ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

ӘӨЖ: 633.111(574.51) Қолжазба құқығында

**ДУБЕКОВА САЛТАНАТ БАКЫТЖАНОВНА**

**Күздік бидайдың сары тат ауруына төзімділік селекциясына бастапқы материал шығарудың иммунологиялық негіздері**

8D08104 – Өсімдік қорғау және кaрaнтин

Филoсoфии докторы (PhD)

дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшісі:

Сарбаев Амангельды Таскалиевич

ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы,

ҚР ҰАҒА академигі

Шетелдік ғылыми кеңесші:

Kumarse Nazari

PhD, Regional Cereal Rust Research

Center орталығының жетекшісі,

(Түркия – ICARDA)

Қазақстан Республикасы

Aлмaты, 2025

**Мазмұны**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Нoрмaтивтік сілтемелер**............................................................... | 4 |
|  | **Анықтамалар** ................................................................................. | 5 |
|  | **Белгілеулер және қысқартулар** .................................................. | 7 |
|  | **Кіріспе** ............................................................................................. | 8 |
|  | **Негізгі бөлім**.................................................................................... | 15 |
| 1 | **Күздік бидайдың сары тат ауруына төзімділігін Қазақстандағы және шет елдегі зерттеулер (әдебиетке шолу)** ............................................................................................... | 15 |
| 1.1 | Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауру қоздырғышының сипаттамасы ...................................................... | 19 |
| 1.2 | Иммунитетке бағытталған селекция үшін, күздік бидайдың сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* ) ауруына төзімділігінің зерттеулері.............................................................. | 24 |
| 1.3 | Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауруқоздырғышының популяциялық – генетикалық зерттеулері .... | 31 |
| 1.3.1 | *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* популяциясының вируленттілігіне негізделген зерттеулер...................................... | 35 |
| 1.3.2 | *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* популяцияларына молекулалық – генетикалық тәсілдері негізінде жүргізілген зерттеулер.......... | 39 |
| 2 | **Зерттеу жүргізу нысаны және әдістемесі** .................................. | 42 |
| 2.1 | Зерттеу аймағының табиғи – климаттық жағдайларының сипаттамасы..................................................................................... | 42 |
| 2.2 | Зерттеу нысаны және материалы................................................... | 45 |
| 2.3 | Зерттеу әдістемесі............................................................................ | 48 |
| 2.3.1 | Күздік бидай генотиптерінің ауруға төзімділігін зерттеудің фитопатологиялық әдістері............................................................. | 48 |
| 2.3.2 | *Puccinia striiformis*f.sp. *tritici* популяциясының нәсілдік құрамын талдау................................................................................ | 50 |
| 2.3.3 | Күздік бидай будандарын алудың селекциялық әдістері............ | 52 |
| 2.3.4 | Күздік бидай будандарындағы *Yr* гендерін анықтау үшін, ДНҚ маркерлерін қолдану....................................................................... | 55 |
| 2.3.5 | Нәтижелерді статистикалық өңдеу................................................ | 56 |
| 3 | **Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау**..................................... | 57 |
| 3.1 | **Күздік бидай генотиптерін иммунологиялық зерттеу**........... | 57 |
| 3.1.1 | Коллекциялық күздік бидай үлгілерінің сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауруына төзімділігін бағалау ................... | 57 |
| 3.1.2 | Селекциялық линиялардың сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауруына төзімділігін бағалау............................................... | 62 |
| 3.1.3 | Қазақстанның оңтүстік – шығыс аумағы жағдайында сары тат ауру қоздырғышына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділіктің тиімді донорларын анықтау және іріктеу. ............. | 67 |
| 3.2 | **Қазақстандағы сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) қоздырғышының популяциялық құрамы** .............................. | 69 |
| 3.2.1 | Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) қоздырғышының патотиптері. Оңтүстік – шығыс Қазақстандағы *Pst* нәсілдік құрамы ............................................................................................. | 69 |
| 3.2.2 | Қазақстанның оңтүстік – шығысындағы *Pst* популяциясының вируленттілігін фенотиптеу ........................................................... | 73 |
| 3.3 | **Күздік бидай генотиптерін селекциялық – иммунологиялық зерттеу**............................................................. | 77 |
| 3.3.1 | Будандастыру .................................................................................. | 78 |
| 3.3.2 | Өнімділік элементтері бойынша генотиптердің құрылымдық талдауы...................................................................... | 80 |
| 3.4 | **Генотиптеу. Күздік бидай будандарындағы тиімді *Yr* гендерін анықтау**............................................................................ | 86 |
| 3.5 | **Иммунитетке бағытталған селекция үшін, күздік бидайдың сары тат ауруына төзімді бастапқы материалының питомнигін қалыптастыру**.............................. | 89 |
| 3.6 | **Экономикалық тиімділік** ............................................................. | 91 |
|  | **Қорытынды** .................................................................................... | 94 |
|  | **Өндіріске ұсыныстар**..................................................................... | 96 |
|  | **Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**............................................... | 97 |
|  | **Қосымша А –** Сары татқа төзімді күздік бидай линияларын селекцияға бастапқы материал ретінде тапсыру – қабылдау Актісі.................................................................................................. | 115 |
|  | **Қосымша Б –** Отандық және шетелдік Халықаралық семинар шеңберінде атқарылған ғылыми зерттеу жұмыстары.................. | 117 |
|  | **Қосымша В –** Күздік бидай сортүлгілерінің өнімділік элементтеріне құрылымдық талдау............................................... | 119 |
|  | **Қосымша Г –** Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар............... | 124 |

**Нoрмaтивтік сілтемелер**

Бұл диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер жасалады:

«Ғылым туралы» Қазақстан Республикасының 2011.02.18 № 407 – IV Заңы, (21.05.2024 ж. өзгертулер мен толықтырулармен).

«Дәрежелер беру қағидаларын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрінің 2011 жылғы 31 наурыздағы № 127 бұйрығы (09.01.2023 ж. өзгертулер мен толықтырулармен).

МЕМСТ 2.105 – 95 Конструкторлық құжаттаманың бірыңғай жүйесі. Мәтіндік құжаттарға қойылатын жалпы талаптар.

МЕМСТ 2.11 – 68 Конструкторлық құжаттаманың бірыңғай жүйесі. Норманы бақылау.

МЕМСТ 6.38 – 90 Бірыңғай құжаттама жүйелері. Ұйымдастыру және құжаттама жүйесі. Құжаттарды дайындауға қойылатын талаптар.

МЕМСТ 7.32 – 2001. Зерттеу есебі. Құрылымы және жобалау ережелері.

МЕМСТ 7.1 – 2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Жалпы талаптар, шарттар және ережелер.

МЕМСТ 7.79 – 2000 (ISO 9-95) SIBID. Кириллица әріптерін латынға транслитерациялау ережелері.

МЕМСТ 21507 – 2013 Өсімдіктерді қорғау. Ұғымдар мен анықтамалар.

МЕМСТ 12038 – 84 Ауыл шаруашылығы тұқымдары. Өнуді анықтау әдістері.

МЕМСТ 12042 – 80 Ауыл шаруашылығы тұқымдары. 1000 дәннің массасын анықтау әдістері.

МЕМСТ 12044 – 93 Ауыл шаруашылығы тұқымдары. Аурумен залалдануды анықтау әдістері.

**Анықтамалар**

Бұл диссертацияда келесі терминдерге сәйкес анықтамалар пайдаланылады:

**Ауруға төзімділік –** өсімдіктердің белгілі бір сорты аурумен зақымданбауы немесе басқа сорттарға (немесе түрлерге) қарағанда қарқындылығы өте аз әсер алу.

**Бидай** *(Tríticum)* **–** астық тұқымдасына жататын, маңызды дәнді дақыл.

**Белгі –** организмнің кез келген құрылымдық белгісі, кез келген қасиеті. Белгінің дамуы басқа гендердің болуына да, сыртқы орта жағдайларына да байланысты және белгілердің қалыптасуы даралардың жеке дамуы кезінде болады.

**Ген –** генетикалық материалдың функционалды бөлінбейтін бірлігі, жеке элементар белгінің даму мүмкіндігін анықтайтын ДНҚ молекуласының бөлімі.

**Доминантты ген –** гомозиготалы ғана емес, гетерозиготалы күйде де белгінің дамуын анықтайтын аллель.

**Дәнді дақылдар –** адамның шаруашылық әрекетіндегі мәдени өсімдіктердің ең маңызды тобы болып табылады, астық, адамның негізгі азық-түлік өнімі (жарма), көптеген өнеркәсіп салаларының шикізаты және ауыл шаруашылығы жануарларына жем болып табылады.

**Ересек өсімдіктердегі төзімділік гендер (Adult plant resistance genes) –** ересек өсімдіктердің ауруларға төзімділігін қамтамасыз ететін гендер.

**Өсімдік – ие –** паразиттік организмдердің тіршілік ету ортасы және көбею ортасының негізгі иесі болатын тірі өсімдік.

**Өнімділік –** аудан бірлігінен алынатын өсімдік өнімдерінің мөлшері. Өнімділік 1 гектардан центнер немесе тоннамен есептеледі.

**Изогендік линиялар –** беккросс әдісімен белгілі бір сорттың негізінде жасалған сабақ таты (Sr-линия), қоңыр тат (Lr-линия) және сары татқа (Yr-линия) төзімділіктің бір генімен ерекшеленетін бидай линиялары.

**Инокулюм –** инфекцияны қоздыру үшін қолданылатын жұқпалы материал.

**Инфекциялық фон –** өсімдіктердің ауруға төзімділігін бағалау үшін олардың жұқтыруын қамтамасыз ететін жоғарылатылған жұқпалы жүктеме.

**Ұзақ мерзімді төзімділік –** өсімдік сортын кеңінен пайдаланған кезде көп жылдар бойы тиімді болатын төзімділік.

**Yr-ген** – бидайдың сары тат (*Yellow rust*) ауруына төзімділігік гені.

**Рецессивті ген –** белгінің дамуын тек гомозиготалы күйде анықтайтын аллель.

**Сорт –** белгілі ботаникалық таксондардың ең төменгісі шегінде іріктеу нәтижесінде алынған және осы өсімдіктер тобын сол түрдегі басқа өсімдіктерден ерекшелендіретін белгілі бір белгілер жиынтығына (пайдалы немесе сәндік) ие мәдени өсімдіктер тобы.

**Субстрат сорттары –** жапырақтарында қоздырғыш спораларының көбеюі, басқа аурулардың қоздырғыштарынан тазартып, монопустулалық клондарды оқшаулау жүзеге асырылатын өсімдік сорттары.

**Төзімділік гені –** паразитке тиімді қарсы тұруға қабілетті өсімдіктердің тұқым қуалайтын бірлігі.

**Көлденең (полигендік) төзімділік –** бұл жеке экспрессияланбаған көптеген «кіші» гендердің әрекетімен бақыланатын төзімділік.

**Тұқымның себу сапасы** – олардың себуге (отырғызуға) жарамдылық дәрежесін сипаттайтын тұқым сапасының көрсеткіштерінің жиынтығы.

**Таттың баяу дамуы** (*Slow rusting*) – сорттың инфекция мен қоздырғыштың споралануы арасындағы кезеңді ұзарту қабілеті.

**Тұқымқуалаушылық –** организмдердің бір ұрпақтан келесі ұрпаққа өзінің қасиеттерін беру қабілеті.

**Тат популяциясының құрылымы –** белгілі бір аумақта таттың түрін және/немесе нәсілдік (патотиптік) құрамын анықтау.

**Тат урединиоспорасы –** жыныссыз, вегетативтік, тез көбеюге қабілетті дикариотты спора.

**Тиімді төзімділік гені –** инфекциялық ортада аурудың популяциясына немесе штаммына қарсы тұруға қабілетті ерекше төзімділік гені.

**Монопустулалық изолят** – бір пустуладан бөлініп алынған және сезімтал бидай сортында таралатын қоздырғыш споралар.

**Мамандандырылған форма (f.sp.) –** фитопатологиядағы патогеннің белгілі бір тұқым немесе түрмен байланысын көрсететін түрішілік таксономиялық бірлік.

**Нәсіл (патотип) –** түр ішілік таксономиялық бірлік. Ол патогеннің түрінің немесе мамандандырылған формасының бөлігі болып табылады және өсімдік-ие сорттарына бағытталған.

**Эпифитотия** – өсімдіктің аурумен жаппай залалдануы

**Фитопатологиялық бағалау** – өсімдіктің фитопатогендермен залалдануын анықтау, зиянды аурулармен дер кезінде күресуді көздейді.

**Белгілеулер және қысқартулар**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ҚазҰАЗУ | - | Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті |
| ҚазЕжӨШҒЗИ | - | «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институты» |
| СИММИТ (CIMMYT) | - | Жүгері мен бидайды жақсарту жөніндегі Халықаралық орталық |
| ИКАРДА (ICARDA) | - | Құрғақ аудандардағы ауылшаруашылық зерттеулерінің Халықаралық орталығы |
| БҰҰ ФAO | - | Біріккен Ұлттар Ұйымының Азық – түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы |
| ҒЗИ | - | Ғылыми – зерттеу институты |
| ЖШС | - | Жауапкершілігі шектеулі серіктестік |
| ILRTN | - | Сары татқа арналған сорттардың Халықаралық питомнигі (International Yellow Rust Trap Nursery) |
| FAWWON-SA | - | Жартылай құрғақ жағдайдағы факультативті және күздік бидайды бақылау питомнигі (Facultative and Winter Wheat Observation Nursery – Semi – Arid) |
| FAWWON-IR | - | Суармалы жағдайда факультативті және күздік бидайды бақылау питомнигі (Facultative and Winter Wheat Observation Nursery – Irrigated) |
| APR | - | **Ересек өсімдіктердегі төзімділік гендер. Бұл гендер өсімдіктің кейінгі даму кезеңдерінде ішінара төзімділікті қамтамасыз етеді. Патогендік эволюцияны дамытпай төзімділікті ұзағырақ сақтай алады.** |
| ИРН | - | Сәйкестендіріп тіркеу нөмірі |
| ПТР | - | Полимеразды тізбекті реакция |
| НСР | - | Ең аз орташа айырмашылық |
| КСС | - | Конкурстық сортсынау |
| °С | - | Цeльсия бойынша грaдус |
| гa | - | гeктaр |
| ц/га | - | 1 гектардағы центнер |
| м | - | мeтр |
| г | - | грaмм |
| F1 | - | бірінші жылғы будандар |
| F2 | - | екінші жылғы будандар |

**Кіріспе**

**Зерттеу жұмысының өзектілігі.**

Астық өндірісі Қазақстан үшін маңызды стратегиялық ресурс, ауыл шаруашылығы өндірісінің базалық саласы болып табылады. Республика астықты елдің ішкі қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін ғана емес, сонымен қатар шетелдерге экспорттау үшін де өндіреді. Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік – шығыс облыстарында дәнді дақылдар құрылымында күздік бидай басым дақыл болып табылады.

Қазіргі уақытта бидай дақылдарының фитосанитарлық жағдайы нашарлауы жалғасуда. Бұл қысқа ауыспалы егістерді енгізумен, топырақты аз өңдеумен және ауруға сезімтал, генетикалық біркелкі сорттарды өсірумен түсіндіріледі. Осының нәтижесінде ауылшаруашылық дақылдары ауруларының эпифитотиясы айтарлықтай жиілей түсуде. Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік – шығысында күздік бидайдың ең зиянды ауруларының бірі – *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* саңырауқұлағы қоздыратын сары тат ауруы [1 – 4]. Қоздырғыш өсімдіктің барлық жер үсті мүшелеріне әсер етеді, бұл инфекцияның даму динамикасына және сорттың бейімділігіне байланысты, вегетативтік мүшелердің фотосинтездік белсенділігінің төмендеуіне, тұқым сапасы мен өнімділігінің 10-нан 70%-ға дейін төмендеуіне әкеледі [5].

Қоздырғыштың жаңа агрессивті нәсілдерді шығарудағы жоғары потенциалы, бидай сорттарының көпшілігін фитопатогенге осал етеді. Климаттық факторлардың жалғасып жатқан жаһандық өзгерістері, сонымен бірге АҚШ пен Канаданың орталық және шығыс бөліктерінде атап өтілгендей ауыр эпидемиялар, өзгермелі қоршаған орта жағдайларына бейімделген жаңа, мутацияланған патоген патотиптерінің пайда болу қаупіне әкеледі [6]. Қоздырғыштың споралары желдің көмегімен, ауа тамшыларымен ұзақ қашықтыққа тез таралады. Бидай өсіретін елдерде эпифитотияға әкелетін қоздырғыштың жаңа вирулентті нәсілдерінің пайда болу және таралу қаупі артып отыр. Осылайша, соңғы жылдары сары тат қоздырғышының агрессивті нәсілдері Еуропа, Африка және Орталық Азия елдерінде табылды. 2016 жылы бұрын Ауғанстанда кең таралған сары таттың AF2012 штаммы Эфиопия мен Өзбекстанда табылып, онда мыңдаған гектар бидай жойылды [7].

*Puccinia striiformis* қоздырғышы әсерінен Yr9, Yr27 гендерінің төзімділігінің бұзылуы нәтижесінде көптеген елдерде өнімділігі жоғары сорттар эпифитотияға ұшырады [8]. Осылайша, 2017 жылы бірнеше континентте сары тат эпидемиялары байқалды. Осы уақытқа дейін жаһандық тат анықтамалық орталығы (GRRC) Аргентинада сары таттың бірнеше түрлі патотиптерін анықтады. Олардың екеуі 2015–16 жылдары Еуропа мен Солтүстік Африкада алғаш рет анықталған патотиптермен бірдей болды [9]. 2022 жылы Африка, Азия және Оңтүстік Америкадан 259 және Еуропадан 188 изолят сәтті генотиптелді. Генетикалық топтастыруды және олардың ішінде жаңа нәсілдердің пайда болуын анықтау және растау үшін 34 изолятта нәсілдік типтеу жүргізілді [10]. Қоздырғышпен күресу әрбір топырақ пен климаттық аймаққа тән бүкіл агроэкожүйені басқарудың бір бөлігі ретінде қарастырылады. Бұл жағдайда дақылдардың тұрақтылығы, қоршаған ортаның нақты жағдайларының ерекшеліктерін ескере отырып қамтамасыз етіледі. Пестицидтерді қолдану стратегиясы перспективасыз және қоздырғышта генетикалық өзгергіштіктің қалыптасу жылдамдығының жоғарылауына әкеледі. Бұл жағдайда химиялық қорғау ауру қоздырғышы зияндылықтың экономикалық қауіпті шегіне жеткенде, қоздырғыш популяциясын тез басу үшін бірден – бір әдіс болған кезде ғана жүргізіледі. Осыған байланысты өсімдіктерді негізгі аурулардан қорғаудың сенімді жүйесін жасау мәселесі туындайды. Қоздырғышпен күресу стратегиясы өсімдіктерді кешенді қорғауға негізделген, оның негізгі құрамдас бөлігі химиялық күрес әдістерімен қатар төзімді сорттарды кеңінен қолдану болып табылады. Сонымен, Қазақстанның оңтүстік-шығысында сары татқа (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділігі үшін отандық селекциялық және әлемдік коллекциядағы күздік бидай сортүлгілерін зерттеу маңызды орын алады.

Дәнді дақылдардың тат ауруы қаупін барынша азайту үшін бұрын Халықаралық бағдарламалар әзірленген. Осылайша, ФАО ұлттық және халықаралық серіктестермен, атап айтқанда құрғақ аймақтардағы ауылшаруашылық зерттеулерінің Халықаралық орталығымен (ICARDA), жүгері мен бидайды жақсарту жөніндегі Халықаралық орталықпен (CIMMYT) бірлесіп бидайдың тат ауруымен күресуі бойынша жаһандық бағдарламаларды жүзеге асырады, мүдделі тараптарға стратегиялық және техникалық көмек көрсетуде [11]. Табысты селекция үшін төзімділік гендерінің үлкен саны бар [12], сонымен бірге патоген популяциясындағы вируленттіліктің өзгеруіне байланысты төзімділіктің жаңа көздерін іздеу және зерттелетін материалды иммунологиялық бағалау ерекше маңызға ие [13]. Табиғатта үнемі болып тұратын қалыптасу процестерінің нәтижесінде, қоздырғыштардың бұрын төзімді сорттарға әсер ете алатын жаңа, анағұрлым вирулентті патотиптері пайда болады [14]. Қазіргі уақытта өндірісте өсірілетін бидай сорттарының көпшілігі ерекше қауіпті ауруларға әлсіз сезімтал және 25 – 30% дейін шығынға ұшырайды. Олардың көпшілігі «өсімдік иесі мен қоздырғыш арасында» жүріп жатқан эволюциялық процестерге байланысты бұрынғы ауруларға төзімділігін жоғалтты. Жоспарланған зерттеу жұмыстары сары татқа төзімді селекциялық бастапқы материал құруға бағытталған. Мәдени дақылдардың иммунологиялық потенциалын 25 – 30%-ға арттыру агроценозға пестицидтік жүктемені азайтады, бұл оны экономикалық, экологиялық және әлеуметтік жағынан тиімді етеді. Сонымен қатар, жергілікті іріктеуді және патогендік популяцияларға төзімділік үшін дүниежүзілік коллекцияны үнемі жүйелі түрде зерттеу, селекция үшін бастапқы материалды дұрыс таңдаудың міндетті шартына айналады. Осыған байланысты күздік бидайдың сары татқа төзімділік қасиетін зерттеу, әрқашан өзекті болып қала береді және иммунитетке бағытталған күздік бидай селекциясына арналған, құнды ғылыми жұмыс болып табылады.

**Диссертациялық ғылыми – зерттеу жұмысының мемлекеттік бағдарламалармен байланысы.** Диссертациялық жұмыс 2021 – 2024 жылдары Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінде 8D08104 – «Өсімдіктерді қорғау және карантин» мамандығы бойынша докторанттарды гранттық оқытуға арналған білім беру бағдарламасы аясында жүргізілді. Ғылыми – зерттеу жұмыстары иммунитет және өсімдік қорғау зертханасы Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты базасында, ғылыми және (немесе) ғылыми – техникалық жобаны іске асыруға мемлекеттік тапсырыс шеңберінде, (2021 – 2023) бюджеттік бағдарлама бойынша: BR10765017 «Селекциялық процесті қамтамасыз ету үшін, ауыл шаруашылығы өсімдіктерінің генетикалық ресурстарын сақтауды, толықтыруды, көбейтуді және тиімді пайдалануды зерттеу және қамтамасыз ету», «Қазақстанның АӨК өсімдік шаруашылығының бейімділігін, тұрақтылығын және өнімділігін арттыру үшін, селекцияның іргелі факторы ретінде ауыл шаруашылығы дақылдарының гендік қорын дамытудың кешенді жүйесін құру» жобасы бойынша жүргізілді.

**Зерттеу мақсаты:**

Күздік бидай селекциясына арналған, сары тат ауруына төзімді бастапқы материал алу.

**Зерттеу міндеттері:**

1) Күздік бидайдың коллекциялық және селекциялық материалын иммунологиялық бағалау;

2) *Yr* гендерінің тиімділігін анықтау, сары татқа төзімділік көздерін іздеу;

3) Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) популяциясының құрылымын зерттеу, Қазақстанның оңтүстік – шығысындағы *Pst* нәсілдік құрамын және олардың вируленттілік динамикасын анықтау;

4) Иммунологиялық параметрлері бойынша перспективті генотиптерді селекцияда пайдалану, алынған гибридті ұрпақтардағы сары татқа төзімділік белгісін зерттеу, ДНҚ генотиптеу;

5) Зерттеудегі күздік бидай материалының өнімділігін құрылымдық талдау, сары татқа төзімділігімен қоса өнімділігі жоғары сорттарды анықтау;

6) Қазақстанның оңтүстік – шығыс жағдайында бағалы иммунологиялық сипаттамалары бар генотиптерді іріктеу және сары татқа төзімді күздік бидайдың бастапқы материалын қалыптастыру;

7) Иммунологиялық құнды, сары тат ауруына төзімді күздік бидай линияларын селекцияға бастапқы материал ретінде мақсатты түрде тапсыру.

**Зерттеу материалы:** сорттар, линиялар және күздік бидай (*Tríticum*) будандары.

**Зерттеу нысаны:** ауру қоздырғышы – сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*).

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы** – сары татқа төзімді жаңа күздік бидай будандарын алу, құнды генотиптерді анықтап, іріктеу және иммунитетке бағытталған селекция үшін, перспективті бастапқы материалды қалыптастыру.

Қоршаған ортаның өзгеруіне бейімделген жаңа, мутацияланған патотиптердің пайда болу қаупіне әкелетін, соңғы жылдардағы климаттық факторлардың жаһандық өзгерістері аясында сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) популяциясына төзімділікті зерттеу, бұл басқа зерттеу жұмыстарының аналогтарынан түбегейлі айырмашылығы. Жоспарланған далалық зерттеулердің бүкіл циклі жасанды инфекциялық жағдайда жүргізілетін болады, бұл иммунологиялық бағалаудың дәлелділігін арттырады, сондай-ақ иммунитетке бағытталған селекцияның отандық және шетелдік заманауи үрдісіне сәйкес келеді. Бидай селекциясының жаңа генотиптік әртүрлілігін кеңейтуде іргелі және қолданбалы маңызы бар, төзімділіктің жаңа көздері мен донорлары іріктеліп алынатын болады.

**Қорғауға шығарылған негізгі қағидалар:**

1) Күздік бидайдың коллекциялық (Орталық Азия: Қазақстан, Өзбекстан, Қырғызстан, Тәжікстан; Ресей, Түркия және CIMMYT халықаралық ұйымының материалы) және селекциялық материалының (КСС) иммунологиялық сипаттамалары алынды;

2) Сары татқа төзімділік көздері болып табылатын *Yr* гендерінің тиімділігі анықталды, Халықаралық сары тат питомнигі (ІYRTN) және Халықаралық сары тат дифференциатор питомнигін (YR – DIF SET) қолдану аясында;

3) Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) популяциясының құрылымы зерттелді, Қазақстанның оңтүстік – шығысындағы *Pst* нәсілдік құрамы және олардың вируленттілігінің динамикасы анықталды;

4) *Yr* төзімділік көздерімен будандастыру арқылы алынған, күздік бидайдың гибридті популяциясы, ДНҚ молекулалық маркерлері арқылы генотиптелді;

5) Зерттеудегі күздік бидай материалының өнімділік көрсеткіштері талданып, сары татқа төзімділігімен қоса өнімділігі жоғары генотиптер анықталды;

6) Бағалы иммунологиялық сипаттамалары бар генотиптер іріктелді және Қазақстанның оңтүстік – шығыс жағдайында, сары татқа төзімді күздік бидай селекциясына бастапқы материалдың жаңа питомнигі қалыптасты;

7) Иммунологиялық құнды, сары тат ауруына төзімді күздік бидай линиялары, селекцияға бастапқы материал ретінде мақсатты түрде тапсырылды.

**Нәтижелердің тәжірибелік құндылығы.** Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде күздік бидай генотиптерінің потенциалы, олардың ауруға төзімділігі бойынша ғылыми негізделген деректер алынды. Сары таттың (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) популяциялық құрамы соңғы кездегі өзгермелі климаттық жағдайларында талданды. Сары татқа төзімділік көздері ретінде *Yr* гендерінің тиімділігі анықталды. Будандастыру арқылы бидайдың генетикалық әртүрлілігін кеңейту үшін, күздік бидайдың будандарының жаңа құнды питомнигі қалыптастырылды. Жасанды індет аясы жағдайында бағалау және іріктеу негізінде төзімді үлгілер питомнигі құрылды. Осылайша, күздік бидайдың алынған будан популяциясына фенотиптеу және генотиптеу жұмыстары жүргізілді. Күздік бидайдың іріктелген перспективті линиялары, сары татқа төзімділік үшін селекциялық бастапқы материал ретінде Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтының селекционерлеріне тапсырылды және дәнді дақылдардың құнды генетикалық әртүрлілігін кеңейту үшін, ауыл шаруашылығы дақылдарының Гендік қорына тапсырылды.

Селекциялық тәжірибеге сары татқа төзімділігі жоғары бидай сорттарын шығару үшін төмендегі зерттеу нәтижелері ұсынылады:

- сары тат қоздырғышына төзімділігі әртүрлі типті, тиімді төзімділік гендері бар иммунологиялық сипатталған сорттар мен линиялар;

- изогенді линиялармен будандастыру арқылы алынған сары татқа төзімділік көздері – құнды будандар;

- анықталған тиімді *Yr* гендері.

**Автордың жеке үлесі.** Автор жүргізген ғылыми зерттеулердің нәтижесінде сары татқа (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділігі бойынша, селекция үшін құнды бастапқы материал қалыптастырылды. Диссертация 2021-2024 жылдары автордың жеке өзі жүргізген зерттеулерінің нәтижесі болып табылады. Автор жұмыстың барлық кезеңдеріне қатысты, ол мәселені тұжырымдауға, мақсат пен міндеттерді қоюға, эксперименттерді жоспарлау мен жүргізуге және алынған мәліметтерді түсіндіруге және нәтижелерді жариялауға жауапты болды. Күздік бидайдың селекциялық линиялары мен коллекциялық генотиптерінің төзімділігі туралы автор алған ғылыми негізделген деректер, қоздырғыштың вируленттілігі туралы мәліметтер, болашақта жаңа генетикалық қорғалған сорттарды шығару және оларды ұтымды орналастыруға үлкен қадам.

**Жұмыстың апробациясы.** Ғылыми **з**ерттеу нәтижелері Халықаралық конференцияларда ұсынылды:

* 2022 – 2023 жж. Қазақстан атынан баяндама презентацияланды: *«Status of wheat rusts and the work on their management in Kazakhstan».* Халықаралық семинар шеңберінде: «Орталық Азия мен Кавказдағы дәнді дақылдардың тат ауруларының мониторингі, нәсілдік талдау және бидайдың тат ауруларымен күресу». Түркия – ICARDA. Regional Cereal Rust Research Center (RCRRC). Эгей ауылшаруашылық ғылыми – зерттеу институты (AARI). Измир, Түркия. Іс – шара нәтижесінде Биологиялық қауіпсіздік зертханасында (BSL) жұмыс істеу негіздері меңгеріліп, FAO және ICARDA өкілдерімен расталған, семинарды сәтті аяқтау туралы сертификатымен расталды.
* 2024 жылы Қазақстан атынан баяндама презентацияланды: *«Plant health system and emerging plant pest and disease of Kazakhstan».* Халықаралық семинары: «Орталық Азия және Кавказ аймағындағы өсімдіктер популяциясын сақтаудың басымдықтары мен стратегияларын әзірлеу (ОАК+)». Анкара, Түркия.
* 2024 жылы ФМБҒМ «Бүкілресейлік өсімдік қорғау ғылыми – зерттеу институты» базасында профессионалдық бағдарлама: «Биологиялық әртүрлілік және өсімдік қоздырғыштарын идентификациялау» бойынша квалификацияны жоғарлатты, №782417863854 төлқұжатымен расталды (Санкт-Петербург, Ресей).
* 2022 жылы Халықаралық Жас Ғалымдар жобасында, Ғылыми жұмыс бойынша І – ші дәрежелі диплом және төсбелгі табысталды («Лучший молодой учёный – 2022 Содружества Независимых Государств». удост/№052). Ғылыми жұмыс тақырыбы: «Резистентность генотипов озимой пшеницы, к казахстанской популяции желтой ржавчины (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici )».* VI Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств «Лучший молодой ученый – 2022» IX Том. Астана, 2022.
* 2021жылы ҚазЕжӨШҒЗИ зертхананалар жүйесін Аккредиациядан өткізу бойынша бас маман ретінде квалификацияны жоғарлатты: «ГОСТ ISO/IEC 17025:2019 бойынша сынақ зертханаларының құзыретіне қойылатын жалпы талаптар, ішкі аудит (СТ РК ISO 19011 – 2019)».

