

## Жоба туралы қысқаша ақпарат

Жоба аты	AP09258679 «Жаздық бидайдың жасалған мутантты ұрықтарының молекулалық-биохимиялық сипаттамасы, жапырақты және сары татқа төзімділігі, морфометриясы және дән сапасы» (0121PK0037)
Жоба өзектілігі	Жоба маңызды микронутриеттердің мазмұны мен олардың биожетімділігін қоса алғанда, жапырақты және сары татқа төзімділік, морфометрия және дән сапасы үшін жаздық бидайдың жаңа мутант ресурстарын құру және молекулалық-биохимиялық сипаттамасын қамтиды. Біріктірілген тәсіл гамма-сәулеленудің әртүрлі дозаларын қолдану арқылы мутацияны таңдауға және тотқа төзімді Казахстанская-19 сортының генетикалық негізіне негізделген, гиперспектрлік бейнелеуді қолдану арқылы фенотиптеуді, дән белоктарының құрамын, темір (Fe) және мырыш Zn, және олардың биожетімділігі, саңырауқұлақ құрылымының дамуын визуалды бағалау және гиперспектрлік бейнелеу, b-1,3.-глюканаза және эндохитиназа гендерінің экспрессиясын зерттеу және олардың патогенді саңырауқұлақтар мен инфекцияларға уақытша жауап ретінде белсенділігін анықтау. Lr генінің аллельдерінің дискриминациясын анықтау үшін бәсекелес аллельге тән ПТР (KASP) қолдану.
Жоба мақсаты	Жобаның мақсаты – жапырақты және сары татқа төзімділікке, өнімділікке, дәннің морфометриялық көрсеткіштеріне және оның сапасына, оның ішінде аса маңызды микроэлементтердің мазмұнына және олардың биожетімділігіне, жаздық жұмсақ бидайдың жасалған мутант ұрықтарының молекулалық-биохимиялық сипаттамасы, және Lr генінің аллельдерін анықтау дискриминациясы, бәсекелес аллельге тән ПТР (KASP маркер) көмегімен скрининг.
Жоба міндеттері	1. Ауыл шаруашылығы өндірісінде кеңінен қолданылатын бидай сорттарының көпшілігі саңырауқұлақ ауруларынан айтарлықтай зардап шегеді, ал астық өнімділігі 50-85% жоғалады. Осыған байланысты жаздық бидайдың жапырақты және сары татқа төзімді жаңа ұрықтарын жасау қажеттілігі туындады. Татқа төзімді Казахстанская-19 сорты негізінде жаздық бидайдың генетикалық өзгергіштігін кеңейту және гамма-сәулеленудің әртүрлі дозаларын (300, 350 және 400 Гр) қолдану арқылы индукцияланған мутагенезді қолдану мақсатында жаңа мутант линиялар (M3–M4) алынды, тат саңырауқұлақ ауруларына төзімділігін фенотиптеу үшін. Бұл мутант ресурстары астық шығымдылығы мен морфометрияға байланысты параметрлерді анықтау үшін, сондай-ақ саңырауқұлақ құрылымының дамуын визуалды бағалау (инфекция ошақтары айналасындағы аса

