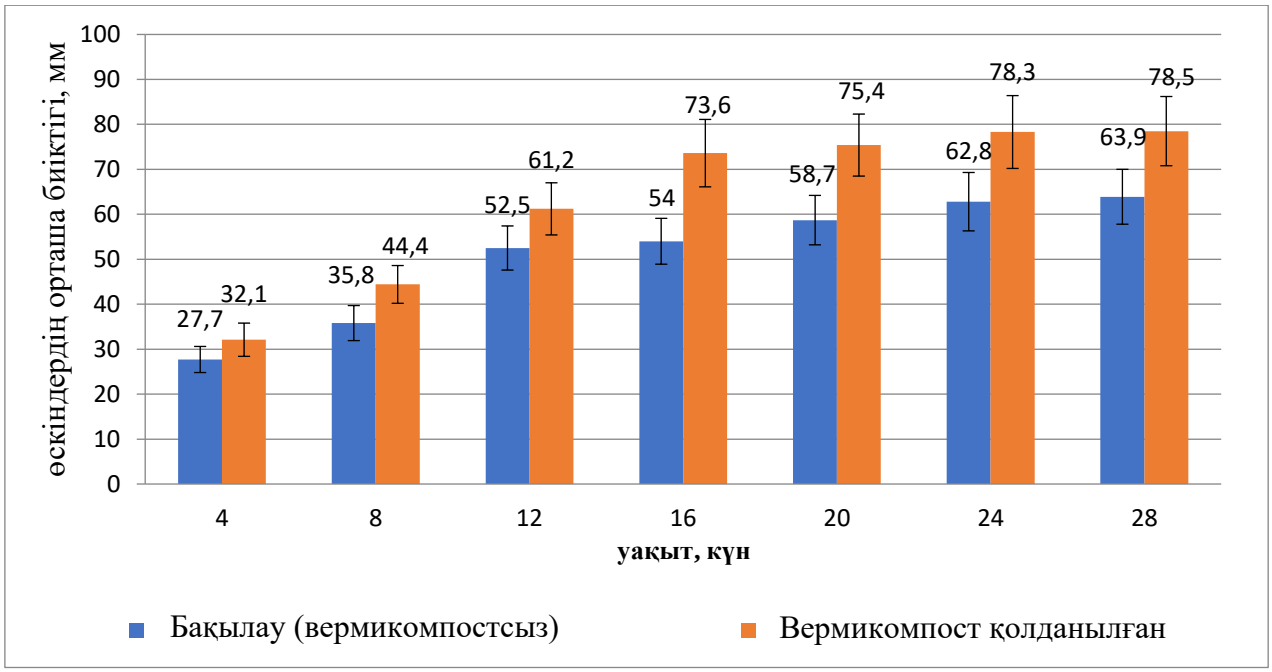
Тау сағызды өсіру технологиясын жетілдіруге бағытталған тәжірибелерде зертханамызда ірі қара малдың көңінен компост құрттары *Eisenia fetida* көмегімен алынған органикалық тыңайтқыш – *вермикомпост* пайдаланылды [10]. Вермикомпост топырақ биотасын өсімдіктердің өсуі мен дамуына қажетті биологиялық белсенді заттарды, соның ішінде фитогормондарды түзетін пайдалы микроорганизмдер мен байыту мақсатында қолданылады. Вермикомпосттың әсерін объективті бағалау үшін тәжірибелерде топырақ пен минералды тыңайтқыштар қосылмаған, вермикулит пен жуылған өзен құмынан (көлемдік қатынасы 1:1 (V/V) тұратын субстрат пайдаланылды. Зерттелетін нұсқада осы субстратқа көлемі бойынша 20% вермикомпост енгізілді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, субстрат құрамына көлемі бойынша 20% вермикомпост қосу өсімдіктердің өсу көрсеткіштерін сапалық тұрғыдан сенімді арттырды. Атап айтқанда, *Scorzonera tau-saghyz* өскіндерінің биіктігі өсірудің алғашқы аптасында-ақ бақылау нұсқасымен салыстырғанда 1,2 есе жоғары болды. Ал өсірудің 16-тәулігінде тәжірибелік нұсқадағы өскіндердің орташа биіктігі 73,6 мм-ге жетіп, бұл бақылаудағы өсімдіктерден 1,36 есе жоғары

екендігі анықталды. 20% вермикомпостты қолданудың өсімдіктердің өсуіне оң әсері 95% сенімділік деңгейінде (p <0,05) дәлелденді. (38, 39-суреттер).

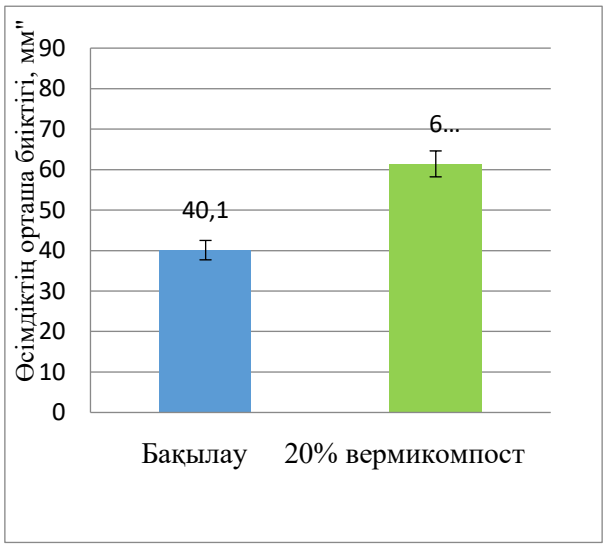


Сурет 38 – Вермикомпостсыз өсірілген *Scorzonera tau-saghyz* көшеттері (**1**), және (**2**) 20% вермикомпостпен өсірілген өсімдіктер.

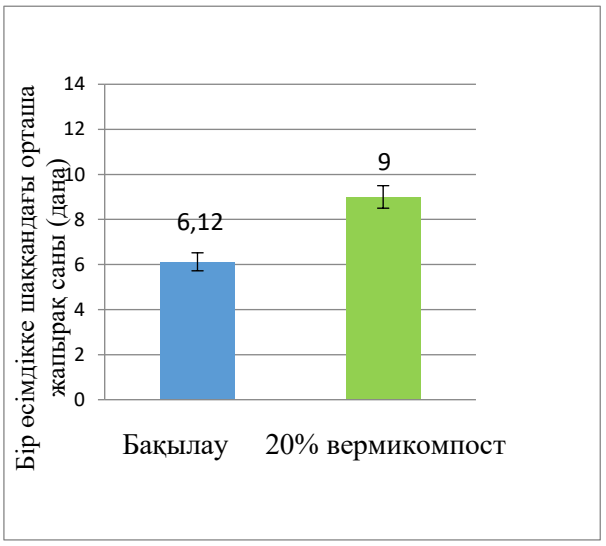
Вермикомпосттың әсерін жан-жақты бағалау мақсатында тәжірибе барысында өскіндердің орташа биіктігі мен қалыптасқан жапырақтарының саны салыстырылды. Зерттеу нәтижелері (38-суретте) көрсетілген. Тәжірибелік нұсқада өсімдіктердің орташа биіктігі мен жапырақ саны бақылау нұсқасымен салыстырғанда шамамен 1,5 есе жоғары болды. Өсімдіктердің орташа биіктігі тәжірибелік нұсқада 61,4 ± 3,20 мм**,** ал бақылауда 40,1 ± 2,40 мм құрады. Жапырақтардың орташа саны тиісінше 9,00 ± 0,50 және 6,13 ± 0,40 болды (39-сурет). Вермикомпосттың тау сағыз өскіндерінің өсуіне әсерін бағалау үшін өсімдіктің жерүсті мүшелерінің (жапырақтары мен сабақтары), тамыр жүйесінің және тұтас өсімдіктің шикі (таза) және құрғақ массасы анықталды. Бақылау нұсқасында *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің жерүсті бөлігінің орташа жаңа массасы 83,3 ± 6,3 мг болса, тәжірибелік нұсқада бұл көрсеткіш 252 ± 18,1 мг болып, шамамен 3 есе жоғары болды. Бүкіл өсімдіктің орташа жаңа массасы бақылауда 220 мг, ал тәжірибелік нұсқада 476 мг болып, бақылаумен салыстырғанда 2,19 есе артқаны анықталды (39-сурет). Жапырақ аппаратының жақсы дамуы тамыр жүйесінің дамуымен өзара байланысты деген болжамды тексеру мақсатында бақылау (1) және тәжірибелік (2) нұсқалардағы тау сағыз жапырақтары мен тамырларының шикі (таза) салыстырылды (38-сурет).



39-сурет. Вермикомпосттың *Scorzonera tau-saghyz* өскіндерінің биіктігіне әсері.



(А)



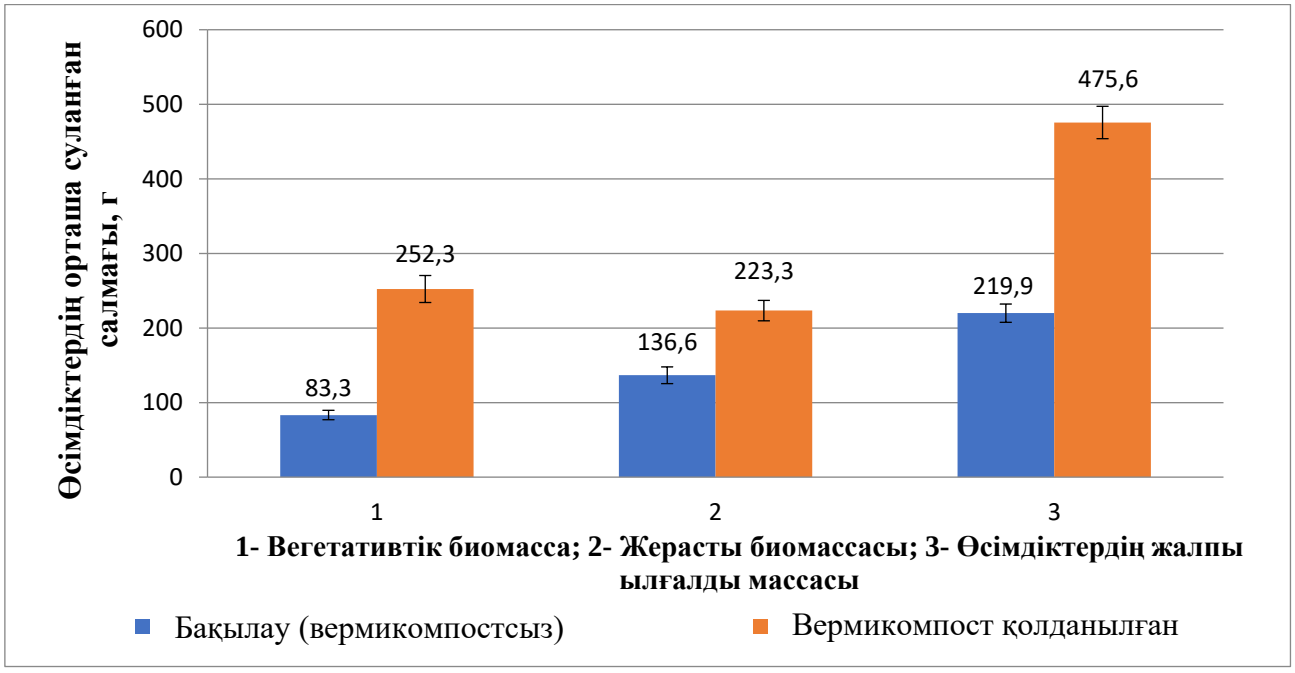
(В)

Сурет – 40 Вермикомпосттың *Scorzonera tau-saghyz* өсімдіктерінің биіктігіне (А) және жапырақ санына (В) әсері.

Бақылау нұсқасында жапырақтардың және тамырлардың орташа шикі (таза) тиісінше 83,3мг және 136,6мг болды. Тамырлардың жаңа массасының жапырақтардың жаңа массасына қатынасы 1,63-ке тең болды. Бұл бақылау жағдайында тау сағыздың тамыр жүйесі мен жапырақтарының жаңа массасы арасында айқын оң байланыс бар екенін көрсетті, яғни жапырақтардың дамуына қарай тамыр жүйесінің де өсуін болжауға мүмкіндік береді. Жапырақтар мен тамырлардың орташа массалары арасындағы байланысты бағалау кезінде 0,61

корреляция коэффициенті анықталды, бұл жапырақ массасының артуымен қатар тамыр массасының да сәйкесінше ұлғаятындығын дәлелдейді.

Тәжірибелік нұсқада тамырлар мен жапырақтардың орташа жаңа массасы тиісінше 223мг және 252мг болды. Тамырлардың шикі (таза) массасының жапырақтардың жаңа массасына қатынасы 0,88 болып, бұл көрсеткіш бақылау нұсқасындағы мәннен айтарлықтай төмен болды (1-ден аз). Ал жапырақтардың массасы мен тамырлардың массасының қатынасы 1,13-ке тең болып, 1-ден жоғары болды. Бұл тәжірибелік нұсқадағы жапырақтар мен тамырлар массасы арасында тікелей тәуелділіктің жоқ екенін көрсетеді. Осылайша, алынған нәтижелер вермикомпосттың тау сағыз өсімдігінің тамыр жүйесіне қарағанда жапырақ жүйесінің дамуына анағұрлым күшті оң әсер ететінін көрсетеді.