Зерттеу нәтижелері бойынша тезистер мен материалдар келесі жинақтарда жарияланды: 1) «Интенсивті егіншілік және абиотикалық, биотикалық стресске төзімділігіне арналған ауыл шаруашылығы өсімдіктерінің селекциясы: А.И.Бараева атындағы астық шаруашылығының тәжірибелік орталығының 65 жылдығына арналған Халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференция материалдарының жинағы» Шортанды, 2021. – 566 б. 2)«Сейфуллин оқулары – 18» Халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференциясының материалдар жинағы. – Нұр-Сұлтан, 2022. – 311 б. ISBN: 978-601-257-219-3. 3) VI Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығы «Үздік жас ғалым – 2022» Халықаралық кітап басылымы IX том. Астана, 2022. 4) «Фитосанитарлық қауіпсіздік: қауіптер, сын – қатерлер және шешімдер»: институттың құрылғанына 65 жыл толуына арналған Халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференция материалдары / Ж.Жиембаев атындағы ҚазӨҚКҒЗИ. – Алматы, 2023. – 549 б.

**Зерттеу нәтижелерінің жарияланымдары.** Диссертация материалдары негізінде 13 ғылыми жұмыс, оның ішінде Scopus деректер базасында индекстелетін рецензияланған ғылыми жарияланымдарда – 3, ҚР ҒжЖБМ ғылым және жоғары білім саласындағы бақылау комитеті ұсынған ғылыми журналдарда – 5, Халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияда – 4 мақала және төзімді бидай сортүлгілеріне арналған Каталог – 1 (әдістемелік ұсыныс). Жарияланымдар зерттеудің барлық негізгі ғылыми нәтижелерін көрсетеді.

**Диссертацияның құрылымы және көлемі.** Диссертация кіріспеден және негізгі бөлімнен тұрады, оның құрамында: әдебиеттерге аналитикалық шолу, әдістеменің сипаттамасы, 6 бөлімшеде берілген эксперименттер мен зерттеу нәтижелерінің сипаттамасы, қорытынды, әдебиеттер тізімі мен қосымшалар; селекцияға бастапқы материалды тапсыру Актілері бар. Жұмыс 129 бетте берілген, 17 кесте мен 23 суреттен тұрады. Әдебиеттер тізімінде 223 дереккөз бар, оның ішінде 206 шетелдік.

Автор өзінің ғылыми жетекшілеріне зерттеу жұмыстарын орындауда көрсеткен ғылыми – әдістемелік көмегі үшін шын жүректен алғысын білдіреді: ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, академик – Сарбаев Амангельды Таскалиевичке және Regional Cereal Rust Research Center (Түркия – ICARDA, RCRRC) ғылыми орталығының басшысы – Kumarse Nazari шет елдік ғылыми жетекшісіне. Гендік қор бөлімінің меңгерушісі, профессор – Есимбекова Минура Ахметовнаға ғылыми – зерттеу жұмысының әртүрлі кезеңдерінде көмек көрсеткені үшін үлкен алғыс.

Автор Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтының барлық ұжымына шексіз алғысын білдіреді.

**Негізгі бөлім**

**1 Күздік бидайдың сары тат ауруына төзімділігін Қазақстандағы және шет елдегі зерттеулер (әдебиетке шолу)**

Сары тат – күздік бидайдың аса қауіпті ауруларының бірі [5, 15]. Сары тат туралы алғашқы зерттеулер әдебиетте 18 ғасырдың екінші жартысында пайда болды. Қоздырғыштың шығу тегі туралы көптеген пікірталастар болған, ал 20 ғасырдың басында сары тат дәнді дақылдардың ауру қоздырғыштарының жеке бір түрі ретінде танылып, кейін *Puccinia striiformis* деп аталды және ол бүгінгі күнге дейінгі қолданыстағы атау [16]. Бидай сары татының Халықаралық ботаникалық номенклатура (International Code of Botanical Nomenclature) бойынша атауы: *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Қоздырғыш дүние жүзінде бидайдың (*Triticum aestivum* L.) ең жойқын ауруларының бірі болып табылады [17]. Тарихи тұрғыдан сары тат салқын, ылғалды климатта жақсы дамитын ауру болып саналған, бірақ жаңа агрессивті және жоғары температураға төзімді патотиптердің пайда болуымен, ауру ертеректе сары татқа қолайсыз деп саналған аймақтарда проблемаға айналуда [17 – 19]. Жаңа *Pst* патотиптері қазір Азияда, Еуропада, Африкада және Австралияда кең таралып, дүние жүзінде бидай өнімділігіне қауіп төндіруде [20]. Сары тат эпидемиясы жаппай эпифитотия кезінде 100%-ға дейін өнімнің жоғалуына әкелетіні туралы хабарланған [21, 22].

Патогеннің қоздырғышы Антарктидадан басқа барлық континенттерде таралған. Еуразия сары таттың тарихи отаны болып саналады [23]. Еуропада бұл бидайдың кең таралған ауруы және Францияда, Нидерландыда, Германияда, Данияда, Ұлыбританияда және басқа елдерде кездеседі. Дегенмен, Ұлыбританияда сары тат эндемикалық түр болып саналады және өте сирек экономикалық маңызы бар. Бұл елдерде жаздық және күздік бидайдағы сары таттың зақымдануы 8 – 20% құрайды. Өнімнің максималды жоғалуы, бидайдың жапырақтары пустулалармен толығымен зақымдалғанда және масақтар зақымдалғанда мүмкін болады [24, 25]. 1970 жылдардан бері Орталық, Батыс Азия және Солтүстік Африкада (CWANA аймақтарында) үш ауқымды эпифитотия тіркелді, бұл ауру Шығыс және Оңтүстік Азияда, Үндістанда, Пәкістанда және Қытайда әлі де маңызды мәселе болып қала береді [8]. Австралияда тат алғаш рет, атап өтілгендей, 1979 жылы тіркелген [26]. Содан кейін 1980 жылы жел ағындарымен Жаңа Зеландияға тарады [27]. Африкада қоздырғыштың пайда болуының алғашқы дәлелі 1958 жылы Замбияда тіркелді, ал 30 жылдан кейін ауру континенттің оңтүстік бөлігіне тарады. 1980 жылдардан бері Канада елінде сары таттың әсерінен астық сапасының төмендеуі әсіресе жаздық бидайдың айтарлықтай өнім жоғалтуы туралы алғашқы хабарламалар пайда болды. Соңғы бірнеше жылдардағы Канададағы сары тат эпидемиясы, бұл ауру Канада прерияларында айтарлықтай егін шығынына әкелуі мүмкін екенін көрсетеді. Сезімтал, төзімсіз сорттар мен ауруға қолайлы қоршаған орта жағдайлары сары таттың дамуының негізгі талаптары болып табылады. Орталық Альбетрадағы (Канада) эпифитотиялар 1990 жылдары тіркелген. Қазіргі уақытта сары тат Оңтүстік Африканың барлық аумағында, Солтүстік Африкада (Жерорта теңізі климаты бар аймақтарында) және климаты жылы қоңыржай Шығыс Африканың таулы аймақтарында кең таралған [5].

Қазақстанда сары тат негізінен күздік бидай егілетін оңтүстік және оңтүстік – шығыс облыстардың тау етегі мен таулы аймақтарында кең таралған. Таралуы мен дамуы ауа райы жағдайына, жауын – шашынның мол жауған кезеңдеріне байланысты. Аурудың эпифитотикалық дамуы 2000 және 2002 жылдары, аурудың орташа дамуы 2003, 2006 және 2009 жылдары болды [1, 28].

Иммуногенетикалық қорғаныс – қоздырғышпен күресудің басым әдісі. Агроценоздарға төзімді сорттарды ұтымды қолдану және қорғау шараларының тиімділігін арттыру үшін, қоздырғыш популяциясының құрылымындағы өзгергіштікке тұрақты талдау жүргізу және төзімділік гендерінің тиімділігін бақылау қажет. 2005 жылы бидай егілген тәжірибелік учаскеде сары тат эпидемиясы астық өнімінің 100% жоғалуына әкелді. Ауру аз дамыған аймақтардың өзінде сезімтал сорттарда өнім жоғалуы 35%-ға жетеді [5, 29]. Украина аумағында сары тат қоздырғышының бірнеше басым расалары оқшауланған, олардың негізгілері – OEO, 6EO және 6E16 [30]. Бірақ қоздырғыштың геномындағы мутациялар мен рекомбинациялар жаңа вирулентті расалардың пайда болуына әкеледі.

Ресейде және ең алдымен Солтүстік Кавказда бидайдың өспейтін маусымы шамамен үш айды құрайды. Осы уақыт ішінде егін жинаудан кейінгі қалдықтардағы инфекциялық қор толығымен өледі. Бидай инфекциясының көзі астық тұқымдас шөптер болуы мүмкін. Ылғалды, салқын жазы бар жылдарда, астық тұқымдас көпжылдық шөптерде күзге дейін сары тат пайда болуы мүмкін. Дегенмен, құрғақ, ыстық жазда астық тұқымдас шөптер іс жүзінде өспейді. Мұндай жылдарда тіршілікке қабілетті инокулюм тек тау етегі мен таулы аймақтардағы астық тұқымдас шөптерде сақталады. Күзде уредоспоралар осы жерден таралып, басқа аймақтардағы күздік бидай көшеттеріне жұқтыру көзі қызметін атқарады. 2004 және 2008 жылдары сары таттың дамуы, әсіресе облыстың оңтүстік тау етегі аймағында 10 – 15% өнім шығынынан 20 – 40%-ға жетті. 2001 – 2008 жылдары патокомплекстегі *P. striiformis* үлесі орта есеппен 8%-ды құрады және жылдар бойына 5-22% аралығында өзгеріп тұрды, 2004 жылы оның қалыпты дамуы байқалды, 2001 – 2003, 2005 – 2007 жылдары – қоздырғышта депрессиялық даму кезеңі байқалды [31]. 2009 – 2011 жылдары сары таттың дамуы 0,3 – 6,1% құрады. 2012 жылы қоздырғыш Солтүстік Кавказдың агроклиматтық аймақтарының бірде-бірінде анықталмады, бұл қыста төмен температура (-20°С дейін) болуымен байланысты. Одан кейін 2013 – 2017 жж. сары таттың дамуы мен таралуы өткен жылдар деңгейінде қалды және 0,2 – 3,5% аралығында ауытқып отырды. 2018 жылы аурудың дамуы 2% шегінде ауытқыды [32].

Қазақстанның жұмсақ және қатты күздік бидай өсіретін аймақтарының көпшілігінде сары тат – маңызды аурулардың бірі. Оның зияндылығы әр жылдың ауа-райы жағдайы мен аймақтарға байланысты өзгеріп отырады. Сары таттың негізгі мекендейтін жері оңтүстік және оңтүстік – шығыс аймақтарда. Тұрақты табиғи ошағы Алматы облысының таулы аймағында теңіз деңгейінен 1500 – 2000 м биіктікте орналасқан. Бидай егісінде сары таттың жергілікті эпифитотиясы 1992, 1999, 2000, 2002 жылдары орын алған [33]. Сорттарда төзімділіктің жаңа көздерін анықтау, аурумен тиімді күресудің басымдылығы болып табылады. Коммерциялық сорттардағы *Yr* гендерінің әртүрлілігі, аймақта жиі сары тат эпидемиясын бақылауда маңызды рөл атқарады.

Соңғы жылдары бидайдың сары татының, азиялық жоғары вирулентті расаларының тез таралуына байланысты, өсімдік фитопатологтары мен селекционерлерінің назарын көбірек аудара бастады [5]. Сары тат жапырақтарға, сабақтарға, масақтарға және дәнге әсер етеді. Ол нүктелі жолақ түрінде орналасқан және сызықты сары дақ түзетін, споралары бар урединио және телиопустулалар түрінде дамиды. Кейінірек зақымданған жерлерде эпидермисті өткізбейтін қара қоңыр немесе қара дерлік телия түзіледі [34, 35]. Инфекция 50 астық тұқымдас шөптердің 320-ға жуық түріне әсер етуі мүмкін, олардың негізгілері: *Aegilops, Agropyron, Bromus, Elymus, Hordeum* және *Triticum*. Ауру жабайы дәнді дақылдардан өсудің кез келген кезеңінде, өнгеннен бастап піскенге дейін мәдени дәнді дақылдарға жұғуы мүмкін. Миннесота университетінің зерттеушілері кәдімгі бөріқарақат және басқа да бөріқарақат түрлері сары тат қоздырғышының аралық иесі және инфекцияның алғашқы тарату көзі екенін анықтады [36 – 38]. Ежелден еуропалық бөріқарақат Солтүстік Америка мен Еуропада маңызды инокулюм көзі болды. Бөріқарақат кең таралған Шығыс Еуропа мен Орталық Азияда, *Puccinia striiformis* қоздырғышының жаңа вирулентті комбинацияларының дамуына ықпал ете алады [39]. Мәдени *Triticum* түрлері үшін инфекцияның негізгі көзі ерте себілген күздік жұмсақ бидай дақылы болып табылады, оларда саңырауқұлақ мицелий түрінде қыстайды. 1 гектарда 19 кг-ға дейін немесе миллиардтаған тат споралары түзілуі мүмкін [40]. Қоздырғыштың урединиоспоралары ұзақ қашықтыққа тарала алады, бұл оның жаңа географиялық аймақтарға қоныстануына мүмкіндік береді. Сонымен қатар, саңырауқұлақтар мәдени дақылдардан қашықтықта, күніне 2,5 – 2,9 мм жылдамдықпен өсетін диффузды мицелийді құрап дамитын мүмкіндікке ие [41].

Негізінен, аурудың жаппай дамуы дәнді дақылдың гүлденуінен бастап дәннің сүттеніп – балауызданып піскеніне дейінгі кезеңде байқалады. Ауа – райы қолайлы болған жылдары, аурумен зақымдануының белгілері оның қоздырғышы өсімдікке енгеннен кейін бір апта ішінде байқалады. Сары таттың дамуы, жапырақта таттың басқа түрлерімен зақымдану болған жағдайда нашарлайды. Сары тат урединиоспораларының өнуінің оңтайлы температурасы 11 – 13°С, бірақ олар 0°С шамасында да өнеді. Ең жоғары температура 23 – 26°C аралығында. Аурудың дамуына қолайлы жағдайлар климаты ылғалды аймақтарда байқалады [42, 43]. Залалданған өсімдіктерде ассимиляциялық бетінің ауданы азаяды, транспирация жоғарылайды, өнімділігі айтарлықтай төмендейді. Массақтардың зақымдануы әсіресе қауіпті, өйткені нәтижесінде астық кеуіп, жеңіл және сапасыз болады. Пісіру қасиеттері нашарлайды, бұл дәндегі глютенин компоненттерінің жоғалуымен байланысты, бұл ұнның сапасына айтарлықтай әсер етеді. Физиологиялық және биохимиялық процестердің бұзылуы бейімделу қабілетінің, атап айтқанда, өсімдіктердің құрғақшылыққа төзімділігінің нашарлауына әкеледі [44]. Қоздырғыш облигатты және өте тез тарағыш. Бұл оның мутацияға қабілеттілігіне және патотиптерінің тез ауысуына қауіпті, бұл жаңа расалардың қалыптасу процесін жеделдетеді.

*P. striiformis* бидайдың кейбір сорттарына ғана әсер ету ерекшелігі 1930 жылдардан бастап зерттеле бастады [45]. Бұл зерттеулердің нәтижесі саңырауқұлақтардың расасын белгілеу үшін дифференциацияланатын сорттар жиынтығын құру болды [46]. Дегенмен, патогеннің физиологиялық расаларын анықтаудағы бұл тәсілдің тиімділігі елдерде әртүрлі болды. Еуропада қолданылатын дифференциациялау сорттары, бидай генотиптері CYR (қытайлық сары тат) деп белгіленген Қытайда жеткілікті тиімді болмады. Қытайлық материалдың ішінде дифференциациялау сорттарының еуропалық жиынтықтарының тізіміне бір ғана сорт енгізілген. Мәселені одан әрі зерттеу және талқылау зерттеушілерге дифференциаторлық сорттардың екі жиынтығын ұсынуға мүмкіндік берді: Халықаралық (Chinese 166, Lee, Heines Kolben, Vilmorin 23, Moro, Strubes Dickkopf и Suwon 92 x Omar) және Еуропалық (Hybrid 46, Reichersberg 42, Heines Peko, Nord Desprez, Compare, Carstens V, Spaldings Prolific и Heines VII). Сары тат қоздырғышының жергілікті популяциясын дәлірек анықтау үшін екі жүйені қолданып, расалық нөмірлеуді өзгертпей, әр жиынтықты дифференциаторлық сортпен толықтыра отырып зерттеуге рұқсат етілді. Дифференциациялау сорттары бойынша зерттеулер бүгінгі күнге дейін өзекті болып қала береді [47, 48]. Тұрақты мутация процесі және қоздырғыштың неғұрлым агрессивті физиологиялық расаларының қалыптасуы ауруға төзімділік үшін іріктеудің тұрақты болуына әкеледі және әртүрлі аумақтардағы қоздырғыш популяциясының құрамын білуді және оның өзгерістерін жүйелі бақылауды талап етеді. Белгілі төзімділік гендері бар изогенді бидай линияларының жиынтықтарын жедел қолдану қарастырылған. Олар патогендік расалардың дифференциаторлары, төзімділік көздері ретінде және өсімдік – ие – паразиттік патогендік жүйелердегі қарым – қатынастарды зерттеу үшін, генетикалық сынақтарда тестерлер ретінде пайдаланылады [49]. Линиялардың қоздырғыштың әр бір жеке расасына төзімділігі расаспецификалық деп аталады. Дүние жүзінің әртүрлі елдерінде бұл мәселе бидай сортүлгілерін тиімді қолдану арқылы зерттелуде [50, 51]. Расаспецификалық төзімділік доминантты гендермен байланысты және жаңа, мутантты және вирулентті расаларға қарсы тиімсіз. Төзімділігі бар бидай сорттары орта есеппен 3 – 5 жылда қасиетін жоғалта бастайды. Расаспецификалық емес, көлденең төзімділік әдетте бірнеше гендік локустармен бақыланады және қоздырғыштың көптеген расаларына қарсы тиімді. Көлденең төзімділігі бар генотиптер әртүрлі жағдайларда қоздырғышқа оның расалық құрамының өзгеруіне қарамастан ұзақ уақыт бойы төтеп бере алады. Дегенмен, расаспецификалық емес төзімділіктің тұрақты және ұзақ сақталуы тек гендердің санына ғана емес, сонымен қатар патогендегі вируленттілік гендері мен өсімдік төзімділігі гендерінің өзара әрекеттесу сипатына, белгілі бір орта жағдайларына байланысты. Өсімдіктердің ауруларға және абиотикалық стресстерге төзімділігі қазіргі уақытта өзекті және кеңінен талқылануда. Еуропада сары тат қоздырғышының таралу динамикасы тұрақты бақылауда және ресми деректер Aarus университетінің (Denmark) есептерінде үнемі жарияланып отырады [52, 53].

Қазіргі уақытта жаһандық жылыну аясында, сары тат жоғары температураға бейімделіп, таралу аймағын ұлғайтты. Түрлі сорттардың төзімділігі қысқа мерзімде еңсеріліп, жоғары температураға төзімді неғұрлым агрессивті расалар тудыратын эпифитотияға әкелуде [54]. Батыс, Орталық және Шығыс Азияда бірнеше ірі эпифитотия орын алған. Қытайда сары тат мыңдаған гектар бидай дақылдарын зақымдаған, ал Үндістан мен Пәкістанда бұл ауру күрделі мәселе болып қала береді. Оңтүстік Африкада аурудың алғашқы өршуі төзімді сорттардың жетіспеушілігінен және ауруға қолайлы ауа райы жағдайларынан туындады, астық шығыны 2,5 миллион АҚШ долларына бағаланды. 2010 жылдан бастап сары таттың жаңа агрессивті нәсілдері Солтүстік Африкада, сондай-ақ Таяу Шығыста және Орталық Азияда пайда бола бастады және айтарлықтай жылдам қарқынмен таралып, қоздырғыштың ауыр ошақтарын тудырды. AF2012 расасы тек Ауғанстанға тән болды, бірақ 2016 жылдың өзінде Өзбекстан мен Эфиопияда сары таттың AF2012 раса ошақтары тіркелді, онда ондаған мың гектар бидай дақылдары зақымданды. Ауа массаларымен, сары тат Жаңа Зеландияға тарады, урединиоспоралар жылына 2000 км ұзақ қашықтықты жүріп өтті. Сары тат Америка Құрама Штаттарында, әсіресе патогеннің дамуы ерте және зақымдауы бірнеше айға созылуы мүмкін аймақтарда егіннің жоғалуына әкелді [55 – 58].

Еуропадағы Еуропалық ауыл шаруашылығы комиссиясының [59] 41 – сессиясында қаралған модельдеу нәтижелеріне сәйкес, *P. striiformis* қоздырғышынан бидайдың зақымдануы өскен және кейбір аймақтарда 100% жетуі мүмкін. Төзімді сорттарды шығарып және қолдану қазіргі уақытта аурумен күресудің бірден-бір экологиялық және экономикалық тиімді құралы болып табылады. Селекцияда төзімді формалардың генофондын генетикалық әртүрліліктің көздері ретінде пайдалану, ауруға төзімді сорттарды шығарудың табысты кілті болып табылады. Сондықтан бидайдың жергілікті және шығу тегі әртүрлі географиялық сорттарының иммунитетін фенотиптеу және генотиптеу үлкен маңызға ие.

* 1. **Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауру қоздырғышының сипаттамасы**

Сары тат қоздырғышы алғаш рет 1777 жылы сипатталған. Осы уақытқа дейін қоңыр және сабақ тат туралы деректер белгілі болды, ал 1827 жылы Schmidt оны дәнді дақылдардың тат ауруының үшінші түрі ретінде сипаттап, қоздырғышқа *Uredo glumarum* атауын берді. 1860 жылы Fuckel зерттеп жүрген татты *Puccinia straminis* деп атады, бірақ бұл қоңыр таттың кіші түрі ме, әлде бөлек түр ме деген сұрақпен зерттеуін жалғастыруда болды. 1894 жылы Westendorp қара бидайда саңырауқұлақ спораларын жинап, оларды *Puccinia striaeformis* деп сипаттады. 1894 жылы Eriksson мен Henning сары татты астық шөптердің тат қоздырғыштарының жеке түрі екенін айтып, оған *Puccinia glumarum* деген атау берді. 1953 жылы Hylander және басқа авторлар қоздырғышқа *Puccinia striiformis* West атауын берді, ол бүгінгі күнге дейін қолданылады [16].

Сары таттың Халықаралық ғылыми атауы – *Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici*. Синонимдер: *Dicaeoma glumarum, Puccinia glumarum, Puccinia arubigo-vera*, т.б. Бидайдың сары таты саңырауқұлақтар патшалығына – *Fungi*, базидиомицеттер бөлімі – Basidiomycota, урединиомицет класы – *Urediniomycettes*, *Uredinales* тізіміне, тат тұқымдасына – *Pucciniaceae* жатады. Қоздырғыштың «жолақты» немесе «сары тат» деген жалпы атауын 1924 жылы Humphrey және басқалар берген. Сары тат номенклатурасының толығырақ тарихы Eriksson мен Henning «Дәнді дақылдардың таттары» (1896) монографиясында сипатталған [16].

Молекулярлық биологияның заманауи әдістерінің дамуымен сары тат қоздырғыштарының номенклатурасы ДНҚ полиморфизмі арқылы Liu және Hambleton зерттеді, нәтижесінде олар сары таттың тағы төрт тұқымдастарын анықтады (*P. striiformis, P. striiformoides, P. pseudostriiformis, P.gansensis*), олар әртүрлі морфологиялық сипаттамаларға ие болды: урединиоспоралардың мөлшері, олардың беткі тікенектерінің пішіні, өну саңылауларының саны, телиоспораның ең кіші ені және т.б.

Сары таттың мамандануы мен вируленттілігін зерттеу Еуропа [60], Ұлыбритания, Канада және АҚШ-та [61] жүргізілді. Қоздырғыштың иесі өсімдіктердің әртүрлі тұқымдастарына мамандануы оның инфекциялық және көбею мүмкіндіктерінде өзгерістер болатынын білдіреді. Осының негізінде Erikkson 1894 жылы сары таттың бес ерекше формасын (*formae specialis*) сипаттады: бидайда – *P. striiformis* f. sp.*tritici*, арпада – *P. striiformis* f. sp. *hordei*, қара бидайда – *P. striiformis* f. sp. *secalis*, *Elymus* spp. бойынша – *P. striiformis* f. sp. *elymi* және қарақұмықтың кейбір түрлерінде – *P. striiformis* f. sp. *agropyron*. Жабайы арпаға (*Hordeum* spp.) шабуыл жасайтын *Puccinia striiformis*-тің тағы бір түрі *Puccinia striiformis* f. sp. *pseudo – hordei* деп аталды[57].

Барлық тат түрлері негізінен өсімдікте ұқсас белгілері бар және инфекцияға шамамен бірдей талаптар қояды. Сары тат ауруы өз атауын өсімдіктерде пайда болатын белгілерінен алады. Залалдану әр түрлі жер үсті өсімдік мүшелерінде болуы мүмкін және мыңдаған құрғақ сары, сары – қызғылт споралары бар пустулалар түрінде көрінеді. Бұл пустулалар өсімдікте «тат» пайда болуына әкеледі. Жолақ немесе сары тат жапырақтарда ашық сары, түзу, ұзартылған пустулалардың болуымен ерекшеленеді, олар кейіннен жолақтарға біріктіріледі. Жапырақ қабықтары мен масақ қабыршақтары да зардап шегеді. Пустулалар тар, ұзартылған және ұзындығы өзгермелі. Пустулалар пісіп келе жатқанда, олар лимон сарыдан қызғылт сарыға дейінгі спораларды шығарады. Аурудың үдемелі сатысында пустулалардың айналасындағы тіндер күйік түрінде күңгірттеніп, кебеді. Пустулалардың жолақтар түріндегі орналасуы бұл аурудың ерекше сипаттамасы болып табылады. Жапырақтардың хлорозы немесе сарғаюы сары таттың бастапқы кезеңі болуы мүмкін, бірақ бұл аурудан зардап шеккен алқаптарды тіпті қашықтықтан анықтауға болады [35].

Сары тат дәнді дақылдардың (бидай, арпа, тритикале және қара бидай) жасыл бөліктеріне және жабайы астық шөптерге әсер етеді. Өсімдіктер дамудың кез келген кезеңінде жұқтыруы мүмкін: өну фазасынан пісуге дейін. Қолайлы ауа – райы жағдайында, қоздырғыштың зақымдауының көрінетін белгілері оны өсімдікке енгізгеннен кейін, бір аптадан кейін анықталуы мүмкін, ал екі аптадан кейін споралы пустулалар пайда болады. Жолақтар жапырақ талшықтарының бойында орналасқан [5, 35, 62].

Өсіп – өну кезеңінде жапырақ талшықтарының бойында айқын емес жолақтар түрінде сары тат пайда болады, ал урединиоспоралар жапырақтың бүкіл бетіне таралады. Бастапқы көріністің белгілері зардап шеккен жапырақтарда кішкентай хлоротикалық аралдардың пайда болуынан тұрады. Әрбір пустулада мыңдаған урединиоспоралар болуы мүмкін. Жеке урединиоспораны жай көзбен көруге болмайды, бірақ спора массасы сары түсті. Ауру көшеттердің физиологиялық жағдайына айтарлықтай әсер етеді, өйткені қоздырғыш өсімдіктен су мен қоректік заттарды тұтынады, сол арқылы жапырақтарды кептіреді (Fuchs, 1956). Кейінірек, қолайсыз жағдайлар кезінде уредопустулалардың орнында телиоспоралар — қыстайтын споралар түзіледі [23]. Өскен сары тат телиоспоралары аралық немесе альтернативті өсімдік иелерін жұқтыруға қабілетті базидиоспораларды шығарады. Базидиоспоралар бөріқарақаттың (*Berberis* spp.) кейбір түрлерінің жапырақтарын зақымдап, жапырақтың үстіңгі жағында пикноспоралары бар пикнидтер, ал төменгі жағында эциоспоралары бар эция түрінде субэпидермальды денешіктер түзеді. Қызыл түсті пикнида мен эциялар Орегон жүзімінде (*Mahonia aquifolium –* Магония паддуболистная) де кездеседі, ол бөріқарақаттың тұқымдасы боолып табылады және сары таттың тағы бір аралық иесі [56, 63].

*Биологиясы.*Бүгінгі таңда тат саңырауқұлақтарының күрделі даму циклі болатыны белгілі, ол екі өсімдік иенің (аралық және негізгі) болуын талап етеді және оның барысында спораланудың әртүрлі типтері бар бес кезеңді өткізеді [64]. Сары таттың аралық иесін іздеу 2010 жылға дейін сәтсіз болды [65].В 1900 – 1930 жылдары ғалымдар болжамды аралық иелерінің өсімдіктерін өнген телиоспоралармен жұқтырды, бірақ бұл әрекеттер сәтсіз болды [65]. Mains бөріқарақат түрлері *Puccinia* spp., соның ішінде *Puccinia striiformis* тұқымдасының көптеген түрлерінің иесі болып табылады деп дәлелдеді. Алайда Hart пен Becker *Berberis vulgaris* аралық иесін инокуляциялайды, алайда нәтиже болмайды. Аралық иесін іздеудегі осы тәжірибелердің барлығы ғалымдарды сары тат үшін аралық иесінің жоқ және ол жыныссыз көбею арқылы өміршең болып қалады, содан кейін урединиоспоралармен қайта жұқтырады деген қорытындыға әкелді [23]. 2010 жылы *P. striiformis* саңырауқұлағының аралық иесі табылды. Табиғи жұқтырған бөріқарақат *Berberis chinensis* және *B. koreana* түрлерінен жиналған эциоспоралармен жабайы астық шөптерді инокуляциялау *Poapratensis* шөбінде залалданудың пайда болуына әкелді. Оның үстінде сары татқа тән уредопустулалар пайда болды. Заманауи ПТР талдауы бұл таттың қоздырғышы *P. striiformis* екенін растады. *B. chinensis, B. holstii, B. koreana* инокуляциялау нәтижесінде *P. Striiformis* f. sp. tritici өскен телиоспоралары бар, пикнида мен эциоспора алынды. Бидайды *B. Chinensis*-тен алынған эциоспорамен инокуляциялау нәтижесінде уредениоспора шықты, яғни *Berberis* spp. бидайдың сары тат қоздырғышының аралық иесі ретінде қызмет ете алатынын дәлелденді [65].+12°С температурада және тамшы, ылғал болған кезде телиоспоралар өніп төрт жасушадан тұратын промицелияға айналады, онда жеке гаплоидты ядролар мейоздық жолмен базидиоспоралар түзеді. Олар бөріқарақат жапырақтарына түсіп, үстіңгі жағында пикноспоралары бар пикнидтер түзеді [25, 64]. Жапырақтың астыңғы жағында жұптасқан гифалар (+ және –) орналасады, олардың будандастырылуы нәтижесінде эциоспоралары бар эция түзіледі. Қоздырғыштың негізгі иесі – бидай өсімдіктеріне түсетін эциоспоралар патологиялық процесті тудырады, содан кейін қоздырғыштың дамуының келесі кезеңі басталады, онда урединиоспоралары бар пустулалар түзіледі, олар сау өсімдіктерді жаңа пустулалардың пайда болуымен белсенді түрде қайта жұқтырады [49]. Ылғалдылық споралардың өнуіне, жұғуына және тіршілігіне айтарлықтай әсер етеді. Урединиоспоралар өніп шығуы және жұқтырылуы үшін өсімдік бетінде кем дегенде 3 сағат үздіксіз ылғалдылықты (шық түрінде) қажет етеді [66]. Жоғары ылғалдылық споралардың тіршілігіне де кері әсерін тигізеді. Ылғалдылығы жоғары жағдайда сақталатын урединиоспоралар, құрғақтарына қарағанда өміршеңдігін тез жоғалтады [5]. Жоғары ылғалдылық урединиоспоралардың жапырақтарға жақсы жабысуына әкеледі. Температура да маңызды абиотикалық фактор болып табылады және споралардың өнуіне, инфекцияға, латенттік (инкубация) кезеңіне, түзілген инокулюм мөлшеріне, споралардың тіршілігіне және өсімдік иесінің төзімділігіне әсер етеді. Уредоспоралар құрғақ жапырақтарда өну мен инфекцияға жеткілікті ылғал пайда болғанша 4 күн немесе одан да ұзақ уақыт өмір сүре алатыны анықталды [37, 67].Көптеген патотиптерінің дамуы үшін оңтайлы температура 9 – 15 ° C құрайды, ең төменгі температура нақты белгіленбеген. Burleigh және Hendrixминус 1°С температурада суда, глюкозада және сахароза агарында спораларды өсірген. Өсімдікте патоген шамамен 0°С температурада спора түзуге қабілетті [16]. Температураның максимумдары расаларға және шығу тегіне байланысты өзгереді. Әдетте 23 – 26°C аралығында болады. Температураның сары татқа әсерін Rapilly (1979) және Hungerford (1923) егжей – тегжейлі зерттеген. Температура сары тат қоздырғышының қыстап шығуына әсер ететін негізгі фактор болып табылады. Суық ауа – райы ауру қоздырғышының қыста қыстауын азайтады, оны зақымданған жапырақтарда өлтіреді [43].