	<p>сезімталдық реакциясын немесе хлорозды анықтау) және гиперспектрлік бейнелеу (өзгешеліктерді талдау) арқылы татқа төзімділік сипаттамаларын талдау үшін пайдаланылды. 404-тен 2511 нм-ге дейінгі диапазондағы шағылысу мәндерін және тұрақтылықты тудыратын үміткер қосылыстарды анықтау үшін.</p> <p>2. Жаздық бидайдың мутант ресурстары ақуыздың құрамы және дәннің микроэлементтері (Fe және Zn) сияқты дән сапасының сипаттамалары негізінде бағаланды. Микронутриенттердің биожетімділігін анықтау үшін мутанттық линиялар күшті металды хелаттандыру қабілетіне байланысты негізгі «антинутриент» болып табылатын фитин қышқылының мазмұнына скринингтен өтті. Жапырақ пен сары татқа төзімді, дәнді микроэлементтермен бионығайтылған және фитин қышқылының төмен мөлшерімен, сонымен қатар микроэлементтердің биожетімділігі жақсарған мутант линиялар анықталды.</p> <p>3. Өсімдік b-1,3-глюканазалардың өзі немесе патогенезге байланысты белоктар (PBP) болып табылатын хитиназамен үйлескенде, негізгі құрылымдық компоненттері b-1,3-глюкандар мен хитиннің гидролизі арқылы қорғаныс механизмдеріне тікелей қатысады. Саңырауқұлақтардың жасуша қабырғасын жабады және қоздырғыштардың өсуін тежейді. Олардың төзімділіктегі рөлі ген экспрессиясын фитопатогенге және фермент белсенділігіне қарсы өтпелі жауап ретінде анықтау арқылы зерттелді. Молекулалық маркер технологиясы генетикалық әртүрлілікті бағалау, қажетті генотиптерді анықтау және таңдау үшін құнды құрал ретінде қолданылды. Бәсекелестік аллельді-спецификалық ПТР (KASP), Lr гендерін анықтау үшін маңызды SNP генотиптеу платформаларының бірі мутант бидай ұрықтарын скрининг үшін пайдаланылды.</p>
<p>Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер</p>	<p>Мақсат 1. Бұл жобада тотқа төзімді Казахстанская-19 сортына негізделген жаздық бидайдың генетикалық өзгергіштігі 60Co көзінен гамма-сәулеленудің үш дозасы (300-, 350- және 400-Гр) арқылы индукцияланған мутагенез арқылы кеңейтілген. Өсімдіктер селекциясы және генетикасы зертханасы МАГАТЭ, Зайберсдорф, Австрия. Жаңа М3 – М4 буындағы мутантты желілер құрылды. Бұл үш сәулелену дозасы «Казахстанская-19» сорты үшін LD50 330 Гр болатын зертханалық радиосезімталдық сынағы негізінде таңдалды. Жасалған 300-, 350- және 400-Гр мутанттық сызықтар ересек өсімдіктердің жапырақты және сары татқа төзімділігімен фенотиптік түрде анықталды. Казахстанская-19 сортымен бірге 75 иммундық немесе төзімді ересек өсімдік М3 мутант</p>

линиясы таңдалды, олар көшеттердің төзімділігімен сипатталды. Мутантты ұрық 300 Гр 42 линия, 350 Гр 16 сынама және 400 Гр 17 линия болды, олар өнімділік көрсеткіштері бойынша Казахстанская-19 сортынан 1,6–1,7 есеге (бас масақтағы дәндердің салмағы мен саны) айтарлықтай асып түсті.

Ересек өсімдіктерде жапырақ пен сары татқа төзімді жаңа мутант линиялары жылыжай тәжірибесінде татпен егілгеннен кейін көшеттердің төзімділігі үшін фенотиптелді. Кәмелетке толмағандардың төзімділігінің фоны микроскопиялық және гиперспектральды бейнелеуді пайдаланып, қарсылықты тудыратын жапырақ бетіндегі құрылымдық өзгерістерді анықтау үшін талданды. Жетілген өсімдіктердің жапырақты және сары татқа төзімділігін және ювеналды төзімділікті микроскопиялық зерттеулердің негізінде 75 М3 мутантты сызықтардың көпшілігі және 300-, 350- және 400-Гр (89,33) гамма-сәулелену дозалары арқылы түзілетіні анықталды. %) кәмелетке толмағандардың тот, жапырақ және сары таттың екі түріне ересек өсімдіктің төзімділігімен біріктірілген.

Гиперспектрлік бейнелеу талдауы бидай генотиптерінің жұқтырған жапырақтарының жұқпаған генотиптермен салыстырғанда көрінетін және жақын инфрақызыл сәулелерде салыстырмалы шағылысу қабілеті жоғарылағанын көрсетті, ең жоғары орташа мәндері сәйкесінше 462 және 644 нм және 1936 және 2392 нм. Қызыл қалыпқа келтірілген өсімдік жамылғысының индексі (RNDVI), құрылымға сезімтал емес пигмент индексі (SIPI), өсімдік қатынасының индексі (RVSI), су индексі (WI) және судың нормаланған айырмашылығының индексі (NDWI) сияқты бес спектрлік индекс қарсылық дәрежесін анықтау үшін маңызды әлеуетті көрсетті. көшеттер. Сезімтал және төзімді мутантты сызықтар арасындағы шағылысудағы ең маңызды айырмашылықтар 694,57 және 987,51 нм толқын ұзындығында пайда болды.