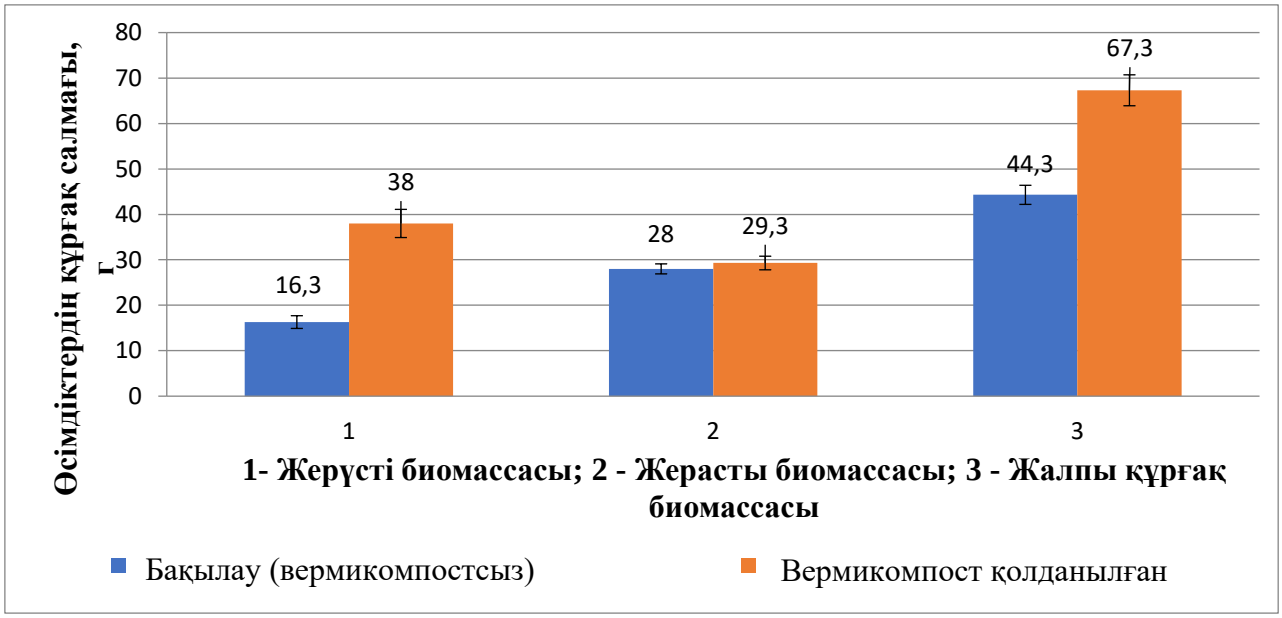
Сурет – 41 Вермикомпосттың *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің шикі (таза) массасына әсері.

Өсімдіктердің құрғақ массасын анықтау мақсатында тәжірибелік және бақылау нұсқаларынан алынған жаңа биомасса үлгілері 75°С температурадағы термостатта тұрақты массаға дейін кептірілді. Бақылау нұсқасында өсімдіктің жерүсті бөлігінің орташа құрғақ массасы 16,3 ± 1,40 мг болса, тәжірибелік нұсқада бұл көрсеткіш екі еседен астам артып, 38,0 ± 3,10 мг құрады. Ал тамырлардың құрғақ массасын салыстырғанда тәжірибелік және бақылау нұсқалары арасында айтарлықтай айырмашылық байқалмады: тиісінше 29,3 мг және 28,0 мг.Тамырлар мен жапырақтардың құрғақ массаларының арақатынасын талдау барысында келесі ерекшеліктер анықталды: Бақылау нұсқасында тамырлардың құрғақ массасы (28,0мг) болса жапырақтардың құрғақ массасы (16,3 мг) екеуінің ара қатынасы 1,71 болды.

Тәжірибелік нұсқада жапырақтардың құрғақ массасы, тамырлардың құрғақ массасына қатынасы 1,17 болып, 1-ден жоғары мән көрсетті. Бұл тәжірибелік нұсқада жапырақтар мен тамырлардың құрғақ массалары арасында тікелей оң корреляцияның жоқ екенін білдіреді. Мұндай нәтиже вермикомпосттың ең алдымен жапырақ биомассасының өсуін күшейтіп, кейіннен тамыр жүйесінің дамуына жанама түрде ықпал етуімен түсіндіріледі (42-сурет).

Осылайша, топырақ субстратына 20% вермикомпост енгізу тау сағыз өсімдіктерінің өсуі мен дамуын едәуір жақсартатыны анықталды. Вермикомпостпен байытылған субстратта өсірілген өскіндер бақылау нұсқасындағы өсімдіктермен салыстырғанда анағұрлым жақсы дамыды. Вермикомпост жапырақтар мен сабақтардың өсуін белсенді түрде ынталандырды, ал тамыр жүйесінде негізінен таза массаның артуы байқалды. Бұл нәтиже тамырлардың топырақтан қоректік заттарды сіңіріп, оларды жапырақтарға жеткізетіні туралы жалпы қабылданған көзқарасқа қайшы келмейді. Жапырақ биомассасы фотосинтез қарқындылығы мен табиғи каучуктың биосинтезі нәтижесінде артқаннан кейін ғана түзілген органикалық заттар тамыр жүйесіне тасымалданып, оның көлемі мен құрғақ массасының ұлғаюына ықпал етеді (42-сурет).

Бұл құбылысты нақтылау мақсатында *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамыр жүйесінің морфологиялық ерекшеліктері зерттелді. Алынған нәтижелерді талдау тәжірибелік және бақылау нұсқалары арасында негізгі тамырдың ұзындығы мен жанама тамырлардың саны мен морфологиялық көрсеткіштер бойынша елеулі айырмашылықтардың жоқ екенін көрсетті (43-сурет, 13 және 14-кестелер).



Сурет – 42 Вермикомпосттың *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің құрғақ массасына әсері



Сурет – 43 *Scorzonera tau-saghyz* өскіндерінің тамыр жүйесі: (1) – бақылау нұсқасы; (2) – тәжірибелік нұсқа.

Кесте – 13 *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің тамыр жүйесінің дамуына 20% вермикомпосттың әсері (172-тәулік).

Тамыр жүйесінің параметрлері		Бақылау	Тәжірибе
Негізгі тамырдың ұзындығы (мм)		196±9,90	200.0±11,5
Негізгі тамырдың жанама тамырларының саны (дана)		1,30±0,10	2,70±0,20
Негізгі тамырдың бүйірлік тамырларының максималды ұзындығы (мм)	1-ші ретті	0,10±0,01	0,20±0,01
	2 -ші ретті	-	-

Scorzonera tau-saghyz өсімдігінің тамыр жүйесінің, әсіресе негізгі тамыр мен одан таралатын жанама тамырлардың морфологиялық ерекшеліктеріне жүргізілген кешенді зерттеу нәтижесінде тәжірибелік нұсқада (20% вермикомпост) жанама тамырлардың дамуы бақылау нұсқасымен салыстырғанда едәуір жоғары екендігі анықталды. Атап айтқанда, тәжірибелік нұсқада негізгі тамырдан таралған жанама тамырлардың орташа саны 2,70 ± 0,20 болып, бұл көрсеткіш бақылау нұсқасымен салыстырғанда екі есе жоғары және айырмашылық статистикалық тұрғыдан мәнді болды (13-кесте). Сонымен қатар, 20% вермикомпостпен байытылған субстратта өсірілген өсімдіктердің бірінші реттік жанама тамырларының ұзындығы бақылау нұсқасына қарағанда 4 есе артық болды. Аталған көрсеткіш тәжірибелік нұсқада орта есеппен 15,0 ± 0,10 мм, ал бақылау нұсқасында 3,50 ± 0,20 мм құрады (14-кесте).

Кесте – 14 *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің жанама тамырларының дамуына 20% вермикомпосттың әсері.

Тамыр жүйесінің параметрлері		Бақылау	Тәжірибе
Қолтық тамырларының саны (дана)		18,7±1,20	19,0±1,40
Қолтық тамырының максималды ұзындығы (мм)		83,3±3,10	96,7±4,20
Қолтық тамырының жанама тамырларының саны (дана)		1,30±0,10	1,3±0,10
Қолтықтық жанама тамырлардың ең үлкен ұзындығы (мм)	1-ші ретті	3,50±0,20	15,0±0,10
	2 -ші ретті	-	-

Топырақ субстратына 20% вермикомпост қосу *Scorzonera tau-saghyz* өскіндерінің өсуі мен дамуын айтарлықтай жақсартты. Тәжірибелік нұсқада өсімдіктердің орташа биіктігі мен жапырақтарының саны бақылау нұсқасымен салыстырғанда 1,5 есе жоғары болды. Сонымен қатар, өскіндердің жерүсті бөлігінің құрғақ массасы бақылау нұсқасындағы көрсеткіштен екі еседен астам артық екендігі анықталды. Тамыр жүйесінің негізгі және жанама тамырларына жүргізілген морфологиялық талдау нәтижелері көрсеткендей, зерттелген көрсеткіштердің көпшілігінде елеулі өзгерістер байқалмады. Дегенмен, тәжірибелік нұсқада негізгі тамырдан таралған жанама тамырлардың саны бақылаумен салыстырғанда 2 есе, ал бірінші реттік жанама тамырлардың ұзындығы 4 есе жоғары болды. Сондай-ақ, тұтас өсімдіктің құрғақ массасы бақылау нұсқасымен салыстырғанда 1,5 еседен астам артқаны анықталды. 20% вермикомпостпен байытылған субстратта 172 тәулік бойы өсірілген *Scorzonera tau-saghyz* өсімдіктерінің өсу көрсеткіштері вермикомпостты бір рет енгізудің өзі бүкіл вегетациялық кезең бойы ұзақ мерзімді оң әсер ететінін дәлелдейді. Қазіргі уақытта тау сағыздың табиғи қорына қатысты нақты мәліметтер жеткіліксіз [146,147]. Дегенмен, Қаратау жотасындағы табиғи тау сағыз шамамен 10–12 мың км² аумақты алып жатыр және ондағы өсімдіктер саны 6–8 миллион дарақты құрайды деп есептеледі. Алайда мұндай табиғи қор жыл сайынғы табиғи каучукқа деген сұранысты толық қамтамасыз етуге жеткіліксіз. Сондықтан табиғи каучук өндіретін жергілікті өсімдіктерді қайтадан мәдени жағдайда өсіруді қолға алып, жоғары өнімді плантациялар құру арқылы табиғи каучук өндірісін ұлғайту қажеттілігі туындайды. Тау сағыз табиғи жағдайда тұқым арқылы және вегетативті жолмен көбейеді. Вегетативті көбею тамыр жүйесінен пайда болатын өркендер арқылы жүзеге асады. Табиғи популяцияларда көбеюдің осы тәсілі басым болып, тау сағыздың кең аумаққа таралуына мүмкіндік береді. Каудекс пен тамыр бөліктерінен алынған қалемшелерді пайдалану өндірістік тұрғыдан тиімді нәтиже бермейді, ал тұқым арқылы көбейту анағұрлым тиімді әдіс болып табылады.Табиғи жағдайда тұқым арқылы көбею өте сирек байқалады. Біздің бақылауларымыз бойынша Қаратау жотасының солтүстік және оңтүстік беткейлерінде (Жылаған-ата шатқалы) өскіндер анықталған жоқ,

тек оңтүстік-шығыс беткейінен ғана жеке өскін табылды. Дегенмен, есептеулер бойынша тау сағыз табиғи жағдайда жыл сайын шамамен 10 тонна тұқым береді (1936–1938 жж. мәліметтері бойынша), яғни 1,5 миллиардқа жуық тұқым түзеді. Оның үштен бірі ғана өнсе, шамамен 500 миллион өскін пайда болуы тиіс. Тіпті олардың жартысы зиянкестер мен аурулардың әсерінен жойылған жағдайда да жыл сайын 250 миллион жаңа өсімдік қалыптасуы қажет. Алайда табиғатта олардың саны небәрі 7–8 миллион дарақпен шектеледі. Бұл жағдай Культиясовтың зерттеулері мен біздің бақылауларымызға сәйкес, Қаратау жағдайында тұқымдардың өнуіне және жас өсімдіктердің дамуына қолайсыз экологиялық факторлардың таралу аумағын шектейтін негізгі себептердің бірі екенін көрсетеді. Тау сағыз тұқымдарының өнгіштігін зерттеуге арналған алғашқы жұмыстарда жарықтың, температураның және тұқымның пісіп-жетілу дәрежесінің әсері қарастырылған. Зерттеулер нәтижесінде тұқымдардың өнуі үшін оңтайлы температура 20–25°C екендігі анықталған [148]. Себуге арналған тұқымдарды олардың дамуының төртінші және бесінші кезеңдерінде жинау ұсынылған. Бұдан басқа, тұқымдардың өнгіштігіне төмен температураның (2°C) әсері де зерттелген. Жаңа жиналған тұқымдар 8–10 тәулік бойы тоңазытқышта сақталып, кейін 25°C температурадағы термостатқа орналастырылған. Нәтижесінде төмен температура тұқымдардың өну энергиясын едәуір арттыратыны, саңырауқұлақ ауруларынан болатын шығынды азайтатыны және себілетін тұқымдардың үлпек айдаршаларынан толық тазартылуы қажеттігі анықталған [149]. Бұл факторлар далалық жағдайда себу мерзімін таңдауда ескерілуі тиіс. Тұқымның суды сіңіруі оның өнуінің алғашқы кезеңі болып табылады және тұқымдарды биологиялық белсенді заттармен алдын ала өңдеуге негізделген прайминг технологиясының негізін құрайды [147]. Осы зерттеуде тау сағыз тұқымдарының өнгіштігін арттыру үшін құрамында еритін макро- және микроэлементтер, сондай-ақ пайдалы микроорганизмдер бар вермикомпост шайы 1%, 5% және 10% концентрацияларда қолданылды. Зерттеу нәтижелері өңдеу ұзақтығы тұқымдардың өнуіне елеулі әсер ететінін және тыныштық күйіндегі тұқымдардың белсенділігін арттыратынын көрсетті. Тау сағыз тұқымдарының қабықшасы қалың болғандықтан, оларды тыныштық күйінен шығару үшін 8 сағаттық алдын ала өңдеу қажет. Ең жоғары өнгіштік көрсеткіші 10% вермикомпост шайы ерітіндісімен 8 сағат өңделген тұқымдарда байқалды. Тұқымдардың басым бөлігі өңдеуден кейін 2–3 тәулікте өне бастады. Бұл нәтижелер 10% вермикомпост шайы табиғи жағдайда өсетін *Scorzonera tau-saghyz* тұқымдарының өнуін ынталандыратын тиімді әрі арзан биологиялық препарат екенін көрсетеді. Құрамында 20% вермикомпост бар субстратта өсірілген тау сағызы өскіндерінің барлық зерттелген морфологиялық көрсеткіштері жақсарды. Өсірудің 16-тәулігінде тәжірибелік нұсқадағы өскіндердің орташа биіктігі 46,4 мм, ал бақылау нұсқасында 36,2 мм болды. Сонымен қатар, фотосинтездеуші жасыл жапырақтардың саны өсірудің алғашқы аптасынан бастап артып, 16-тәулікте ең жоғары мәнге жетті. Ұқсас нәтижелер ірі қара мал көңінен алынған 5% және 10% вермикомпостты пайдаланып шпинат пен асқабақты өсіру кезінде де байқалған [71]. Ол зерттеулерде

вермикомпосттың жапырақ санының, жапырақ пен сабақтың жаңа және құрғақ массасының, жапырақ ауданының және тамырлардың құрғақ массасының артуына оң әсер ететіні дәлелденген [116,150–154].