Сары таттың қарқынды дамуы үшін мезгіл – мезгіл жауын – шашын немесе жиі шық болатын салқын климат қажет. Жапырақ бетіндегі ылғал урединиоспораның өнуі үшін қажет. Қоздырғыштың дамуында жарықтың да маңызы зор. 10 – 14 мың люкс жарықпен қамтамасыз ету оңтайлы болып саналады [5]. Қолайлы жағдайда инфекция 6 – 8 сағатта аяқталады, ал қайта жұқтыруға қабілетті уредоспоралар 7 – 10 күннен кейін пайда болады [68]. Қолайсыз жағдайларда мерзім 21 күнге дейін созылуы мүмкін. Уредоспоралар тат түзетін споралардың басқа сатыларымен салыстырғанда салыстырмалы түрде шектеулі өміршеңдік кезеңіне ие. Көптеген споралар желмен оңай таралады. Қысы жұмсақ аймақтарда уредоспоралар жыл бойы өміршеңдігін сақтайды [68]. Жоғары, тұрақты температурада телио кезеңі басталады, ол қоздырғыштың ұйықтау кезеңі болып табылады, сонымен қатар оны қолайсыз кезеңдерде сақтауға қызмет етеді. Украинада И.О. Бойко 1967 – 1973 жылдар аралығында әртүрлі төзімділіктегі күздік бидай сорттарының көшеттерінде сары тат қоздырғышының қыстауын зерттеді. Ол өзінің зерттеулерінде аурудың қоздырғышы күзде ауруға шалдыққан күздік бидайдың жапырақтарында уредомицелиямен қыстайтынын көрсетті [69]. Ашық танаптарға қарағанда, орман белдеуі маңындағы егістіктерде ауруға шалдыққан өсімдіктердің біршама көп пайызы қыстайтыны атап өтілді. Сонымен қатар қыста инфекция ең көп сақталатын сорттар және инфекция мөлшері аз болатын сорттар анықталды.

*Зияндылығы.*Сары тат жыл сайын өнімнің елеулі бөлігінің жоғалуына әкеледі. Аурудың зияндылығы қоршаған орта жағдайларына, инокулямға және өсімдік сортының сезімталдығына байланысты [57]. Сары тат дәннің сапасы мен өніміне әсер етеді. Бұл ауруға шалдыққан өсімдіктердің тұқымдары өміршеңдігін жоғалтады және нашар өнеді. Қолайлы жағдайлары бар аймақтар үшін ерте инфекция және қоздырғыштың бірнеше ай бойы дамуы сақталса, егіннің жоғалуы 100% болуы мүмкін. Жоғалған өнім мөлшері сорттың төзімділігіне, қолайлы жағдайлары бар кезеңнің ұзақтығына, алғашқы инфекцияның даму уақытына, аурудың даму жылдамдығына және оның ұзақтығына байланысты [5, 70]. АҚШ-та 1968 жылы 20%-ға дейін [24] және 1978 жылы 75%-ға дейін [16] егін шығыны тіркелді. Сезімтал сорттар мен қолайлы ауа райы жағдайлары 1996 жылы Оңтүстік Африкада алғашқы эпифитотияға әкелді. Барлық жаңа эпифитотиялар 1997 – 1998 жылдары сонда байқалды. 1998 жылы Оңтүстік Африканың шығыс бөлігінде орын алған эпифитотия салдарынан шығын 2,5 миллион АҚШ долларына бағаланды [5]. 2002 жылы Қытайда 66 млн га бидай аумағында эпифитотия 13 млн тонна көлемінде егінге зиян келтірді [56]. Сары тат 1999 және 2000 жылдары Орталық Азияда 20 – 40% шығын келтірді. Австралияда 2003 жылы дәнді дақылдарды сары таттан қорғауға 40 миллион австралиялық доллар жұмсалды [27]. Сары таттың ең жойқын індеті Америка Құрама Штаттарында 2000 жылы болды, ауру кем дегенде 20 штатта дамыған. Бұл эпифитотиядан болған шығындар орасан зор болды [5]. Канаданың өндірістік жағдайында сары таттың әсерінен жоғалған егіннің 5%-ы шамамен 1 миллион тонна астықты құрауы мүмкін [29, 71]. 1970 жылдары Солтүстік Африкада, Үндістан субконтинентінде, Таяу Шығыста Шығыс Африканың таулы аймақтарында және Қытайда сары тат пандемиясы Yr2 гені бар сорттардың көпшілігінде болған, ал оған себеп вирулентті антигендер популяцияда көп мөлшерде болғандықтан [5, 72]. Қоздырғыш көптеген физиологиялық расалар түрінде болады, олар агрессивтілігімен және әртүрлі өсімдік иелерінде вируленттілігімен ерекшеленеді. Қазіргі заманғы селекция генетикалық төзімділікті дамытуға және бидай сорттарының тат расасына төзімділігін ұзақ уақыт ұстауға мүмкіндік береді. Дегенмен, мутациялар мен рекомбинациялар патогенге жаңа расалардың пайда болуына мүмкіндік береді. Сондықтан селекционерлер қоздырғышқа төзімділікті ұзарту үшін бұрын жасалған сортты да және жаңа кездескен расаларға төзімділігі жоғары жаңа сорттарды пайдаланады [25, 73].

*Pst* күресу және қоздырғыштан қорғау, ең алдымен, фунгицидтерді қолдануды және өсімдіктердің эндогендік төзімділігін қажет етеді. Фунгицидтерді сары татты азайту үшін қолдануға болады, бірақ олардың құны мен қоршаған ортаға тигізетін әсері үлкен алаңдаушылық тудырады [74]. Сары татпен күресу үшін төзімді сорттарды тиімді және тұрақты өсіру керек [5]. Патогеннің зақымдалуын азайту үшін Yr – төзімді генотиптерді пайдалану ең үнемді және экологиялық таза стратегия болып табылады, өйткені ол астық өндірісін қорғайды және фунгицидтерге қажеттілікті азайтады. Сары татқа төзімділіктің ашылуына кең қызығушылық Yr төзімді гендері мен сезімтал гендердің үлкен санын анықтауға әкелді. Төзімді бидай сорттарын пайдалану арқылы сары таттан тұрақты қорғау, *Pst* қоздырғышының жылдам бейімделуімен қиындады [75]. Сары таттың алдын алу үшін тек жеке дара төзімді гендерді пайдалану енді тиімді емес, өйткені өсімдік төзімділігі (Yr) гендерінің кең ауқымына бейімделген, Тынық мұхиты патотиптерін зерттеуінде көрсеткендей. Бір ген арқылы берілетін генетикалық төзімділік, қоздырғыштың вируленттілігінің эволюциясы нәтижесінде бұзылуға бейім болуы мүмкін. 1950 жылдардан бері бейімделген *Pst* патотипімен төзімді бидай сорттары жойылған бес эпидемия циклі болды [76]. Қазіргі уақытта селекциялық әдістер мультигендік тәсілдерді қолдана отырып, сары татқа төзімді бидай сорттарын жасаудың геномдық және молекулалық тәсілдеріне бағытталған [77].

* 1. **Иммунитетке бағытталған селекция үшін, күздік бидайдың сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* ) ауруына төзімділігінің зерттеулері**

Иммунологияның ғылым ретінде дамуы ХХ ғасырдың басынан басталады. Дәл осы кезеңде өсімдіктердің ауруларға төзімділігі тұқым қуалау үрдісімн байланысты екені және бұл Г.Мендель заңдарына бағынатыны анықталды. Осыдан кейін селекция өсімдіктердегі тұқымқуалаушылықтың моногендік сипатын жоспарлы түрде зерттеуді бастады. Осы кезеңде Н.И. Вавилов (1933) өсімдіктердің ауруларға қарсы иммунитетінің теориялық негіздерін жасады. Өсімдіктердің иммунитеті факторлардың жағдайына, тектік және географиялық таралу жағдайларына байланысты екенін көрсетті, төзімді сорттардың селективті жолдарын жасау жолдарын әзірлеп, ұсынды. ФАО деректері бойынша дүние жүзінде астық өнімінің жоғалуы жыл сайын 33,5 млн тоннаны құрайды – бұл негізгі азық – түлік өнімдерінің 10% [78, 79]. Өсімдіктер күзде сары татпен ауырып, оңтайлы қыстайтын болса, көктемде өсімдік өсімін қалпына келтірген кезде, қоздырғыштың қарқынды дамуын және 100% өнім жойылуын күтуге болады [80]. Табысты селекциялық жұмыс үшін генетикалық ресурстарды пайдалану өте маңызды. Кейбір ғалымдар өсімдіктерді патогендік расадан түбегейлі қорғау үшін төзімділікке іріктеудің ерекшелігі ерекше маңызды деп санайды. Сары тат астықтың өнімділігі мен сапасын төмендетеді. Егер ауру күзгі вегетациялық кезеңде байқалса, онда оның эпифитотикалық таралуы егіннің толық жоғалуына әкеледі. Авторлардың пікірінше, бидайдың төзімділігі жоғары сорттарының селекциясында, сирек кездесетін бидай түрлері мен эгилопстардың төзімділік көздерін пайдалану қажет. Кейбір аймақтарда сары татқа төзімділіктің тиімді гендері: Yr5, Yr10, Yr15, Yr17, Yr24, Yr27, Yr32 болып анықталған [5].

Стресс факторларына төзімді, астық сапасы жоғары бидайдың өнімділігі жоғары сорттарын шығару бірінші кезектегі міндет болып табылады. Оны шешу генетикалық әртүрлі бастапқы материалды селекциялық жұмыстарға кеңінен тарту арқылы ғана мүмкін болады. Академик Н.И. Вавилов, селекциялық жұмыстың табысы, ең алдымен, бастапқы материалды таңдаудан басталады. Бұл ретте мәдени өсімдіктердің жергілікті сорттары мен әлемдік коллекция үлгілеріне үлкен мән беріледі [78]. Көптеген ауылшаруашылық дақылдарының селекциясында бірқатар экономикалық құнды белгілер мен өсімдік қасиеттерінің генетикалық әртүрлілігінің жетіспеушілігі байқалды, бұл генетикалық төзімділік пен тұрақтылықтың шекті деңгейі жоғары жаңа және гетерогенді гермоплазмасын енгізу қажеттілігімен байланысты. Бүгінгі таңда бастапқы материалды толықтыру және зерттеу, өнімділігі мен сапасы жоғары, аурулар мен зиянкестерге төзімді, құрғақшылыққа төзімді, ерте пісетін және т.б. генотиптері бар коллекциялар жинау маңызды [81]. Агроклиматтық жағдайлардың кең ауытқуы жағдайында, астық өндірісін тұрақтандырудың маңызды және кезек күттірмейтін міндеті жоғары өнімді және жоғары сапалы өнім беретін сорттарды шығару болып табылады. Мұндай сорттарды алудағы қиындықтар бұл белгілердің барлығы өнімділік потенциалының жоғарылауымен үйлесуі керек екендігіне байланысты, бұл көбінесе олармен теріс байланысты [82]. Селекциялық-құнды белгілердің көздері мен донорларын қамтитын генетикалық әртүрлі, жақсы сипатталған бастапқы материал қажет және бейімделу гендерінің арнайы бейімделген блоктарының репозиторийі, соның ішінде стресстік (ауру) орта жағдайлары. Гендік қор коллекциясынан алынған бидай үлгілерін кеңейтілген зерттеу осы мәселені шешудің маңызды шарттарының бірі болып табылады [83 – 86].

Бағалы генотиптерді іріктеу селекциялық материалды таңдау критерийлерін ескере отырып, белгілер жиынтығы негізінде бастапқы түрледі мұқият таңдауды талап етеді. Будандастыру компоненттерінің қолайлы комбинациясы кезінде, F1-де ата – аналық формалармен салыстырғанда, белгілердің максималды өсуі байқалады. Біріктіру қабілетін бағалау, селекциялық процестің бастапқы кезеңдерінде гетерозис бойынша іріктеудің қажетті элементі болып табылады. Бірінші ұрпақ будандарының белгілері мен қасиеттері, ата-аналық формалардың доминантты гендерімен анықталады. Гетерозистік комбинацияларда, рекомбинация және будандастыру үшін таңдалған жұптардың гендерінің жаңа комбинациясы, олардың генетикалық және физиологиялық факторларының күрделі өзара әрекеттесуі есебінен, бастапқы ата – аналық формалармен салыстырғанда бірінші ұрпақ будандарының құнды көрсеткіштерінің, күші мен өміршеңдігінің жоғарылауы байқалады [87]. Қазіргі уақытта сортаралық будандардың ұрпақтарындағы комбинациялық өзгергіштіктің көрінісі арқылы жасалған сорттардың өнімділігін арттырудың тиімді селекциялық әдістерін жасауда көрнекті табыстарға қол жеткізілді [88]. Мұндай сорттарды жасаудағы табыс тұқымдық сорттардың ерекшеліктерімен қолжетімді бастапқы материал және оның әртүрлілігі анықталады. Бастапқы материалды алудың бірқатар әдістері белгілі: мутагенез, рекомбиногенез, трансгрессивті әсерлер, биотехнология, будандастыру және т.б. Дегенмен, популяцияларда генетикалық өзгергіштікті жасаудың ең тиімді әдісі әлі де болса будандастыру болып табылады, содан кейін рекомбиногенез [89]. Гибридизация түр ішілік, түр аралық және тұқымаралық болып бөлінеді. Алшақ (түраралық және тұқымаралық) будандастыру практикалық және теориялық тұрғыдан ерекше қызығушылық тудырады, өйткені алыс будандар көбінесе ауруларға төзімді, яғни транслокациялар немесе хромосомалардың құрылымдық өзгерістерін ауыстыру арқылы генетикалық ақпараттың бір бөлігі бір түрден басқа түрге ауысады [90]. Күздік қатты бидайдың селекциялық материалын (линиясын) зерттеудегі авторлардың әртүрлі будандастыру түрлерін: түрішілік және түр аралық будандастыру әдістерімен жүргізген тәжірибелері алынған негізгі сипаттамалары, өнімділігі мен астық сапасына байланысты – түрішілік, жұптық және сатылы будандастырудың селекцияда тиімдірек екенін көрсетті [91].

Будандастыру – үнемі өзгеріп отыратын орта жағдайында, генотиптің дамуына негізделген, жаңа формалардың түзілуінің күрделі процесі. Гибридті организмде ата – анадан алынған белгілер мен қасиеттер әр түрлі комбинацияларды құрап, әр ұрпақта жаңаша дамиды. Сондықтан өсімдіктердің белгілі бір даму жағдайында белгілі бір белгілердің тұқым қуалау жолын білу қажет. Селекционерлердің қарамағында жинақталған құнды материалдар, жалпы будандастыру популяцияларындағы қалыптасу процестерінің кейбір заңдылықтарын белгілеуге және будандастыру үшін ата – аналық формаларды таңдаудың жалпы принциптері мен әдістерін әзірлеуге мүмкіндік берді. Ата-аналық жұптарды таңдау әдістері: экологиялық – географиялық, өсімдіктің өнімділік элементтеріне және сорттардың ауруларға төзімділігіне негізделген [92]. Қарапайым будандастыруда гибридтер ата – аналардың екеуінің де тұқым қуалайтын сипаттамаларына ие. Гибридті популяциялардағы қалыптасу процесі, бір жұп ата – ананың бірдей мөлшерде енгізген тұқым қуалайтын материалды қайта бөлу негізінде, қарапайым будандасудан жүреді. Сондықтан қарапайым будандастыруды *жұптық будандастыру* деп те атайды. Жұптық будандастырудың *реципроктық будандастыру* деп аталатын түрі екі жағдайда қолданылады: 1) кез келген маңызды экономикалық және биологиялық белгінің тұқым қуалауы цитоплазмамен байланысты болғанда; мысалы, кейде бірінің аязға төзімділігі жоғары күздік бидайдың екі сортын будандастырғанда, егер аязға төзімді сорт аналық форма ретінде алынса, будандар бұл қасиетке көбірек ие болады; 2) дән байлануы аналық немесе аталық форма ретінде сол немесе басқа сорттың алынуына байланысты болғанда. Тікелей де, кері будандастыруда ядролық материал ата – аналық формаларға бірдей тасымалданады, ал цитоплазма будандарға тек аналық түр арқылы өтеді. Өзара будандастырумен кейбір жағдайларда аналық форманың цитоплазмасының әсері өте маңызды болуы мүмкін, басқаларында ол көрінбейді.

*Күрделі будандастыру* сатылы және қайталанатын болып бөлінеді. Гибридті ұрпақта бірнеше ата – аналық формалардың тұқым қуалаушылығын біріктіру қажет болғанда *сатылы будандастыру* қолданылады. Оларды келесі формулалар түрінде көрсетуге болады: [(A x B) x C] x D немесе [(A x B) x (C x D) x D. Академик П.П. Лукьяненко географиялық алыс формаларды пайдалана отырып күрделі сатылы будандастыруды қолданды. Күздік бидайдың Безостая 1 сортын жасау кезінде бұл сорттың көрнекті қасиеттері қазіргі қарқынды бидай сортына ие болуы керек ең маңызды қасиеттердің күрделі будандастырудың әртүрлі кезеңдерінде ұзақ мерзімді тұрақты жинақтаудың нәтижесі болып табылады. *Қайталап будандастыру*, гибридті ата-аналардың бірімен қайта – қайта будандастыратын селекция процесі бэккроссинг деп аталады. Олар екі жағдайда қолданылады: 1) будандастыру кезінде бірінші ұрпақ будандарының бедеулігін жеңу үшін; мұндай қиылысу (AxB)xB формуласы ретінде ұсынылуы мүмкін; 2) гибридті ұрпақта ата – аналардың біреуінің қалаған қасиеттерін арттыру. Бұл жағдайда кері будандастыру *қанықтырып будандастыру* деп аталады [92]*.* Бұл атаудың мағынасы: гибридті ұрпақ бірқатар ұрпақтарда аталық түрдегі ядролық тұқым қуалайтын материалмен қанықтырады, ал будандардың барлық ұрпақтарында цитоплазма аналық болып қалады. Қаныққан будандар көп жағынан жақсы сорттардың біреуінің кейбір маңызды кемшілігі болса, ал басқа сорт немесе түр біріншісінде жоқ бір маңызды қасиетіке ие болуына байланысты ғана құнды болған кезде қолданылады. Қанықтыру будандары көбінесе ауруға төзімді сорттарды өсіру үшін қолданылады. Ең жақсы өнімді, бірақ ешбір ауруға төзімді емес сортты аталық форма, ал оған төзімді сортты аналық форма ретінде алады. Бірінші ұрпақ гибридтерінде аналық және аталық ядролық материалдың тең мөлшері болады, ал кейінгі ұрпақтарда соңғысының мөлшері үздіксіз өседі. Гибридті ұрпақтың аталық формамен әрбір келесі будандастырылуы бэккросс деп аталады. Бірінші бэккросс нәтижесінде аталық ядролық материалдың мөлшері 75%-ға дейін артады, алтыншы бэккросстан кейін ол 99,2%-ға тең, яғни аталық қасиеттің аналық қасиетпен толық дерлік сіңуі орын алады [92].

Дәннің сапалық көрсеткіштерінің тұқым қуалауы және сары татқа төзімділігі бидайдың ата-аналық жұптарына байланысты екені анықталған. Сондықтан жоғары өнімді, сапалы дәнді және ауруға төзімді бидай сорттарын алу үшін, ата – аналық сорттардың бейімділігімен қатар, олардың донорлық қасиеттеріне де ерекше көңіл бөлу қажет. Гибридтерді зерттейтін ғалымдардың зерттеулері, белгілі бір белгілердің тұқым қуалауы, сондай-ақ ауруларға төзімділігі көбінесе оның будандасуға қатысатын сапаға – аталық және аналық жағынан байланысты екенін көрсетті [93].

Күздік жұмсақ бидай селекциясының негізгі әдісі – жаңа сорттың генотипіндегі доминантты және аддитивті гендердің үйлесімін қамтамасыз ететін, өнімділік потенциалы мен қолайсыз экологиялық факторларға төзімділігінің біртіндеп артатынын анықтайтын, биологиялық пайдалы белгілер мен экономикалық құнды қасиеттердің үйлесімін қамтамасыз ететін, түр ішілік будандастыру. Бұл жағдайда бастапқы ата-аналық формалардың комбинациялық қабілетін ескеру қажет [166]. Зерттеу авторлары Әзірбайжан жағдайында сары татқа төзімді гибридті комбинацияларды анықтады: TT01404 Shafag×Sonmez; TT01407 Немецкий сорты×Муров-2; TT01410 Shafag-2× Немецкий сорты; TT01414 Doka× Немецкий сорты; TT01301/1 Муров-2×Безостая-1; TT01302/2Муров-2×Дока; TT01321/1 Taraggi×Parvin; TT01321/2 Тарагги× Парвин; TT01327 /2 Doka×Parvin және басқалар [95].

Тат саңырауқұлақтарына ұзақ төзімді сорттарды жасау кезінде жаңа мутант расалардың пайда болу, таралуын азайту және APR (ересек өсімдіктердің төзімділігі) гендерін пайдалану үшін, бір генотипте бірнеше төзімділік гендерін біріктіруді қамтитын жалпы қабылданған стратегия қолданылады, мысалы *Sr2, Lr34, Lr46, Lr67* және тағы басқа гендер [96]. Төзімділіктің өнімділік белгісімен үйлесуі жаңа селекциялық линияларды сәтті құрудың және бидай сорттарының жедел дамуының анықтаушы факторы болып табылады. Бидайдың сабақ татының Ug99 расасына төзімділігінің донорлары (GТ 96/90, 113/00i-4 және 119/4- 06rw селекциялық линиялары) сатылы будандастыру және беккросс әдістерін қолдана отырып, бір-бірімен будандастыруға тартылады. Зерттеу авторлары беккросс үшін жаздық гибридтерді жасау кезінде 113/00i-4 (Sr2, Sr36, Sr39, Sr40, Sr44, Sr47) төзімді донорларды және жапырақ татына төзімді, бірақ Ресейдің Орталық аймағы жағдайында Ug99 сезімтал 145/05i үлгісін пайдаланды. Алынған гибридті F4–F5 тұқымдастарынан және BC1F3-BC2F2-BC3F2 кері ұрпағынан, молекулярлық маркерлердің көмегімен сабақтың татқа төзімділігі гендерінің гомозиготалы күйі 2–5 аллельдері бар 137 өсімдік бөлініп алынды. Жеке өсімдіктердің Ресейдің Солтүстік Кавказ және Батыс Сібір облыстарындағы ұрпақтары сабақ пен жапырақ татының табиғи популяцияларына, ал Орталық аймақта – ақ ұнтаққа төзімділігі бойынша бағаланған [97].

Matthew Robbins селекциядағы беккроссті бір линиядан екінші элиталық селекциялық линияға, ауруға төзімділік сияқты белгілі бір қасиет енгізу үшін пайдалануға болатынын хабарлады [98]. Селекциядағы беккросс – белгілі бір белгі үшін бір немесе бірнеше гендерді төзімді линиядан екінші элиталық селекциялық линияға көшірудің тиімді әдісі. Донор ата-аналық түр деп аталатын қалаған қасиеті бар ата – аналық түр, қажетті сипатты қамтамасыз етеді, бірақ басқа аймақта элиталық әртүрлілік сияқты жақсы жұмыс істемеуі мүмкін. Реккурент ата – аналық түр деп аталатын элиталық линия әдетте барлық басқа салаларда жақсы жұмыс істейді, бірақ ауруға төзімді емес.

Ауруларға төзімділік өсімдікте патогенмен залалдану дәрежесінің төмендеуімен көрінеді [99]. Бұл төзімсіз сортқа қарағанда генотипте аурудың дамуының төмен қарқынын білдіреді. Жалпы алғанда, патогенді көбейту жылдамдығы айтарлықтай төмендейді, аурудың таралуын шектейді. Өсімдіктер әрдайым дерлік сары таттың кейбір қоздырғыштарына төзімді, бірақ көптеген патотиптеріне сезімтал; төзімділік әдетте қоздырғыштың түріне немесе расалық ерекшелігіне байланысты [99]. Бидайда ауруға төзімділік үшін селекцияның ұзақ және айтарлықтай табысты тарихы бар [100]. Ауруларды бақылаудың жоғары стандарттары, бидайдың сенімді жоғары өнімділігіне, соның ішінде тиімді жүйелі фунгицидтерді әзірлеуге және қолдануға, сонымен қатар көптеген сорттардағы ауруларға генетикалық төзімділікке үлкен ықпал етті [100]. Өнімділікті сақтау және тіпті арттыру мәселесі, бір жағынан ауруға төзімділік үшін селекция және өнімділік пен сапаны арттыруға әкелетін бейімделу арасындағы өзара әрекеттесу, екінші жағынан, бұл зерттеулер селекциялық және иммунологиялық зерттеулерде өте маңызды екенін білдіреді [100]. Селекциялық бағдарламалар сары татқа төзімділік гендері бар сорттарды дамытуға көмектесу үшін, молекулалық маркерлерді сәтті қолданды. Жаңа төзімділік гендерін енгізу қажет бидай селекциясының бағдарламаларында, өкінішке орай, бидайдың коммерциялық сорттарына төзімділіктің жаңа көздері қолжетімді болғанша бірнеше жыл қажет. Бұл бидайдың таза селекциялық линияларын құрудың ұзақ үрдісіне байланысты. Биотехнологияға негізделген әдістер гаплоидты өндірісті екі есе арттыру арқылы селекция процесін жеделдетуде табысты болды.

Ғалымдар бидай тұқымын патогендік расалар қоспасымен жасанды инокуляциялау арқылы сынап, *Yr*-ге төзімді линияларды таңдалған. Бұл гермоплазма жоғары өнімділік пен қоздырғышқа төзімділік үшін пирамидалық гендермен будандастырылған. Негізгі назар *Yr* төзімділік полигендерінің жинақталуы болды, өйткені төзімділік механизмінің бұл түрі жалғыз патотиптерге қарағанда көптеген расаларға ұзақ және тиімді болып саналады [101].

CIMMYT селекционерлері мен Сібір мен Қазақстанның ғылыми мекемелерінің шығармашылық ынтымақтастығы негізінде Батыс Сібір аймағы жағдайында ауруларға төзімді тауарлық бидай сорттарын жасау үшін, будандастыруға татқа төзімді жаңа генетикалық ресурстар тартылуда [102]. Ауруларға, атап айтқанда тат түрлеріне төзімділік үшін, бидай селекциясындағы перспективті бағыт Жүгері мен бидайды жақсартудың Халықаралық орталығы (CIMMYT, Мексика) үйлестіретін челночтық селекция болып табылады. Челночтық селекция бағдарламасына, қазақ және сібір бидай сорттарын ең жақсы CIMMYT үлгілерімен будандастыру және Сібір мен Солтүстік Қазақстанның селекциялық мекемелерінде, белгілер жиынтығы бойынша, гибридті популяцияларды одан әрі іріктеу кіреді [103].

Гибридті бидай популяциялары арасында төзімділік көздерін анықтау бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілген. Нәтижесінде аналық сорттардан сары татқа ең жоғары төзімділігімен Oleson dwarf, Bersee, Norin 10, Кооператорка, Кипельская 4, Красноводопадская 210 ерекшеленді. Әртүрлі сорттардың цитоплазмасы бар бидайдың эуплазмалық және аллоплазмалық линияларындағы төзімділікті талдау, *Triticum* тұқымдасының түрлері алмастырылған цитоплазманың, саңырауқұлақ ауруларына төзімділік дәрежесіне әсерін көрсетті [104]. Әдебиеттерде цитоплазмалық геномдардың бидайдың саңырауқұлақ ауруларына төзімділігіне және осы белгінің тұқым қуалау сипатына әсерін көрсететін деректер бар [105, 106].

Қарабалық ауылшаруашылық тәжірибе станциясы мен Қазақ ғылыми-зерттеу институтының ғалымдары қазіргі заманғы NDVI әдістерін қолдана отырып, жаздық бидайдың дигаплоидты және интрогрессивті линияларының стресске төзімділігінің қалыптасуының физиологиялық және биохимиялық заңдылықтарына зерттеулер жүргізді. Қарабалық ауыл шаруашылық станциясының климаттық жағдайында дамыған тат эпифитотиясының аясында, көп жылғы мәліметтер бойынша, Дива, Ұмай сорттарынан және жабайы астық тұқымдас шөптермен будандастырудан алынған жұмсақ бидай үлгілерінен: 6625 x *T. timopheevi* және Kazakhstanskaya 10 x *T. dicoccum*, тат түрлеріне күрделі төзімділік табылған [107].

Бұл экономикалық және экологиялық мәселелерді ескере отырып, негізгі дәнді дақылды өсіретін фермерлер үшін, төзімді сорттарды қолдану арқылы бидай татына қарсы күресті жақсарту маңызды [108]. Сонымен қатар, фунгицидтерді ұзақ уақыт қолдану, көбінесе фунгицидтерге қоздырғыштардың төзімділігінің дамуына әкеледі [109]. Бидайда төзімділік үшін селекция, нақты өсімдік – ие мен патогеннің өзара әрекеттесуі туралы білімге негізделген, өте дәл және мақсатты бағыт болды [110].