Шығарған линиялар дәннің морфометриялық параметрлері бойынша бағаланды (астық ауданы, ұзындығы, ені және қалыңдығы). 350 және 400 Гр дозаларымен генерацияланған, сәйкесінше 8/2 және 25/3 сандары бар мутантты сызықтар ең үлкен астық ауданына (16,2 және 16,5 мм<sup>2</sup>) ие болды. Астық ұзындығының вариациясы (GL) бүкіл мутант популяциясында орташа мәні  $6,75 \pm 0,18$  мм болатын 6,43-тен 7,29 мм-ге дейін ауытқиды. Тоғыз М4 мутант сызығының (28,0%) дәндері айтарлықтай ұзағырақ болды, бұл 350- және 400-Ги мутантты ұрықтарда табылған астық ауданы параметріне ұқсас.

Дәннің ауданы және дән ұзындығы сияқты морфометриялық параметрлерімен салыстырғанда, барлық сәулеленген линияларда орташа мәні  $3,15 \pm 0,13$  мм болатын 2,6-дан 3,34 мм-ге дейінгі аралықтармен дән қалыңдығы (ГТ) үшін ең аз өзгергіштік диапазондары байқалды. Қазақстанская-19 сортына қарағанда статистикалық мәнді жоғары TZ мәні бар 6 генотип анықталды.

Дәннің сапасы, дән ақуызының мөлшері (ДАМ) сияқты маңызды сипаттамаға сүйене отырып, мутант бидай ұрықтары диапазоны 9,6–15,6%, орташа мәні  $13,99 \pm 1,16$ ,  $12,63 \pm 1,49$  және  $12,43 \pm 1,5\%$  болатыны анықталды. Сәйкесінше 300-, 350- және 400 Гр сызықтар ( $n = 138$ ). 17 мутант линия (37,0%) анықталды, оның ішінде 300-, 350- және 400 Гр сызықтармен ұсынылған 8, 6 және 3 үлгілерде SBZ бар, ол Қазақстанская-19 сортынан ( $13,95 \pm 0,12\%$ ) 1,08-ге статистикалық айтарлықтай жоғары. -1,12 есе. ДАМ үшін ANOVA талдауы Қазақстанская-19 сорты мен 350- және 400-Gr линиялары арасында айтарлықтай айырмашылықтарды анықтады, бұл ДАМ генетикалық өзгергіштігін генерациялау үшін гамма-сәулеленудің жоғары деңгейінің тиімділігін көрсетеді. Осылайша, Қазақстан-19 жасаған мутант линиялары өсімдіктің жапырақ пен сары татқа төзімділігін жоғары ДАМ-мен біріктіретін жаңа құнды генетикалық көздер болып табылады.

18 скринингтен өткен 300 Gr мутант линиясының (89%) көпшілігі (16 үлгі) дәндегі темір мөлшері (DFeM) бойынша Қазақ-19 сортынан 1,82–3,19 есеге статистикалық айтарлықтай асып түсті. DFeM үшін 350 және 400 Гр мутантты микроплазмаларда, тиісінше, 15 және 13 жолдар скринингтен өтті. Оның ішінде 14 және 10 үлгілер бастапқы сортпен салыстырғанда 1,43–3,13 есе және 1,43–2,42 есе статистикалық маңызды жоғары DFeM көрсеткіштерімен сипатталды. Осылайша, үш дозаланған мутантты микробтардағы Fe-нің бионығайтылған қабілетіне сүйене отырып, жапырақ пен сары татқа төзімді (жапырақ және сары) және өнімділік элементтерінің жоғары көрсеткіштері бар 40 перспективалы үлгі анықталды.