Тау сағыздың экономикалық құндылығы оның құрамындағы табиғи каучуктың мөлшері мен сапасына байланысты анықталады. Сондықтан каучуктың жиналуын арттыратын факторларды анықтау бұл өсімдікті мәдени жағдайға енгізудің және экономикалық тұрғыдан тиімді каучук өндірісін қалыптастырудың маңызды алғышарты болып табылады. Культиясовтың пікірінше, «жапырақ массасы неғұрлым жақсы дамыса, оған сәйкес тамыр массасы да соғұрлым жоғары болады», яғни жапырақ массасы тамырдың даму деңгейін жанама түрде сипаттайтын көрсеткіш ретінде қарастырылады. Осыған байланысты жапырақ көрсеткіштері арқылы тамырдағы каучуктың жиналуын болжауға болады деген болжам жасалған. Фотосинтез жапырақтың негізгі қызметі болғандықтан, алдыңғы зерттеулерде фотосинтездік пигменттердің мөлшері тамырдағы каучуктың жиналуымен байланысты болуы мүмкін көрсеткіш ретінде пайдаланылды. Алайда жүргізілген корреляциялық талдау барлық зерттелген үлгілерде жапырақтағы фотосинтездік пигменттер мөлшері мен тамырдағы каучук үлесінің арасында өте әлсіз байланыс бар екенін көрсетті. Демек, фотосинтездік пигменттердің мөлшері тамырдағы каучуктың жинақталуын сенімді сипаттай алмайды [155]. Біздің алдын ала жүргізген зерттеулеріміз табиғи жағдайда өсетін тау сағыздың тамырында каучуктың біркелкі таралмайтынын көрсетті. Каучуктың ең жоғары мөлшері тамырдың жоғарғы бөлігінде байқалып, тамырдың төменгі жағына қарай біртіндеп азаяды. Каучук жапырақтарда синтезделіп, өсімдіктің алғашқы гүлдеуі мен жеміс салу кезеңінен кейін қарқынды түрде жиналып, өсімдік тіршілігінің соңына дейін жинақтала береді. Тау сағыздың негізгі тамырының ұзындығы 1 метрге дейін жетуі мүмкін. Дегенмен, қазіргі уақытта өсімдіктің нақты жасын, тіршілік ұзақтығын және каучук жинақтау қабілетін дәл анықтайтын сенімді әдіс әзірленбеген. Сонымен қатар, біздің жарияланбаған мәліметтерімізге сәйкес, тамыр ұзындығы жалпы каучук мөлшеріне тікелей әсер етпейді, сондай-ақ тамыр массасы мен каучук мөлшері арасында да айқын тәуелділік анықталмаған. Сондықтан бұл мәселелерді болашақта жан-жақты зерттеу қажет.

Қорытындылай келе, табиғи жағдайда жабайы өсетін *Scorzonera tau-saghyz* негізінен вегетативті жолмен (тамыр мен каудекстің тармақталуы арқылы) көбейеді, ал тұқым арқылы көбеюінің үлесі өте төмен. Табиғи ортада жас өскіндердің басым бөлігі көктемгі температураның күрт төмендеуінен, сондай-ақ патогенді микроорганизмдер мен зиянкес жәндіктердің әсерінен жойылады. Соған қарамастан, тұқым арқылы көбейту плантациялар құрудың негізгі тәсілі болып табылады, өйткені қолайлы өсіру жағдайлары жасалған кезде тұқымнан өсірілген өсімдіктердің өміршеңдігі жоғары болып, табиғи каучукты көбірек жинақтайды. Жүргізілген зерттеулер минералдық және органикалық қосылыстарға бай вермикомпостты қолдану тұқымдардың төмен өнгіштігі мәселесін шешуге, олардың өміршеңдігін арттыруға және өскіндердің өсуі мен дамуын жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Зерттеу нәтижелеріне сүйене

отырып, жабайы өсетін *Scorzonera tau-saghyz* тұқымдарын 10% «вермикомпост шайымен» 8 сағат бойы алдын ала өңдеу, сондай-ақ өскіндерді құрамында 20% вермикомпост бар субстратқа отырғызу әдістерін *Scorzonera tau-saghyz* табиғи популяцияларын қалпына келтіру және табиғи каучукты өнеркәсіптік көлемде өндіруге арналған плантацияларды құру барысында қолдануға ұсынуға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Қаратау таулы аймағында өсетін *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларының географиялық таралу ерекшеліктері, мекендеу ортасының экологиялық жағдайлары және топырақтың агрохимиялық қасиеттері алғаш рет кешенді түрде зерттелді. Өсімдіктің тамыр жүйесі, каудексі, жапырақтары және генеративтік мүшелерінің морфологиялық белгілері қоршаған орта жағдайларына тәуелді айқын өзгеретіні анықталды. Құрғақ тамырлардан табиғи каучукты бөліп алудың су негізіндегі механикалық және гександық экстракциялау әдістері салыстырылып, су арқылы экстракциялау тәсілінің экологиялық қауіпсіздігімен және экономикалық тиімділігімен ерекшеленетіні анықталды. FTIR, SEC, ЯМР, TGA және DTGA әдістерінің кешенді талдауы нәтижесінде бөлінген каучуктың жоғары молекулалық массасы (Mw=1223,9 кг/моль), табиғи каучукқа тән *цис*-1,4-полиизопрендік құрылымы және құрамындағы негізгі макроэлементтер (Ca, K, Mg) мен микроэлементтер (Zn, Fe) анықталды. Бұл нәтижелер *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің табиғи каучуктың перспективалы баламалы көзі екенін дәлелдейді.

2. *Scorzonera tau-saghyz* тамырларында табиғи каучуктың жинақталуының морфологиялық, цитогенетикалық және биохимиялық заңдылықтары анықталды. Түрдің диплоидты хромосома санының 2n = 14 екендігі анықталды. Тамырдағы табиғи каучук мөлшерінің құрғақ салмаққа шаққанда 8,3–38,7 % аралығында өзгеретіні және оның өсімдіктің морфологиялық ерекшеліктері мен экологиялық жағдайларына тәуелді екендігі анықталды. Сонымен қатар фотосинтездік пигменттердің мөлшері мен каучуктың жинақталуы арасында статистикалық маңызды байланыс анықталмады, бұл каучук биосинтезінің фотосинтез өнімдерінен салыстырмалы түрде тәуелсіз реттелетінін көрсетеді. Каучук биосинтезінің белсенділігі жазғы тыныштық кезеңінің басында күшейетіні анықталды. Гүлдену кезеңінде тамырдағы каучуктың жинақталуы фотосинтездік пигменттердің (хлорофилл *a, b, a+b* және каротиноидтар) мөлшеріне тәуелді емес екендігі, ал каучук биосинтезінің белсенділігі жазғы тыныштық кезеңінің басында күшейетіні анықталды.

3. *Scorzonera tau-saghyz* популяцияларына ITS1 нуклеотидтік тізбектері негізінде молекулалық-филогенетикалық идентификация жүргізілді. ITS1 аймағында анықталған SNP-полиморфизмдер dCAPS молекулалық маркерлері арқылы валидацияланып, популяциялар арасындағы бастапқы генетикалық дифференциация анықталды. Филогенетикалық талдау зерттелген үлгілердің жоғары генетикалық ұқсастығын және шығыс Қаратау популяциясының салыстырмалы түрде жоғары генетикалық өзгергіштікке ие екенін көрсетті. Алынған нәтижелер түрдің генетикалық қорын сақтау, популяциялық-генетикалық мониторинг жүргізу және жоғары каучукты формаларды селекциялауға ғылыми негіз болады.

4. Вермикомпост пен вермикомпост шайының *Scorzonera tau-saghyz* тұқымдарының өнгіштігіне, өскіндерінің өсуіне және дамуына әсері алғаш рет зертханалық жағдайда кешенді бағаланды. Вермикомпост қолдану тұқымдардың

өну пайызын арттырып, тамыр мен жерүсті мүшелерінің өсуін, биомасса жинақталуын және көшеттердің тіршілікке бейімділігін едәуір жақсартатыны анықталды. Алынған нәтижелер сирек кездесетін эндемик түрді интродукциялау, көбейту және өндірістік жағдайда өсіру технологияларын жетілдіруге, сондай-ақ табиғи популяцияларын сақтауға арналған биотехнологиялық тәсілдерді әзірлеуге ғылыми негіз болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Культиасов М. В. Тау-сагыз и экологические основы введения его в культуру. – Москва; Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1938. – 1–315 с.

2 Kirschner J., Štěpánek J., Černý T., De Heer P., van Dijk P. J. Available ex situ germplasm of the potential rubber crop Taraxacum koksaghyz belongs to a poor rubber producer, T. brevicorniculatum (Compositae–Crepidinae) // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2013. – Vol. 60, No. 2. – P. 455–471. – DOI: 10.1007/s10722-012-9848-0.

3 Сакауова Г. Б. Краткий анализ и конспект флоры Каратауского государственного природного заповедника // *Научные труды Каратауского государственного природного заповедника.* – Шымкент, 2010. – Т. 1. – С. 116–177.

4 ТОО «Центр дистанционного зондирования и ГИС «Терра» [Электронный ресурс]. – URL: https://gis-terra.kz (дата обращения: 14.07.2026).

5 Pachikin K. M., Erokhina O. G., Songulov E. E., Yershibulov A. K., Adamin G. K., Yakovleva N. A. Soils and soil cover of the foothill plains of the Karatau Ridge (Kentau city surroundings) // *Soil Science and Agrichemistry*. – 2022. – №. 1. – С. 5-15.

6 Жарыкбасова К. С., Тазабаева К. А., Полевик В. В. и др. Распространение эминиума Регеля в Каратауском государственном природном заповеднике // *Қазақстан ғылымының жаңалықтары*. – 2014 – №3(121) С. 1-118.

7 Gracz-Bernaciak J., Mazur O., Nawrot R. Functional studies of plant latex as a rich source of bioactive compounds: Focus on proteins and alkaloids // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22, No. 22. – Article 12471. – DOI: 10.3390/ijms222212471.

8 Singh K., Majumder T., Mallick A., Samajder A., Modak M., Devi M. S., Banerjee A., Sarkar A., Patel L. C., Ghosh S. M., Roy K. Defensive role of plant latex on insect pests' suppression: A critical review // *American Journal of Plant Sciences*. – 2023. – Vol. 14, No. 11. – P. 1295–1311. – DOI: 10.4236/ajps.2023.1411089.

9 Salomé Abarca L. F., Klinkhamer P. G. L., Choi Y. H. Plant latex, from ecological interests to bioactive chemical resources // *Planta Medica*. – 2019. – Vol. 85, No. 11–12. – P. 856–868. – DOI: 10.1055/a-0905-4230.

10 Men X., Wang F., Chen G. Q., Zhang H. B., Xian M. Biosynthesis of natural rubber: Current state and perspectives // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20, No. 1. – Article 50. – DOI: 10.3390/ijms20010050.

11 Salehi M., Cornish K., Bahmankar M., Naghavi M. R. Natural rubber-producing sources, systems, and perspectives for breeding and biotechnology studies of Taraxacum kok-saghyz // *Industrial Crops and Products*. – 2021. – Vol. 170. – Article 113761. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113761.

12 Cornish K. The separate roles of plant cis and trans prenyl transferases in cis-1,4-polyisoprene biosynthesis // *European Journal of Biochemistry*. – 1993. – Vol. 218, No. 1. – P. 267–271.

13 Venkatachalam P., Geetha N., Sangeetha P., Thulaseedharan A. Natural rubber producing plants: An overview // *African Journal of Biotechnology*. – 2013. – Vol. 12, No. 12. – P. 1297–1310.

14 Tang X., Zhang Y., Yuan H. M., Zhai J., Huang X. Reprogramming of the *Hevea brasiliensis* epigenome and transcriptome in response to cold stress // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – Article 846198.

15 Udayabhanu J., Huang T., Xin S., Cheng J., Hua Y., Huang H. Optimization of the transformation protocol for increased efficiency of genetic transformation in *Hevea brasiliensis* // *Plants*. – 2022. – Vol. 11, No. 8. – Article 1069.

16 Lopez C., Manotas F., Sánchez A., Buendía E., Sánchez J. M., Muñera M., Urrego J. R. *Hevea brasiliensis* as an allergenic source: A literature review // *Revista Alergia México*. – 2023. – Vol. 70, No. 3. – P. 269–283.

17 Wang T., Udayabhanu J., Gu X., Wu R., Xin S., Chen Q., Zhang Y., Yang X., Peng S., Chen J., Huang T. Induction of axillary bud swelling of *Hevea brasiliensis* to regenerate plants through somatic embryogenesis and analysis of genetic stability // Plants. – 2023. – Vol. 12, No. 9. – Article 1797.

18 Kitpaosong C., Liengprayoon S., Durand E., Lerksamran T., Daval A., Gohet E., Tiva L. K., Chetha P., Mengchheang K., Phearun P., Rattana U., Chandy K., Sokea P., Eng U. K., Rattanaporn K., Barea B., Vaysse L. Shedding light on the existence of furan fatty acids in latex lipids across a wide diversity of *Hevea brasiliensis* genotypes // *Journal of Bioresources and Bioproducts*. – 2025. – Vol. 10, No. 1. – P. 1–14.

19 Wei O. C., Razak S. B. A. Rubber tree cultivation and improvement in Malaysia: Anatomical and morphological studies on *Hevea brasiliensis* and *Hevea camargoana* // *Journal of Agriculture and Crops*. – 2021. – Vol. 7, No. 1. – P. 1–9.