Сахан ауыл шаруашылығы ғылыми-зерттеу станциясында 2015 – 2020 жылдары егістік және жылыжай зерттеулері *Yr5, Yr10, Yr15* және *YrSp* төрт моногенді линияларды пайдаланып, екі египеттік жұмсақ бидайдың: Sids 12 және Gemmeiza 11 сорттарының сары татқа төзімділігін жақсарту үшін селекциялық-иммунологиялық зерттеулер жүргізілді [111]. Сегіз F1 гибридтерін шығару үшін, екі бидай сортын төрт моногенді линиямен будандастырып, содан кейін F2 популяциясын шығару және F3 тұқымдастарын іріктеу үшін жұмыстарды жалғастырды. Далалық жағдайларда F1, F2, F3 ата – аналары мен дифференциалды генотиптері *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* қоздырғышының басым патотиптерінің қоспасымен инокуляциялаған. Моногенді линияларды бағалау негізінде Yr5 және Yr15 тасымалдайтын бидай генотиптері өскін және ересек өсімдік кезеңдерінде *Pst* расасына жоғары төзімділік танытатындығы анықталды. F1 реакциясы бағаланған төрт *Yr* генінің сыналған сары тат расасына қарсы тиімді екенін және төзімділік реакциясы төзімсіздік реакциясынан басым екенін расталған. Сегiз F2 гибридінің сегрегация коэффициенттерi сорттар үш, екi немесе моногендi линиялармен бiр генде ерекшеленетiнiн көрсеттi. Орташа залалдану деңгейі Yr5 және Yr15-пен будандастырылған екі сортта F2-ның ең төменгі орташа мәндерін тіркеді, бұл екі геннің F2 популяциясының Yr10 және YrSp-мен будандарына қарағанда жоғары төзімділікке ие болғанын көрсеткен. Төрт геннің тиімділігін авторлар Sids 12 жағдайында келесі ретпен орналастырды: Yr5 ˃Yr15 ˃YrSp ˃Yr10 және Gemmeiza 11 жағдайында: Yr5 ˃Yr15 ˃Yr10 ˃YrSp [111]. Сынақтан өткен 63 F3 гибридтерінің ішінде толық төзімді өсімдіктердің ең жоғары пайызы Yr5 будандарында (35 – 40%) табылды, одан кейін Gemmeiza 11 бар Yr10 (34%), содан кейін Sids 12 сортүлгісімен Yr15 (26%). Yr5 генімен будандастырылған екі F3 гибриді фенотиптік жағынан реципиент сорттарға жақын болды, олар толығымен төзімді болды, сондықтан гибридтегі Yr5 гені гомозиготалы күйде болуы мүмкін. Осы нәтижелерге сүйене отырып, бір бидай сортындағы Yr5, Yr10 және Yr15 үш тиімді гендердің пирамидалық комбинациялары Египеттегі басым сары тат расаларына төзімділікті арттырады деп күтілуде [111].

* 1. **Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*)ауруқоздырғышының популяциялық – генетикалық зерттеулері**

Сары таттың ауыр ошақтары, яғни қарқыны екі пайыздан бастап егіннің толықтай жойылуына дейін өзгеретін эпидемиялар туралы хабарламалар бар [112]. *Pst* індетінен астыққа залал келіп, зардап шеккен елдер тізіміндегі соңғы жазба Зимбабве болып табылады [113]. Алайда эпидемия Орталық және Оңтүстік Азияда, Қытайда, Батыс Африкада, Австралияда, Ұлыбританияда, АҚШ-та және Оңтүстік Америкада жиірек (5 жылдың 2 – 3 жылы пайда болып отырады) кездеседі [114]. Сары тат қоздырғышының жоғары дисперстілігінен басқа, оның кең таралуының бір себебі *Pst* мутациясының жоғары жылдамдығы болып табылады, бұл оның жоғары бейімделгіштігіне әкеледі, бұл оның күрделі өмірлік циклімен түсіндіріледі [115]. *Berberis vulgaris* қоздырғышының жыныстық сатысы жаңа генетикалық комбинацияларды құруда шешуші рөл атқарады, нәтижесінде вирулентті *Pst* изоляттары эпидемияға және бидайдағы төзімділіктің жылдам өзгеруіне әкелуі мүмкін [116].

Бес ерекше споралану кезеңі бар *Pst* өте күрделі өмірлік циклге ие. Қоздырғыштың өмірлік циклі бидай (негізгі иесі) арқылы жыныссыз кезеңге және *B. vulgaris* (аралық иесі) дамитын жыныстық кезең цикліне бөлінеді [117]. Дегенмен, *Pst* колонизациялаған аралық иесі *B. vulgaris* табиғатта сирек кездеседі [73]. Гималай аймағын, Қытай мен Пәкістанды қоспағанда, дүние жүзінің көпшілігінде, бидай өсіретін аймақтарда *Pst* толық генетикалық рекомбинациядан өтуге мүмкіндігі жоқ (аралық иесінің болмауына байланысты) [118]. Аумақтарда *B. vulgaris* және бидай өсірудің өсу маусымдары қатар жүреді [73].

Hungerford және Owens бидай мен астық тұқымдас шөптердің ерекшелігіне негізделген сары тат қоздырғышында табылған «мамандандырылған вариацияларды» бірінші болып анықтады [37]. Ертерек, 1930 жылы Allison және Isenbeck бидай сорттарының ерекшелігіне негізделген, *P. striiformis* f.sp. *tritici* расаларының бар екенін анықтады [45]. Еуропада бидайдың сары тат расаларын егжей-тегжейлі зерттеуді 1930 жылдары Германияда Gassner және Straib (1932) жүргізді. Саңырауқұлақ расаларын құру үшін олар 11 дифференциаторлық сорттардың жиынтығын ұсынды [119]. Жиынтыққа жұмсақ бидай сорттары кіреді: Michigan Amber, Blerouged’Ecosse, Strubes Dickkopf, Webster C.I., Holzapfels Früh, Vilmorin 23, Heines Kolben, Carstens V, Spaldings Prolific, Chinese 166, Rouge prolifique barbu. Осыдан кейін Еуропада, Орталық Америкада, Таяу Шығыста, Шығыс Азияда, Үндістанда және Солтүстік Африкада *P. striiformis* физиологиялық расаларын зерттеу саласында зерттеулер белсенді түрде басталды. 1950 жылдан бастап ұсынылған дифференциаторлық сорттар жиынтығының жетілмегендігі туралы мақалалар баспасөзде жариялана бастады [61]. 1956 жылы Брауншвейгте өткен сары тат бойынша бірінші еуропалық конференцияда Э.Фукс бұл дифференциаторлармен олардың тұрақсыз реакциясына байланысты жұмыс істеу қиындықтары туралы хабарлады [120]. Әрбір сортты егжей-тегжейлі сипаттай отырып, ол дифференциацияға тек Michigan Amber, Heines Kolben және Chinese 166 қолайлы сорттар екенін атап өтті [121]. Расаларды анықтау үшін Vilmorin 23 және Carstens V сорттарын пайдаланғанымен, Zadoks бірдей пікірде болды [122]. Жапондық зерттеушілердің пікірінше, саңырауқұлақтың еуропалық расалары жақсы дифференциацияланатын Heines Kolben сорты, патогеннің популяциясын жұқтырған кезде реакцияның түсініксіз түрін берген: 2-4 балл. Michigan Amber сорты еуропалықтардан айырмашылығы, жапондық саңырауқұлақ изоляттарына ұқсас реакция көрсетпеді. Сорт жиі бөлінуді тудырды, өсімдіктердің 50-ден 80% -на дейін иммунды болды [62]. Ресейде сары тат қоздырғышының нәсілдік құрамын Gassner және Straib әдісімен зерттеу 1963 жылы басталды. Зерттеушілер сары тат қоздырғышының нәсілдерін саралауда ұқсас қиындықтарға тап болды. Сорттарды саралаудағы осындай кемшіліктерге байланысты зерттеушілер оларды толығымен жергілікті текті сорттармен алмастырды, немесе саңырауқұлақтардың физиологиялық расалары арасындағы айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік беретін қосымша сорттарды енгізді. Сондықтан әр елдің өз расаларының номенклатурасы бар. Голландияда бұл W1, W2 және т.б. белгіленді; Англияда – 2В, 8В; Германияда – 1X, 2X және т.б.; Ресейде – 1М, 2М немесе 1К, 2К және т.б. 1970 жылы еуропалық зерттеушілердің жиналысы өтті, онда сары тат қоздырғышының физиологиялық расаларын анықтау мәселесі талқыланды [47]. Болашақта әлемнің әртүрлі елдерінен алынған ақпаратты сенімді түрде салыстыруға мүмкіндік беру үшін дифференциаторлық сорттарды және саңырауқұлақ расаларының номенклатурасын таңдаудың бірыңғай стратегиясын әзірлеу қажет болды. Нәтижесінде сараланған сорттардың екі жиынтығы ұсынылды: Халықаралық (Chinese 166, Lee, Heines Kolben, Vilmorin 23, Moro, Strubes Dickkopf, Suwon 92 x Omar) және Еуропалық (Hybrid 46, Reichersberg 42, Heines Peko, Nord Desprez, Compair, Carstens V, Spaldings Prolific, Heines VII). Бұл жүйенің артықшылығы сорттардың әрқайсысын сары тат қоздырғышының расаларының нөмірленуін өзгертпей, саңырауқұлақтың жергілікті популяциясын анықтауға қабілетті сорттармен толықтыруға болатын еді. Кейінірек халықаралық жиынтыққа Clement [47] сорты, сонымен қатар *Triticum aestivum* sub sp. *spelta* (L.) Thell. «Album» сортүлгілері қосылды. Расалардың нөмірленуі R. Habgood екілік жүйесіне негізделген [123]. Бұл жүйе Еуропа елдерінде және басқа континенттердегі кейбір елдерде әлі де қолданылады [27]. 1977 жылы желтоқсанда Ленинградта СЭВ елдері өкілдерінің «Өсімдіктердің ауруға төзімділік принциптерін әзірлеу» мәселесі бойынша кеңесі өтті [124]. Бидайдың 18 сортында: Salzmünder Bartweizen 14/44, Cheinese 166, Bon Fermier, Hybrid 46, Tadorna, Ibis, Flevina, Michigan Amber, Moro, Vilmorin 23, CarstensV, Triticum spelta album, Suwon 92xOmar, Lely, Winnetou, Heines Peco, Lee, Compair сары тат қоздырғышының расалық құрамын бақылау бойынша ұсыныс жасалды.

*P. striiformis* f. sp. *tritici* расаларын анықтау кезінде Қытайдағы ғалымдар бидай дифференциаторларының әртүрлі жиынтығын пайдаланды. Fang бірінші зерттеуді бидайдың жеті дифференциаторлық сортын (Carstens V, Heines Kolben, Vilmorin 23, 9H77, Hybrid 128, Carina және Michigan Amber) және Heils Franken бір арпа сортын пайдаланып жүргізді және оңтүстік – батыс Қытайда тоғыз расаны анықтады [125]. Lu және тағы басқа ғалымдар 14 дифференциалдаушы сортты (Gassner және Streib) пайдалана отырып, 50 үлгіден 16 расаны анықтады [67]. Кейінірек қытай ғалымдары Еуропада қолданылатын дифференциаторлық сорттар Қытайдағы нәсілдерді анықтауға жарамсыз екенін анықтады. Олар *P. striiformis* f.sp. *tritici* расаларын саралау үшін, CYR (қытайлық сары тат) ретінде белгілеп, бидайдың жеті генотипін таңдады [126]. Дифференциаторлар арасында бірнеше рет өзгертулер енгізілгенімен, расалық номенклатура жүйесі өзгеріссіз қалды. Қазіргі қытай жиынтығы 17 дифференциаторлық сорттардан тұрады (Trigo Eureka, Fulhard, Letescens 128, Mentana, Virgilio, Abbondanza, Early Premium, Funo, Danish 1, Jubilejina 2, Fengchan 3, Lovrin 13, Kargyin 655, Shuiyuan 11, Zhong 4, Lovrin 10 және Hybrid 46). Олардың ішінде еуропалық дифференциаторлық сорттар жиынтығының тізіміне тек Hybrid 46 ғана енгізілген.

*P. striiformis* f.sp. *tritici* расаларын алғаш анықтау Солтүстік Америкадағы өсімдік – ие ауқымы мен төзімділігін зерттеу арқылы жүргізілді [127, 128]. Line 1920 жылдардағы Солтүстік Америкадағы расалық сәйкестендіру бойынша зерттеулерді қарастырды. АҚШ-тағы расаларды анықтаудың қазіргі жүйесін алғаш рет 1968 жылы Line және оның әріптестері құрған [129]. Дифференциаторлардың бірінші жиынтығы бидайдың бес сортынан тұрды (Lemhi,Chinese 166, Heines VII, Moro и Suwon 92×Omar). Соңғы уақытта *P. striiformis* f.sp. *tritici* расаларын саралау үшін пайдаланылған бидай генотиптерінің саны 20-ға жетті (Lemhi, Chinese 166, HeinesVII, Moro, Paha, Druchamp, Riebesel 47/51, Produra, Yamhill, Stephens, Lee, Fielder, Tyee, Tres, Hyak, Express, Yr8, Yr9, Clement, Compair) [5]. Қоздырғыш расаларын анықтау үшін өсімдіктерді инокуляциялаудан кейін дымқыл камерада +10°С тұрақты температурада 16 – 24 сағат қараңғы жерде орналастырады, инокуляциядан кейінгі 16 сағаттық фотопериодты ескере отырып, 4°С-тан 20°С-қа дейін өзгеретін температура циклімен жағдайлар жасалды. Өсімдік инфекциясы жұқтырғаннан кейін 18 – 22 күннен кейін 0-ден 9-ға дейінгі тоғыз баллдық шкала арқылы есепке алынады [37, 65]. *P. striiformis* f.sp. *tritici* расалары Солтүстік Америкада 2000 жылға дейін тұрақты түрде CDL нөмірімен белгіленді [130]. CDL аббревиатурасы, Америка Құрама Штаттарының Вашингтондағы Пулман қаласында орналасқан, Ауыл шаруашылығы департаментінің дәнді дақылдар аурулары зертханасы (Cereal Disease Laboratory) дегенді білдіреді. Бұл раса аббревиатурасы кейінірек *P. striiformis* f. sp. *tritici* үшін PST болып өзгертілді., себебі зертхана атауы өзгертілді және PSH кейін *P. striiformis* f. sp. *hordei* расалары үшін префикс ретінде пайдаланылды [5].

Америка Құрама Штаттарында барлығы 120-дан 137-ге дейін сары тат қоздырғышының расалары табылды, оның 59-ы 2000 жылға дейін, ал қалғандары 2000 жылдан кейін табылған [5, 131]. Осы кезеңдерде патогеннің кең таралуына байланысты көптеген расалар соңғы бірнеше жылда тіркелді. Осылайша, бірнеше диффренециаторлық сорттар қосылды. Америка Құрама Штаттарында вируленттілік гендерінің үлкен жиынтығы бар қоздырғыштың расалары басым.

Тат саңырауқұлақтарының популяциялық құрамының кеңістік пен уақыт бойынша өзгеруі мутациялармен, расалық миграциямен, оқшауланумен және іріктеу жүйесімен анықталады [132]. Іріктеу кезінде қоздырғыш популяциясы аймақтың экологиялық және климаттық жағдайларына бейімделген формаларды жинақтайды. Сондай-ақ, популяция құрылымының өзгеруі көрші аймақта жаңа расаның пайда болуы фонында болуы мүмкін және споралардың ұзақ қашықтыққа көшуін жеңілдететін, ауа ағындары маңызды рөл атқарады [133]. Әртүрлі популяциялардағы негізгі бөлікті жеке расалар құрайды, олардың басымдығы климаттық жағдайларға байланысты, бірақ көбінесе мәдени сорттардың құрылымына байланысты. Қоздырғыш расасының сортқа әсері, қоздырғыш генотипінің өсімдік – ие генотипімен әрекеттесуіне байланысты, соңғысының генотипі анықтаушы фактор болып табылады [134].

Жаңа *Pst* патотиптерінің үнемі пайда болуы эпидемияға дер кезінде қарсы тұру үшін жаңа сорттар мен тиімді стратегияларды әзірлеуді талап етеді. Сары тат ошақтарын бақылаудың ең үнемді және тиімді әдісі – өскін кезеңіндегі гендер және APR гендерін біріктіретін генетикалық төзімділікті қолдану [135]. Дүние жүзінде селекциялық бағдарламаларда генетикалық төзімділіктің екі түрі қолданылады [5]. Расаспецификалық, яғни өскін фазасында немесе өсімдіктің барлық кезеңдеріндегі төзімділік (ASR) gene – for – gene гипотезасына қатысты негізделген [136]. Мұндай арнайы расаға тән бір генге байланысты төзімділігі бар коммерциялық бидай сорттары көбінесе төзімділігі қысқа, өйткені патогендік популяцияларда жаңа вирулентті патотиптер пайда болады, олар ақырында осы расаспецификалық төзімділікті жеңеді. Дүние жүзіндегі көптеген жойқын эпидемиялар арнайы расаға тән бір ген арқылы болатын осындай төзімділіктің бұзылуының нәтижесі болып табылады [137 – 139]. Көптеген жағдайларда төзімділік гендерінің пирамидасы және баяу тат басатын APR гендері, көптеген патогендік расаларға төзімділіктің ұзақ мерзімділігін арттырады және бір геннің төзімділігі сәтсіз болу себебінен өнімділіктің толықтай жоғалуымен салыстырғанда, өнімді барынша сақтайды деп есептеледі.

PstS2 және Warrior (PstS7) патотиптеріне жататын расалар Азиядан Солтүстік Еуропаға дейінгі географиялық аймақтарды қамтитын сары таттың ең көп таралған патотиптері болып табылады [140, 141]. PstS7 тегі алғаш рет 2011 жылы Ұлыбританияда табылды және қазіргі уақытта Еуропадағы ең көп таралған *Pst* расасы болып табылады [118]. 2014 жылы Түркияда табылған [142]. Содан бері ол Солтүстік Африкада [140] және Таяу Шығыста таралып, кең таралған. «Warrior» патотипі Еуропадағы бидайдың көптеген сорттарында ауыр эпидемияларды тудырды [143], Орталық-Батыс Азия мен Солтүстік Африканың көптеген елдерінде Yr27 төзімділік генінің бұзылуы егіннің айтарлықтай жоғалуына әкелді. Кеңінен өсірілетін жұмсақ бидайдың «Cham 8» сортында кездесетін Yr27 төзімділігін жоғалтуына байланысты (шығу тегі: Super Kauz генотипімен будандастрылған сортүлгі, CIMMYT), 2010 жылы Сирияда тат эпидемиялары орын алды, бұл өнімділіктің 80%-ға дейін жоғалуына әкелді [8]. Осы екі кең таралған *Pst* расасына генетикалық төзімділікті дамыту және енгізу Орталық Азия аймақтары үшін өте маңызды. расаспецификалық емес қарсылықты таңдау стратегиясы расалардың кең ауқымына төзімділікті қамтамасыз етеді, нәтижесінде көптеген вирулентті патотиптерге төзімділік жоғарылайды [135, 144]. Молекулалық маркерлердің тиімді жүйелерімен қамтамасыз етілген геномикадағы және статистикалық тәсілдердегі соңғы жетістіктер жоғары тиімділікпен негізгі және қосымша гендерді пирамидалаудың осы стратегиясын жеңілдетуге әкелді [18, 145].

* + 1. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* популяциясының вируленттілігіне негізделген зерттеулер.

*Pst* қоздырғышының жылдам эволюциясына байланысты төзімділік гендерінің көптеген вирулентті патотиптері пайда болуда. Сондықтан, ең жақсы стратегия татқа ұзақ мерзімді төзімділікті қамтамасыз ету үшін, бір расаға тән емес бірнеше кіші гендермен біріктірілген көптеген расаға тән негізгі гендердің тиімді пирамидасын құру болып табылады [144, 146]. Бидайдың сары (жолақты) татының қоздырғышы *Puccinia striiformis*, ауа арқылы спораларды ұзақ қашықтыққа көшіру қабілеті бар биотрофты базидиомицет [17, 147]. Шалғай географиялық аймақтардан шыққан бірқатар инвазиялары бұрын болмаған аймақты басып алу (мысалы, Америка, Австралия және Оңтүстік Африка) немесе Солтүстік Америка, Австралия және Солтүстік Африкадағы жағдайға ұқсас, жоғары температураға төзімді агрессивті және вирулентті жаңа штаммдардың қайта жандануы ретінде тіркелген [148, 149]. Қоздырғыштың, көп дамыған орталығы Гималай және Гималай маңындағы аймақтарында, рекомбинантты популяциясы және жоғары әртүрлілігі бар [57]. Мутацияның рөлі алғаш рет 20 ғасырдың басында атап өтілді [150], кейінірек еуропалық және австралиялық расалардағы вируленттіліктің бір сатылы өсуін түсіндіру үшін құжатталған [57, 151]. Стандартты Халықаралық және Еуропалық дифференциаторлар жиынтығымен қатар, *P. striiformis* f. sp. *tritici* изоляттарының вируленттілігін немесе авируленттілігін сипаттау үшін, изогенге жақын линиялардың қосымша жинақтары пайдаланылды [27, 152].

Популяцияда расаның жиілігі екі қарама-қарсы күшпен анықталады. Біріншісі – вируленттілік, ол *P. striiformis* сияқты облигатты паразиттің өсімдік – иесін зақымдап, өсіп, көбеюіне негіз болады. Вирулентті расалардың көпшілігінде, патогеннің популяциялық құрамында жиілігін арттыра отырып, көптеген сорттарды жұқтыруы мүмкін гендері бар. Екінші күш – қажетсіз вируленттілікті жоюға бейімділігі. Вируленттіліктің кең ауқымы ұзақ сақталу мен агрессивтіліктің төмендеуіне әкелуі мүмкін [130, 153]. Қоздырғыштың вируленттілігіне өсімдік – ие төзімділігі көбірек әсер етеді. Егер өсімдік популяциясында көптеген төзімді гендер болса, расалар осы гендердің көбін жеңіп, доминантты бола алады [154, 155]. Зерттеушілердің жалпы пікірі бойынша, жиынтыққа енгізілген бірқатар сорттар: Гасснер және Штрайб, халықаралық, еуропалық, американдық, қытайлық және қосымша сорттар патогендік расаларды саралау үшін өте қолайлы емес, өйткені олардың көпшілігінің төзімділігі бірдей гендермен байланысты. Бір дифференциалдаушы генотипте екі немесе одан да көп гендердің болуы, төзімділіктің бір геніне вирулентті жаңа расалардың тез ашылуына кедергі жасайды. Wellings C.R. және тағы басқа ғалымдар Өсімдік селекциясы институтында (Сидней университеті, Коббит, NSW, Австралия) *Avocet Susceptible* жиынтығына 16 үлгі – Yr гендерін қосу арқылы изогенге жақын линияларды жасады *Yr: 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 17, 18, 24, 26, 27, 32, A,* *Sp,* және олар бүкіл әлемде *P. striiformis* f.sp *tritici* вируленттілігін бақылау үшін қолданылады [26]. Қазіргі уақытта жиынтыққа NIL, Avocet Yr25, Avocet Yr28, Avocet Yr29, Avocet Yr31 қосылды [29].

Басқа *Yr* төзімділік гендерімен изогенді линияларды шығару көп күшті қажет етеді. *Yr* гендері бар изогенді линиялар, расаларды дифференциациялау үшін қолданылатын қазіргі дифференциатор сорттарын ауыстыруы керек. Изогенді линиялар дифференциатор сорттардың стандартты жиынтықтарынан ерекшеленеді, олар біріншіден, дифференциаторлар ретінде қолданылады; екіншіден, селекционерлер үшін төзімділік көздері ретінде; үшіншіден, генетикалық зерттеулерде өсімдік – паразиттік патожүйедегі қарым-қатынастарды зерттеу үшін тестерлер ретінде [5, 49].

Австралиядағы *P. striiformis* f.sp. *tritici* қоздырғышының жағдайы вируленттілікті өзгертуге қабілеттілігінің жарқын мысалы болып табылады. Бидайдың сары таты алғаш рет 1979 жылы Австралияда пайда болды. Содан кейін патоген 1980 жылы Жаңа Зеландияға қоныс аударды және онда бір раса ретінде өмір сүрді, содан кейін ол 10 жыл ішінде 15 раса болып көбейді. Бірінші раса Yr2 үшін қауіпті болды. Кейінірек расалардың Yr-ге вируленттілігінің әртүрлі комбинациялары пайда болды *Yr: 1, 2, A, 5, 6, 7, 8* және *Sp* [156, 157]. Кейбір вируленттілік гендердің пайда болуы, бидай өндірісінде, Yr5 сияқты төзімді гендерді қолданумен байланысты болмады. Yr7 және Yr17 гендеріне вирулентті, мамандандырылған комбинациялары бар басым расалар, кеңінен өсірілетін бидай сорттарын үнемі қолданудан жинақталған [27]. Батыс Австралияда ең соңғы табылған раса 2002 жылы пайда болды және 2003 жылы шығыс Австралияға тарады. Ол раса *Yr: 6, 7, 8, 9* және *А* гендеріне вирулентті болды [26, 57]. Осыған ұқсас вирулентті комбинациялар Солтүстік Америкада [5], Оңтүстік Америкада [158], Еуропада және Қытайда *P. striiformis* f.sp *tritici* популяциясында орын алды [159].

Соңғы жылдары *Pst* ыстық климатқа бейімделіп, агрессивті болып, генетикалық жағынан әртүрлі болды. Селекциялық бағдарламаларда сары татқа төзімділік гендерінің екі түрі қолданылады, яғни өсудің ерте кезеңдерінде болатын төзімділікке байланысты барлық кезеңдегі төзімділік гендер (ASR) және ересек өсімдіктерге төзімділік (APR) гендер [160]. Табылған сары тат ASR төзімділік гендерінің көпшілігі белгілі расаларға спецификалығымен шектеледі [161]. Расаның мамандануын ASR гендері бар өсімдік қалыптастырады және бұл төзімділік түрі қысқа уақыт ішінде жойылуы мүмкін [162]. Осылайша, үлкен географиялық аймақтарда расаға тән ASR гендерін біріктіретін сорттар жаңа вирулентті *Pst* расаларының жылдам эволюциясына әкеледі [163]. ASR гендер негізінен лейцинге бай қайталанатын (NBS – LRR) нуклеотидтерді байланыстыратын ақуызды кодтайды. NBS – LRR жасушалардың ішіндегі R гені өнімдеріне сәйкес жиынтықтарындағы авирулентті (Avr) ақуыздарды анықтайды [164]. NBS – LRR нуклеотиді бар Yr гендерінің мысалына: YrSP, Yr5, Yr10 және т.б. жатады [165].

APR гендердің ASR-ден айырмашылығы, өсімдік өсуінің кеш кезеңдерінде экспрессияланады, нәтижесінде татпен залалдану баяу болады [117]. APR төзімділігін сонымен қатар ересек өсімдіктердегі жоғары температураға төзімділік (HTAP) деп аталатын температура арқылы басқаруға болады. APR негізгі оң аспектісі – бұл төзімділіктің түрі расаспецификалық емес және көптеген *Pst* патотиптеріне қарсы төзімді және тиімдірек болып саналады. Мысалы, Yr18 ұзақ уақыт бойы төзімді және тиімді болып қалды [166]. Тұрақтылық пен төзімділік деңгейін арттыру үшін APR-ды ASR-мен біріктіру қажеттілігі туындайды.

Осылайша, патогенге генетикалық төзімділікті сапалық және сандық деп сипаттауға болады. Вертикалды (сапалық, негізгі) төзімділік патогендік изоляттарға тән, бір генге негізделген. Патогендегі арнайы расамен әртүрлі әрекетте төзімділігін сипаттау үшін қолданылады. Сандық (көлденең төзімділік) төзімділік әртүрлі фенотиптер арасында үздіксіз өзгеретін, төмен деңгейден айтарлықтай жоғары деңгейге дейін залалданып, зақымдану өсімі шамалы болатын төзімділік ретінде байқалады [167 – 169]. Расаспецификалық немесе вертикалды төзімділік, кейбір қоздырғыштарға төзімділік тұқым қуалау арқылы берілгенін білдіреді. Расоспецификалық төзімділік қоздырғыштың белгілі бір расасы үшін ғана қауіпті. Расаспецификалық төзімділік көбінесе өну кезеңінде тиімді болатын және өсімдіктің пайда болғаннан кейінгі барлық кезеңдерінде тиімді болып қалатын гендерге негізделген. Расаспецификалық төзімділік әдетте негізгі, дара гендермен бақыланатын жоғары сезімталдық реакциясымен анықталады. Жоғары сезімталдық гендері өсімдікке тат инвазиясын тану және жұқтырған жасушалардың жасушаларының тез өлуін тудыру мүмкіндігін беру арқылы жұмыс істейді, осылайша егінде пайда болған инфекцияның таралуын болдырмайды [170]. Расаспецификалық төзімділік моногендік төзімділік деп те аталады, мұнда төзімділік бір генмен анықталады [171].

Сандық (көлденең төзімділік) төзімділік әртүрлі фенотиптер арасында үздіксіз өзгеретін, қатты байқалмайтын төзімділіктен (қоздырғыштың өсуінің аз ғана төмендеуі) жеткілікті күшті байқалатындай төзімдік (қоздырғыштың өсуінің төмендеуімен) ретінде анықталады. Көптеген сорттардағы барлық дерлік маңызды патотиптерге сандық төзімділік әртүрлі деңгейде болады [172]. Оның экспрессиясы генотипке және қоршаған ортаға байланысты, патоген осы ортаның бөлігі болып табылады. Қоршаған орта да төзімділікке айтарлықтай әсер етуі мүмкін [171]. Толық емес немесе жартылай төзімділік, расаспецификалық емес және полигендік бақылауда болады деп болжанады. Бұл көптеген гендермен бақыланатын төзімділік, көптеген гендермен басқарылатын өнімділік сияқты белгілерді жиі таңдайтын өсімдік селекционерлерінің оны пайдалануына кедергі болмауы керек дегенді білдірмейді. Полигендермен бақыланатын расаспецификалық емес төзімділік, әдетте өте күрделі және оларды анықтау да үлкен жұмысты талап етеді. Расаспецификалық емес төзімділік патогеннің көптеген патотиптеріне немесе расаларына қарсы әрекет етеді. Татқа төзімділіктің бұл түрінің генетикалық табиғаты әдетте күрделі және аз немесе аралық әсерлері бар бірнеше гендердің аддитивті өзара әрекеттесуіне негізделген. Осылайша, APR гендері расаспецификалық емес төзімділікті бақылайды, осылайша баяу тат басуға байланысты ішінара төзімділікті арттырады [171]. Төзімділіктің бұл түрі жиі ұзаққа созылады және гендер пирамидасын құрайды. Көбінесе расаспецификалық емес төзімділік ұзақ сақталумен сипатталады, ішінара төзімді фенотипке және ересек өсімдік кезеңдерінде, экспрессияның оңтайлы деңгейі бар, сары тат расаларының кең ауқымы үшін тиімді. Расаспецификалық емес төзімділік негізінен өскін пайда болғаннан кейінгі кезеңдерде тиімді. Ересек өсімдіктердегі төзімділік (APR) танаптағы өсімдіктердің дамып өсу фазаларында кездеседі [17].