Дәндегі мырыш мөлшерінің (DZnM) 300-, 350- және 400 Гр аралығында өзгеру диапазоны сәйкесінше, 42,7-97,3, 72,0-119,5 және 100,2-105,8 мг/кг болды, әрбір дозаланған, гермоплазма үшін орташа мәндері бар.  $64,43 \pm 19,18$ ,  $98,3 \pm 10,78$  мг/кг және  $102,05 \pm 1,43$  мг/кг. Үш мутантты гермоплазмадан (барлығы 39 генотиптен) анықталған биофортификацияланған Zn аналық сорттан сәйкесінше 300 Гр линияда 1,47-2,77 есе, 350 Гр линияда 2,05-3,40 есе және 400 Гр линиядан 400 есе асып түсті.

b-1,3-глюканазаны кодтайтын патогенез байланысты белоктар экспрессиясы жаздық бидайдың эритроспермум-35 сортында (ювенильді сезімтал) және 100 Гр және 200 Гр жасалған мутант линияларында және 4 ювенильді сезімтал және 4 ювенильге төзімді линияларда зерттелді, LR инфекциясына уақытша реакция ретінде. Инфекциядан кейін 24 сағаттан кейін оның деңгейі төзімді генотиптермен салыстырғанда сезімтал генотиптерде айтарлықтай жоғары болды. Генотиптер арасындағы ең үлкен айырмашылықтар инфекцияның 48 және 72 сағатында пайда болды, сәйкесінше төзімді линияларда 32,67 және 2,78 есе жоғары.

Жаздық бидайдың Эритроспермум-35 сортында және ювенильді-сезімтал және төзімді линияларындағы патогенез байланысты белоктар кодтайтын эндохитиназа гендерінің экспрессиялық профилі жапырақ инфекциясына уақытша жауап ретінде көптеген сезімтал генотиптерде оның төмендеген деңгейін көрсетеді. b-1,3-глюканаза генінің экспрессия реакциясына ұқсас, екі генотиптің арасындағы эндохитиназа жапырақ татына ұзақ мерзімді әсерімен анықталды. Эндохитиназа гендерінің экспрессиялық деңгейі төзімді линияларда 2,60 есе жоғары болды, бұл қоздырғышпен ұзақ уақыт әсер ету кезінде оның қорғаныш рөлінің көрінісін көрсетеді. Дамудың 2 сатысында тотқа төзімділігімен ерекшеленетін Эритроспермум-35 мутантты линияларының жалауша жапырақтарында эндохитиназа белсенділігін анықтау 2 төзімді мутантты линияда Эритроспермум-35 сортынан 9,73 және 4,30 есе жоғары болғанын көрсетеді.

KASP маркері 6 *Lr* гендері үшін әзірленді және бағаланды: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr10* және *Lr17*. «Казахстанская-19» сортының құрылған мутант линияларында барлық алты *Lr* генінде «a» төзімділік аллельінің жоғары жиілігі (0,88) болды, олар өскіндердің жапырақ татына төзімділігімен айтарлықтай байланысты болды және қолайлы болу мүмкіндігін болжайды, функционалдық маркерлер арқылы гаплотиптің интрогрессиясы. 9 мутантты линияларда *Lr9* және *Lr10* гендерінде «b» аллельінің болуымен сипатталды, *Lr9*-да «a» аллелі бар 1 жолды және *Lr10*-дағы «a» аллелі бар 3 жолды қоспағанда, олар сезімтал болды. егуден кейін 72 сағаттан кейін саңырауқұлақ гаусториум жасушаларының бірқатар прогрессивті дамуына. *Lr1*, *Lr2a*, *Lr10* және *Lr17*-де «b» аллельдері бар, бірақ *Lr3* және *Lr9*-дағы «a» аллельдері бар 300 Гр дозамен өңделген мутантты гермоплазмадан алынған бір линия фенотиптеу кезінде төзімді болды.