20 Zhang A., Lu Z., Yu H., Zhang Y., Qin X., Ji X., He S., Zong Y., Zhong Y., Li L. Effects of Hevea brasiliensis intercropping on the volatiles of Pandanus amaryllifolius leaves // *Foods*. – 2023. – Vol. 12, No. 4. – Article 819.

21 Noipha K., Suwannarat P., Prom-In S., Nakpheng T. Phytochemical, antioxidant and antimicrobial activities of *Hevea brasiliensis* leaves extract // *HAYATI Journal of Biosciences*. – 2024. – Vol. 31, No. 2. – P. 300–309.

22 Rahman A. Y. A., Usharraj A. O., Misra B. B., Thottathil G. P., Jayasekaran K., Feng Y., Hou S., Ong S. Y., Ng F. L., Lee L. S., Tan H. S., Sakaff M. K. L. M., Teh B. S., Khoo B. F., Badai S. S., Aziz N. A., Yuryev A., Knudsen B., Dionne-Laporte A., Mchunu N. P., Yu Q., Langston B. J., Freitas T. A. K., Young A. G., Chen R., Wang L., Najimudin N., Saito J. A., Alam M. Draft genome sequence of the rubber tree *Hevea brasiliensis* // *BMC Genomics*. – 2013. – Vol. 14, No. 1. – Article 75. – DOI: 10.1186/1471-2164-14-75.

23 Rozalén J., García-Martínez M. M., Carrión M. E., Zalacain A., López-Córcoles H., Carmona M. Effect of seasonal decrease in temperature on the content and composition of guayulins in stems of guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray) // *Plants*. – 2021. – Vol. 10, No. 3. – Article 450. – DOI: 10.3390/plants10030450.

24 García-Martínez M. M., Gallego B., Latorre G., Carrión M. E., De la Cruz-Morcillo M. Á., Zalacain A., Carmona M. Argentatin content in guayule leaves

(*Parthenium argentatum* A. Gray) // *Plants*. – 2023. – Vol. 12, No. 10. – Article 1985. – DOI: 10.3390/plants12101985.

25 Veatch-Blohm M. E., Teetor V. H., Ray D. T., Saba B., Cornish K. Suppression of guayulin content in transgenic guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray) // *Discover Plants*. – 2025. – Vol. 2, No. 1.

26 Rozalén J., García-Martínez M. M., Zalacain A., López-Córcoles H., Hurtado de Mendoza J., Cornish K., Carmona M. Future trends for the analysis of guayulins in guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray) resins // *Industrial Crops and Products*.–2021. – Vol. 159. – Article 113070. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.113070.

27 Stonebloom S. H., Scheller H. V. Transcriptome analysis of rubber biosynthesis in guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray) // *BMC Plant Biology*. – 2019. – Vol. 19, No. 1. – Article 71. – DOI: 10.1186/s12870-019-1669-0.

28 Jara F. M., García-Martínez M. M., López-Córcoles H., Carrión M. E., Zalacain A., Carmona M. Evaluating guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray) germplasm grown in Spain: Rubber and resin along three production cycles // *Plants*. – 2024. – Vol. 13, No. 8. – Article 1098. – DOI: 10.3390/plants13081098.

29 Estilai A., Teetor R. D. Guayule natural rubber // *Genetics, Cytogenetics*, and Breeding of Guayule / eds. J. W. Whitworth, E. E. Whitehead. – Tucson: University of Arizona Press, 1991. – P. 47–92.

30 Cornish K., Siler D. J. Characterization of *cis*-prenyl transferase activity localised in a buoyant fraction of rubber particles from Ficus elastica latex // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 1996. – Vol. 34, No. 3. – P. 329–338.

31 Утеулин К. Р. Казахстанские популяции одуванчика кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* L. E. Rodin) // *Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography Series*. – 2023. – Vol. 110, No. 2. – С. 151-161.

32 Ganesh I., Tata S. K., Ling T., Cherian S., Bae S. W., Park J. C., Kim S. C., Ryu S. B. Foliar-applied methanol promotes root growth and rubber production in *Taraxacum kok-saghyz* //*Industrial Crops and Products*. – 2025. – Т. 231. – С. 121185.

33 Kaiser R., Thiele K., Stich B., Flüß H. Population structure and genetic diversity of rubber-producing dandelion (*Taraxacum kok-saghyz*) and other *Taraxacum* species // *Industrial Crops and Products*. – 2025. – Т. 229. – С. 121035.

34 King-Smith N. P., Anderson V. M., Pillai A. S., Puskas J. E., Cornish K. Optimal planting density of *Taraxacum kok-saghyz* bred for large root size: Seed, latex, and rubber yields // *HortScience*. – 2025. – Vol. 60, No. 4. – P. 457-466.

35 Lin T., Xu X., Ruan J., Liu S., Wu S., Shao X., Wang X., Gan L., Qin B., Yang Y., Cheng Z., Yang S., Zhang Z., Xiong G., Huang S., Yu H., Li J. Genome analysis of *Taraxacum kok-saghyz* Rodin provides new insights into rubber biosynthesis // *National Science Review*. – 2018. – Vol. 5, No. 1. – P. 78–87. – DOI: 10.1093/nsr/nwx101.

36 Zheng J., Zhang F., Zhao Q., Yu R., Zhao Y., Liao X., Liao L. Green and efficient extraction of *Taraxacum kok-saghyz* natural rubber and its structural analysis // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Т. 26. – №. 3. – С. 920.

37 Liu S., Chen Y., Han D., Tian X., Ma D., Jie X., Zhang J. Extraction process and characterization of *Taraxacum kok-saghyz* (TKS) latex // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, No. 4. – Article e25884.

38 Davis W., Moore A. H. The rubber industry's biological nightmare // Fortune. – 1997. – Vol. 136, No. 3. – P. 86.

39 Mazlan S., Jaafar N. M., Wahab A., Sulaiman Z., Rajandas H., Zulperi D. Major diseases of rubber (*Hevea brasiliensis*) in Malaysia // *Pertanika Journal of Scholarly Research Reviews*. – 2019. – Vol. 5, No. 2. – P. 21–39.

40 Salehi M., Bahmankar M., Naghavi M. R. *Taraxacum kok-saghyz* as a strong candidate alternative natural rubber crop in temperate regions in the case of emergency. – 2023.

41 Krotkov G. A review of literature on *Taraxacum kok-saghyz* Rod. // *The Botanical Review*. – 1945. – Vol. 11, No. 8. – P. 417–461.

42 Cornish K., Kopicky S. L., McNulty S. K., Amstutz N., Chanon A. M., Walker S., Kleinhenz M. D., Miller A. R., Streeter J. G. Temporal diversity of *Taraxacum kok-saghyz* plants reveals high rubber yield phenotypes // *Biodiversitas*. – 2016. – Vol. 17, No. 2. – P. 847–856.

43 King-Smith N., Molnar K., Blakeslee J. J., McMahan C. M., Pillai A. S., Mutalkhanov M., Puskas J. E., Cornish K. Extractable latex yield from *Taraxacum kok-saghyz* roots is enhanced by increasing rubber particle buoyancy // *Industrial Crops and Products*. – 2023. – Vol. 206. – Article 117673. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117673.

44 Puskas J. E., Cornish K., Kenzhe-Karim B., Mutalkhanov M., Kaszas G., Molnar K. Natural rubber: Increasing diversity of an irreplaceable renewable resource // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, No. 3. – Article e25860.

45 Venkatachalam P., Jayashree R., Rekha K., Sushmakumari S., Sobha S., Kumari Jayasree P., Kala R. G., Thulaseedharan A. Rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) // *Methods in Molecular Biology*. – 2006. – Vol. 344. – P. 129–147.

46 Wang X., Gu X., Xu Z., Yin Z., Yang X., Lin R., Zhou Q., Huang H., Huang T. Current achievements and future challenges of genotype-dependent somatic embryogenesis techniques in *Hevea brasiliensis* // *Forests*. – 2023. – Vol. 14, No. 9. – Article 1777.

47 Cherian S., Ryu S. B., Cornish K. Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering: Progress and prospects // *Plant Biotechnology Journal*. – 2019. – Vol. 17, No. 11. – P. 2040–2061.

48 Rochette C. N., Crassous J. J., Drechsler M., Gaboriaud F., Eloy M., De Gaudemaris B., Duval J. F. L. Shell structure of natural rubber particles: Evidence of chemical stratification by electrokinetics and cryo-TEM // *Langmuir*. – 2013. – Vol. 29, No. 47. – P. 14655–14665.

49 Konno K. Plant latex and other exudates as plant defense systems: Roles of various defense chemicals and proteins contained therein // *Phytochemistry*. – 2011. – Vol. 72, No. 13. – P. 1510–1530.

50 Merchán-Gaitán J. B., Mendes J. H. L., Nunes L. E. C., Buss D. S., Rodrigues S. P., Fernandes P. M. B. The role of plant latex in virus biology // Viruses. – 2024. – Vol. 16, No. 1. – Article 66.

51 Chipinda I., Hettick J. M., Simoyi R. H., Siegel P. D. Oxidation of 2-mercaptobenzothiazole in latex gloves and its possible haptenation pathway // *Chemical Research in Toxicology*. – 2007. – Vol. 20, No. 8. – P. 1084–1093. – DOI: 10.1021/tx7000969.

52 Cruz-Morales J. A., Gutiérrez-Flores C., Zárate-Saldaña D., Burelo M., García-Ortega H., Gutiérrez S. Synthetic polyisoprene rubber as a mimic of natural rubber: Recent advances on synthesis, nanocomposites, and applications // *Polymers*. – 2023. – Vol. 15, No. 20. – Article 4043. – DOI: 10.3390/polym15204043.

53 Lakusta A. M., Kwon M., Kwon E. J. G., Stonebloom S., Scheller H. V., Ro D. K. Molecular studies of the protein complexes involving *cis*-prenyltransferase in guayule (*Parthenium argentatum*), an alternative rubber-producing plant // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – Article 1658. – DOI: 10.3389/fpls.2019.01658.

54 Cornish K. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species // *Phytochemistry*. – 2001. – Vol. 57, No. 7. – P. 1123–1134. – DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00097-8.

55 da Costa B. M. T., Keasling J. D., Cornish K. Regulation of rubber biosynthetic rate and molecular weight in *Hevea brasiliensis* by metal cofactor // *Biomacromolecules*. – 2005. – Vol. 6, No. 1. – P. 617–621. – DOI: 10.1021/bm049560f.

56 Xie W., McMahan C. M., DeGraw A. J., DiStefano M. D., Cornish K., Whalen M. C., Shintani D. K. Initiation of rubber biosynthesis: *In vitro* comparisons of benzophenone-modified diphosphate analogues in three rubber-producing species // *Phytochemistry.* – 2008. – Vol. 69, No. 14. – P. 2539–2545. – DOI: 10.1016/j.phytochem.2008.07.010.

57 Boguspaev K. K., Turasheva S. K., Seilkhanov T. M., Faleev D. G., Mutalkhanov M. S., Portnoy V. H. Rapid rubber extraction and NMR spectroscopy of rubber extracted from the endemic species *Scorzonera tau-saghyz* // *Eurasian Chemico-Technological Journal*. – 2020. – Vol. 22, No. 1. – P. 39–46. – DOI: 10.18321/ectj911.

58 da Costa B. M. T., Keasling J. D., McMahan C. M., Cornish K. Magnesium ion regulation of in vitro rubber biosynthesis by *Parthenium argentatum* A. Gray // *Phytochemistry*. – 2006. – Vol. 67, No. 15. – P. 1620–1628. – DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.05.021.

59 Ouardad S., Bakleh M. E., Kostjuk S. V., Ganachaud F., Puskas J. E., Deffieux A., Peruch F. Bio-inspired cationic polymerization of isoprene and analogues: State-of-the-art // *Polymer International*. – 2012. – Vol. 61, No. 2. – P. 149–156. – DOI: 10.1002/pi.3188.

60 Puskas J. E., Gautriaud E., Deffieux A., Kennedy J. P. Natural rubber biosynthesis: A living carbocationic polymerization? // *Progress in Polymer Science*. – 2006. – Vol. 31, No. 6. – P. 533–548. – DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2006.03.001.

61 Cornish K., Castillón J., Scott D. J. Rubber molecular weight regulation, in vitro, in plant species that produce high and low molecular weights *in vivo* // *Biomacromolecules*. – 2000. – Vol. 1, No. 4. – P. 632–641. – DOI: 10.1021/bm000048z.

62 Miziorko H. M. Enzymes of the mevalonate pathway of isoprenoid biosynthesis // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. – 2011. – Vol. 505, No. 2. – P. 131–143. – DOI: 10.1016/j.abb.2010.09.028.

63 Amerik A. Y., Martirosyan Y. T., Martirosyan L. Y., Goldberg V. M., Uteulin K. R., Varfolomeev S. D. Molecular genetic analysis of natural rubber biosynthesis // Russian Journal of Plant Physiology. – 2021. – Vol. 68, No. 1. – P. 52–66. – DOI: 10.1134/S1021443721010027.

64 Amerik A. Y., Martirosyan L. Y., Martirosyan V. V., Martirosyan Y. T. *Parthenium argentatum* A. Gray, *Taraxacum kok-saghyz* L. E. Rodin, and *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse as alternative sources of natural rubber: Do we really need them? // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57. – №. 1. – С. 3-26. – DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.3eng.

65 Xin S., Hua Y., Li D., Udayabhanu J., Yang H., Wu R., Huang H., Huang T. Overexpression of the EuFPS5 gene in *Hevea brasiliensis* fails to produce Eucommia rubber but affects the biosynthesis of natural rubber // *Industrial Crops and Products*. – 2023. – Vol. 206. – Article 117637. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117637.

66 Fang F., Yuan B., He L., He M., Wang X. Roles of rubber elongation factor and small rubber particle protein in rubber particles // *Plant Molecular Biology*. – 2025. – Vol. 115, No. 3. – P.71.

67 Cao X. W., Yan J., Lei J. L., Li J., Zhu J. B., Zhang H. Y. De novo transcriptome sequencing of MeJA-induced *Taraxacum kok-saghyz* Rodin to identify genes related to rubber formation // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7, No. 1. – Article 2307. – DOI: 10.1038/s41598-017-02478-y.