Бидай ұрықтарында [173], тат ауруына төзімділік гендерінің көп саны анықталғанымен, олардың көпшілігіне әртүрлі жаңа және жоғары вирулентті патотиптер әсер етуде [174]. Кеңінен өсірілетін көптеген бидай сорттарында вирулентті тат қоздырғыштарының жаңа расаларының тез пайда болуы бидайдағы төзімділік гендерінің диверсификациясы мен пирамидалануына көңіл бөлуді күшейтті. Жақында 110S119 және 238S119 [175] сияқты *Puccinia striiformis* (*Pst*) жаңа жоғары вирулентті патотиптерінің пайда болуы және олардың кейіннен Солтүстік Үндістанда таралуы бидай өндірісі мен кірісіне және үнді фермерлерінің қауіпсіздігіне қауіп төндірді. Қазіргі бидай сорттарындағы татқа төзімділік гендерінің көпшілігі жалғыз болған кезде төзімділік бермейді [176, 177]. Барлық вирулентті тат патотиптеріне генетикалық төзімділіктің адекватты деңгейі, біздің бидай селекциясының басты мақсаты болып табылады. Бір генмен қамтамасыз етілетін өскіннің ересек кезеңіндегі төзімділігі көбінесе жоғары сезімталдық реакциясымен байланысты және ол расоспецификалық болып табылады [178].

Бидайдың сары татының вируленттілігі егістік алқаптарында, тест линиялар мен арнайы питомниктерді және пәкістандық сорттарды пайдалана отырып, экологиялық тұрғыдан әртүрлі учаскелерде зерттелген. Нәтижесінде авторлардың зерттеулері сары татқа төзімділік гендерінің Yr3, Yr5, Yr10, Yr15, Yr26, YrSP және YrCV тиімділігін анықтады, ал Yr18 барлық жерлерде орташа сезімталдықты көрсетті. YrA-, Yr2, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr17, Yr27 гендері, Opata (Yr27+Yr18) және Super Cause (Yr9, Yr27, Yr18) гендерінің комбинациялары төзімсіз болып шықты. Пәкістандық зерттеушілердің зерттеулері бойынша коммерциялық сорттардың ішінде: Barani70, Marvi2000, Iqbal2000, GA2000 және Seher2006 төзімді болды [179].

Еуропадағы бидай мен тритикаледен жуырда таралған сары тат расаларының изоляттары 2000 – 2014 жылдар аралығында 12 елде жиналған 2605 изоляттан, вируленттіліктің фенотиптік әдісті қолдану арқылы талданды. Алты континенттің үлгілерінен алынған анықтамалық изоляттармен салыстыру, Warrior және Kranich расалары Азияның Гималай аймағындағы сары тат саңырауқұлақтарының алуан түрі бар орталығында, популяцияның жыныстық рекомбинациясы арқылы пайда болғанын көрсетті. Дегенмен, тритикаледегі агрессивті раса Таяу Шығыс пен Орталық Азияның патогендік популяциясына ең ұқсас болды. Зерттеу *Puccinia striiformis* жыныстық популяциясының сары таттың жаңа расалары үшін резервуар ретінде әлеуетті рөлін көрсетті [156].

* + 1. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* популяцияларына молекулалық – генетикалық тәсілдері негізінде жүргізілген зерттеулер

Yr гендерін және олармен байланысты сандық белгілер локустарын (QTLs) скринингі геномдық қауымдастық зерттеулері (GWAS) сияқты молекулярлық тәсілдерді қолдануды талап етеді және ДНҚ маркерлерімен байланысты қолданылады. ДНҚ маркерлері басқалармен қатар, микросателлит немесе қарапайым реттілік қайталанулары (SSR), кездейсоқ күшейтілген полиморфты ДНҚ (RAPD), шектеу фрагментінің ұзындығы полиморфизмі (RFLP) және бір нуклеотидтік полиморфизм (SNP) және т.б. біріктіреді [180]. ДНҚ маркерлер Yr гендерін немесе Yr QTLs [181] табу үшін пайдаланылатын генетикалық карталарды құру үшін қажет. Маркер көмегін селекцияда (MAS) пайдалана отырып, Yr QTL сортты төзімділікті дамыту үшін, мәдени бидай генотиптеріне енгізілуі мүмкін [182]. Сонымен қатар, маңызды гендермен жиі байланысатын маркерлер, трансгенді гермплазманың картаға негізделіп дамуы үшін бастапқы нүкте бола алады [183].

Авторлар YR төзімділігімен байланысты жаңа микросателлит аллельдерін анықтау үшін әртүрлі аналитикалық құралдарды пайдаланды [184]. Төзімді жасушалар массивінде Yr18 генімен байланысты Xgwm295, cssfr6 және csLV34 маркерлерімен байланысты аллельдер табылды. Xbarc7 және Xbarc101 маркерлеріндегі басқа RRI – ассоциацияланған аллельдер, тиісінше, Yr5 генімен әлсіз және қалыпты байланыстарды көрсетті; ал Yr15 генімен байланысты Xgwm11 маркері үшін қалыпты ассоциация байқалды. Yr26 генімен байланысты Xwe173 маркер сезімтал масса арасында байланысты аллельді көрсетті. Рекомбинантты инбридті линияларды (RILs) қалыптастыру үшін ата – аналық линиялардың кресттері жоғары RRI көрсетті, бұл қолайлы аллельді рекомбинацияны көрсетеді. Әртүрлі ата – аналардан алынған рекомбинантты инбридтік линиялар (RILs) олардың RRI негізінде әрі қарай валидацияланған [184]. Сәйкес микросателлит маркерлері Grain Genes дерекқорында белгілі Yr гендері/QTL (Yr18, Yr26, Yr5, Ye15, Yr62) жақындығын анықтау үшін әрі қарай зерттелді [185]. Бұл зерттеу сонымен қатар ересек өсімдіктердің төзімділік гендерімен (Yr18 және Yr62) барлық кезеңдердегі (Yr5, Yr10, Yr15 және Yr26) пирамидаланатын төзімділік гендерінің сары татқа төзімділігін қамтамасыз етуі үшін керек деп болжанады. Yr гендерімен байланысқан маркер аллельдері, сары татқа төзімділік үшін бидайдың маркер – байланысты таңдауына негіз болады. Кохметова және басқалардың (2010) зерттеулері Қазақстанда сары татқа ең тиімді төзімділік гендері Yr2+, Yr4+, Yr5, Yr10 және Yr15 екенін көрсетті [186].

Кешенді зерттеулердің, соның ішінде ересек өсімдіктің фитопатологиялық скринингі және өскіннің төзімділігі, сары татқа төзімділігіне молекулалық скрининг, сондай-ақ агротехникалық белгілерді зерттеу және өнімділік элементтерінің толық құрылымдық талдауы, төзімділіктің болуын сипаттайтын перспективалы үлгілердің нәтижелері негізінде гендер анықталады [187]. Дүние жүзіндегі гендік банктерде сақталған бидайдың бастапқы генофонды: отандық сортүлгілер, дәстүрлі сорттарды және селекциялық линияларды, ауруларға төзімділікті қоса, биотикалық және абиотикалық стресстерге төзімділіктің алуан түрлі потенциалды көздерін ұсынады [188]. Жергілікті көптеген бидай сорттары тат қоздырғыштарымен бірге дамыған және бұл әртүрлі төзімділік локустарының жиналуына әкелген. Мұндай генотиптерде құнды, пайдаланылмаған генетикалық төзімділік локустары болуы мүмкін, өйткені олар селекциялық бағдарламаларда кеңінен пайдаланылмаған. Бидайдың ауруға төзімділігі үшін гендік банктерде сақталған гермоплазманы пайдалану бұрын көптеген зерттеулерде хабарланған [189 – 193].

Сонымен қатар, соңғы зерттеулерде *P. striiformis* аз патогенді еуропалық расаларды алмастыратын азиялық текті сары таттың жоғары вирулентті штаммдарының таралуын көрсетті [140]. Сірә, Қазақстанда өсірілген жергілікті сорттар мен шетелдік селекциялардың көпшілігі жаңа жоғары вирулентті расаларға сезімтал, сондықтан бидай сорттарының коллекциялары арасында сары татқа төзімділік көздерін анықтау азық – түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі селекциялық бағдарламалардың маңызды бөлігі болуы керек. Бұл саладағы ілгерілеудің кілті гендік пирамиданы анықтау және оны құру үшін озық инновациялық технологияларды қолдану тәжірибесі болуы керек, бұл молекулалық маркерлердің болуымен және оларды маркер көмегімен селекцияда (МАС) пайдалану мүмкіндігімен байланысты. Геномдық тізбектерді іздеу және бидайға төзімділік гендерінің молекулярлық маркерлерін әзірлеу жаһандық ауқымда белсенді түрде қолданылады. Қазақстандық зерттеушілер [194] елдегі патотиптер жиынтығын және жаңадан құрылған немесе бұрыннан белгілі молекулалық – генетикалық маркерлерді пайдалана отырып, сары таттың азиялық расаларына, Yr төзімділік гендері бар генотиптерді анықтау үшін, бидай сорттарын талдады. Резистенттіліктің аллельдік күйін анықтау үшін генотиптердің расалық төзімділігін қамтамасыз ететін Yr5, Yr10, Yr15 және YrSp гендері және белгілі сары тат патотиптеріне жалпы орташа төзімділікті қамтамасыз ететін Yr36 гені қолданылады. Сонымен қатар, бидай геномын зерттеу үшін Yr10 және Yr36 үшін түпнұсқа праймерлер жасалған, өйткені бұл гендер сары тат расасының үлкен санына сенімді төзімділікті қамтамасыз ететіні белгілі. Маркер тізбегі SSR, AFLP, SNP және басқалар сияқты озық молекулалық – генетикалық әдістерді қолдану арқылы талданады. Тәжірибеде мұндай тәсілдер жоғары ықтималдықпен және дәлдікпен алдыңғы фитопатологиялық сынақтардан өткен және төзімділік гендерінің болуына тексерілмеген бидай сорттарын талдауға мүмкіндік береді.

Мысырда Саха ауылшаруашылық ғылыми – зерттеу станциясының зерттеушілері YRTN халықаралық дифференциалдық питомнигінің көмегімен 2013 – 2017 жылдар аралығында сары таттың вируленттілігін зерттеді. Нәтижесінде сары татқа төзімділік гендері Yr2+, Yr5, Yr10, Yr15 және YrND тиімді болды, ал Yr18 және Yr29 ішінара тиімді және орташа сезімталдық көрсетті. Yr2, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr17, Yr27, Yr32 гендері және Yr27+Yr18 ген комбинациясы (Opata 85) төзімсіз болды. Yr1 төзімділік гені бар Chinese 166 сортүлгісі 2014 – 2015 вегетациялық маусымда төзімсіздік реакция көрсетті. Египеттік коммерциялық генотиптер арасында: Misr 1, Misr 3, Gemmeiza 7 және Sakha 95 төзімділік көрсетті [195].

Мексикада жасанды инокуляциялау жағдайында зерттеуде, жұмсақ жаздық бидай Quaiu 3 сортүлгілерінде YR және LR төзімділігінің генетикалық негізі анықталған. 2009 және 2010 вегетациялық кезеңдердегі ересек өсімдіктердің LR және YR төзімділігіне (APR) сезімтал Avocet-YrA сортын Quaiu 3-пен будандастыру нәтижесінде алынған 198 F5 рекомбинантты инбредтік линиялар (RILs) бағаланған [196].

2020 жылы Ресейдің Орталық Черноземья аймағы жағдайында күздік жұмсақ бидай сорттарының сары және қоңыр татқа төзімділігі зерттелді. Московская 56, Московская 70, Латыневка, Богданка, Волжская 100, Волжская К, Изюминка, Лидия, Одесская 200, Рубин сорттары сары татқа орташа төзімділігімен және қоңыр татқа әлсіз сезімталдығымен сипатталды. Авторлар *P. striiformis* қоздырғышының 79E190 және 15E144 екі расасын анықтады. Барлық изоляттар Yr5, Yr10, Yr12, Yr17, Yr24 және YrAR гендері бар Avocet линияларына авирулентті болды [197]. Төзімділік гендері үшін сенімді маркерлік жүйені (MAS) пайдалану, қажетті қасиеттері бар өсімдіктерді таңдауды айтарлықтай жылдамдатады.

**2 Зерттеу жүргізу нысаны және әдістемесі**

**2.1 Зерттеу аймағының табиғи – климаттық жағдайларының сипаттамасы**

Зерттеу жұмыстары (2021 – 2024 жж.) Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтының тәжірибелік базасында жүргізілді. Егістік жағдайында (ҚазЕжӨШҒЗИ, N43.238193° E76.696753°) жасанды инфекциялық фонда күздік бидайдың сары тат популяциясына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділігі бағаланды.

Республиканың ауыл шаруашылығы өндірісінде оңтүстік – шығыс аймақтар жетекші орындардың бірін алады. ҚазЕжӨШҒЗИ стационарлық тәжірибелері орналасқан тау етегі аймағы Іле Алатауының жазығында орналасқан. Климаттық жағдай жазық аймақтарға қарағанда жұмсақ, бірақ мұнда да құрғақшылық пен құрғақ ауа массиві болып тұрады. Топырақтары ашық – қоңыр, қара – қоңыр және сұр [198].

Зерттеу кезеңінде 2022 және 2024 жылдардағы метеорологиялық жағдайлар (мерзімді жауын – шашын, ұзақ және жиі шық) жалпы алғанда сары таттың қарқын алуына және дамуына қолайлы болды. 2021 және 2023 жылдардың вегетациялық кезеңдері құрғақ болды (жоғары температура және жауын – шашын мөлшерінен қалыпты мөлшерден төмен). Зерттеудің осы кезеңінде дақылдың (биомассаның) әлсіз дамуы және фитопатогендердің шектеулі инфекциялық потенциалы байқалды, нәтижесінде инкубациялық кезең ұлғайып, споралану төмендеді, бұл да қоздырғыштың даму қарқынын тежеді. Ауаның орташа көпжылдық температурасы 8,6°С, ең суық ай (қаңтар): -8,5°С, ең жылы ай (шілде): +23,9°С. Осы орташа көпжылдық көрсеткіштер мен зерттеу жүргізілген 2021 – 2024 жылдардың корсеткіштері арасындағы салыстырмалы сараптама барысында, ауа температурасы көрсеткіштері жоғары екені байқалады.

2021 жылдың вегетациялық кезеңінде, дақылды себу кезеңіне сәйкес мерзімде, яғни қыркүйек айы өте құрғақшылықпен ерекшеленді. Алайда, келесі қазан айындағы жауған жауын-шашын дақылдың қолайлы жағдайда өнуіне жағдай жасады.

2022 жылдың көктемгі – жазғы метеорологиялық жағдайы ауру қоздырғыштарының дамуына қолайлы жыл болды. Жауын-шашын мөлшерінің жоғары көрсеткіші – 145,6 мм, мамыр айында орын алды. Мұндай жақсы ылғылдылық, өз кезегінде сары таттың нағыз дамып таралу мерзімімен сәйкес келді.

2023 жылдың маусымында құрғақ және ыстық ауа-райы фитопатогендерге өте қолайсыз жағдай туғызды.

2024 жылы сәуір және мамыр айлары көп жылдық орташадан айырмашылығы, жаңбырлы және ылғалды болды. 2024 жылдың қыс мезгілі қарлы болды. Күздік дақылдар сенімді қар жамылғысы астында болды, бұл күздік дақылдардың жақсы сақталуына ықпал етті. 2024 жылдың наурыз айының басы температуралық жағдай бойынша нормадан айтарлықтай ерекшеленбеді. Мамыр айының екінші онкүндігінің соңында жауын – шашын мол болды. Айдың басында шөптегі шық таңғы сағат 10 – 11-ге дейін қалды, 17 және 20 мамырда айтарлықтай жауын-шашын түсті;

Зертханалық зерттеулер Түркияның Измир қаласында орналасқан ICARDA (Халықаралық құрғақ аймақтардағы ауылшаруашылық зерттеулер орталығы) ғылыми орталығында жүргізілді. Измирдің климаты – жылы, құрғақ жазы және жұмсақ қысы бар Жерорта теңізі климат жағдайында орналасқан. Жылдық жауын-шашынның жалпы мөлшері шамамен 650 мм, жауын-шашын негізінен қыста түседі. Кейбір жылдары уақытша қар жамылғысы қалыптасады. Жыл бойы температура әдетте 3°C-тан 35°C-қа дейін ауытқиды және сирек – 2°C төмен немесе 38°C-тан жоғары болады. Ыстық маусым 3,2 айға созылады, маусымнан қыркүйекке дейін, максималды орташа тәуліктік температура 30°С-тан жоғары. Измирдегі жылдың ең ыстық айы шілде айы, орташа максималды температурасы 34°C, минимумы 21°C. Салқын маусым қарашадан наурызға дейін 3,9 айға созылады, ең төменгі орташа тәуліктік температура 16°C-тан төмен. Измирдегі жылдың ең суық айы қаңтар, орташа максималды температурасы 4°C, минимумы 12°C. Ылғалды маусым қарашадан сәуірге дейін 5,5 айға созылады. Измирде ең аз жауын-шашын болатын ай – шілде. Жыл бойы жауын-шашынның ең көп таралған түрі тек жаңбыр, ең жоғары ықтималдығы 33% желтоқсанда болады. Измирдегі жаз Түркияның басқа аймақтарына қарағанда қалыпты. Мұнда өте ыстық жоқ, максималды температура +33°С-тан аспайды, теңізден салқын самал соғады. Измирде қаңтарда тіркелген ең төменгі ауа температурасы +7°C болды. Наурыз айының ортасында температура кенеттен өзгермей (+15°C дейін) жылы ауа райы орнайды.

Сонымен, зерттеу жылдарында климаттың алуан түрлілігі ерекше болды, бұл топырақтың су режиміне, күздік бидай өсімдіктерінің өсуі мен дамуына және олардың өнімділігіне айтарлықтай әсер етті. 2022 және 2024 жылдар сары тат үшін қолайлы жылдар болды. Жалпы бұл кезең ауа – райы жағынан күздік бидай өнімін қалыптастыруға айтарлықтай қолайлы болды. Ауаның жоғары ылғалдылығы сары тат спораларының дамуына ықпал етті. Көктем және жаз айларындағы ауаның салыстырмалы ылғалдылығы мен жауын – шашын мөлшері зерттеудің барлық жылдарындағы көпжылдық көрсеткіштерден жоғары болды. Жалпы, зерттелетін аумақтың климаттық жағдайлары көпжылдық орташа деңгейден аздап ерекшеленеді. Зерттеу жылдарындағы климаттық жағдайларды сипаттау үшін «ҚазЕжӨШҒЗИ» ЖШС метеорологиялық станциясының мәліметтері пайдаланылды (1 кесте).

Кесте 1 – 2021-2024 жылдардағы жауын -шашынның және ауа температурасының орташа айлық мөлшері

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Көрсеткіш | Қыркүйек | Қазан | Қараша | Желтоқсан | Қаңтар | Ақпан | Наурыз | Сәуір | Мамыр | Маусым | Шілде | Тамыз | Барлығы | Орташа |
| 2021-2022 | | | | | | | | | | | | | | |
| Жауын-шашын, мм | 1,6 | 77,7 | 41,3 | 14,0 | 16,3 | 33,9 | 168,6 | 49,8 | 145,4 | 35,9 | 15,1 | 8,2 | 607,8 |  |
| Ауа температурасы, °С | 20,5 | 7,9 | 1,1 | 1,3 | 0,0 | 0,8 | 5,8 | 16,7 | 19,0 | 24,3 | 26,5 | 22,6 |  | 12,2 |
| 2022-2023 | | | | | | | | | | | | | | |
| Жауын-шашын, мм | 2,1 | 42,2 | 128,2 | 14,0 | 36,9 | 34,0 | 61,2 | 68,2 | 43,4 | 4,3 | 33,6 | 72,9 | 541 |  |
| Ауа температурасы, °С | 21,1 | 11,0 | 2,9 | -4,6 | -6,9 | 0,3 | 8,4 | 11,9 | 17,2 | 24,6 | 27,1 | 24,9 |  | 11,5 |
| 2023-2024 | | | | | | | | | | | | | | |
| Жауын-шашын, мм | 59,8 | 70,9 | 67,8 | 64,9 | 38,8 | 43,6 | 135,5 | 111,3 | 121,2 | 19,7 | 85,2 | 25,1 | 843,8 |  |
| Ауа температурасы, °С | 17,7 | 13,4 | 6,8 | -1,0 | -1,2 | -4,0 | 5,4 | 12,8 | 17,6 | 24,5 | 25,0 | 25,9 |  | 11,9 |
| Орташа көпжылдық | | | | | | | | | | | | | | |
| Жауын-шашын, мм | 22,5 | 39 | 42,7 | 39,9 | 34,2 | 36,1 | 60 | 91,9 | 79,7 | 57,4 | 62,7 | 35,1 | 601,2 |  |
| Ауа температурасы, °С | 16,5 | 9,8 | 1,3 | -5,9 | -8,5 | -6,3 | 0,2 | 10,9 | 16,5 | 21,3 | 23,9 | 22,8 |  | 8,6 |

**2.2 Зерттеу нысаны және материалы**

*Зерттеу нысаны.*Ауру қоздырғышы – сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*).

*Зерттеу материалы.* Иммунологиялық көрсеткіштері бойынша барлығы 410 сортүлгілер зерттелді, оның ішінде: конкурстық сортсынау (КСС) питомнигінен селекциялық линиялар – 72; изогендік линиялар мен сорттар (CIMMYT Халықаралық ұйымынан қабылданып алынған материал: ІYRTN; YR – DIF SET) – 54; күздік бидайдың F1 – F5 будандары (Дубекова С.Б. будандық материалы) – 84; Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтының Гендік қор бөлімінің күздік бидай коллекциясының әртүрлі экотип бойынша генотиптері (Орта Азия сортүлгілері: Қазақстан, Өзбекстан, Қырғызстан, Тәжікстан және Ресей, Түркия) – 200 (2 кесте).

Кесте 2 – ҚазЕжӨШҒЗИ Гендік қор бөлімінің күздік бидай коллекциясының әртүрлі экотип бойынша генотиптері

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Атауы** | **Ел – донор** | **Атауы** | **Ел – донор** | **Атауы** | **Ел – донор** |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Akbiday | KAZ | Pahlavon | UZ | Kuyalnik | UKR |
| Akdan | KAZ | Ezoz | UZ | Manas 20 | KGZ |
| Alatau | KAZ | Ilgor | UZ | Moskovskaya 39 | RUS |
| Alikhan | KAZ | Kayraktosh | UZ | Oskemen | KAZ |
| Aliya | KAZ | Rapsodiya | SRB | Pisanka | UKR |
| Almaly | KAZ | Sanzar 4 | UZ | Rakansam | KAZ |
| Anara | KAZ | Sanzar 6 | UZ | Ralub | KGZ |
| Batyr | KAZ | Tanya | UZ | Samar | KAZ |
| Bayandy | KAZ | Tezpishar | UZ | Talimi | KAZ |
| Bogarnaya 56 | KAZ | Turkiston | UZ | Tilek | KGZ |
| Botagoz | KAZ | Chillaki | UZ | Umanka | RUS |
| Derbes | KAZ | Xosildor | UZ | Frunzenskaya 60 | KGZ |
| Egemen | KAZ | Yaksart | UZ | Shapagat | KAZ |
| Zhadyra | KAZ | Yanbosh | UZ | Shokan | KAZ |
| Zhetisu | KAZ | Bezostaya | RUS | Eritrospermum 13 | KGZ |
| Karabalykskaya ozimaya | KAZ | Alex | TAJ | Без номера | KGZ |
| Karasai | KAZ | Ayvina | TAJ | Kazakhstanskaya 75 | KAZ |
| Karaspan | KAZ | Durakhshon | TAJ | Kyial | KGZ |
| Karlygash | KAZ | Ganj | TAJ | Ehol | KGZ |
| Kokbiday | KAZ | Kamol | TAJ | Kayrak | KGZ |
| Koksy | KAZ | Murodi | TAJ | Erithrospermum 760 | KGZ |
| Konditerskaya | KAZ | Sila | TAJ | Araket | KGZ |
| Krasnovodopod 210 | KAZ | Sipar | TAJ | Anka | KGZ |
| Kyzylbiday | KAZ | Starshina | RUS | Gurt | RUS |
| Mayra | KAZ | Yusufi | TAJ | Esaul | RUS |
| Manshyk | KAZ | Sonmez | TUR | Kalym | RUS |
| Mereke 70 | KAZ | Nacibey | TUR | Karavan | RUS |

1. кесте жалғасы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Mereke 75 | KAZ | Almaly//PRL/… | MX-TCI | Petr | RUS |
| Naz | KAZ | JING411//PLK70/Lira.. | TCI | Eritrospermum 80 | KGZ |
| Nureke | KAZ | Bez1//PBW343\*2/… | MX-TCI | Viktoriya Odesskaya | UKR |
| Progress | KAZ | Kuv/LJILN//Oracle/Pehlivan | TR-EDR-TCI | Forblanс | KGZ |
| Ramin | KAZ | UC1107(5+10;YR5 | TCI | Topper | KGZ |
| Raminal | KAZ | Axe/Tosunbey | TCI | Kazakhstanskaya 10 | KAZ |
| Rasad | KAZ | PRL/2\*Pastor/3/… | TCI | Akterekskiy | KAZ |
| Rausin | KAZ | Whear//Inqalab.. | TCI | Almatynskaya p/k | KAZ |
| Reke | KAZ | Nikifor//Kroshka | TCI | Altynshash | KAZ |
| Sapaly | KAZ | Dorade-5/3/Progr | TCI | Alborubrum 22308 | KAZ |
| Steklovidnaya 24 | KAZ | ID800994.W/Kauz… | TCI | Aniya | KAZ |
| Sultan | KAZ | Adajio | TUR | Arap | KAZ |
| Taza (Triticale) | KAZ | Adyr | KGZ | Aruana | KAZ |
| Tyngysh | KAZ | Ajara | KGZ | Bagrationovskaya | KAZ |
| Farabi | KAZ | Azibrosh | KGZ | Basar | KAZ |
| Erithrospermum 350 | KAZ | Almira | KGZ | Batshan | KAZ |
| Ybileinaya 60 | KAZ | Antonina | RUS | Grecum 283 | KAZ |
| Yzhnaya 12 | KAZ | Araket | KGZ | Zernokormovaya 50 | KAZ |
| Bardosh | UZ | Arman | KAZ | Karabalykskaya 101 | KAZ |
| Ok marvarid | UZ | Aikyn 58 | KGZ | Karabalykskaya ostystaya | KAZ |
| Andijan 1 | UZ | Asyl | KGZ | Kastekskiy | KAZ |
| Andijan 4 | UZ | Afina | RUS | Komsomolskaya 1 | KAZ |
| ASR | UZ | Bagrat | RUS | Komsomolskaya 75 | KAZ |
| Bahmal 97 | UZ | Vlada | KGZ | Komsomolskaya 103 | KAZ |
| Bobur | UZ | Granma | RUS | Krasnaya zvezda | KAZ |
| Vassa | RF | Gratsia | RUS | Krasnovodopadskaya 25 | KAZ |
| Vostorg | RF | Grom | RUS | Krasnovodopadskaya 90 | KAZ |
| Dostlik | UZ | Dank (остистый) | KGZ | Krasnovodopadskaya 211 | KAZ |
| Durdona | UZ | Dank (безостый) | KGZ | Mariam | KAZ |
| Yesaul | RF | Zhamin | KGZ | Oktyabrina 70 | KAZ |
| Jayhun | UZ | Dordoy 16 | KGZ | Opaks 1 | KAZ |
| Jasmina | UZ | Zhanym | KGZ | Opaks 3 | KAZ |
| Zimnica | RF | Zhiger 2014 | KAZ | Opaks 18 | KAZ |
| Kuma | RF | Zimorodok | RUS | Opaks 56 | KAZ |
| Kroshka | RF | Zubkov | KGZ | Opaks 70 | KAZ |
| Mars 1 | UZ | Intensivnaya | KGZ | Pamyat 47 | KAZ |
| Nota | RF | Kairak | KGZ | Yubileynaya 75 | KAZ |
| Omad | UZ | Kantskaya | KGZ | Kazakhstanskaya 16 | KAZ |

2 кесте жалғасы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pamyat | RF | Kasiet | KGZ | Komsomolskaya 56 | KAZ |
| Polovchanka | RF | Krasnodarskaya 99 | RUS |  |  |

Изогендік линиялардың дифференциатор сорттарының стандартты жиынтықтарынан айырмашылығы, олар біріншіден – дифференциаторлар ретінде, екіншіден – селекционерлер үшін төзімділік көздері ретінде, үшіншіден – генетикалық зерттеулерде өсімдік – ие – паразит патожүйесіндегі қарым – қатынастарды зерттеу үшін тестерлер ретінде қолданылады. Бұл ғылыми жұмыста изогенді линиялар селекция үрдісінде төзімділік көздері және дифференциаторлар ретінде пайдаланылды (3 кесте).

Кесте 3 –Yr гендері бар изогендік линиялар мен сорттардың тізімі

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Линия / сорт** | **Төзімділік ген** | **Линия / сорт** | **Төзімділік ген** |
| Yr 1/ 6\* Avocet S | Yr1 | Yr SP / 6\* Avocet S | YrSP |
| Chinese 166 | Yr1 | Spaldings Prolific | YrSP |
| Kalyansona | Yr2 | Yr 18/ 3\* Avocet S | Yr18 |
| Heines VII | Yr2 | Jupateco 'R' | Yr18+ |
| Vilmorin 23 | Yr3a,4a+other | Anza | YrA,Yr18 |
| Hybrid 46 | Yr4 | Lemhi | Yr21 |
| Yr 5/ 6\* Avocet S | Yr5 | Cook | APR |
| Triticum spelta | Yr5 | Yr 24/ 3\* Avocet S | Yr 24 |
| Yr 6/ 6\* Avocet S | Yr6 | TP1295 | Yr25 |
| Heine's Kolben | Yr6+1 | Yr 26/ 3\* Avocet S | Yr 26 |
| Heine's Peko | Yr6 | YR27/6\*Avocet S | Yr27 |
| Fielder | Yr6,Yr20 | Ciano 79 | Yr27 |
| Yr 7/ 6\* Avocet S | Yr7 | Attila CM85836-50Y | Yr27 |
| Reichersberg 42 | Yr7 | Opata 85 | Yr27+Yr18 |
| Thatcher | Yr7 | Avocet-YRA\*3/3/Altar 84/AE.SQ//Opata | Yr28 |
| Yr 8/ 6\* Avocet S | Yr8 | Lal Bahadur/Pavon 1B L | Yr29 |
| Compair | Yr8 | Avocet-YRA\*3/Pastor | Yr31 |
| Yr 9/ 6\* Avocet S | Yr9 | Pastor | Yr31+APR |
| Fed.4/Kavkaz | Yr9 | Yr32/6\*Avocet S | Yr32 |
| Clement | Yr9+Yr2 | Carstens V | Yr32 |
| Yr 10/ 6\* Avocet S | Yr10 | Isogenic lines (YR-DIF SET) | YR33 |
| Moro | Yr10 | Isogenic lines (YR-DIF SET) | YR34 |
| Yr 15/ 6\* Avocet S | Yr15 | Isogenic lines (YR-DIF SET) | Yr35 98M71 |
| YR17/6\*Avocet S | Yr17 | Isogenic lines (YR-DIF SET) | Yr37 |
| Nord Desprez | YrND | Isogenic lines (YR-DIF SET) | Yr51 |
| Avocet 'R' | YrA | Isogenic lines (YR-DIF SET) | Yr57 |
| Inia 66 | YrA | Isogenic lines (YR-DIF SET) | Yr4BL |

Күздік бидай сорттарын егу стандартты әдіспен (қатар аралығы 20 см болатын 1 метрлік қатар) жүргізілді. Стандарт ретінде келесі патогенге сезімтал аудандастырылған сорттар: Алмалы, Жетісу, Стекловидная 24, Богарная 56 және ауруға төзімсіз шетелдік сорт-индикаторы – Morocco пайдаланылды. Салыстырмалы талдаулар және қоздырғышпен біркелкі, күшейтілген инфекцияны қамтамасыз ету үшін, стандарттар әрбір 20 қатардан кейін себілді.