	<p>Тұтастай алғанда, жаздық бидайдың генетикалық әртүрлілігін кеңейтуге, жапырақты және сары татқа төзімділік үшін жаңа мутант ресурстарын құруға және молекулалық-биохимиялық сипаттамаға, морфометрияға және дәннің сапасына, оның ішінде оның мазмұнына байланысты басым іргелі және практикалық нәтижелер алынды. маңызды микроэлементтер және олардың биожетімділігі. Жобаның нәтижелері жаңа білімге ықпал етеді және тот ауруларына төзімділік механизмдері туралы түсінікті кеңейтеді. Жобаның коммерцияландыру мүмкіндігі жоғары. Осылайша, жоба бидайдың ең экономикалық маңызды ауруы болып табылатын, айтарлықтай егін шығынына әкелетін таттың жағымсыз әсерін азайтуға айтарлықтай үлес қосады. Эпидемиялық әлеуеті жоғары жаңа тот нәсілдерінің пайда болуының болжамдылығының жоқтығы жаһандық азық-түлік дақылдарының кең ауқымда енгізілуіне дейін ауруға бейімділігін бағалау үшін қосымша зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігін көрсетеді.</p>
<p>Зерттеу тобы мүшелерінің аты-жөні, идентификаторлары (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, бар болса) және сәйкес профильдерге сілтемелер</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кенжебаева Сәуле Сағындықовна, биология ғылымдарының докторы, Хирш индексі – 5, ғылыми қызметкер ID Q-4381-2016, ORCID: 0000-0003-0238-2607, Scopus авторының ID: 56230125100.</li> <li>2. Атабаева Сауле Джумағалиевна, биология ғылымдарының докторы, Хирш индексі – 4, ғылыми қызметкер ID N-9656-2014, ORCID: 0000-0002-4704-6909, Scopus авторының ID: 562295975000.</li> <li>3. Шойынбекова Сабина Алимжанова, химия ғылымдарының докторы, Хирш индексі – 2, ғылыми қызметкер ID P-2773-2015, ORCID: 0000-0003-0238-2607, Scopus авторы: 8370741600.</li> </ol>
<p>Жарияланымдар тізімі (URL, DOI көрсетілген)</p>	<p>S.S. Kenzhebayeva, S.A. Shoinbekova, D. Zharassova<sup>3</sup>, K.D. Miatzhanova<sup>1</sup>, A. Abekova, S.Sh. Asrandina, Moahid Ahmal Javid. New spring wheat mutant resources with yellow rust resistance, improved grain morphometric parameter, and high grain protein content. <i>Bulletin of KazNU named after. Al-Farabi, Ecological Series</i>, 2021, No. 3 (68), 55-63. : <a href="https://doi.org/10.26577/EJE.2021.v68.3.06">https://doi.org/10.26577/EJE.2021.v68.3.06</a>.</p> <p>Kenzhebayeva, S.S., Atabayeva, S.D., Sarsu, F. Iron-deficiency response and differential expression of iron homeostasis related genes in spring wheat (<i>Triticum aestivum</i>) mutant lines with increased grain iron content <i>Crop and Pasture Science</i> 2022, 73(2), pp. 127–137 Web of Science Q-2, Scopus Q-2, percentile – 75. Scopus citation index -4, Web of Science citation index - 4. DOI: 10.1080/15427528.2016.1276990.</p> <p>Kenzhebayeva, S., Atabayeva, S., Sarsu, F., Abekova A.,</p>

	<p>Shoinbekova S., Omirbekova N., Doktyrbay G., Beisenova, A., Shavrukov, Y. Organ-specific expression of genes involved in iron homeostasis in wheat mutant lines with increased grain iron and zinc content <i>PeerJ</i>, 2022, DOI 10.7717/peerj.13515. Web of Science Q-1, Scopus Q-1, percentile – 85. Scopus citation index -2, Web of Science citation index - 2.</p> <p>Kenzhebayeva, S., Mazkirat, S., Shoinbekova, S., Atabayeva, S., Abekova, A., Omirbekova, N., Doktyrbay, G., Asrandina, S., Zharassova, D., Amirova, A.; et al. Phenotyping and exploitation of Kompetitive allele-specific PCR assays for genes underpinning leaf rust resistance in new spring wheat mutant lines. <i>Curr. Issues Mol. Biol.</i> 2024, 46, 689–709. <a href="https://doi.org/10.3390/cimb46010045">https://doi.org/10.3390/cimb46010045</a>. Web of Science Q-2, Scopus Q-2, percentile – 30</p>
Патент туралы ақпарат	-