68 Venkatachalam K. V., Greenblatt G. A., Benedict C. R. Enzymatic synthesis of a rubber polymer // Secondary Metabolite Biosynthesis and Metabolism. – New York: Plenum Press, 1992. – P. 63–74.

69 McMullen A., McSweeney G. The biosynthesis of rubber: Incorporation of isopentenyl pyrophosphate into purified rubber particles by a soluble latex-serum enzyme // *Biochemical Journal*. – 1966. – Vol. 101, No. 1. – P. 42–47. – DOI: 10.1042/bj1010042.

70 Omar M. F., Ali F., Jami M. S., Azmi A. S., Ahmad F., Marzuki M. Z., Muniyandi S. K., Zainudin Z., Kim M. P. A comprehensive review of natural rubber composites: Properties, compounding aspects, and renewable practices with natural fibre reinforcement // *Journal of Renewable Materials*. – 2025. – Vol. 13, No. 3. – P.498-529

71 Luo Y., Feng C., Wang Q., Yi Z., Qiu Q., Lv K., Peng Z. Preparation and characterization of natural rubber/silica nanocomposites using rule of similarity in latex // *Journal of Wuhan University of Technology*. Materials Science Edition. – 2013. – Vol. 28, No. 5. – P. 961–966.

72 Guo Y., Bao K., Wu X., Han D., Zhang J. Morphology and aggregation process of natural rubber particles // *Industrial Crops and Products*. – 2023. – Vol. 203. – Article 117174. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117174.

73 Howard R. A. The Role of Botanists During World War II in the Pacific Theatre. – Cambridge, MA: Harvard University Herbaria, 2000. – 52 p.

74 Howard R. A. The role of botanists during World War II in the Pacific theatre // *The Botanical Review*. – 1994. – Vol. 60, No. 2. – P. 197–260.

75 Whaley W. G., Bowen J. S. Russian Dandelion (Kok-saghyz): An Emergency Source of Natural Rubber. – New York: Oxford University Press, 1947. – 235 p.

76 American Chemical Society. United States Synthetic Rubber Program, 1939–1945 // National Historic Chemical Landmarks Program. – Washington, DC: American Chemical Society, 1998.

77 Yuan B., Ding G., Ma J., Wang L., Yu L., Ruan X., Zhang X., Zhang W., Wang X., Xie Q. Comparison of morphological characteristics and determination of different patterns for rubber particles in dandelion and different rubber grass varieties // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, No. 11. – Article 1459. – DOI: 10.3390/plants9111459.

78 Sproul E., Summers H. M., Seavert C., Robb S., Khanal S., Mealing V. A., Landis A. E., Fan N., Sun O., Quinn J. C. Integrated techno-economic and environmental analysis of guayule rubber production // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vol. 273. – Article 122811. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122811.

79 Azadi S., Bagheri H., Mohammad Parast B., Ghorbani-Marghashi M. Natural rubber identification and characterization in Euphorbia macroclada // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. – 2020. – Vol. 26, No. 10. – P. 2063–2073. – DOI: 10.1007/s12298-020-00876-2.

80 Warren-Thomas E., Dolman P. M., Edwards D. P. Increasing demand for natural rubber necessitates a robust sustainability initiative to mitigate impacts on tropical biodiversity // *Conservation Letters*. – 2015. – Vol. 8, No. 4. – P. 230–241. – DOI: 10.1111/conl.12170.

81 Huang I. Y., James K., Thamthanakoon N., Pinitjitsamut P., Rattanamanee N., Pinitjitsamut M., Yamklin S., Lowenberg-DeBoer J. Economic outcomes of rubber-based agroforestry systems: A systematic review and narrative synthesis // *Agroforestry Systems*. – 2023. – Vol. 97, No. 3. – P. 599–620.

82 Mooibroek H., Cornish K. Alternative sources of natural rubber // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2000. – Vol. 53, No. 4. – P. 355–365.

83 van Beilen J. B., Poirier Y. Establishment of new crops for the production of natural rubber // *Trends in Biotechnology*. – 2007. – Vol. 25, No. 11. – P. 522–529.

84 Cornish K. Alternative natural rubber crops: Why should we care? // *Technology and Innovation*. – 2017. – Vol. 18, No. 4. – P. 245–256.

85 Maharachchikumbura S. S. N., Hyde K. D., Groenewald J. Z., Xu J., Crous P. W. Pestalotiopsis revisited // *Studies in Mycology*. – 2014. – Vol. 79, No. 1. – P. 121–186.

86 Firdayani F., Saediman H., Abdi A. Financial feasibility of rubber plantation in Southeast Sulawesi // *International Journal of Research in Business and Social Science*. – 2023. – Vol. 6, No. 4. – P. 259-274.

87 Association of Natural Rubber Producing Countries (ANRPC). Natural Rubber Statistical Information [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: https://www.anrpc.org/ (дата обращения: 14.07.2026).

88 Sitepu M. H., McKay A., Holt R. J. Towards a framework for sustainable development planning in the Indonesian natural rubber industry supply network // *Procedia CIRP*. – 2016. – Vol. 48. – P. 632–637.

89 United States Agency for International Development (USAID). Financial Assessment of Smallholder Natural Rubber Production in Indonesia. – Washington, D.C.: USAID, 2020. – 101 p.

90 Winarni B., Alex T., Pratiwi S. Financial Analysis of Oil Palm, Rubber, and Tengkawang Community Forest Cultivation Models in West Kalimantan. – 2023.

91 Muschter R. Rubber Industry Worldwide – Statistics & Facts [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: https://www.statista.com/topics/1637/rubber-industry/ (дата обращения: 14.07.2026).

92 Агроуказания по возделыванию каучуконосных растений кок-сагыза, тау-сагыза и крым-сагыза. – Алма-Ата, 1941. – С. 47–91.

93 Boguspaev K. K., Portnoy V. H., Turasheva S. K., Mutalkhanov M. S., Alnurova A., Sissemali K., Akilbekova A. Isolation and analysis of native DNA and RNA from roots of rubber-producing species *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G. G. Bosse // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*. – 2024. – No. 3S. – P. 79-79.

94 Mutalkhanov M., Boguspaev K.-K., Sissemali K., King-Smith N., Cornish K. Historical performance of cultivated *Scorzonera tau-saghyz* (mountain gum), a potential alternative rubber-producing crop // *Rubber Chemistry and Technology*. – 2025. – Т. 98. – №. 4. – С. 620-632.

95 Ramirez-Cadavid D. A., Cornish K., Michel F. C. *Taraxacum kok-saghyz* (TK): Compositional analysis of a feedstock for natural rubber and other bioproducts // *Industrial Crops and Products*. – 2017. – Vol. 107. – P. 624–632. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.06.020.

96 King-Smith N., Molnar K., Puskas J. E., Cornish K., Mutalkhanov M. *Taraxacum kok-saghyz* latex quantification and extraction from roots // *Rubber World*. – 2022. – Vol. 267, No. 2. – P. –27-32.

97 Doyle J. J., Doyle J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue // *Focus*. – 1987. – Vol. 12. – P. 13–15.

98 Barman P., Choudhary A. K., Geeta R. A modified protocol yields high-quality RNA from highly mucilaginous Dioscorea tubers // *3 Biotech*. – 2017. – Vol. 7, No. 2. – Article 126. – DOI: 10.1007/s13205-017-0778-1.

99 Kiss T., Karácsony Z., Gomba-Tóth A., Szabadi K. L., Spitzmüller Z., Hegyi-Kaló J., Cels T., Otto M., Golen R., Hegyi Á. I., Geml J., Váczy K. Z. A modified CTAB method for the extraction of high-quality RNA from mono- and dicotyledonous plants rich in secondary metabolites // *Plant Methods*. – 2024. – Vol. 20, No. 1. – Article 68. – DOI: 10.1186/s13007-024-01177-7.

100 Mavrodiev E. V., Gitzendanner M., Calaminus A. K., Baldini R. M., Soltis P. S., Soltis D. E. Molecular phylogeny of Tragopogon L. (*Asteraceae*) based on seven nuclear loci (Adh, GapC, LFY, AP3, PI, ITS, and ETS) // *Webbia*. – 2012. – Vol. 67, No. 2. – P. 111–137. – DOI: 10.1080/00837792.2012.10670915.

101 Mavrodiev E. V., Edwards C. E., Albach D. C., Gitzendanner M. A., Soltis P. S., Soltis D. E. Phylogenetic relationships in subtribe *Scorzonerinae* (*Asteraceae*: *Cichorioideae: Cichorieae*) based on ITS sequence data // *Taxon*. – 2004. – Vol. 53, No. 3. – P. 699–712. – DOI: 10.2307/4135446.

102 Arumuganathan K., Earle E. D. Estimation of nuclear DNA content of plants by flow cytometry // *Plant Molecular Biology Reporter*. – 1991. – Vol. 9, No. 3. – P. 229–241. – DOI: 10.1007/BF02672069.

103 Doyle J. J., Doyle J. L. DNA isolation from small amounts of plant tissue // *Phytochemical Bulletin*. – 1991. – Vol. 19, No. 1. – P. 11–15.

104 Havlin J. L., Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 8th ed. – Boston: Pearson, 2014. – 516 p.

105 Cooper J. E., Scherer H. W. Nitrogen fixation // *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* / ed. P. Marschner. 3rd ed. – London: Academic Press, 2012. – P. 389–408.

106 Brady N. C., Weil R. R. Elements of the Nature and Properties of Soils. 2nd ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2004. – 606 p.

107 Baisden W. T. Review of Soils: An Introduction (5th ed.) // *Eos, Transactions American Geophysical Union*. – 2001. – Vol. 82, No. 47. – P. 568.

108 Russian rubber plants // *Nature*. – 1945. – Vol. 155, No. 3930. – P. 569–570.

109 Zaika M. A., Kilian N., Jones K., Krinitsina A. A., Nilova M. V., Speranskaya A. S., Sukhorukov A. P. *Scorzonera* sensu lato (*Asteraceae, Cichorieae*): Taxonomic reassessment in the light of new molecular phylogenetic and carpological analyses // PhytoKeys. – 2020. – Vol. 137. – P. 1–85. – DOI: 10.3897/phytokeys.137.46789.

110 Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV–VIS spectroscopy // *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. – 2001. – Vol. 1, No. 1. – Unit F4.3. – DOI: 10.1002/0471142913.faf0403s01.

111 Taiz L., Møller I. M., Murphy A., Zeiger E. Plant Physiology and Development. 7th ed. – New York: Oxford University Press, 2023. – 761 p.

112 Lambers H., Chapin F. S., Pons T. L. Plant Physiological Ecology. 2nd ed. – New York: Springer, 2008. – 604 p.

113 Körner C. Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. 3rd ed. – Cham: Springer, 2021. – 500 p.

114 Blankenship R. E. Reaction centers and electron transfer pathways in oxygenic photosynthetic organisms // *Molecular Mechanisms of Photosynthesis. 2nd ed. – Chichester: Wiley Blackwell,* 2014. – Ch. 7. – P. 173–214.

115 Demmig-Adams B., Adams W. W. Food and photosynthesis: Antioxidants in photosynthesis and human nutrition // *Science*. – 2002. – Vol. 298, No. 5601. – P. 2149–2153. – DOI: 10.1126/science.1078002.

116 Pearson C. H., Cornish K., McMahan C. M., Rath D. J., Whalen M. Natural rubber quantification in sunflower using an automated solvent extractor // *Industrial Crops and Products.* – 2010. – Vol. 31, No. 3. – P. 469–475. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.01.006.

117 Liengprayoon S., Bonfils F., Sainte-Beuve J., Sriroth K., Dubreucq E., Vaysse L. Development of a new procedure for lipid extraction from *Hevea brasiliensis* natural rubber // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2008. – Vol. 110, No. 6. – P. 563–569. – DOI: 10.1002/ejlt.200700243.

118 Kuluev B. R., Minchenkov N. D., Gumerova G. R. Russian dandelion (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin): Rubber extraction methods and prospects for biotechnological methods application // *Plant Biotechnology and Breeding*. – 2019. – Vol. 2, No. 2. – P. 89–104. – DOI: 10.30901/2658-6266-2019-2-o3.

119 Pearson C. H., Cornish K., Rath D. J. Extraction of natural rubber and resin from guayule using an accelerated solvent extractor // *Industrial Crops and Products*. – 2013. – Vol. 43. – P. 506–510. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.07.061.

120 Mohd-Setapar S. H., Nian-Yian L., Mohd-Sharif N. S. Extraction of rubber (*Hevea brasiliensis*) seed oil using Soxhlet method // *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*. – 2014. – Vol. 10, No. 1. – P. 1–5.

121 Creencia E. C., Nillama J. A. P., Librando I. L. Microwave-assisted extraction and physicochemical evaluation of oil from *Hevea brasiliensis* seeds // Resources. – 2018. – Vol. 7, No. 2. – Article 33. – DOI: 10.3390/resources7020033.

122 Buranov A. U., Elmuradov B. J. Extraction and characterization of latex and natural rubber from rubber-bearing plants // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – Vol. 58, No. 2. – P. 734–743. – DOI: 10.1021/jf9031338.

123 Ramirez-Cadavid D. A., Valles-Ramirez S., Cornish K., Michel F. C. Simultaneous quantification of rubber, inulin, and resins in *Taraxacum kok-saghyz* (TK) roots by sequential solvent extraction // *Industrial Crops and Products*. – 2018. – Vol. 122. – P. 647–656. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.06.035.

124 Kim C., Morel M. H., Sainte-Beuve J., Guilbert S., Collet A., Bonfils F. Characterization of natural rubber using size-exclusion chromatography with online multi-angle light scattering: Study of the phenomenon behind the abnormal elution profile // *Journal of Chromatography A*. – 2008. – Vol. 1213, No. 2. – P. 185–191. – DOI: 10.1016/j.chroma.2008.10.060.

125 Noinart J., Vaysse L., Musigamart N., Sainte-Beuve J., Flori A., Liengprayoon S., Rattanaporn K., Granet F., Bonfils F. Coagulation methods and drying step are the key drivers of the dynamics of structuration of natural rubber during the maturation of coagula // *Express Polymer Letters*. – 2022. – Vol. 16, No. 11. – P. 1100–1115. – DOI: 10.3144/expresspolymlett.2022.83.