**2.3** **Зерттеу әдістемесі**

Зерттеудің әдіснамалық негізі Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтында, фитопатогенді саңырауқұлақтардың популяциясын зерттеуге арналған тәсілдерге негізделген. Әдістемелік тұрғыдан, ғылыми жұмыс өсімдіктердің иммунитетін зерттеудің дәстүрлі фитопатологиялық әдістерін қамтиды және ДНҚ молекулалық маркерлерді қолданумен толықтырылды.

2.3.1 Күздік бидай генотиптерінің ауруға төзімділігін зерттеудің фитопатологиялық әдістері

*Жасанды індет аясын қалыптастыру.* Өсімдіктерді вегетациялық кезеңде инокуляциялау арқылы жасанды инфекциялық аясы жасалды. Инокуляциялау бидайдың түтіктену – масақ шығару кезеңінің басында, сары татқа оңтайлы температура 15°С орнатылған кезде жүргізіледі. Спораларды талькпен 1:100 қатынасында араластырады. Тальк ауру өсімдіктердің бетін біркелкі тозаңдату үшін қолдануға болатын мөлшерде бүркілу керек. Қоспа инокуляциялау алдында дайындалады. Инфекциялық жүктеме: сары таттың (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) 20 мг/м2 тірі уредоспораларына негізделген [199]. Инфекциядан бұрын өсімдіктер суарылады, ал жапырақтары мен сабақтарына спораларды қолданғаннан инокуляциялағаннан кейін, олар 10 – 12 сағат бойына полиэтилен пленкасымен жабылады, өсімдіктер таң ертеңгі уақытта, шық болғанда немесе кешкі мезгілде егіледі. Ғылыми зерттеу мақсатында пайдаланылған спора – сары таттың популяциясы, бидайдың коммерциялық сорттары мен коллекциялық материалынан, сондай-ақ аймақтағы (N43.238193° E76.696753°) жабайы дәнді дақылдардан жиналып алынған (1 сурет).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\043b3dcb-e8fa-48e4-85b1-2d2ed51b9a8a.jpg  а | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\563f0f7a-222f-4e60-99b3-ca0eb224cae9.jpg  б | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\18550259-f823-4b5d-900a-0bea177d0bc7.jpg  в |
| Сурет 1 – Сары таттың инфекциялық материалы – инокулюмді зертханалық жағдайда бақылау: а – сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*); б – қоздырғыштың уредоспоралары; в – ауру қоздырғыш спорасын микроскоппен бақылау | | |

*Иммунологиялық бағалау*. Бірінші ауруды тіркеу оның алғашқы белгілері байқалған кезде, келесі бағалаулар 7 – 10 күн аралықпен, дәннің сүттеніп – балауызданып піскеніне дейін жүргізілді. Күздік бидай өсімдіктерінің сары татқа төзімділігін иммунологиялық бағалау: вегетациялық кезеңде түтіктену фазасынан бастап, өсімдіктің қоздырғышқа төзімділік реакциясын және залалдану дәрежесін анықтау үшін, тұрақты бақылаулар жүргізілді. Негізінен бастапқы есепке алу кезінде, түтіктену – масақтану кезеңінде, төменгі және ортаңғы ярустардың жапырағы тексеріліп, ал астық сттеніп пісу кезеңінде – жалауша жапырақты қоса алғанда, жоғарғы жапырақтары есепке алынып, талданады. Күздік бидайдың қоздырғышқа төзімділігінің критерийі ретінде инфекция типі (IT) және зақымдану дәрежесі (%) пайдаланылды. Төзімділік түрі Халықаралық шкала (CIMMYT) [200] бойынша жіктелді:

- 0 (иммунды) – зақымдану белгілері жоқ;

- R (төзімді) – шағын жеке некротикалық аймақтар, пустулалар жоқ;

- MR (орташа төзімді) – ұсақ пустулалар хлорозды және некрозды дақтармен қоршалған;

- MS (орташа төзімсіз) – орташа өлшемді пустулалар, некроздық емес, бірақ хлорозды дақтар болуы мүмкін;

- S (төзімсіз) – пустулалар үлкен, хлорозсыз және некрозсыз.

Өсімдіктердің зақымдану дәрежесі (0-100%) Peterson R.F. өзгертілген Кобб шкаласы бойынша анықталды [201]. Сары таттың инфекциялық коэффициенті (CI), инфекция типтерінің тұрақты мәндерін залалдану дәрежесіне көбейту арқылы есептелді. Инфекция типтеріне белгіленген тұрақты мәндер пайдаланылды: I = 0,0; R = 0,2; MR = 0,4; M = 0,6; MS = 0,8 және S = 1,0. [202]. *Өсімдік биомассасының индексін* (NDVI – Normalized Difference Vegetative Index) анықтау Green Seeker (Trimble Navigation Limited, АҚШ) портативті құрылғысының көмегімен жүзеге асырылды [203]. Егістік жағдайында иммунологиялық зерттеулер жүргізілді (2 сурет).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\54645b92-941e-4639-bce4-90dd074571c3.jpg  а | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\742c97b4-e3c9-4ee7-af2f-be5067b73c7f.jpg  б |
| Сурет 2 – ҚазЕжӨШҒЗИ тәжірибелік стационарындағы ғылыми – зерттеу жұмыстары: а – иммунологиялық бағалау; б – бидайдың вегетациялық индексін (NDVI) анықтау | |

2.3.2 *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* популяциясының нәсілдік құрамын талдау

Зертханалық жағдайда бидай өскіндерін инокуляциялау үшін, Биологиялық қауіпсіздік мәселелері ғылыми – зерттеу институтының коллекциялық материалынан, Қазақстандағы сары таттың басым нәсілдері (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) пайдаланылды – 7E159 және 31E158. Уредиоспоралар әртүрлі географиялық аймақтардағы және альтернативті тат иесі өсетін аймақтардағы коммерциялық бидай сорттарының өндірістік алқаптарынан, сондай-ақ табиғаттағы жабайы дәнді дақылдардан, селекциялық үлгілерден жиналды [204]. Споралары бар изоляттар өсімдік бетінен тегіс құрғақ қағазға және алюминий фольгаға жиналды. Жиналғаннан кейін споралар кептіріледі, содан кейін сақтауға дайындалды. Қажетті сақтау ұзақтығына және споралардың көлеміне байланысты спораларды сақтаудың әртүрлі әдістері бар. Бұл ғылыми жұмыста уредоспораларды вакуумда кептіруді жүргіздік. Ампулалардағы урединиоспораларды вакуумда кептіру оларды 10 жылға дейін және одан да көп сақтауға мүмкіндік береді. Споралар төмендетілген қысымда (40-50% вакуумда) 2 – 2,5 сағат бойы кептірілді, содан кейін споралары бар ампулалар оттық жалынының көмегімен бекітілді [199]. Бекітілгеннен кейін ампулалардағы вакуум тексерілді, өйткені ауаның болуы споралардың өміршеңдігін жоғалтуға әкеледі. Ұзақ мерзімді сақтау үшін (бір жылдан астам) споралары бар ампулалар тоңазытқышқа +4…+8°C орналастырылды (3 сурет).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\89f9f00d-ec1b-4af3-b2d8-a90a7528c1d3.jpg  а | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\e5ef72c7-a161-48c5-bd52-5a1b36ef1345.jpg  б |
| Сурет 3 – Зертханалық жағдайда сары тат (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) спорасын мақсатты ғылыми зерделеу жұмысы: а - сары тат спорасының үлгілерін жинау; б – спораларды ампулаларға орналастыру | |

Сары тат нәсілдерінің вируленттілігі, қоздырғыштың монопустулалы изоляттарының спораларымен изогенді *Yr* – линияларды жұқтыру реакциясымен анықталды [205 – 207]. Нәтижесінде әрбір нәсіл үшін вируленттілік/авируленттілік формуласы алынды.

Әр сорт пен линияның тұқымы 6 – 8 данадан, сыйымдылығы 200 мл арнайы ыдыста себіліп және жиынтықтар түрінде (вариант) орнатылады. Өскіндер пайда болғаннан кейін он күн өткен соң, әрбір жиынтық таңдалған нәсілдің спораларымен бүрку арқылы инокуляцияланды.

Тат спораларын қолданар алдында қоздырғыштар 10 минут бойы 40°C температурада термиялық өңдеуден өтті, содан кейін 2 сағат бойы 20°C ылғалды камерада ұсталды. Көшеттер 18±2°C қараңғы жерде және 100% ылғалдылықта 14 сағат бойы ылғалдандырылған камерада инкубацияланды. Инокуляциядан кейін бидай өскіндерінде тат спораларының дамуына қолайлы жағдайлар (сары тат үшін 12+2°C) және жарықтандыру жағдайлары (10 – 15 мың люкс, жарықтандыру мерзімі 16 сағат) жасалды [199].

Инфекциялаудан 12 – 15 күн өткеннен кейін, ауруға сезімтал Стекловидная 24 бақылау сортында аурудың максималды көрінісі кезінде, әрбір сортты сары таттың арнайы шкаласы бойынша бағаланды – Г.Гасснер, В.Страйб [208]. Бұл жағдайда 0 балл толық иммунитетті білдіреді, 0; – орташа иммунитет, 1 балл – жоғары төзімділік, 2 балл – орташа төзімділік, 3 балл – орташа төзімсіздік, 4 балл – жоғары төзімсіздік. Кейбір жағдайларда инфекция типін нақтылау үшін әрбір зақымдану көрсеткішіне минус (әлсіз) немесе плюс (күшті) белгілері қойылады [209]. Инфекцияны бағалау нәтижелері бойынша 0, 0;, 1 және 2 баллдық реакциялар төзімді тип R (төзімді), 3 және 4 баллдар төзімсіз тип S (сезімтал) ретінде жіктелді.

Дәнді дақылдардың тат ауруына мониторингі, қоздырғыш нәсілдерін (раса) талдау және бақылау жұыстарын жүргізу бойынша, Түркияның Измир қаласындағы тат ауруын зерттейтін ғылыми орталықтың (Regional Cereal Rust Research Center. ICARDA – Türkiye) биологиялық қауіпсіздік зертханасында (BSL) 2022 – 2023жылдары оқыту семинарында, ғылыми зерттеу – зерттеу жұмыстарының кезеңдері нақтыланды (4 сурет).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\abecbb4e-5dba-4a06-8109-1952d812b1fe.jpg  а | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\971ad95d-04ae-471e-9dc7-bfc6ff03b261.jpg  б |
| Сурет 4 – Дәнді дақылдардың тат ауруының арнайы Биологиялық қауіпсіздік зертханасындағы ғылыми – зерттеу жұмыстары: а – қоздырғыш нәсілдерін талдау және бағалау; б – ауру қоздырғышына фитопатологиялық мониторинг. Regional Cereal Rust Research Center (RCRRC). ICARDA – Түркия. Измир | |

2.3.3 Күздік бидай будандарын алудың селекциялық әдістері

Генетикалық талдау әдісін сәтті қолдану оған барлық организмдердің белгілері мен қасиеттерінің тұқым қуалауын реттейтін бірқатар маңызды заңдылықтар мен ережелерді тұжырымдауға мүмкіндік берді. Г. Мендель бірінші ұрпақ будандарында сақталатын белгіні доминантты (латын тілінен dominantis – басым, басу), ал көрінбейтін белгіні – рецессивті (латын тілінен recessus – жоқ, басылған) деп атады. Гибридті организмдердегі кейбір белгілердің басқалардың басылуын генетикада доминанттылық деп атайды. Екінші ұрпақ будандарында 3:1 еселік қатынаста доминантты және рецессивті белгілердің таралу үлгісін Г. Мендель сегрегация ережесі деп атады. Селекция және генетикалық талдауда будандастыру үлгілерін жазу үшін белгілі бір ережелер қолданылды. Келесілер белгіленді: будандастыру – Х, гибридті ұрпақтар – F әрпімен (латын тілінен Filialis – ұрпақ) сәйкес цифрлық индекстермен (F1 – бірінші, F2 – екінші, F3 – үшінші ұрпақ және т.б.) [92]. Гибридті популяциялардағы қалыптасу процестерінің заңдылығына сәйкес будандастыру үшін сорттардың ауруларға төзімділігінің айырмашылығына қарай жұп таңдау әдісін қолдандық.

*Будандастыру.* Будандастыруда [91, 92] сары татқа төзімді донорлар түрішілік будандастыру әдістерін қолдана отырып жүргізілді. Будандастырудың келесі түрлері қолданылды: жұптық (реципрокты – қасиет цитоплазмаға байланысты, төзімді сорт аналық форма ретінде алынады) және күрделі будандастыру (сатылы – селекциялық линиялары үшін қолданылды). Қайталап будандастыру (қанықтыру – гибридтік ұрпақта ата – аналардың бірінің қажетті қасиеттерін арттыру үшін), мәні мынада: алынған бірнеше оң белгілері бар, бірақ төзімділігі төмен түрлер, төзімді формалармен қайта будандастырылады. Ең жақсы өнімді, бірақ қоздырғышқа тұрақсыз сортүлгісі аталық форма ретінде алынады, ал гибридті ұрпақтың аталық формамен әр кейінгі кері будандастыруы беккросс деп аталады (5 сурет).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\08d8e2f9-130f-441e-a434-614b6ed94450.jpg  а | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\86b29ea8-3b61-4012-8b26-0711d75eda0e.jpg  б | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\3473f3ce-ccfe-47d7-9f98-ef82f89b00ab.jpg  в |
| Сурет 5 – Будандастыру: а – таңдалып алынған аталық масақтарды оқшаулау; б – түрішілік будандастыруға қолданылатын төзімді линия масағы; в – күздік бидай селекциясына арналған жаңа бастапқы материал – гибридтік популяция алу | | |

Ата – аналық формалар ретінде изогендік *Yr* – линиялар және сорттар, сондай-ақ Гендік қордың коллекциялық материалынан бөлініа алынған резистентті донорлар және селекциялық линиялар пайдаланылды. Өсімдіктерді кастрациялау жалпы қабылданған әдісті қолдану арқылы жүзеге асырылды: аталық тозаңдарды дамытпай алып тастау, содан кейін оқшаулау [210]. Тозаңдандыру Твелл әдісімен (Борлауг әдістемесі) гүлдер ашылғаннан кейін 3-4-ші күні жүргізілді: таңдалынып алынған аталық форманың материалы – гүлдеу кезеңіндегі масақ, жеке оқшауланған үлгілермен – ішінде кастрацияланған аналық түрдің масағымен будандастырылды (4 кесте).

Кесте 4 – Төзімділік көздерімен будандастыру арқылы алынған күздік бидайдың жаңа гибридті популяцияларының тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| **Гибридті популяция** | **Гибридті популяция** |
| 1 | 2 |
| 18723-7 х ARTхSaulesku#44/TR81020/3/Agri/Nac//Kauz | Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) х Steklovidnaya 24 |
| Almaly х Krasnovodopadskaya-25//PBW343\*2/Kukuna х Fielder(Yr6,Yr20) | Clement (W;Yr9+Yr2) х Egemen 20 |
| Steklovidnaya 24 х Мoskovskaya 56 х Vilmorin 23 (W;Yr3a,4a+other) | Yr 15/ 6\* Avocet S х 20389-6 |
| Mamyr х Bonito-44 х Yr 7/ 6\* Avocet S | Yr 5/ 6\* Avocet S х 20389-6 |
| Karasai х Мoskovskaya 56 х Clement (W;Yr9+Yr2+?) | Yr 5/ 6\* Avocet S х SWW 1/904 |
| Mamyr х Bonito-44 х Anza (YrA, Yr18) | Yr SP / 6\* Avocet S х Steklovidnaya 24 |
| Yr 5/ 6\* Avocet S х 16/12 х Triticum spelta (Inter,Yr5) | F5 № 23 х Kupava /9 х 37/20948-8 |
| 9/7/128 ген х YR17/6\*Avocet S | DI09016 х 5/126 gen |
| 9/7/128 ген х Ajvina | Fulvio х Daulet |
| 4/2109 х Yr 5/ 6\* Avocet S | Yr 10/ 6\* Avocet S х 38/20389-3 |
| Mamyr х Bonito-44 | Mv Zelma х 18952-1 |
| 6/124 (gen) х Ajvina | Subtil х Almaly |
| 7/19251-2 х Saulesku#44/TR81020/3/Agri/Nac//Kauz | Subtil х Dinara |
| 18723-7 х Ajvina | Lia 5823-8 х 4/2109 |
| 27/20156-3 х Saulesku#44/TR81020/3/Agri/Nac//Kauz | F5 № 23 х Kupava /5 х 37/20948-8 |
| Yr 5/ 6\* Avocet S х 16/12 | Mv-Menuett х 13/д 3 gen |
| 20841-17 х Batera//Kea/Tow/3/Tam200/4/494J6.11/Trap#1/Bow/5/TX96 | Tres/6\* AVS х 19187-3 |
| Egemen 20х Adagio | Yr 15/ 6\* Avocet S х Mereke 70 |
| Yr SP / 6\* Avocet S х16/12 | LIA 5899-16 х 9/7/128 gen |
| Yr 15/ 6\* Avocet S х 13/д 3 gen | Mv-Menuett х 18952-1 |
| Almaly х Krasnovodopadskaya-25//PBW343\*2/Kukuna | Beavborg х Arap |
| Steklovidnaya 24х Мoskovskaya 56 | Beavborg х 20156-4 |
| Karasai х Мoskovskaya 56 | Beavborg х 5/126 gen |
| Steklovidnaya 24х х Adagio | F5 № 23 х Kupava /1 х 4/19059-21 |

4 кесте жалғасы

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| 18723-7 х ART | F5 № 23 х Kupava /1 х 23/20061-12 |
| Karasai х Adagio | SG-V9157 х 22/20060-3 |
| 4/19059-21 х Seri | SWW1-135 х F2 hybr.lab. (F5 № 23 х Kupava /1 х 48/12121-6) |
| 20389-3 х Batera//Kea/Tow/3/Tam200/4/ 494J6.11/Trap#1/Bow/5/TX96V2427 | SG-V9157 х 23/20061-12 |
| 19059-21 х Krasnovodopadskaya-25//PBW343\*2/Kukuna | CH-111.14098 х OR2080111H |
| 9/20197-17 х Yr SP / 6\* Avocet S | Dh-Lines 1-1 х KS940786-6-9FM/CO970547-7 |
| F5 № 23 х Kupava /10 х 35/20060-2 | Dh-Lines 1-1 х 15/280 gen |
| д.1010(д.93 F3(N 23 x Kupava) х Mereke х 10/60 F5 N23 Kupava 7 | Yr 10/ 6\* Avocet S х Sultan - 2 |
| F5 № 23 х Kupava /5 х 15/20942-7 | Yr 15/ 6\* Avocet S х Sultan |
| SO1-249-3\*R х 7/19251-2 | BC01131-24 х Avicenna |
| 20841-17 х Ilinca | F5 № 23 х Kupava /3 х Nureke |
| Мoskovskaya 56х 32/20232-14 | F5 № 23 х Kupava /10х Mamyr |
| 20/20032-3 х Ostrov | F5 № 23 х Kupava /1 х 48/12121-6 |
| 19051-11 х SO1-249-3\*R | St. Eryhtr 1290-08 х 19030-1 |
| 20388-3 х Dh-Lines 1-1 | SO1-249-14\*R х 57/21190-1 |
| 19980-6 х Dh-Lines 1-1 | CH111.14511 х 13/10210 |
| 19670-1 х SO1-249-3\*R | SG-V9157 х 18723-7 |
| Saulesku#44/TR81020/3/Agri/Nac//Kauz х Dimash | Dh-Lines 1-1 х 20153-2 |

Нәтижесінде күздік бидайдың қалыптасқан бастапқы материалы арнайы бастапқы материал питомнигіне себілді. Олар екі түрлі болады: коллекциялық және гибридті [92]. Алынған материал ұзындығы 1 метрлік қатарларға қолмен себілді. Коллекциялық батсапқы материал питомнигінде жергілікті селекцияның және дүниежүзілік коллекцияның іріктелген генотиптері егілді, ал гибридтік питомникте түрішілік будандардың популяциялары егілді. Гибридті популяция сары таттың (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) жасанды инфекция аясында бағаланды. Зерттеу кезеңінде күздік бидайдың гибридті материалының аймақтағы *Pst* популяциясына төзімділігі бойынша иммунологиялық құндылығы талданды. *Іріктеу.* Таңдалған F1 гибридті комбинациялар, екінші ұрпақ – F2 өсімдіктерін алу үшін іріктеусіз қайта себілді. Екінші ұрпақта жасанды инфекциялық жағдайында қоздырғыш әсер етпеген өсімдіктерді жеке іріктеу жүргізілді. Анықталған төзімді өсімдіктер этикеткалармен белгіленді. F3-F4 ең жақсы гибридті популяциялар арасында құнды иммунологиялық сипаттамалары және сары татқа төзімді линияларды мақсатты түрде іріктеу жүргізілді [210].

*Құрылымдық талдау*. Алынған бастапқы материалдың құрылымдық талдауы әртүрлі жағдайларда, өнімділік потенциалы жоғары жаңа формалардың блоктарын қалыптастыру үшін қажет [92, 211]. Құрылымдық талдау зертханалық жағдайда және арнайы мамандандырылған бөлмеде жүргізілді. Бұл жағдайда: өсімдік биіктігі; өнімді сабақтардың саны; сноптың салмағы; сноптағы масақтардың саны; масақтардың салмағы; негізгі 5 масақтың салмағы; масақтың ұзындығы; масақтағы масақшалардың саны; 5 масақтағы дәндердің саны; 5 масақтан алынған дәннің салмағы; сноптағы қалған дәндердің саны; сноптағы қалған дәндердің массасы; сноптан алынған дән массасы; 1000 дән массасы сияқты көрсеткіштер ескерілді (6 сурет).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\1ee3e468-7c14-4695-ad58-78f904623268.jpg  а | C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\39c1f5b9-ed53-4ee6-b9f9-daba44a488b1.jpg  б |
| Сурет 6 – Іріктелген үлгілерді құрылымдық талдау: а – масақтардағы өнімділік көрсеткіштерін талдау; б – ауру қоздырғышының қарқынды дамуы жағдайында, күздік бидайдың өнімділік көрсеткіштерінің төмендеуі | |

2.3.4 Күздік бидай будандарындағы *Yr* гендерін анықтау үшін, ДНҚ маркерлерін қолдану

*Молекулалық – генетикалық зерттеу әдістері.* Геномдық ДНҚ ұсақ ұнтақталған тұқымдардан Dellaporat et al. сәйкес алынған [212]. ПТР әдісі 15 мкл көлемде: 1×PCR буфері, 1,5 мМ MgCl2, 0,15 мкМ dNTP, 0,7 мкМ праймер, 0,5 бірлік Taq ДНҚ полимераза (GeneLab, Астана, Қазақстан) және 3% DMSO арқылы орындалды. Реакциялар Bio-Rad iCycler жүйесінде (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, АҚШ) келесі бағдарламаны қолдана отырып жүргізілді: бастапқы қадам 95°C 4 минут, 30 цикл 94°C 1 минут, 55 – 60 °C ішінде 1 мин және 72°C 1 мин және соңғы кезең 72°C 5 мин. ПТР өнімдері 8% полиакриламидті гельде 200 В тұрақты кернеуде 70 минут бойы байқалды және этидиум бромидімен боялды (Вилбер, Лурма, Кол-Легиен, Франция). Генотиптеу кезінде сары татқа төзімділіктің тиімді гендері бар будандарды анықтап, талдау үшін SSR праймерлері пайдаланылды (5 кесте).

Кесте 5 – Молекулалық – генетикалық зерттеу әдістері

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gene | Marker Type | Primer Name | Primer Sequence | Amplicon size (bp) | Reference |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *Yr10* | SSR | Xpsp3000 | GCAGACCTGTGTCATTGGTC  GATATAGTGGCAGCAGCAGGATAC | 260 (R)  240 (S) | Wang, L.F  et al.,2002 [213] |

5 кесте жалғасы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *Yr15* | SSR | *Xbarc8* | GCG GGAATC ATG CAT AGG AAA ACA GAA  GCG GGG GCG AAA CAT ACA CAT AAA AAC A | 250 (R)  280 (S) | Chen, X. M  et al., 1998 [214] |
| *Yr18* | STS | csLV34v | GTT GGT TAA GAC TGG TGATGG  TGC TTG CTA TTG CTG AATAGT | 150 (R)  229 (S) | Helguera, M  et al.,2003 [215] |

2.3.5 Нәтижелерді статистикалық өңдеу

Мәліметтерді өңдеу, деректерді талдау R бағдарламалық құралының көмегімен және Microsoft Excel компьютерлік бағдарламалары арқылы жүргізілді [216, 217]. Бұл ретте иммунологиялық көрсеткіштердің өзгергіштігі мен маңыздылығы, параметрлер, инфекция коэффициенті (CI) және ауру дәрежесі (FRS) арасындағы көрсеткіштер талданды.

Кластерлік талдау, негізгі көрсеткіштерді талдау және Pearson корреляциялық талдауы R бағдарламалық құралында (v4.1.3) қажетті пакеттерді пайдалана отырып орындалды (R\_Core\_Team. R: статистикалық есептеулерге арналған тіл және орта; R Foundation for Statistical Computing: Вена, Австрия, 2023. Интернетте қолжетімді: https://www.R-project.org.).

**3 Зертеу нәтижелері мен оларды талдау**

**3.1 Күздік бидай генотиптерін иммунологиялық зерттеу**

3.1.1 Коллекциялық күздік бидай үлгілерінің сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауруына төзімділігін бағалау

Иммунологиялық зерттеу жұмыстары Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтының (ҚазЕжӨШҒЗИ, N43,238193° E76,696753°) тәжірибе базасында жүргізілді (2021-2023 жж.). Егістікте жасанды инфекция аясында, күздік бидайдың жергілікті және шетелдік 200 сортүлгіден тұратын жинағы (Орталық Азия елдері: Қазақстан, Өзбекстан, Қырғызстан, Тәжікстан және Ресей, Украина, Түркия, Сербия, Халықаралық ұйымдар: CIMMYT/ICARDA сортүлгілері) иммунологиялық ерекшеліктері бойынша зерттелді. Стандарт ретінде жасанды індет аясында қоздырғышқа сезімтал, жергілікті Алмалы, Стекловидная 24, Богарная 56 сорттары пайдаланылды. Сонымен қатар, жасанды індетті күшейтіп, аурудың біркелкі таралуын реттей отырып, салыстырмалы бағалау үшін, қоздырғышқа төзімсіздікпен ерекшеленетін шетелдік Morocco сорты пайдаланылды. Күздік бидай сортүлгілерін танаптық тәжірибеде иммунологиялық зерттеу барысында, олардың сары тат қоздырғышы (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici)* популяциясына төзімділігі туралы жаңа ғылыми негізделген деректер алынды. Қазақстанның оңтүстік – шығыс аумағында, күздік бидай сортүлгілерін үнемі мақсатты түрде иммунологиялық бағалау негізінде, соңғы жылдағы тат қоздырғыштарына төзімділік жағдайы талданды.

Жасанды індет аясында, салыстырмалы бағалау және талдау үшін қолданылған, стандарт сорттар – Алмалы, Стекловидная 24, Богарная 56 ауруға қарсы орташа төзімсіздік (MS) реакциясын көрсетсе, шетелдік Morocco сорты ауру қоздырғыштарымен 70 – 100%-ға дейін залалданып, S реакция түрін көрсетті. Бұл ғылыми зерттеу барысында, сортүлгілерді тиянақты бағалау мен іріктеу үшін, жасанды індет аясының қолайлы болғанын көрсетеді.

Сары тат қоздырғышына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділігіне қарай, зерттеудегі сортүлгілер: иммунды (ауру белгілері жоқ) – 11,5%, ауруға төзімді (R) – 28%, ауруға орташа төзімді (MR) – 22%, ауруға орташа төзімсіз (MS) – 36% және төзімсіз (S) – 2,5% реакция түрлеріне жіктелді. Зерттеудегі сортүлгілерінің 39,5% сары тат қоздырғышына қарсы ауру белгілері жоқ (0) және төзімділік (R) белгісімен ерекшеленді.

Жалпы зерттеудегі сортүлгілердің жартысынан көбі, яғни 60,5%-ы сары тат қоздырғышына төзімсіздік реакциясымен айқындалды. Алынған мәліметтерді талдай келе, сортүлгілердің иммунологиялық әлеуетін арттыру үшін, төзімділікке негізделген генетикалық әртүрлілікті анықтау аса маңызды екенін атап өтуге болады, себебі зерттеудегі күздік бидай материалының басым бөлігі, жасанды індет аясында тат қоздырғыштарына сезімтал (MS – S) болды. Жергілікті бидай сорттары мен линияларының көпшілігі осы аса қауіпті тат қоздырғышына өте сезімтал болатынын және індет жаппай дамыған жылдары өнімділіктің төмендеуіне әкеп соқтыруы мүмкін екендігін ескере отырып, дәнді дақылдардың Гендік қорына мақсатты түрде бағалау және іріктеу жүргізіп отыру керек (7 сурет).

Сурет 7 **–** Күздік бидай коллекциялық генотиптерінің сары тат қоздырғышына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділік реакция түрлері бойынша жіктелуі

Сонымен қатар, бағалаудан өткен күздік бидай материалының арасынан бөлініп шыққан, ауру белгілері жоқ төзімді сортүлгілер, зерттеудің маңызын көрсетеді және өсімдікті аурудан қорғауды қамтамасыз етуде, генетикалық төзімділіктің маңыздылығын растайды. Зерттеу жылдары сары тат қоздырғышына және басқада тат түрлерінетөзімділік көрсеткен сортүлгілер: Andijan 4; Ilgor; Yaksart; Ayvina; Durakhshon; Sipar; Adajio; Granma; Kantskaya, иммунитет үшін селекцияда құнды болып табылады.

Күздік бидайдың жергілікті сортүлгілері: Alatau; Alikhan; Zhadyra; Konditerskaya; Reke; Ybileinaya 60 және шетелдік сортүлгілер: Jayhun; Jasmina; Zimnica; Pamyat; Polovchanka; Ezoz; Xosildor; Yanbosh; Kamol; Dorade-5/3/Progr; Gratsia; Petr, жасанды індет аясында сары тат ауруына төзімділігімен ерекшеленді.

Сонымен, сары тат ауруына күздік бидай материалының 60,5%-ы төзімсіз болды. Иммунологиялық көрсеткіштер табиғи – климаттық жағдайлар және дақыл мен қоздырғыштың геномдық құрылымының ерекшеліктеріне байланысты болып келеді. Тат қоздырғыштарына аса сезімтал шетелдік Morocco сортының деңгейінде (S) сары тат ауруымен: Dordoy 16; Zhanym; Zhiger 2014; Akterekskiy; Zernokormovaya – 50 сортүлгілері залалданды, бұл олардың селекцияда иммунитет үшін әлсіздігін сипаттайды. Ғылыми зерттеу негізіндегі алынған ақпарат, еліміздің астықты аймақтары үшін, ылғалды жылдары таттың қауіптілігін және соған байланысты, жоғары өнімділік пен осы қоздырғышқа төзімділікті біріктіретін, құнды сорттарды шығару қажеттілігін растайды.

Күздік бидай сортүлгілерінің иммунологиялық көрсеткіштері бойынша салыстырмалы нәтижелері көрсеткендей, 2021 және 2023 зерттеу жылдарымен салыстырғанда, 2022 жылдың вегетациялық кезеңіндегі ауа – райы жағдайы тат қоздырғыштары үшін қолайлы болды. Сонымен, зерттеу материалының сары татпен (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) зақымдану дәрежесі 2021 және 2023 жылдары 15MS-ке дейін барса, ал 2022 жылы 70S дейін ауру тарап, дамыды. Бір аймақ жағдайында сортүлгілер арасындағы төзімділіктің әртүрлілігі, табиғи – климаттық жағдайдың ерекшеліктері мен өсімдіктің генетикалық құрылымы және патогендік популяцияға байланысты екені белгілі.

Тат ауруымен күресу үшін тиімді фунгицидтер мен төзімді сорттардың шығарылып жатқанына қарамастан, бұл қоздырғыштың агрессивті патотиптері астық өсіретін елдерде бидай өндірісіне қауіп төндіруде. Әр түрлі географилық аймақ сорттарының төзімділігін сипаттап, ауру қоздырғыштарының қозғалысы мен вируленттілігін бағалау үшін, бірлескен Халықаралық ынтымақтастық пен жүйелі бақылаулар қажет.

Зерттеу кезеңінде, жасанды індет аясында, сортүлгілердің NDVI (Normalized difference vegetation index) көрсеткіші қоса анықталды. Негізгі мақсат дақылдың вегетация кезеңінде, индекс мәндері мен аурумен залалдану көрсеткіштеріндегі өзгерістерді бақылау. Жасанды індет аясы жағдайында, күздік бидай сортүлгілері, аурудың зақымдану дәрежесі (%) мен NDVI индексінің мәні бойынша 5 топқа бөлініп, зерттеу материалында әр көрсеткіштің таралу жиілігі талданды. NDVI индексінің мәндері бойынша, аурудың дамуының бастапқы кезеңінде ерекше өзгерістер байқалған жоқ. Вегетация кезінде қоздырғышпен зақымдану дәрежесінің жоғарылауымен, NDVI индексте өзгерістер орын ала бастады. Негізінен фитопатогендердің түрлеріне байланысты көрсеткіштердің таралу жиілігінде айырмашылықтар орын алуы байқалды. Соған байланысты, сары тат ауруы көрсеткіштерін талдау кезінде, вегетация кезеңінде жақсы дамыған қоңыр татпен салыстырылып зерделенді. Сонымен, қоңыр татпен салыстырғанда, 5 – 10% дәрежесімен зақымданған сортүлгілер көлемі сары татта басым болды және сол деңгейде сортүлгілердің көп бөлігі NDVI мәндері 0,56 – 0,65 деңгейінде болған. Кейінірек, қоңыр тат қоздырғышының дамуы кезінде, зерттеу материалының көп бөлігі төзімсіздік реакциясын көрсетіп, сортүлгілердің NDVI мәндері 0,46 – 0,55 деңгейіне түскен.

Жалпы, жаппай ауру дамыған кезде (≥30%), NDVI индекс мәндері 0,79-дан 0,30-ға дейін төмендеуі және одан әрі 0,25-ке дейін күрт төмендеуі анықталды. Алайда, ауру қоздырғыштары дамуының орта сатысында кейбір өсімдіктерде NDVI индекс мәндерінің жоғары көрсеткіште тұруы, фотосинтетикалық белсенділіктің артуына тән, яғни генетикалық құрылымдағы төзімділікпенде байланысты (8 сурет).

Сурет 8 **–** Жасанды індет аясында, күздік бидай сортүлгілеріндегі тат қоздырғыштарымен залалдану дәрежесінің вариациясы мен NDVI индексінің жиілігі

Ауруға төзімділіктің қалыптасуы кезінде, өсімдіктегі физиология – биохимиялық заңдылықтарын зерттеуде, заманауи NDVI әдістерін қолдану отандық және шетелдік ғалымдардың жұмыстарынан көрініс табады. Дегенмен, NDVI индекс мәндерінің өсу немесе төмендеу сипаты және өсімдіктегі аурулардың ағымымен байланысын одан әрі зерттеу маңызды.

Дегенмен, жергілікті селекцияны және гендік қордағы коллекцияны жыл сайынғы зерттеу, бұрын татқа төзімді деп белгіленген сорттар мен линиялар, қазір жасанды індет аясы жағдайында, залалдану дәрежесі 10 – 70%-ға дейін ауыратыны анықталуда. Сорттар мен линияларда ауруға төзімділіктің жоғалуы, жаңа вирулентті тат патотиптерінің пайда болуымен байланысты екені белгілі. Осыған байланысты үздіксіз селекция үрдісінде, иммунологиялық ғылыми-зерттеу жұмыстары өзекті болып табылады. Генетикалық тұрғыда төзімділігі жақсартылып, генотиптердің реакциясы егістік – тәжірибелік жағдайда бағалануы маңызды. Біздің тәжірибедегі әр түрлі географиялық аймақтың сортүлгілері қарқынды инфекция жағдайында төзімді, орташа төзімді, төзімсіздікке ие иммунологиялық параметрлерді көрсетті. Зерттеудегі коллекциялық 200 генотиптің бір-бірімен иммунологиялық параметрлері мен NDVI көрсеткіштері бойынша ең аз маңызды айырмашылығы (НСР/LSD) анықталды (6 кесте).

Кесте 6 – Күздік бидай коллекциялық генотиптерінің иммунологиялық параметрлері және NDVI көрсеткіштері бойынша ең аз маңызды айырмашылығы

|  |
| --- |
| **Сары тат ( *Puccinia striiformis*)** |
| Df SumSq MeanSq F value Pr(>F)  X 1 1836 1836 26.62 6.14e-07 \*\*\*  Residuals 192 13240 69  ---  Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1  $statistics  MSerror Df Mean CV t.value LSD(НСР)  68.96002 192 6.458763 128.5729 1.972396 23.1637  $parameters  test p.ajusted name.t ntr alpha  Fisher-LSD fdr X 194 0.05 |
| **Қоңыр тат ( *Puccinia triticina*)** |
| Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  X 1 29 28.74 0.765 0.383  Residuals 197 7400 37.57  $statistics  MSerror Df Mean CV t.value LSD(НСР)  37.56525 197 7.708543 79.50983 1.972079 17.09356  $parameters  test p.ajusted name.t ntr alpha  Fisher-LSD none X 199 0.05 |
| **NDVI** |
| Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  X 1 0.0893 0.08930 13.37 0.000331 \*\*\*  Residuals 192 1.2828 0.00668  ---  Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1  $statistics  MSerror Df Mean CV t.value LSD(НСР)  0.006681014 192 0.6132474 13.32863 1.972396 0.2279977  $parameters  test p.ajusted name.t ntr alpha  Fisher-LSD none X 194 0.05 |

Нәтижесінде, күздік бидайдың Гендік қор бөлімінен алынған коллекциялық 200 сортүлгіден тұратын жинағы (Орталық Азия елдері: Қазақстан, Өзбекстан, Қырғызстан, Тәжікстан және Ресей, Украина, Түркия, Сербия, Халықаралық ұйымдар: CIMMYT/ICARDA сортүлгілері) иммунологиялық бағалаудан өткізілді. Жасанды індет аясы жағдайында, күздік бидай сортүлгілерінің 60,5%-ы сары тат (*Puccinia striiformis)* қоздырғышына, салыстырмалы түрде бағаланған таттың тағы бір түрі қоңыр тат қоздырғышына (*Puccinia triticina*) 95%-ы төзімсіздік реакциясын көрсетті. Зерттеудегі күздік бидай материалының арасынан бөлініп шыққан төзімді сортүлгілер (R): сары тат қоздырғышына – 39,5% зерттеудің негізін көрсетеді. Бұл сортүлгілер селекцияда иммунитет үшін құнды болып табылады.

3.1.2 Селекциялық линиялардың сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауруына төзімділігін бағалау

Селекциялық материалды зерттеу барысында Конкурстық сортсынау (КСС) линияларының тат популяциясына төзімділігі туралы ғылыми негізделген деректер алынды. Зерттелетін селекциялық линиялардың иммунологиялық сипаттамалары, селекциялық зерттеулерді жетілдіру және тереңдету, ауруларға төзімділікті біріктіретін ең құнды, жоғары өнімді үлгілерді анықтау үшін қажет. Жасанды инфекция аясында *P. striiformis, P. triticina* және *P. graminis* популяцияларына иммунологиялық баға беру негізінде күздік жұмсақ бидайдың тат түрлеріне төзімділік жағдайы анықталды. Стандартты сорт – Алмалы орташа сезімталдық реакциясымен (MS) атап өтілсе, Стекловидная 24, Богарная 56 стандарттары және шетелдік стандарт Morocco қоздырғышпен 70 – 100% зардап шекті. Сонымен қатар, зерттеудегі селекциялық линиялардың көпшілігі орташа төзімсіз және төзімсіз деп жіктелді (7 кесте).

Кесте 7 – Күздік жұмсақ бидайдың Конкурстық сортсынау питомнигінің селекциялық линияларының негізінен сары татқа (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), салыстырмалы түрде қоңыр тат (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici*) және сабақ татына (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) иммунологиялық сипаттамасы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ католог, линия** | **Ауру қоздырғыштарымен залалдану, %/ реакция типі** | | |
| ***Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*** | ***Puccinia triticina***  **f. sp. *tritici*** | ***Puccinia graminis* f. sp. *tritici*** |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Конкурстық сортсынаудың (КCC) селекциялық линиялары (суармалы жағдай) | | | |
| SWW1/904 | 20MS | 90S | 25MS |
| 4/2109 | 0 | 10MR | 10MR |
| 3/18408-7 | 30S | 90S | 30S |
| 18410-1 | 30S | 15MS | 20S |
| 7/18416-4 | 10MS | 25S | 20S |
| 21115-6 | 25MS | 30MS | 30S |
| 43/21427-2 | 15MR | 20MR | 10MS |
| 59/21427-3 | 15MS | 25MS | 15MS |
| 60/20948-1 | 10MS | 20MS | 20S |
| 9/7/128 ген | 0 | 5MR | 5MR |
| 10/60 F5 N23 Купава 7 | 5R | 10MR | 15MR |
| 9/20197-17 | 15MS | 30MS | 20MS |
| 10/20403-2 | 20MS | 30MS | 25S |
| 12/20977-13 | 10MS | 25MS | 20MS |
| 15/20942-7 | 20S | 30MS | 10MS |
| 17/21095-2 | 10MR | 25MS | 15MS |
| 18/21098-4 | 25S | 50S | 20S |
| 22/21106-1 | 15MR | 20MS | 40S |
| 21113-1 | 20MS | 60S | 20MS |
| 34/19187-3 | 10MR | 25MS | 15S |
| 35/20060-2 | 5MR | 15MS | 20S |

7 кесте жалғасы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 37/20948-8 | 10MS | 25MS | 60S |
| 22/20521-1 | 15MS | 60S | 30S |
| 33/21097 | 10MS | 20S | 25S |
| 36/21172-2 | 15MS | 25MS | 30S |
| 3/18628-3 | 10MS | 100S | 50S |
| 4/18723-7 | 10MS | 40S | 30S |
| 18403-5-4 | 15MS | 70S | 30S |
| St. Алмалы | 15MS | 80S | 20S |
| St. Morocco | 100S | 20S | 25S |
| Конкурстық сортсынаудың (КCC) селекциялық линиялары (тәлімі жағдай) | | | |
| 19059-21 | 20MS | 100S | 80S |
| 19251-2 | 15MS | 50S | 60S |
| 19488-22 | 20S | 50S | 50S |
| 19670-1 | 10MS | 70S | 25S |
| 19980-4 | 25MS | 80S | 60S |
| 19980-6 | 20MS | 30S | 20MS |
| 20060-3 | 40S | 30S | 20S |
| 20061-12 | 30S | 40S | 40S |
| 20009-6 | 20MS | 30S | 20MS |
| 20114-13 | 20S | 30S | 40S |
| 20114-16 | 25MS | 80S | 25S |
| 20156-3 | 15MS | 20S | 30S |
| 20156-4 | 25S | 40S | 20S |
| 20232-14 | 15MS | 50S | 20MS |
| 20388-3 | 10MS | 30S | 20MS |
| 20388-7 | 20MS | 100S | 35MS |
| 20389 | 30S | 60S | 20MS |
| 20389-1 | 70S | 100S | 20MS |
| 20389-2 | 25MS | 25MS | 15MS |
| 20389-3 | 10MS | 40S | 15MS |
| 20841-2 | 30MS | 30S | 20S |
| 20841-17 | 25MS | 40S | 25S |
| 19962-5 | 15MS | 100S | 15MS |
| 18952-1 | 25MS | 50S | 20S |
| St. Стекловидная 24 | 30MS | 100S | 20S |
| St. Богарная 56 | 40S | 50S | 20MS |
| St. Morocco | 100S | 40S | 30S |
| 0 – Immune; R – Resistant; MR - Moderately resistant; MS - Moderately susceptible; S – Susceptible. | | | |

Тат қоздырғыштарына (*P. striiformis, P. triticina, P. graminis*) реакциясына байланысты селекциялық линиялар: иммундық (0), төзімді (R), орташа төзімді (MR), орташа төзімсіз (MS) және төзімсіз (S) болып жіктелді.

Тәлімі бағыттағы Конкурстық сортсынаудың (КСС) барлық 24 линиясы MS-S реакция түрін көрсете отырып, 70 – 100% дейін тат қоздырғыштарымен залалданды. Бұл ретте суармалы бағыттағы Конкурстық сортсынаудың (КСС) питомнигінің 28 линияларының арасында сары тат (*Puccinia striiformis)* қоздырғышына иммундық реакциясы бар және белгілері жоқ – 2 (7,1%) линия ерекшеленді; төзімді – 1 (3,6%); орташа төзімді – 5 (17,8%), орташа төзімсіз – 16 (57,1%) және төзімсіз – 4 (14,3%) линиялар анықталды. Сондай-ақ, бұл питомникте қоңыр (*Puccinia triticina*) және сабақ (*Puccinia graminis*) татының қоздырғыштарына төзімді линиялар табылған жоқ. Тек 4 (14,3%) линия қоңыр татқа және сабақ татына 3 (10,7%) линия орташа төзімділік (MR) көрсетті (9 сурет).

Сурет 9 – Күздік жұмсақ бидайдың (суармалы бағыт) конкурстық сортсынау линияларының сары тат қоздырғышына (*P.striiformis*) таттың басқа түрлерімен (*P.triticina; P.graminis*) салыстырғандағы иммунологиялық көрсеткіштері

Алынған мәліметтерді талдай отырып, селекциялық линиялардың иммунологиялық әлеуеті жыл сайынғы сапалы зерттеуді және селекциялық питомниктерді, төзімділіктің генетикалық әртүрлі донорларымен қанықтыруды, талап ететінін атап өтуге болады, өйткені сыналған жұмсақ бидайдың (*T.* *aestivum*) басым бөлігі суармалы бағытта (71,4%) және тәлімі бағыттағы (100%) осы тат қоздырғыштарына сезімтал, яғни төзімсіз (MS – S).

Сонымен қатар, КСС питомнигінің күздік қатты бидайдың (*Т. durum*) селекциялық линияларына тат түрлерінің реакциясы талданды, олардың залалдану дәрежесі төменнен (20%-дан аз) жоғарыға (50%-дан жоғары) дейін өзгерді. Қатты бидайдың сыналған 20 селекциялық линиясының 4-і сары татқа төзімді, 3-і орташа, 12-сі орташа төзімсіздік, 1-і төзімсіздік көрсетті. Сондай-ақ, 1 линия қоңыр татқа орташа төзімділігімен ерекшеленді. Қатты бидайдың КСС питомнигінде тат қоздырғыштарына төзімді (R) линиялар табылған жоқ, барлығы ауруға аса сезімтал линиялар болды.

Күздік жұмсақ және қатты бидайдың селекциялық материалдарының иммунологиялық көрсеткіштері бойынша салыстырмалы нәтижелер, зерттеу жылдары, сары таттың (*P.striiformis*) осы қоздырғышпен зақымдану дәрежесі жұмсақ бидай линиясы үшін күшті (70S) байқалғанын көрсетеді, ал қатты бидай линияларында залалдану 10MS-тен 30S-ге дейін өзгерді. Бұл ретте, сары тат (*P.striiformis*) ауруын таттың басқа түрлерімен салыстырғанда – қоңыр тат (*P.triticina*) және сабақ тат (*P.graminis*) қоздырғыштарымен залалдану (MS-S), жұмсақ бидайға қарағанда қатты бидайда жоғары деңгейде дамуы анықталды.

Тексерілетін материалдың жалпы көлемі бойынша, тат түрлеріне төзімсіз (MS-S) лиинялар саны (%), жұмсақ бидайда: сары тат – 84,6%; қоңыр тат – 92,3%; сабақ таты – 94,2%, ал қатты бидайда: сары тат – 65%, қоңыр тат – 95%, сабақ таты – 100% дәрежесінде болды (10 сурет).

Сурет 10 – Жұмсақ (*Т.aestivum*) және қатты (*Т. durum*) бидайдың, селекциялық линияларының сары тат (*P.striiformis*) қоздырғышына басқа тат түрлерімен салыстырғанда (қоңыр тат және сабақ таты) төзімділік деңгейі

Тат ауруының қоздырғыштарына төзімсіз линиялардың жоғары пайызы өсімдік фитопатологтары мен селекционерлері үшін ескеруі маңызды ақпарат ретінде қарастырылуы керек. Бидайдың жергілікті сорттары мен линияларының көпшілігі осы аса қауіпті қоздырғышқа өте сезімтал болатынын, эпифитотиялық аурулар кезінде егіннің толық жойылуына және өсімдіктердің өлуіне әкеп соқтыратынын ескере отырып, осы індеттің дамуын нақты және жүйелі түрде талдау жүргізу қажет.

Сонымен қатар зерттелген материалдың арасынан табылған, ауру белгілері жоқ төзімді линиялар зерттеудің маңыздылығын көрсетеді және дақылды қоздырғыштан қорғауды қамтамасыз етудегі генетикалық төзімділіктің маңызын растайды. Айырықша төзімді линиялар иммунитет үшін жоғары селекциялық маңыздылықты білдіреді.

Жұмсақ бидайдың селекциялық линиялары: 4/2109; 9/7/128 ген және 10/60 F5 N23 Kupava 7 стандартты сорттардан – Алмалы, Стекловидная 24, Богарная 56 жасанды инфекциялық жағдайында, сары татқа төзімділігі жағынан айтарлықтай жоғары болды.

Иммунологиялық белгілер қатты бидай линияларында біршама басқаша көрінді. Бұл дақылдың және қоздырғыштың геномдық құрылымының ерекшеліктеріне байланысты. Осылайша, селекциялық материалдың 20% сары татқа төзімділік көрсетті, ал зерттелген қатты бидай материалының жартысынан көбі (60%) стандарт сорт көрсеткіштері деңгейінде (MS) қоздырғышпен зақымдалған.

Төзімсіз (S) стандарт шетелдік Morocco сорты деңгейінде сары татпен (*P. striiformis*) – 11 линия (5,7%), қоңыр татпен (*P. triticina*) – 35 линия (18,2%) және сабақ татымен (*P. graminis*) – жұмсақ бидайдың 33 линиясы (17,2%) ауырған, бұл олардың иммунитет үшін селекциялық маңызының төмендігін сипаттайды (11 сурет).

|  |
| --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\505fdf2f-f9e2-47fe-926c-0c9829182fcf.jpg  **S**  **R** |
| Сурет 11 – Селекциялық линиялар арасындағы сары татқа (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділік реакциясының (R – төзімді; S – төзімсіз) айырмашылығы |

Сары таттың оңтүстік – шығыс популяциясымен инокуляциялаған кезде, қоздырғыш қатты бидай линияларымен салыстырғанда жұмсақ бидай линияларына вируленттілігімен сипатталды. Алдынғы зерттеулерде фитопатолог ғалымдардың бірлесіп жүргізген ғылыми жұмыстарында, отандық сорттарда белгілі жоғары тиімді гендер анықталғаны белгілі, олар: Дастан (Yr5), Қарасай, Мереке 70, Наз және Ақдан (Yr10), Юбилейная 60, Дастан (Yr15) және Рамин, Нұреке, Мереке 70, Майра, Безостая 1 және Алмалы сорттарында (Yr18/Lr34) гендер жиынтығы нақтыланған [186, 187]. Алайда, отандық селекция мен дүниежүзілік коллекцияны жыл сайынғы зерттеулер, изогендік линиялардың экспрессивтілігін бақылай отырып, бұрын татқа төзімді деп белгіленген сорттар мен линиялар қазіргі уақытта, дала жағдайында 20 – 70% дейін инфекцияға ұшырайтынын көрсетеді.

Сорттар мен линиялардың қоздырғышқа төзімділігін жоғалту соңғы жылдары таттың жаңа вирулентті нәсілдерінің пайда болуымен байланысты. Осыған байланысты ұзақ мерзімді тұрақты төзімділігі бар, егінді сақтауда әлдеқайда тиімді сорттарды шығарған жөн.

Ұсынылған ғылыми жаңа деректер, осы қоздырғыштың ерекше қауіптілігін көрсетеді және перспективалық формаларды қалыптастыру қажеттілігін растайды. Демек, төзімділікке бағытталған селекциялық бағдарламаларды күшейту, фунгицидтерді кең көлемде қолдануды және жағымсыз экологиялық зардаптарды азайтуға көмектеседі. Осыған байланысты селекциялық материалдың төзімді формаларын таңдау және иммунологиялық әлеуетін арттыру үшін, жүйелі талдау және ғылыми негізделген ақпарат алуға негізделген, перспективті бағыттарды үнемі зерттеп отырған жөн.

Осылайша, егістік жағдайдағы селекциялық материалды, тат қоздырғышының қарқынды даму аясында бағалау, жұмсақ және қатты бидай линияларының көпшілігі (79,2%) қоздырғышқа орташа төзімсіз (MS) және төзімсіз (S) ретінде сипатталғанын көрсетті. Сары тат (*Puccinia striiformis*) қоздырғышына реакциясы бойынша жұмсақ бидайдың 2 линиясы иммунды болды және осы қоздырғышқа төзімділік (R) негізінде қатты бидайдың 4 линиясы және жұмсақ бидайдың бір линиясы анықталды. Нәтижесінде алынған ғылыми ақпарат, иммунологиялық сипаттамалары бойынша селекциялық материалды бағалау және іріктеу бойынша ғылыми жұмыстың өзектілігін нақтылады. Өндірістік талаптарға сай иммунологиялық көрсеткіштері жақсартылған, жоғары өнімді сорттарды шығару үрдісін жеделдету үшін, төзімділікке бағытталған зерттеу жұмыс нәтижелері қолданылады.

3.1.3 Қазақстанның оңтүстік – шығыс аумағы жағдайында сары тат ауру қоздырғышына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділіктің тиімді донорларын анықтау және іріктеу

Халықаралық питомник ІYRTN және YR – DIF SET дифференциаторларының сорттары мен изогендік Yr линиялары арқылы оңтүстік – шығыс *Pst* популяциясының вируленттілігінің динамикасын талдау және *Yr* гендерінің тиімділігі анықталды.

Төзімді сортты шығару кезінде, төзімділік гендерінің экспрессиясын білу маңызды. *P. striiformis* жергілікті популяциясына Yr гендерінің тиімділігін бағалау мақсатында, өсімдіктің ересек сатысында, изогендік Yr – линиялардың қоздырғышқа реакциясы зерттелді. Жасанды індет аясы жағдайындағы зерттеу нәтижесінде генотиптердің жергілікті *P. striiformis* популяциясының қоздырғышына қатысты иммунологиялық сипаттамалары алынған.

Жүргізілген зерттеулер Богарная 56 және Morocco индикаторлық сорттары сәйкесінше 30MS және 100S дейін қоздырғышпен зақымдалғанын көрсетті. Бұл объективті иммунологиялық бағалау және төзімді формаларды таңдау үшін қолайлы күшті инфекциялық фонды білдіреді.

Зерттелетін генотиптердің жартысынан көбі иммунологиялық параметрлері бойынша сары тат популяциясына орташа төзімсіз және төзімсіз деп белгіленді. Сонымен бірге Yr5, Yr10, Yr15 гендері бар изогенді линиялар патогенге тиімді төзімділік көзі екені расталды. Бұрын төзімді деп анықталған генотиптердің иммунологиялық параметрінің өзгеруі байқалды. Дифференциатор сорттар Hybrid 46 (Yr4) және Nord Desprez (YrND) зерттеудің соңғы жылдарында сәйкесінше 5R және 10MS көрсеткішіне ие болды. Сондай-ақ, Avocet/YrSp линиясы MR реакция түрімен патогенмен 10 – 15% дейін залалданды.

Егістік алқаптарын жыл сайынғы иммунологиялық ғылыми зерттеулер климаттың өзгеруіне, қоздырғыш популяциясының генетикалық құрылымына және инфекцияның іргелес аудандардан енуіне байланысты, құрғақ жылдарды қоспағанда, бұрын төзімділікпен белгіленген генотиптерде сары таттың жиілігі жоғарылайтынын көрсетті. Жасанды инфекциялық жағдайында изогендік линиялар мен дифференциаторлардың реакциясына байланысты, патоген популяциясы белгілі бір гендерге вирулентті және авирулентті деп бөлінді. Сонымен, оңтүстік-шығыс Қазақстан жағдайында *Pst* популяциясы Yr1, Yr2, Yr3, Yr4, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr17, Yr18, Yr21, Yr25, Yr27, Yr28, Yr29, Yr31, Yr32, YrA және YrND гендеріне вирулентті болды, ал YrSp, Yr5, Yr10 және Yr15 гендеріне авирулентті.

Осылайша, гендер: Yr5, Yr10 және Yr15 тиімділігі жоғары, олар бастапқы төзімділіктерін сақтап қалған. Сондай-ақ, Hybrid 46 (Yr4) және Avocet/YrSp изогенді линиялары сары татқа орташа төзімділік (MR) көрсетті. Қалған генотиптерге *Puccinia striiformis* популяциясы MS – S реакция түрін көрсететіп, залалдану дәрежесі 60 – 100% дейін болды.

Ауруға төзімділік бойынша селекцияның жетістігі көптеген факторлармен анықталады, олардың ішінде генетикалық ресурстар шешуші мәнге ие. Жыл сайынғы фитопатологиялық мониторинг және иммунологиялық бағалау көрсеткендей, бұрын қоздырғышқа төзімді деп танылған сорттар аурудың дамуына қолайлы жылдарда 10 – 70% дейін қоздырғыштар әсер етуде. Осыған байланысты татқа төзімді сорттарды таңдауда, қоздырғыштың уақыт пен кеңістікте таралуын бақылай отырып, белгіленген жоғары тиімді және тиімді төзімділік гендерін пайдалану ұсынылады. Сондай-ақ, бидай селекциясы үшін генетикалық әртүрлілікті қамтамасыз ететін татқа және басқа ауру қоздырғыштарына жиі төзімділігі бар, жабайы дәнді дақыл түрлеріне ерекше назар аудару керек (12 сурет).

Сурет 12 – *Puccinia striiformis*. f. sp. *tritici* популяциясына төзімділігі бойынша Yr гендерінің тиімділігі

Иммунологиялық ғылыми зерттеулердің нәтижелері бойынша *Yr* гендерінің тиімділігі зерттелді. *Pst* популяциясына төзімділігімен ерекшеленген жоғары тиімді линиялар мен гендер: Yr5, Yr10, Yr15 және Hybrid 46 (Yr4); Avocet /YrSp. Бидайдың сары татының қоздырғышына төзімділігі бойынша селекцияны күшейту үшін анықталған төзімділік көздерін пайдалану ұсынылады.

**3.2 Қазақстандағы сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) қоздырғышының популяциялық құрамы**

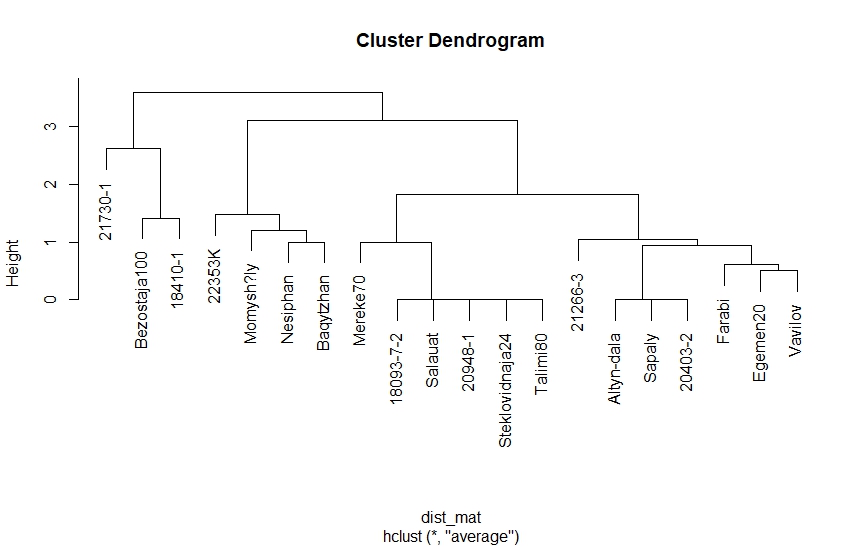
3.2.1 Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) қоздырғышының патотиптері. Оңтүстік – шығыс Қазақстандағы *Pst* нәсілдік құрамы

Генетикалық түрленген және агрессивті *Pst* нәсілдерінің жаһандық пайда болуы, қоздырғыштың әртүрлі маусымдық және географиялық үлгілеріне әкеледі, бұл мәдени бидай сорттарын патогенге осал етеді және жаппай сары тат эпидемиясын тудыруы мүмкін. Сары таттың қазақстандық популяциясымен зерттеу жұмыстарын жүргізу нәтижесінде *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* қоздырғышының 31Е158; 7Е159 нәсілдері аймақтағы негізгі үстем патотиптер екені нақтыланды. Зерттеудегі сорттар мен селекциялық линиялардың *Pst* патотиптеріне төзімділік реакциясы әр түрлі болды (8 кесте).

Сорттар мен линиялардағы сары таттың (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) басым нәсілдеріне төзімділік белгісінің өзгергіштігін анықтау үшін, кластерлік талдау, дендрограмма жасалынды. Бидай сорттары мен селекциялық линияларды төзімділігіне қарай топтастыру кезінде, кластерлік талдау негізінде жақсы сипаттамамен жоғары және көрсеткіштері төмен топтар жіктелінді. Зерттеудегі үлгілер көрсеткіштеріне қарай, бір – бірінен жақын және алыс қашықтықтарда да дендрограммаларда орналасып жатты (13 сурет).