126 Nun-Anan P., Wisunthorn S., Pichaiyut S., Nathaworn C. D., Nakason C. Influence of nonrubber components on properties of unvulcanized natural rubber //

Polymer Advanced Technologies. – 2020. – Vol. 31, No. 1. – P. 44–57. – DOI: 10.1002/pat.4760.

127 Sadashivaiah M. K. T., Kulkarni S. M., Joladarashi S. Comparative study on impact responses of sandwich composites with stiff and compliant core materials // *Mechanics of Advanced Composite Structures*. – 2025. – Т. 12. – №. 3. – С. 483-496.

128 Wisunthorn S., Liengprayoon S., Vaysse L., Sainte-Beuve J., Bonfils F. SEC-MALS study of dynamic structuring of natural rubber: Comparative study of two *Hevea brasiliensis* genotypes // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2012. – Vol. 124, No. 2. – P. 1029–1038. – DOI: 10.1002/app.35132.

129 Kim C., Sainte-Beuve J., Guilbert S., Bonfils F. Study of chain branching in natural rubber using size-exclusion chromatography coupled with a multi-angle light scattering detector (SEC-MALS) // *European Polymer Journal*. – 2009. – Vol. 45, No. 8. – P. 2299–2307. – DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2009.05.024.

130 Wu M. L., Li S. L., Li Y. D., Zhang M. Q., Zeng J. B. Mussel-inspired, fully biobased, mechanically robust, and room temperature healable supramolecular elastomer composites for sustainable strain sensors // *Chemical Engineering Journal*. – 2024. – Vol. 500. – Article 157282. – DOI: 10.1016/j.cej.2024.157282.

131 Chiang C. K., Barkakaty B., Puskas J. E., Xie W., Cornish K., Peruch F., Deffieux A. Unraveling the mystery of natural rubber biosynthesis. Part II: Composition and growth of in vitro natural rubber using high-resolution size exclusion chromatography // *Rubber Chemistry and Technology*. – 2014. – Vol. 87, No. 3. – P. 450–469. – DOI: 10.5254/rct.14.87995.

132 Nun-Anan P., Wisunthorn S., Pichaiyut S., Vennemann N., Nakason C. Novel approach to determine non-rubber content in *Hevea brasiliensis*: Influence of clone variation on properties of unvulcanized natural rubber // *Industrial Crops and Products*. – 2018. – Vol. 118. – P. 38–47. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.03.030.

133 Chiang C. K., Xie W., McMahan C. M., Puskas J. E. Unraveling the mystery of natural rubber biosynthesis. Part I: Investigation of the composition and growth of in vitro natural rubber using high-resolution size exclusion chromatography // *Rubber Chemistry and Technology*. – 2011. – Vol. 84, No. 2. – P. 293–307. – DOI: 10.5254/1.3547756.

134 Tanaka Y. Structural characterization of natural polyisoprenes: Solve the mystery of natural rubber based on structural study // *Rubber Chemistry and Technology*. – 2001. – Vol. 74, No. 3. – P. 355–375. – DOI: 10.5254/1.3547643.

135 Puskas J. E., Chiang C. K., Barkakaty B. Natural rubber (NR) biosynthesis: Perspectives from polymer chemistry // *Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber* / ed. J. T. K. Daniel. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2014. – P. 30–67.

136 Spanò D., Pintus F., Mascia C., Scorciapino M. A., Casu M., Floris G., Medda R. Extraction and characterization of a natural rubber from Euphorbia characias latex // *Biopolymers*. – 2012. – Vol. 97, No. 8. – P. 589–602. – DOI: 10.1002/bip.22046.

137 Gerez E., Korkut Ö., Bayrak B., Kuşlu Y. Production of natural rubber from Euphorbia stricta L. and Tragopogon aureus Boiss. plants // *Biomass Conversion and*

Biorefinery. – 2022. – Vol. 12, No. 11. – P. 5507–5518. – DOI: 10.1007/s13399-020-01177-5.

138 Pereira A. D. E. S., Oliveira H. C., Fraceto L. F., Santaella C. Nanotechnology potential in seed priming for sustainable agriculture // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11, No. 2. – Article 267. – DOI: 10.3390/nano11020267.

139 Hasanović M., Durmić-Pašić A., Karalija E. Seed priming beyond stress adaptation: Broadening the agronomic horizon // *Agronomy*. – 2025. – Т. 15. – №. 8. – С. 1829.

140 Pagano A., Macovei A., Balestrazzi A. Molecular dynamics of seed priming at the crossroads between basic and applied research // *Plant Cell Reports*. – 2023. – Vol. 42, No. 4. – P. 639–656. – DOI: 10.1007/s00299-023-02986-7.

141 Hameed A., Hussain S., Nisar F., Rasheed A., Shah S. Z. Seed priming as an effective technique for enhancing salinity tolerance in plants: Mechanistic insights and prospects for saline agriculture with a special emphasis on halophytes // *Seeds*. – 2025. – Vol. 4, No. 1. – Article 5. – DOI: 10.3390/seeds4010005.

142 Raj A. B., Raj S. K. Seed priming: An approach towards agricultural sustainability // *Journal of Applied and Natural Science*. – 2019. – Vol. 11, No. 1. – P. 227–234. – DOI: 10.31018/jans.v11i1.2012.

143 Jatana B. S., Grover S., Ram H., Baath G. S. Seed priming: Molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance // *Agronomy*. – 2024. – Vol. 14, No. 12. – Article 2868. – DOI: 10.3390/agronomy14122868.

144 Fu Y., Ma L., Li J., Hou D., Zeng B., Zhang L., Liu C., Bi Q., Tan J., Yu X., Bi J., Luo L. Factors influencing seed dormancy and germination and advances in seed priming technology // *Plants*. – 2024. – Vol. 13, No. 10. – Article 1428. – DOI: 10.3390/plants13101428.

145 Amir M., Prasad D., Khan F. A., Khan A., Ahmad B., Astha. Seed priming: An overview of techniques, mechanisms, and applications // *Plant Science Today*. – 2024. – Vol. 11, No. 1. – P. 1–16. – DOI: 10.14719/pst.3114.

146 Singh V. K., Singh R., Tripathi S., Devi R. S., Srivastava P., Singh P., Kumar A., Bhadouria R. Seed priming: State of the art and new perspectives in the era of climate change // *Climate Change and Soil Interactions* / ed. M. Hasanuzzaman. – Amsterdam: Elsevier, 2020. – P. 321–346.

147 Paparella S., Araújo S. S., Rossi G., Wijayasinghe M., Carbonera D., Balestrazzi A. Seed priming: State of the art and new perspectives // *Plant Cell Reports*. – 2015. – Vol. 34, No. 8. – P. 1281–1293. – DOI: 10.1007/s00299-015-1784-y.

148 Turasheva S. K., Boguspaev K. K., Faleev D. G., Alnurova A. A., Kapitina A. I. Restoration the population number of wild rubber endemic plant *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse // *Eurasian Journal of Ecology*. – 2016. – Vol. 47, No. 2. – P. 58–63.

149 Boguspaev K. K., Portnoy V. H., Faleev D. G., Kasymbekov B. K., Turasheva S. K. Tau-saghyz (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et G. G. Bosse): An alternative source of natural rubber // *KazNU Bulletin. Biology Series*. – 2015. – Vol. 65, No. 3. – P. 110–116.

150 Boguspaev K. K., Turasheva S., Mutalkhanov M., Bassygarayev Z., Yernazarova G., Alnurova A., Sarsenbek B. Investigation of vermicompost influence on seed germination of the endangered wild rubber species *Scorzonera tau-saghyz* // *Diversity*. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – Article 227. – DOI: 10.3390/d15020227.

151 Tolera G., Getahun A., Geremew A., Mengistou S. Water hyacinth vermicompost tea supplementation improves the productivity of fish and vegetables in aquaponics system in Batu, Ethiopia // *Cleaner Waste Systems*. – 2026. – Vol. 13. – Article 100451. – DOI: 10.1016/j.clwas.2025.100451.

152 Hamed F. R., Ismail H. E. M., Abo El-Maati M. F., Desoky E. M. Effect of vermicompost tea and plant extracts on growth, physiological, and biochemical traits of lettuce (*Lactuca sativa L*.) // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. – 2022. – Vol. 54, No. 5. – P. 1202–1215. – DOI: 10.54910/sabrao2022.54.5.21.

153 Sugino Souffront D. K., Salazar-Amoretti D., Jayachandran K. Influence of vermicompost tea on secondary metabolite production in tomato crop // *Scientia Horticulturae*. – 2022. – Vol. 301. – Article 111092. – DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111092.

154 Yatoo A. M., Ali M. N., Baba Z. A., Hassan B. Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea: A review // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2021. – Vol. 41, No. 1. – Article 7. – DOI: 10.1007/s13593-020-00657-w.

155 Sissemali K., Mutalkhanov M., Alnurova A., Akilbekova A., Tauasarova M., Bassygarayev Z., Boguspaev K. Determination of the correlation between the accumulation of pigments and natural rubber in Tau-saghyz // *International Journal of Biology and Chemistry*. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – P. 12–18. – DOI: 10.26577/ijbch.2021.v14.i2.02.

ҚОСЫМША А

зерттеу объектілері мен материалдары:

Кесте А.1 – *Scorzonera tau-saghyz* және туыстас таксондардың филогенетикалық ағашын құру үшін пайдаланылған ITS1 нуклеотидтік тізбектері.

> TR63608_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCG
AACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGC
CCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAA
GAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGGTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGTAAACACAAACGACTCTCGGCAA
CGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGCAAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCAT
CGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCC
CCTGTGTATCCTTTTGGGATGCACAGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCCGTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGA
GTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATC
CTCTCGTATAAAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGACTACCCGCTGA
GTTTAAGCATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC
> East4_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCG
AACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGC
CCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAA
GAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGTAAACACAAACGACTCTCGGCAA
CGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGCAAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCAT
CGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCC
CCTGTTTATCCTTTTGGGATGCACAGTATTGGGGCGGAGATTGGCCTCCCGTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGA
GTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATC
CTCTCGTATATAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCCTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGACTACCCGCTGA
GTTTAAGCATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC
> North26_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCG
AACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGC
CCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAA
GAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGTAAACACAAACGACTCTCGGCAA
CGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGCAAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCAT
CGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCCCC
CCTGTGTATCCTTTTGGGATGCACAGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCCGTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGA
GTCCCCTTTGGTGGACGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATC
CTCTCTTATAAAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGACTACCCGCTGA
GTTTAAGCATATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC
> Sourth19_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCG
AACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGC
CCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAA
GAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGTAAACACAAACGACTCTCGGCAA
CGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGCAAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCAT
CGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCC
CCTGTGTATCCTTTTGGGATGCACAGTATTGGGGCGGAGATTGGCCTCCCGTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGA
GTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATC
CTCTCGTATAAAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGACTACCCGCTGA
GTTTAAGCATATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC
> Taraxacum sp. RHS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAACCCTGCAAGGCAGAACGACCTGTG
AACACGTAAATACAACTGGGTGATGGGGAGATGGATCTTGGTTCTGATCCTCAACACCTCCTAGCGTGCCTGCATGCTTT
CTCTTTTGGGCTATCATGCATGTATTGTTGGAATTTAACAAAACCCCGGCACGGCATGTGCCAAGGAAAACAATAAACGA
GAAGGACTCGACCTGTTATGCCCCGTTTGTGGTGTGCATTCTGAGCGTGTCCTCCTTTGAATCACAAACGACTCTCGGCA
ACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGCAAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCA
TCGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCCGGTTTAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCCC
CCCATCATACTTCCCTTAAGGGTAGTCGTGGTGATTGGGAGCGGAGATTGGCTTCCCGTGCTTGTTGTGCGGTTGGTCAA
AATAGGAGTCCCCTTCGGTGGACACACGGCTAGTGGTGGTTGTAAAGACCCTTTTCTTCTGCTGTGTGTTGTGAGCTGCT

AGGGAAACCCTCAAAAAAGAACCCAATGTATCGTTCTAGGACGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGACTACC
CGCTGAGTTTAAGCATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC

> Scorzonera tau saghyz_634

TCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCGAACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATCCC
TGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCA
CGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGC
CTCCTGTAAACACAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATACTT
GGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCC
TGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCCCCTGTTTATCCTTTTGGGATGCACAGTATTGGGGCGGAGATTGGCCTCCCG
TGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGAGTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCTT
TTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATCCTCTCGTATAAAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCCTCG

> Scorzonera_austriaca_720

AAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAGGATCATTGTCGAAACCTGGAAAGCAAAACGACCCGTGAACATG
TACTTATAATTAGGAGATGGGGGAATTGGCGAAGGCCTCGATCCCTATTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGCTGCCCCATT
TGGAGTGCCACGGACGTTTCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACCAAACAAAAGAAGGG
TGCGCCTCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTTGTGGCCTTTTGTAAACACAAAACGACTCTCGGCAACGGAT
ATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGCAAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGT
TTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCCGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCCCCCAT
GTATCCTTTTGGGATGCATAGTATCGGGGCGGAGATTGGTCTCCCGTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACACGAGTCCC
TTTTGGTGGATGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTTGTGTGTCGTTTGCTATTAGGGATCTTCTT
GTATAAGACCCCAATGCATTGTCCAACGATGATGCTTTGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGACTACCCGCTGAGTTTAA

> Scorzonera_pseudodivaricata_634

TCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCGAACATGTACTCATAATTAGGAGATGGGGGAACAGGCGAAGGCCTCGATCCT
TGTTTCCTGTTGGTGTGCGCTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCA
CGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGC
CTCCTGTAAACACAAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATACT
TGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGC
CTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTTGCTCCCCCATGTATCCTTTTGGGATGCACGGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCC
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACACGAGTCCCCTTCGGTGGATGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCTTCT
TTTGTCGTGTGTCGTTTACTGCAAGGGATCCTCTCGTATAAGACCCCAATGCATTCTCTAACGATGATGCTTCG

> Scorzonera_capito_637

TCGAAACCTGCAAAGCAGAAACGACCCGCGAACATGTACCTCACAATTAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATC
CTTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTCGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGG
CACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAAGAAGGGCGCACCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTG
GCCTCCTGTAAACACAAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATA
CTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGTTGAGGGCA
CGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCCCCCATGTATCCTTTTGGGATGCACGGTATCGGGGCGGANATTGGCCT
CCCGTGATCTTGTTGCGGCTGGCCCAAACACGAGTCCCCTTCGGTGGATGCACGACTAGTGGTGGTTGAATAGGCCCTCT
TCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGCAAGGGATCCTCTCGTATAANACCCCAATGCATTCTCTAACGATGATGCTTCG

> Scorzonera subacaulis

TCGAAACCTGCAAAGCAGAACGACCCGCGAACATGTACTCACACTTAGGAGATGGGGGAACTGGCGAAGGCCTCGATCCC
TGTTTCATGTTGGTGTGCGTTTGTGCTGCCCCTTTTGGAGTGCCACGGACGTTCCGCTAGCAACCTAACCAACCCCGGCA
CGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAAAAGAAGGGCGCGCCCTGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGC
CTCCTGTAAACATAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGCAAAATGCGATACTT
GGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAAGGCCATCCGGCTGAGGGCACGCC
TGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCGCTCCCCCATGTATCCTTTTGGGATGCACGGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCCG
TGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACACGAGTACCCTTCGGTGGACGCACGACTAATGGTGGTTGAATAGGCCCTCGTCTT
TTGTCGTGTGTCGTTTGCTGCAAGGGATCCTCTCGTATAAGACCCCAATGCATTGTCCAACGATGATGCTTCG

Кесте А.2 – *Scorzonera tau-saghyz*, *Scorzonera* туысының басқа түрлері және *Taraxacum kok-saghyz* түрлерінің ITS1 нуклеотидтік тізбектерінің көптік туралануы. Кестеде консервативті аймақтар мен dCAPS-маркерін әзірлеуде пайдаланылған полиморфты нуклеотидтік орындар **(**SNP**)** арнайы белгілермен көрсетілген (http://helix.wustl.edu/dcaps/)

```
Taraxacum
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAACCCT     60
Scorzonera_austriaca_720             -----
AAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAGG-ATCATTGTCGAAACCT   54
Scorzonera_capito_637                ----------------------------------------
------------TCGAAACCT 9
Scorzonera_pseudodivaricata_634      ----------------------------------------
------------TCGAAACCT 9
Scorzonera_subacaulis                ----------------------------------------
------------TCGAAACCT 9
TR63608_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCT     60
North26_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCT     60
Sourth19_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCT     60
East4_ITS
AGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTGTCGAAACCT     60
ScorzoneraTauSaghyz_634              ----------------------------------------
------------TCGAAACCT 9

***** ***

Taraxacum                                GCAAGGCAGAACGACC--
TGTGAACACGTAAATACAACTGGGTGATGGGGAGATGGATCT  118
Scorzonera_austriaca_720                 GGAAAGCAAA--
ACGACCCGTGAACATGTACTTATAATTAGGAGATGGGGGAATTGGCGA   112
Scorzonera_capito_637
GCAAAGCAGAAACGACCCGCGAACATGTACCTCACAATTAGGAGATGGGGGAACTGGCGA     69
Scorzonera_pseudodivaricata_634          GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCATAATTAGGAGATGGGGGAACAGGCGA    67
Scorzonera_subacaulis                    GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCACACTTAGGAGATGGGGGAACTGGCGA    67
TR63608_ITS                              GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGA    118
North26_ITS                              GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGA    118
Sourth19_ITS                             GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGA    118
East4_ITS                                GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGA    118
ScorzoneraTauSaghyz_634                  GCAAAGCAGA-ACGACCCG-
CGAACATGTACTCACAAATAGGAGATGGGGGAACTGGCGA    67
                                         * ** *** *           *          * *  *
** *******  *  *
```

```
Taraxacum
TGGTTCTGATCCTCAACACCTCCTAGCGTGCCTGCATGCTTTCTCTTTTGGGCTATCATG      178
Scorzonera_austriaca_720
AGGCCTCGATCCCTATTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGCTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      172
Scorzonera_capito_637
AGGCCTCGATCCTTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTCGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      129
Scorzonera_pseudodivaricata_634
AGGCCTCGATCCTTGTTTCCTGTTGGTGTGCGCTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      127
Scorzonera_subacaulis
AGGCCTCGATCCCTGTTTCATGTTGGTGTGCGTTTGTGCTGCCCCTTTTGGAGTGCCACG      127
TR63608_ITS
AGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      178
North26_ITS
AGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      178
Sourth19_ITS
AGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      178
East4_ITS
AGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      178
ScorzoneraTauSaghyz_634
AGGCCTCGATCCCTGTTTCCTGTTGGTGTGCGTTTGTGGTGCCCCATTTGGAGTGCCACG      127
                                        **    *****      * *  * * ****     **
*  * * *****  *  ** *

Taraxacum
CATGTATTGTTGGAATTTAACAAAACCCCGGCACGGCATGTGCCAAGGAAAACAATAAAC      238
Scorzonera_austriaca_720
GACGTTTCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACCAAACAA      232
Scorzonera_capito_637
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      189
Scorzonera_pseudodivaricata_634
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      187
Scorzonera_subacaulis
GACGTTCCGCTAGCAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      187
TR63608_ITS
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      238
North26_ITS
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      238
Sourth19_ITS
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      238
East4_ITS
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      238
ScorzoneraTauSaghyz_634
GACGTTCCGCTAACAACCTAACCAACCCCGGCACGGAATGTGCCAAGGAAAACAAAACAA      187
                                        * **   * *   *    *   **************
**************** * * *

Taraxacum
GAGAAGGACTCGACCTGTTATGCCCCGTTTGTGGTGTGCATTCTGAGCGTGTCCTCCTTT      298
Scorzonera_austriaca_720
AAGAAGGGTGCGCCTCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTTGTGGCCTTTTGT      292
```

```
Scorzonera_capito_637
AAGAAGGGCGCACCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      249
Scorzonera_pseudodivaricata_634
AAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      247
Scorzonera_subacaulis
AAGAAGGGCGCGCCCTGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      247
TR63608_ITS
AAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGGTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      298
North26_ITS
AAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      298
Sourth19_ITS
AAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      298
East4_ITS
AAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      298
ScorzoneraTauSaghyz_634
AAGAAGGGTGCGCCCCGTGTTGCCCCGTTTGCGGTGTGCATGCGGGTCGTGGCCTCCTGT      247
                                         ******   *  *  **  ******* ***
********* * *   *** ***  * *

Taraxacum
GAATCACAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGC      358
Scorzonera_austriaca_720
AAACACAAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGC      352
Scorzonera_capito_637
AAACACAAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGC      309
Scorzonera_pseudodivaricata_634
AAACACAAAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGC      307
Scorzonera_subacaulis                AAACATA-
AACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGC      306
TR63608_ITS                          AAACACA-
AACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGC      357
North26_ITS                          AAACACA-
AACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGC      357
Sourth19_ITS                         AAACACA-
AACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGC      357
East4_ITS                            AAACACA-
AACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGTAGC      357
ScorzoneraTauSaghyz_634              AAACACA-
AACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCACGCATCGATGAAGAACGCAGC      306
                                      **
********************************************** ***

Taraxacum
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      417
Scorzonera_austriaca_720
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      411
Scorzonera_capito_637
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTTTTTGAACGCA      369
Scorzonera_pseudodivaricata_634
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      366
Scorzonera_subacaulis
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      365
```

```
TR63608_ITS
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      416
North26_ITS
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      416
Sourth19_ITS
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      416
East4_ITS
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      416
ScorzoneraTauSaghyz_634
AAAATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTTT-TTGAACGCA      365

************************************************* *********

Taraxacum
AGTTGCGCCCGAAGCCATCCGGTTTAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      477
Scorzonera_austriaca_720
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCCGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      471
Scorzonera_capito_637
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGTTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      429
Scorzonera_pseudodivaricata_634
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTTG      426
Scorzonera_subacaulis
AGTTGCGCCCAAGGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      425
TR63608_ITS
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      476
North26_ITS
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      476
Sourth19_ITS
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      476
East4_ITS
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      476
ScorzoneraTauSaghyz_634
AGTTGCGCCCAAAGCCATCCGGCTGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCG      425
                                    ********** * *********
********************************* *

Taraxacum
CCCCCCATCATACTTCCCTTAAGGGTAGTCGTGGTGATTGGGAGCGGAGATTGGCTTCCC      537
Scorzonera_austriaca_720             CTCCCCCATGTATCCTTTTGG------
GATGCATAGTATCGGGGCGGAGATTGGTCTCCC    525
Scorzonera_capito_637                CTCCCCCATGTATCCTTTTGG------
GATGCACGGTATCGGGGCGGANATTGGCCTCCC    483
Scorzonera_pseudodivaricata_634      CTCCCCCATGTATCCTTTTGG------
GATGCACGGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    480
Scorzonera_subacaulis                CTCCCCCATGTATCCTTTTGG------
GATGCACGGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    479
TR63608_ITS                          CTCCCCTGTGTATCCTTTTGG------
GATGCACAGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    530
North26_ITS                          CCCCCCTGTGTATCCTTTTGG------
GATGCACAGTATCGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    530
Sourth19_ITS                         CTCCCCTGTGTATCCTTTTGG------
GATGCACAGTATTGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    530
```

```
East4_ITS                            CTCCCCTGTTTATCCTTTTGG------
GATGCACAGTATTGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    530
ScorzoneraTauSaghyz_634              CTCCCCTGTTTATCCTTTTGG------
GATGCACAGTATTGGGGCGGAGATTGGCCTCCC    479
                                     * ****    **      *        *  *    *  *
** ***** *****  ****

Taraxacum
GTGCTTGTTGTGCGGTTGGTCAAAATAGGAGTCCCCTTCGGTGGACACACGGCTAGTGGT      597
Scorzonera_austriaca_720
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACACGAGTCCCTTTTGGTGGATGCACGACTAGTGGT      585
Scorzonera_capito_637
GTGATCTTGTTGCGGCTGGCCCAAACACGAGTCCCCTTCGGTGGATGCACGACTAGTGGT      543
Scorzonera_pseudodivaricata_634
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACACGAGTCCCCTTCGGTGGATGCACGACTAGTGGT      540
Scorzonera_subacaulis
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACACGAGTACCCTTCGGTGGACGCACGACTAATGGT      539
TR63608_ITS
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGAGTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGT      590
North26_ITS
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGAGTCCCCTTTGGTGGACGCACGACTAGTGGT      590
Sourth19_ITS
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGAGTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGT      590
East4_ITS
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGAGTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGT      590
ScorzoneraTauSaghyz_634
GTGATCTTGTTGCGGTTGGCCCAAACATGAGTCCCCTTCGGTGGACGCACGACTAGTGGT      539
                                     *** *  *  ***** *** * *** * **** ** **
******  **** *** ****

Taraxacum
GGTTGTAAAGACCCTTTTCTTCTGCTGTGTGTTGTGAGCTGCTAGGGAAACCCTCAAAAA      657
Scorzonera_austriaca_720
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTTGTGTGTCGTTTGCTATTAGGGATCTTCTTGTATA      645
Scorzonera_capito_637
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGCAAGGGATCCTCTCGTATA      603
Scorzonera_pseudodivaricata_634
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTACTGCAAGGGATCCTCTCGTATA      600
Scorzonera_subacaulis
GGTTGAATAGGCCCTCGTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGCAAGGGATCCTCTCGTATA      599
TR63608_ITS
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATCCTCTCGTATA      650
North26_ITS
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATCCTCTCTTATA      650
Sourth19_ITS
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATCCTCTCGTATA      650
East4_ITS
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATCCTCTCGTATA      650
ScorzoneraTauSaghyz_634
GGTTGAATAGGCCCTCTTCTTTTGTCGTGTGTCGTTTGCTGTAAGGGATCCTCTCGTATA      599
                                     ***** * ** ****  **** **  ****** **
**   *****    **   * *
```

```
Taraxacum                                -
AGAACCCAATGTATCGTTCTAGGACGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGAC      716
Scorzonera_austriaca_720                 AGAC-
CCCAATGCATTGTCCAACGATGATGCTTTGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGAC   704
Scorzonera_capito_637                    ANACC-CCAATGCATTCTCTAACGATGATGCTTCG----
---------------------- 637
Scorzonera_pseudodivaricata_634          AGACC-CCAATGCATTCTCTAACGATGATGCTTCG----
---------------------- 634
Scorzonera_subacaulis                    AGACC-CCAATGCATTGTCCAACGATGATGCTTCG----
---------------------- 633
TR63608_ITS
AAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGAC     710
North26_ITS
AAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGAC     710
Sourth19_ITS
AAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCTTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGAC     710
East4_ITS
TAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCCTCGACCGCGACCCCAGGTCAGGCGGGAC     710
ScorzoneraTauSaghyz_634                  AAGACCCCAATGCATTGTCTAACGATGATGCCTCG----
---------------------- 634
                                               ****** **  *   * ** ***** * *

Taraxacum
TACCCGCTGAGTTTAAGCATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC--     760
Scorzonera_austriaca_720                 TACCCGCTGAGTTTAA----------------------
-------720
Scorzonera_capito_637                    ----------------------------------------
-------637
Scorzonera_pseudodivaricata_634          ----------------------------------------
-------634
Scorzonera subacaulis                    ----------------------------------------
-------633
TR63608_ITS                              TACCCGCTGAGTTTAAGCATATCAATAAGCGGAGG--
AAAAGAAAC     754
North26_ITS
TACCCGCTGAGTTTAAGCATATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC     756
Sourth19_ITS
TACCCGCTGAGTTTAAGCATATATCAATAAGCGGAGGAAAAGAAAC     756
East4_ITS                                TACCCGCTGAGTTTAAGCATATCAATAAGCGGAG--
GAAAAGAAAC     754
ScorzoneraTauSaghyz_634                  ----------------------------------------
-------634
```

Кесте А.3 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінен бөлініп алынған ДНҚ үлгілерінің сапалық және сандық көрсеткіштері

Date	Name	ng/uL	260/280	260/230	Const
1.07. 2019	E4	114,97	1,801	1,434	50
1.07. 2019	E4 2elut	16,5	1,982	1,659	50
1.07. 2019	N24	98,91	1,901	1,846	50
1.07. 2019	N24 2elut	2,2	2,293	1,689	50
1.07. 2019	S17	131,45	1,845	0,753	50
1.07. 2019	S17 2elut	7,36	1,883	1,823	50
1.07. 2019	S19	132,92	1,824	1,712	50
1.07. 2019	S19 2Elut	7,92	1,768	0,828	50
07.07.2019	S5	120,47	1,853	1,330	50
07.07.2019	E11	188,42	1,986	1,400	50
07.07.2019	N13	83,10	1,889	1,202	50
07.07.2019	N26	118,28	1,907	1,107	50
07.07.2019	S5	98,60	0,986	1,031	50
07.07.2019	E11	136,41	0,848	1,099	50
07.07.2019	N13	142,80	0,845	1,075	50
07.07.2019	N26	33,87	1,274	0,595	50
08.07.2019	S15	161,71	1,966	1,372	50
08.07.2019	E19	105,78	1,888	1,285	50
08.07.2019	E21	138,49	1,837	1,206	50
08.07.2019	N29	167,19	1,966	1,340	50
08.07.2019	S15	79,90	1,138	1,038	50
08.07.2019	E19	53,90	1,256	0,912	50
08.07.2019	E21	73,64	1,151	0,965	50
08.07.2019	N29	47,99	1,283	0,716	50
08.07.2019	N1	138,02	1,951	1,336	50
08.07.2019	S2	106,89	1,900	1,379	50
08.07.2019	S6	159,39	1,803	1,320	50
08.07.2019	E10	118,31	1,646	1,035	50
08.07.2019	N1	331,21	0,923	1,225	50
08.07.2019	S2	86,66	1,027	1,055	50
08.07.2019	S6	528,63	0,836	1,296	50
08.07.2019	E10	124,46	0,950	1,101	50
23.07.2019	N3	193,02	1,826	1,165	50
23.07.2019	E6	137,67	1,737	0,950	50
23.07.2019	N15	74,34	1,787	0,864	50
23.07.2019	S28	140,43	1,929	1,243	50
23.07.2019	N3	102,35	0,968	0,910	50
23.07.2019	E6	50,13	1,132	0,400	50
23.07.2019	N15	267,18	0,859	1,248	50
23.07.2019	S28	51,13	1,170	0,836	50
23.07.2019	S1	167,67	1,893	0,991	50
23.07.2019	N4	152,31	1,817	0,974	50
23.07.2019	E13	125,74	1,832	1,248	50

23.07.2019	E16	131,83	1,847	1,106	50
23.07.2019	S1	53,90	1,056	0,651	50
23.07.2019	N4	27,42	1,625	0,746	50
23.07.2019	E13	102,97	0,895	1,114	50
23.07.2019	E16	40,18	1,235	0,826	50
24.07.2019	N18	132,65	1,882	1,235	50
24.07.2019	N21	142,93	1,911	1,357	50
24.07.2019	S22	139,17	1,818	1,083	50
24.07.2019	E22	147,72	1,743	1,198	50
24.07.2019	S23	88,69	2,177	1,110	50
24.07.2019	E32	159,04	2,000	1,307	50
24.07.2019	N18	27,65	1,466	0,823	50
24.07.2019	N21	144	0,922	1,103	50
24.07.2019	S22	53,96	1,087	0,814	50
24.07.2019	E22	99,09	0,943	1,037	50
24.07.2019	S23	83,42	0,953	0,997	50
24.07.2019	E32	136,89	1,045	1,090	50
29.07.2019	S3	2753,43	1,192	1,024	50
29.07.2019	S30	1869,09	1,217	1,142	50
29.07.2019	S31	604,97	1,315	1,229	50
29.07.2019	N7	2588,26	1,215	1,020	50
29.07.2019	N14	2025,99	1,280	1,116	50
29.07.2019	N28	2708,23	1,205	1,029	50
29.07.2019	E24	2360,75	1,248	1,031	50
29.07.2019	E28	2574,34	1,194	1,030	50
30.07.2019	E15	2789,13	1,192	1,037	50
30.07.2019	E17	2755,83	1,197	1,048	50
30.07.2019	E18	2674,82	1,205	1,033	50
30.07.2019	S13	2511,22	1,234	1,012	50
31.07.2019	S4	1978,93	1,278	1,114	50
31.07.2019	S14	2235,83	1,226	1,042	50
31.07.2019	S16	2142,26	1,248	1,084	50
31.07.2019	N8	2650,81	1,208	1,021	50
31.07.2019	N9	2437,18	1,234	1,017	50
31.07.2019	N32	2627,64	1,218	1,013	50
31.07.2019	E14	2003,4	1,275	1,140	50
31.07.2019	E23	1517,73	1,267	1,226	50
05.08.2019	S9	2056,14	1,238	1,120	50
05.08.2019	S11	2732,53	1,197	1,024	50
05.08.2019	S12	1052,69	1,461	1,299	50
05.08.2019	N2	2629,32	1,213	1,013	50
05.08.2019	N5	2416,37	1,258	0,992	50
05.08.2019	N6	2495,34	1,235	0,994	50
05.08.2019	E1	2107,01	1,289	1,069	50
05.08.2019	E2	2160,37	1,279	1,077	50
06.08.2019	N10	2662,87	1,203	1,010	50
06.08.2019	N12	2541,26	1,226	1,005	50
06.08.2019	N16	1273,72	1,231	1,146	50

06.08.2019	S18	1753,50	1,348	1,156	50
06.08.2019	S20	2396,94	1,258	1,005	50
06.08.2019	S21	2573,55	1,223	1,014	50
06.08.2019	E3	2736,41	1,197	1,027	50
06.08.2019	E7	1957,01	1,291	1,116	50
07.08.2019	N17	2541,21	1,230	1,008	50
07.08.2019	N19	2042,91	1,268	1,104	50
07.08.2019	N20	2399,61	1,259	0,993	50
07.08.2019	S25	2114,73	1,242	1,104	50
07.08.2019	S26	2512,72	1,231	0,992	50
07.08.2019	S29	2780,30	1,192	1,003	50
07.08.2019	E8	2491,07	1,234	0,986	50
07.08.2019	E9	2602,15	1,219	0,985	50
08.08.2019	N27	2488,28	1,238	0,983	50
08.08.2019	N30	2215,66	1,273	1,035	50
08.08.2019	N31	2531,29	1,234	0,992	50
08.08.2019	S32	2714,86	1,198	1,027	50
08.08.2019	S33	1652,66	1,418	1,187	50
08.08.2019	S34	1906,92	1,331	1,119	50
08.08.2019	E20	2562,18	1,220	1,014	50
08.08.2019	E25	2781,97	1,178	1,039	50
11.08.2019	N22	2440,13	1,256	0,950	50
11.08.2019	N23	2042,94	1,305	1,088	50
11.08.2019	N25	2644,96	1,205	0,985	50
11.08.2019	S7	1451,58	1,351	1,178	50
11.08.2019	S8	2404,62	1,259	0,967	50
11.08.2019	S10	2414,44	1,246	1,017	50
11.08.2019	E26	1909,13	1,295	1,116	50
11.08.2019	E27	2536,80	1,233	0,979	50
11.08.2019	N11	2688,72	1,206	0,980	50
11.08.2019	S24	2674,65	1,207	1,008	50
11.08.2019	S27	2596,30	1,226	0,988	50
11.08.2019	E5	2393,05	1,262	0,987	50
11.08.2019	E12	2558,84	1,229	0,990	50
11.08.2019	E29	2472,34	1,241	0,988	50
11.08.2019	E30	2491,36	1,234	0,992	50
11.08.2019	E31	2674,71	1,212	0,977	50
11.08.2019	E33	2720,59	1,201	1,006	50
11.08.2019	E34	2746,02	1,191	0,999	50

Кесте А.4 – *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігіндегі фотосинтетикалық пигменттер (*хлорофилл a*, *хлорофилл b*, *каротиноидтар*) мен каучук мөлшерінің нәтижелері

East							South							North				
Ch a	Ch b	Ch total	Car	Rubber			Ch a	Ch b	Ch total	Car	Rubber			Ch a	Ch b	Ch total	Car	Rubber
13,1	11,057681	28,201824	3,348	0,177			13,204	7,282872	20,486702	5,256	0,22			6,264	4,011471	10,275722	2,519	0,1
14,885	8,390988	23,275632	5,664	0,18			13,926	7,610454	21,535972	5,656	0,33			7,002	3,996237	10,998016	3,076	0,29
6,39	2,841018	9,231119	4,719	0,326			12,748	6,996498	19,744672	5,019	0,2			6,718	3,72258	10,44036	2,719	0,12
8,266	3,45834	11,724177	2,87	0,214			16,373	8,270166	24,64361	6,274	0,25			11,492	6,021948	17,513748	4,133	0,0938
10,806	4,818225	15,624035	3,642	0,147			10,731	6,132186	16,86293	4,559	0,176			6,447	4,500711	10,948093	3,23	0,2268
12,105	4,651134	16,756499	4,944	0,2946			14,352	8,727792	23,08014	6,069	0,2			6,829	3,806049	10,634802	2,784	0,2232
8,47	5,142375	13,61269	1,765	0,1765			12,696	6,989934	19,685781	5,279	0,25			11,405	5,717244	17,122647	4,834	0,216
11,459	5,18907	16,647585	4,236	0,165			8,337	4,922874	13,259794	3,531	0,18			11,981	6,418278	18,39893	5,684	0,416
9,077	5,880699	14,958032	4,095	0,282			8,226	4,000965	12,227376	3,223	0,176			11,747	6,089232	17,83629	4,842	0,125
12,356	5,75808	18,113726	5,573	0,21			13,324	6,51246	18,60359	5,207	0,21			6,947	3,519213	10,46648	2,453	0,1
9,441	4,953588	14,394325	3,701	0,278			15,857	7,23753	23,094108	5,652	0,196			13,444	6,225702	19,669762	4,842	0,247
13,135	4,423734	17,55872	4,891	0,177			10,974	6,142167	17,116463	5,27	0,099			6,97	4,577064	11,547221	2,936	0,195
9,236	6,067149	15,303327	4,606	0,237			16,045	8,552172	24,596804	6,305	0,1			13,477	5,937864	19,414362	5,722	0,135
12,929	7,434498	20,363386	5,409	0,323			16,475	7,928352	24,403712	6,817	0,1886			10,251	5,758695	16,01867	4,367	0,398
18,817	11,299866	30,11699	6,596	0,153			11,658	5,953611	17,611244	5,036	0,319			12,818	7,340316	20,158726	6,229	0,21
17,886	8,05434	25,940112	6,607	0,31			11,499	5,966058	17,465225	5,334	0,0769			14,098	6,145188	20,24367	4,444	0,466
10,659	4,689078	15,347749	3,082	0,335			16,128	7,988622	24,116708	5,903	0,176			8,961	6,428385	15,389505	3,432	0,151
16,451	8,861796	25,313164	6,714	0,26			9,328	5,426283	14,754272	3,661	0,2843			15,781	8,258502	24,039198	5,83	0,265
7,863	3,576324	11,43959	4,917	0,202			12,671	7,221882	19,892658	5,233	0,315			9,795	5,361453	15,156541	4,506	0,352
11,727	6,412947	18,140263	5,04	0,318			19,497	9,845262	29,342022	7,062	0,166			9,522	5,679837	15,201847	4,13	0,2635
12,417	6,399537	18,816451	4,608	0,145			8,285	5,953647	14,238155	3,461	0,2714			12,016	7,103499	19,119474	4,646	0,177
10,592	6,019815	16,612214	4,191	0,155			9,862	5,465847	15,32788	3,953	0,133			11,098	7,29885	18,39673	4,732	0,405

14,9	8,886612	23,786632	5,832	0,161			14,827	5,903568	20,7309	8,083	0,2625			8,226	4,10577	12,332123	3,083	0,1857
10,099	5,195877	15,295259	4,864	0,275			11,422	5,866314	17,288752	4,494	0,289			9,44	5,069106	14,50929	4,577	0,401
15,21	7,356246	22,566206	6,267	0,233			11,798	5,929038	17,726559	4,963	0,2325			10,145	5,656125	15,801225	4,599	0,155
11,708	5,479002	17,187272	5,512	0,188			9,724	5,856075	15,580463	4,545	0,25			9,386	4,989876	14,376306	4,162	0,0612
12,683	6,12633	18,80945	5,462	0,083			14,347	7,389078	21,736298	5,476	0,5375			14,291	7,374126	21,664622	5,021	0,0686
13,392	5,695113	19,087136	7,62	0,185			14,766	7,86081	22,626414	5,195	0,234			11,371	6,257544	17,628413	5,342	0,35
9,052	3,430569	12,482359	3,608	0,428			9,571	5,45769	15,028241	4,198	0,266			8,066	4,056264	12,122229	3,106	0,3142
10,319	5,824887	16,144003	5,204	0,346			10,389	6,0639	16,45331	4,002	0,2			10,026	6,058479	16,084512	3,727	0,2846
12,979	5,734368	18,713104	4,586	0,226			14,194	6,77037	20,964364	5,584	0,369			10,795	5,776833	16,571842	4,106	0,1952
10,913	5,594802	16,508267	4,308	0,38			20,351	8,957214	29,308384	7,512	0,207							
10,577	5,534904	16,111432	5,316	0,2537			9,48	5,553105	15,033125	4,277	0,5306							
							13,719	6,912516	20,631054	4,903	0,3125							

Шығыс				Солтүстік				Оңтүстік			
Хл А	Хл b	Хл *A+b*	Кар	Хл А	Хл b	Хл *A+b*	Кар	Хл *A*	Хл *b*	Хл *A+b*	Кар
11,815	6,068	18,006	4,842	12,847	6,754	19,565	5,206	10,220	5,589	15,809	4,188
2,826	1,973	4,783	1,224	3,057	1,275	4,245	1,135	2,594	1,231	3,723	1,043
0,492	0,344	0,833	0,213	0,524	0,219	0,728	0,195	0,466	0,221	0,669	0,187