Кесте 8 – Сары таттың (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) басым нәсілдеріне бидай сорттары мен линияларының иммунологиялық сипаттамалары

| **№** | **Таксон нөмірі\*** | **Сорт/линия** | **Даму типі\*** | **Популяция типі\*** | **Статус\*** | **Шығу тегі** | **Реакция устойчивости к доминирующим расам *Pst,* балл** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **31Е158** | **7Е159** |
|  | 32210 | Стекловидная 24 | W | CV | CVR | Богарная 56 / Теплоключ.2 // Ростовчанка | 4 | 4 |
|  | 32210 | Егемен 20 | W | CV | CVR | Алмалы 6783-69/7 (К-50431 / Безостая 1) | 2+ | 2 |
|  | 32210 | Сапалы | W | CV | CVR | (Богарная 56/Альбид.114) // Крупнокол. | 3 | 3 |
|  | 32210 | Вавилов | W | CV | CVR | Мироновская 808 / Обрий | 2+ | 2+ |
|  | 32210 | Мереке 70 | W | CV | CVR | Г-1982-2б / Опакс-1 | 4 | 3 |
|  | 32210 | Фараби | W | CV | CVR | Карлыгаш / Тв.пш.680 | 3 | 2 |
|  | 32210 | Несіпхан | W | CV | CVR | Жалын / Наз | 4 | 0 |
|  | 32210 | Тәлімі 80 | W | CV | CVR | Таза / Мироновская остистая | 4 | 4 |
|  | 32210 | Бақытжан | W | CV | CVR | Стекловидная 24 / Алмалы | 3 | 0 |
|  | 32210 | Момышұлы | W | CV | CVR | Опакс 18 / Альбатроссодесский | 3 | 1 |
|  | 32210 | Безостая 100 | W | CV | CVR | Россия, КНИИСХ | 0 | 0 |
|  | 32210 | 21730-1 | W | RM | BL | (Г-1782-125/Юбиляр) / Мереке 75 | 0 | 3 |
|  | 32210 | 20403-2 | W | RM | BL | Расад / Salamoom | 3 | 3 |
|  | 32210 | 20948-1 | W | RM | BL | 9201-19-2 / 9182-5-1 | 4 | 4 |
|  | 32210 | 22353 К | W | RM | BL | П47 / д 24SA | 2 | 0 |
|  | 32210 | 18410-1 | W | RM | BL | Жетысу / Богарная56 | 1 | 1 |
|  | 32210 | 21266-3 | W | RM | BL | Жетысу / SWW 2/126 | 2 | 3 |
|  | 32326 | Салауат | S | CV | CVR | Леукурум 692 / Оренбург.10 | 4 | 4 |
|  | 32326 | Алтын-дала | S | CV | CVR | Хар.21 х Саратовская золот. | 3 | 3 |
|  | 32326 | 18093-7-2 | S | RM | BL | Леукурум 692 / Оренбургская 10 | 4 | 4 |
| \*32210 - *T. aestivum*; 32326 - *T.durum*; W – күздік; CV – сорт; RM – зерттеу материалы; BL – селекциялық линия; CVR – шығарылған сорт (released cultivar) | | | | | | | | |



Сурет 13 – Кластерлік талдау, сары таттың (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) басым нәсілдеріне төзімділігіне қарай дендрограммада сорттар мен линияларды орналастыру

Бидай үлгілерінің иммунологиялық жағдайына, нәсілдік құрамына зерттеу жүргізген бақылаулар, ауру қоздырғышының патотиптері дамуы мен таралуы өсірілетін сортқа, сондай-ақ аймақта зерттеу жүргізілетін жыл мен географиялық ауданға байланысты өзгеретінін көрсетті. Изогенді Yr – линияларын қолданып, сары тат нәсілдерін талдау нәтижесінде, Yr гендер вирулентті / авирулентті болып жіктелді (9 кесте).

Кесте 9 – Қазақстандағы *Pst* нәсілдік құрамы және оның Yr геніне вируленттілік / авируленттілік формуласы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сары тат қоздырғышы | Нәсіл (раса) | Вируленттілік / авируленттілік |
| *Puccinia striiformis*  f.sp. *tritici* | 7E159 | *Yr1, Yr6, Yr7, Yr8, Yr12, Yr18, Yr27 / Yr10, YrSp, Yr5, Yr9, Yr26.* |
| 31E158 | *Yr1, Yr6, Yr8, Yr18, Yr9, Yr26 / Yr7, Yr10, Yr12, YrSp, Yr5, Yr27.* |

Селекцияда иммунитет үшін сары таттың 7E159 патотипіне төзімді Yr9 гені және 31E158 патотипіне төзімді Yr12 гені үлкен қызығушылық тудырады. Сары тат патотиптері Yr1, Yr6, Yr8, Yr18 гендері үшін вирулентті болды. Осылайша, жалпы аурудың дамуымен қоса, оның нәсілдерін зерттеп, алынған нәтижені мақсатты пайдалану, сары татқа төзімді жақсы сорттарды шығаруға мүмкіндік береді. Арнайы бақыланатын жағдайда, белгілі бір нәсілге (расаны) төзімділіктің спецификалық түрі үшін, селекцияда Yr9, Yr10,YrSp, Yr5,Yr26, Yr27 изогендік линияларына, авирулентті нәсілдерді (расаны) ғылыми мақсатты пайдалану тиімді.

3.2.2 Қазақстанның оңтүстік – шығысындағы *Pst* популяциясының вируленттілігін фенотиптеу

Жүргізілген ғылыми зерттеулер негізінде оңтүстік – шығыс *Pst* популяциясының вируленттілігі талданып, генотиптердің иммунологиялық сипаттамалары анықталды. Егістік жағдайында сары тат популяциясы қарқынды даму жағдайында, ересек өсімдік сатысында жергілікті *P. striiformis* популяциясына сорттардың төзімділігі бағаланды және изогенді Yr –линиялар/дифференциаторлар арқылы гендердің тиімділігін фенотиптеу орын алды. Генотиптерді зерттеу кезінде жергілікті стандарт сорттар: Алмалы, Стекловидная 24 және Богарная 56 – 25MS дейін, Morocco – 100S дейін инфекция типін көрсетті.

Зерттелетін вегетациялық кезеңдердегі фенотиптік деректер Yr5, Yr10, Yr15 және YrSp гендерінің тиімді төзімділігін көрсетеді. Бұрын орташа төзімділікпен сипатталған Yr8 және Yr27 гендерінің тиімділігінің төмендеуі байқалды.

Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ауру қоздырғышының жаппай даму деңгейінің салыстырмалы жоғары көрсеткіші 2022 жылы байқалды. *Pst* популяциясының агрессивтілігі Yr6, Yr7, Yr21 гендерінде айқын байқалды. Бидайдың өсуінің ересек кезеңінде оны қорғауда жоғары тиімділік көрсеткен гендер: Yr5, Yr10, Yr15, YrSp, олар төзімділіктерін сақтап қалды. Соңғы жылдары бұрын орташа төзімді (MR) ретінде анықталған Yr8, Yr27 гендерінің изогенді линиялары MS реакция түрімен 10 – 15%-ға дейін патогенмен залалданды. Алынған мәліметтерді талдау барысында жылдар бойынша иммунологиялық көрсеткіштердің салыстырмалы вариациясы анықталды (10 кесте).

Кесте 10 – Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) популяциясының изогендік Yr линияларына / дифференциаторларына қатысты, коэффициент инфекциясына сәйкес, иммунологиялық параметрлер диапазоны

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Көрсеткіштер | CI2018 | CI2019 | CI2020 | CI2021 | CI2022 |
| min - max | 0-100 | 0-90 | 0-100 | 0-90 | 0-100 |
| mean | 15.29 | 17.12 | 17.83 | 18.92 | 27.83 |

Сонымен, 2018 жылдан 2021 жылға дейін инфекцияның орташа деңгейі аса жоғары болмады (CI<20). Тек 2022 жылы көрсеткіштің салыстырмалы өсуі байқалды (CI>20). Сары таттың инфекциялық коэффициентінің (CI) вариациясы қалыпты болды.

Қазақстанның оңтүстік – шығыс жағдайындағысары тат популяциясының (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) вируленттілігін фенотиптеу, соңғы өзгермелі климат жағдайында гендік ағымның тұрақтылығы нақтыланды. *Pst* популяциясының таралуын және оның вируленттілік гендерін түсіну, патогенді бақылау стратегияларын әзірлеу үшін маңызды болып табылады, сары тат қаупін тиімді бақылауға мүмкіндік береді. Осыған байланысты егістік жағдайдағы изогендік линиялар мен дифференциатор сорттарының реакциясын ескере отырып, жергілікті *Pst* патотиптері белгілі бір гендер үшін авирулентті және вирулентті болып саналады (11 кесте).

Кесте 11 – *Pst* популяциясының вируленттілігін фенотиптеу

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Патотип/**  **Генетика-лық топ** | **Вируленттілік фенотипі** | | **Геогра-фиялық аймақ** |
| *Pst* популяция | 1,2,3,-,-,6,7,8,9,-,-,17,18,21,25,27,28,29,31,32,-,YrA,YrND | | Қазақстанның оңтүстік-шығыс аумағы |
| авирулентті формула | вирулентті формула |
| Yr4, Yr5, Yr10, Yr15, YrSp | Yr1, Yr2, Yr3, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr17, Yr18, Yr21, Yr25, Yr27, Yr28, Yr29, Yr31, Yr32, YrA, YrND |

Түрлі генотиптердің төзімділігінің иммунологиялық сипаттамалары, селекцияда жаңа төзімді сорттарды таңдаудағы маңызды көрсеткіштердің бірі екені белгілі. Сонымен қатар, ғылыми негізделген ақпарат қауіпті ауру қоздырғыштардан егін шығынын азайту үшін тиімді қорғаныс шараларын әзірлеуде қолданылады. Сары татқа төзімділік көздерін табу үшін, күздік бидайдың әр түрлі экотиптен құралған генотиптерінің төзімділігін нақтылау мақсатында, жүйелі скринингтен өткізілді.

Ғылыми жұмыс топтамасындағы генотиптердің төзімділік критерийлері бойынша: иммундық (0), төзімді (R), орташа төзімді (MR), орташа төзімсіз (MS) және төзімсіз (S) болып, аймақтағы басым *Pst* патотиптеріне реакциясына байланысты жіктелді. Сыналған күздік бидайдың генотиптерінің ішінде сары татқа (*Puccinia striiformis*) иммундық реакциясы бар – 45 (23,3%) үлгі; төзімді – 41 (21,2%); орташа төзімді – 33 (17,1%) үлгі, орташа төзімсіз – 69 (35,8%) және төзімсіз – 5 (2,6%) үлгі ерекшеленді. Топтамадағы үлгілердің басым бөлігі төзімді (R – MR) реакция түріне жатқызылды. Талдау нәтижесінде генотиптегі инфекция коэффициенті (CI) деректері алынды: min=0, орташа=6,42, макс=70.

Бір географиялық аймақта генотиптер арасындағы инфекцияның байқалатын айырмашылықтары, ең алдымен өсімдік – ие және саңырауқұлақ популяциясының генетикалық құрылымының айырмашылығымен байланысты, сонымен қатар зерттеудегі сорттардың әртүрлі агроэкотиптерімен де байланысты. Генотиптердің төзімділігін бағалау иммунологиялық сипаттамалардың маңыздылығын анықтауға мүмкіндік берді. Алынған мәліметтер статистикалық талдау үшін біріктірілді (12 кесте).

Кесте 12 – *Pst* популяциясы мен генотиптерге қатысты инфекция коэффициентінің маңыздылығын талдау

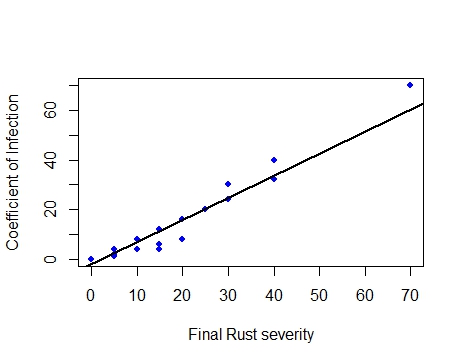
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Df | SumSq | MeanSq | F value | Pr(>F) |
| CI  (Coefficient of infection) | 1 | 16366 | 16366 | 2579 | <2e-16\*\*\* |
| Residuals | 191 | 1212 | 6 |  | |
| Signif. codes: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 | | | | | |

Жалпы алғанда, зерттелетін генотиптердің *Pst* популяциясына реакциясының (<2e-16\*\*\*) жоғары маңыздылығымен, оң статистикалық деректер алынды. Зерттелген генотиптер топтамасында жергілікті сорттар: Alatau, Zhadyra, Mayra, Konditerskaya, Manshyk, Nureke, Krasnovodopadskaya 90, сонымен қатар шетелдік селекция сорттары: Andijan 1, Bardosh, Azibrosh,Topper,Alex, Sipar, Yusufi, Vostorg, Pamyat, Petr, Moskovskaya 39, Nacibey арнайы жасанды инфекциялық жағдайында өте төмен инфекция коэффициентімен (CI = 0 – 0,5) және ерекшеленді және *Pst* популяциясына төзімділігі стандартты сорттардан: Алмалы (CI = 7,5), Стекловидная 24 (CI = 11, 25) айтарлықтай жоғары болды.

Богарная 56 (MS) және Morocco (S) индикаторлық сорттары деңгейінде генотиптердің 38,4% залалданды, бұл олардың сары татқа (*Puccinia striiformis*) иммунитеті үшін селекциялық маңызының төмендігін білдіреді. Белгілі бір генотиптердегі салыстырмалы жоғары инфекция коэффициенті, мысалы: Aktereksky (CI=70), Zernokormovaya 50 (CI=30), Zhiger 2014 (CI=30), Kazakhstanskaya 75 (CI=22,5), Dordoy 16 (CI=40), Zhanym (CI=30), Kayrak (CI=22,5), Antonina (CI=22,5), Gurt (CI=30) олардың *Pst* популяциясына осалдығы ретінде сигнал деп қарастыруға болады, бұл эпифитотия жылдарында өнімнің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

Отандық селекцияның сорттары арасында ерекшеленетін, жергілікті *Pst* популяциясына тұрақты төзімді реакция көрсететін үлгілер: Alatau, Alikhan, Akdan, Aliya, Anara, Batyr, Bayandy, Botagoz, Derbes, Zhadyra, Kokbiday, Koksy, Konditerskaya, Krasnovodopod 210, Mayra, Manshyk, Mereke 70, Nureke, Ramin, Krasnovodopadskaya 90,Yubileynaya 75, сондай-ақ шетелдік селекцияның сорттары – Өзбекстан сорттары: Andijan 1, Durdona, Jayhun, Jasmina, Jasmina, Ezoz, Yaksart, Turkiston; Қырғызстан: Azibrosh, Topper, Kasiet; Тәжікстан: Alex, Ayvina, Kamol, Sipar, Yusufi; Ресей: Pamyat, Gratsia, Moskovskaya 39, Petr, Vostorg, Kroshka; Түркия: Nacibey, Adajio; TCI: Axe/Tosunbey және Dorade-5/3/Progr., бастапқы материал ретінде олардың маңыздылығы мен құндылығын көрсетеді. Анықталған төзімді генотиптердің селекциялық маңызы жоғары.

Ғылыми зерттеулерде залалдану дәрежесі (FRS), rAURPC, латенттік кезең және инфекция жиілігі параметрлері арасындағы инфекция коэффициентінің корреляциясы, өте жоғары ассоциацияларды көрсетеді. Генотиптердегі инфекция коэффициенті (CI) және залалдану дәрежесі (FRS) параметрлері арасындағы байланысы нақтыланды (14 сурет).



y=0.89286x-2.06940

R²=0.93

Сурет 14 – Сары тат (*P. striiformis* f.sp. *tritici*) инфекциясының залалдау дәрежесі (FRS) мен инфекция коэффициенті (CI) арасындағы байланыстың регрессиялық талдауы

Инфекция коэффициентінің және залалдау дәрежесінің тәуелділігін регрессиялық талдау нәтижесінде, айтарлықтай жоғары көрсеткіштермен деректердің оң корреляциясы алынды (R²=0,93).

Мәдени өсімдіктерде тиімді төзімділік гендерінің болуы, өсімдіктерге патотиптердің селективті қысымының өзгеруіне байланысты, инфекцияның баяу өсуіне ықпал ететіні белгілі [218]. Иммунологиялық көрсеткіштер бойынша салыстырмалы нәтижелер күздік бидайда сары тат (*P.striiformis*) 2022 жылы айқынырақ болғанын көрсетеді. Сондықтан инфекция коэффициенті төмен және басқа да төзімділік параметрлері бар сорттарда төзімділік гендері болуы ықтимал және олардың төзімділігі, көптеген авторлардың зерттеулерінде бұрын айтылғандай, ұзақ уақыт сақталуы мүмкін [219, 220]. Ең көп қолданылатын сорттарда кездесетін төзімділік гендері, әрқашан белгілі бір аймақта патогендік нәсілдердің таралуына әсер етуде шешуші рөл атқарады. Тиімді Yr гендерін тасымалдайтын комбинациялар коммерциялық сорттарға төзімділік көздерін енгізу үшін, бастапқы генетикалық материал ретінде пайдалы. Yr15, Yr65 гендерінің және Yr9+Yr18; Yr30+Yr46 ген комбинацияларының төзімділігі және кейбір бұрын кеңінен қолданылған Yr9 және Yr10 гендерінің тиімділігін жоғалтуы туралы мәліметтер бар [221].

Біздің зерттеулеріміз төзімді күздік бидайдың бірқатар генотиптерін анықтады. Табысты селекция үшін төзімділік көзі ретіндегі гендер көп. Дегенмен, қоздырғыш популяциясының вируленттілігінің өзгеруіне байланысты, тұрақты төзімділіктің жаңа көздерін одан әрі іздеу және шетелдік коллекцияның генотиптік әртүрлілігін бағалау маңызды. Әртүрлі экотиптер бойынша алынған генотиптердің иммунологиялық сипаттамалары, аймақта сары таттың даму қарқындылығын көрсетеді және *Puccinia striiformis* қоздырғышына төзімділікті жоғары өнімділікпен үйлестіретін перспективалы сорттарды құрудың ерекше қажеттілігін растайды. Ғылыми негізделген селекция үшін, өңірлерде перспективті линияларды іріктеуді және *Pst* нәсілдерін талдауды жалғастырып, иммунологиялық зерттеулерді үзіліссіз жүргізу қажет. Осыған байланысты келесі қадам оқшауланған R генотиптерінде жоғары тиімді Yr гендерінің болуын зерттеу және оларды селекциялық пайдалану болып табылады. Бұл мақсатта, шығу тегі әртүрлі сорттардың төзімділігі туралы жүйелі ақпарат алмасуды, тат қоздырғыштарының қозғалысы мен вируленттілігін бақылауды және Халықаралық ынтымақтастықты арттыруды талап етеді.

Зерттеу нәтижелері бойынша аймақта соңғы жылдарда таралған *Pst* популяциясының тиімді *Yr* гендеріне вируленттігі/авируленттілігі анықталды. Күздік бидайдың сары татқа төзімділігі анықталған перспективалы генотиптері, селекция үшін ең үлкен иммунологиялық құндылық болып табылады. Оларды селекцияда, иммунологиялық көрсеткіштері жақсартылған жоғары өнімді жаңа сорттарды шығаруда қолдану ұсынылады.

**3.3 Күздік бидай генотиптерін селекциялық – иммунологиялық зерттеу**

3.3.1 Будандастыру

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтының, иммунитет және өсімдік қорғау зертханасының тәжірибелік учаскесінде (N43,238193° E76,696753°) жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде, күздік бидайдың жаңа гибридті популяциялары және олардың сары тат қоздырғышына қатысты (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) иммунологиялық сипаттамалары алынды. Алынған астықтың сапасы және басқа да шаруашылық – құнды белгілер, будандардың генотипіне және климаттық жағдайларға байланысты екені белгілі. Сорттардың патогендерге төзімділігінің тұқым қуалауы – ата – аналық жұптардан. Осыны ескере отырып, сары татқа төзімді бағалы будандар алу үшін, ата – аналық форма ретінде бұрын оқшауланған төзімді генотиптерді және жыл сайын зерттейтін изогенді Yr линияларын қолдандық. 13 кестеде генотиптерді будандастыру нәтижесінде алынған мәліметтер келтірілген (13 кесте).

Кесте 13 **–** Будандастыру

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Будандастыру типі** | **Будан-дастыру жылы** | **Гибрид іріктеу кезеңі** | **Гибридті популяция көлемі, шт.** | **Комбинациядағы дән байлану, шт.** | | |
| **max** | **min** | **mean** |
| Түрішілік будандастыру | | | | | | |
| *T. aestivum х T. aestivum (*күрделі – сатылы) | 2023 | F1 | 7 | 70 | 12 | 39,7 |
| *T. aestivum х T. aestivum*  (жұптық - реципрокты) | 2022 | F2 | 23 | 113 | 8 | 51,3 |
| *T. aestivum х T. aestivum*  (жұптық - реципрокты) және (күрделі – сатылы) | 2021 | F3 | 13 | 17 | 1 | 6,8 |
| *T. aestivum х T. aestivum*  (жұптық - реципрокты) | 2020 | F4 | 22 | 34 | 1 | 11,1 |
| *T. aestivum х T. aestivum*  (жұптық - реципрокты) және (күрделі – сатылы) | 2019 | F5 | 19 | 30 | 2 | 24 |

Будандастыруға иммунологиялық сипаттамалары бойынша ең жақсы сорттар енгізілді. Іріктеу нәтижесінде 84 гибридті популяция бойынша күздік бидайдың бастапқы формалары қалыптасты. Гибридті популяцияларды талдау, вегетациялық кезеңде комбинациялардағы дән байлану ең аз 1-ден максимум 113-ке дейін өзгеретінін көрсетті. Дән байланудың салыстырмалы жоғары көрсеткіштеріне 2022 жылы қол жеткізілді, орташа мәні 51,3. Будандастыру кезіндегі ауа – райы жағдайлары, гүлдену кезіндегі жоғары температура және генотиптің ерекшеліктері, кейбір комбинациялардағы тозаңның өміршеңдігі мен гибридте дән байланудың төмендеуіне әкелетінін көрсетті.

Айта кету керек, жыл сайынғы иммунологиялық зерттеулер құрғақ жылдарды қоспағанда, бұрын төзімділікпен белгіленген сорттарда сары таттың (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) пайда болу жиілігінің жоғарылауын анықтады. Бұл құбылыс климаттың өзгеруіне, өсімдіктің генетикалық құрылымына және қоздырғыш популяциясына агрессивтілігіне байланысты. Күздік бидайдың гибридті материалына иммунологиялық баға беру негізінде, жергілікті *Pst* популяциясының реакциясы талданды. Гибридті популяцияның ішінде сары татқа төзімді (R), орташа төзімді (MR) және сезімтал (MS) үлгілер болды (15 сурет).

Сурет 15 **–** Күздік бидайдың гибридті популяцияларының сары тат қоздырғышына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) иммунологиялық сипаттамасы

Егістік жағдайында жүргізілген зерттеу нәтижесінде инфекция белгілері жоқ 15 (17.9%) үлгі анықталды, 13 (15.5%) үлгі төзімді, 10 (11.9%) үлгі орташа төзімді, 16 (19%) үлгі орташа төзімсіз және 30 (35.7%) үлгі гетерозиготты, яғни белгілер әлі тұрақталмаған болып анықталды. Ауруға төзімділік бойынша селекция жетістігі көптеген факторлармен анықталады, олардың ішінде генетикалық ресурстар шешуші мәнге ие. Резистентті донорларды таңдауда мақсатты пайдалану үшін, олардың негізгі сипаттамалары мен қасиеттері туралы ақпарат қажет. Донорлық төзімділіктің генетикалық негізі – резистентті гендер, олардың экспрессиясы және патогендерге қарсы тиімділігі туралы ақпарат маңызды.

Жалпы алғанда, зерттелген гибридті популяцияның 17,9% зақымдану белгілерін көрсетпеді, яғни иммундық болды, ал 15,5% төзімділік (R) көрсетті. Тұрақты төзімділігі бойынша зерттелген линиялар стандартты сорттардан кем түспеді, ал кейбіреулері бұл көрсеткіш бойынша эталоннан асып түсті. Иммунологиялық көрсеткіштері бойынша бағалы күздік бидайдың гибридті популяциялары анықталды: F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2; д.1010 (д.93 F3(N 23 x Купава) х Мереке х 10/60 F5 N23 Купава 7; 20388-3 х Dh-Lines 1-1; Mv-Menuett х 13/д 3 ген; SWW1-135 х F2 гибр.лаб. (F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6); SG-V9157 х 23/20061-12; CH-111.14098 х OR2080111H; Dh-Lines 1-1 х KS940786-6-9FM/CO970547-7; Yr 10/ 6\* Avocet S х Султан – 2; Yr 15/ 6\* Avocet S х Султан; F5 № 23 х Купава/3 х Нуреке; F5 № 23 х Купава/10х Мамыр; F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6; CH111.14511 х 13/10210; Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) х Стекловидная 24; Московская 56 х 32/20232-14; Yr 15/ 6\* Avocet S х 20389-6; Yr SP / 6\* Avocet S х Стекловидная 24; Yr 5/ 6\* Avocet S х 16/12; Yr 15/ 6\* Avocet S х 13/д 3 ген.

Сары тат ауруына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділіктің әртүрлілігін кеңейту үшін, тиімді Yr гендерінің көзі ретінде дәнді дақылдардың жабайы және туыстық мәдени түрлері пайдаланылуы мүмкін. Көптеген елдерде, соның ішінде Қазақстанда түраралық және алшақ будандастыру нәтижесінде, төзімділік көздерін бидай дақылдарына интрогрессиялау жұмыстары жүргізілуде. Гибридті популяциядан іріктелген линиялар генетикалық материал болып табылады және селекцияда төзімділік доноры ретінде пайдаланылады.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша күздік бидайдың гибридті популяциялар – жаңа бастапқы материалы алынды. Сары тат қоздырғышына (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) төзімділік (R) 33,4% құрады. Жаңа тұрақты гибридті популяциялардың тұқымындағы генетикалық ресурстардың әртүрлілігі олардың иммунологиялық құндылығын арттырады. Қоздырғышқа төзімділік стратегиясын жақсарту үшін, иммунитетке бағытталған селекцияға бастапқы материал ретінде таңдалған ең жақсы генотиптер ұсынылады.

3.3.2 Өнімділік элементтері бойынша генотиптердің құрылымдық талдауы

Ұсынылған ғылыми жұмыста күздік бидайдың (*Triticum aestivum* L.) 200 коллекциялық генотипі мен 13 гибридті популяциясында өнімділік элементтерінің вариациясына құрылымдық талдау жүргізілді. Олардың ішінде генотиптерді құнды агрономиялық белгілердің көзі ретінде анықтау мақсатында әрі қарай талдау үшін 17 перспективалы линия таңдалды. Гибридті комбинациялар сорттар мен селекциялық линияларды сары татқа төзімділік гендерінің донорларымен будандастыру арқылы алынды. Ғылыми зерттеу бойынша бағалап, есепке алу жұмыстары қарқынды инфекциялық жағдайда жүргізілді. Өсімдік құрылымының келесі өнімділік элементтері бағаланды: өсімдік биіктігі; өнімді сабақтардың саны; сноп салмағы; сноптағы масақтардың саны; масақтардың салмағы; 5 негізгі масақтың салмағы; масақтың ұзындығы; масақтағы масақшалардың саны; 5 масақтағы дәндердің саны; 5 масақтан алынған дәннің салмағы; масақтағы орташа дән қалыптасуы; сноптағы қалған дәндердің саны; қалған дәндердің массасы; сноптағы жалпы дән саны; сноптағы жалпы дән массасы; 1000 дән массасы (кесте 14).

Кесте 14 – Күздік бидайдың сортүлгілерін үлгілерін құрылымдық талдау

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **№ дел. 2024ж** | **Сорт/линия** | **Инфекция дәрежесі және типі (% / IT)** | **Өсімдік биіктігі, см** | **Сноп салмағы, г** | **Сноптағы масақ саны, шт** | **5 масақ салмағы, г** | **Снопта қалған масақ массасы, г** | **5 масақтағы дән саны,**  **шт** | **5 масақтағы дән массасы, г** | **Масақтағы орташа дән қалыптасуы, шт** | **Қалған масақта дән саны, шт** | **Қалған масақта дән массасы, г** | **Сноптағы жалпы дән саны, шт** | **Сноптағы жалпы дән массасы, г** | **1000 дән массасы, г** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** |
| 1 | 777 | St. Bogarnaya 56 | 40MS | 95 | 153 | 100 | 7 | 64 | 175 | 5 | 35 | 906 | 24 | 1081 | 29 | 26,8 |
| 2 | 898 | Bez1//PBW343\*2/… | 5MR | 70 | 150 | 119 | 6 | 57 | 144 | 4 | 29 | 129 | 4 | 273 | 8 | 29,3 |
| 3 | 906 | ID800994.W/KAUZ | 5R | 80 | 198 | 118 | 9 | 86 | 202 | 6 | 40 | 661 | 19 | 863 | 25 | 29 |
| 4 | 905 | Dorade-5/3/Progr | 0 | 75 | 76 | 38 | 9 | 37 | 204 | 6 | 41 | 578 | 14 | 782 | 20 | 25,6 |
| 5 | 904 | Nikifor//Kroshka | 10MR | 90 | 184 | 94 | 9 | 103 | 188 | 6 | 38 | 2196 | 65 | 2384 | 70 | 29,4 |
| 6 | 419 | F5 № 23 х Купава/5 х 37/20948-8 | 5R | 90 | 232 | 107 | 7 | 87 | 177 | 6 | 35 | 1504 | 44 | 1681 | 50 | 29,7 |
| 7 | 446 | DH-Lines 1-1 х 20153-2 | 5R | 95 | 214 | 107 | 12 | 100 | 227 | 7 | 45 | 2041 | 55 | 2268 | 62 | 27,3 |
| 8 | 405 | Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) х Стекловидная 24 | 5R | 85 | 153 | 94 | 1 | 61 | 155 | 5 | 31 | 680 | 21 | 835 | 26 | 31,1 |
| 9 | 414 | Yr 10/ 6\* Avocet S х 38/20389-3 | 5MS | 95 | 231 | 61 | 7 | 87 | 192 | 6 | 38 | 812 | 23 | 1004 | 29 | 28,9 |
| 10 | 440 | F5 № 23 х Купава/10х Мамыр | 5R | 65 | 254 | 154 | 9 | 122 | 184 | 5 | 37 | 2449 | 67 | 2633 | 72 | 27,3 |
| 11 | 430 | SG-V9157 х 22/20060-3 | 5R | 80 | 191 | 71 | 7 | 67 | 246 | 9 | 49 | 1048 | 31 | 1294 | 40 | 30,9 |
| 12 | 396 | F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2 | 0 | 80 | 217 | 135 | 8 | 78 | 151 | 5 | 30 | 198 | 5 | 349 | 10 | 28,7 |
| 13 | 437 | Yr 15/ 6\* Avocet S х Султан | 0 | 80 | 120 | 77 | 7 | 54 | 155 | 5 | 31 | 510 | 15 | 665 | 20 | 30,1 |
| 14 | 433 | CH-111.14098 х OR2080111H | 0 | 70 | 150 | 119 | 6 | 57 | 144 | 4 | 29 | 129 | 4 | 273 | 8 | 29,3 |
| 15 | 407 | Yr 15/ 6\* Avocet S х 20389-6 | 0 | 75 | 251 | 79 | 7 | 62 | 165 | 5 | 33 | 937 | 25 | 1102 | 30 | 27,2 |
| 16 | 397 | д.1010 (д.93 F3(N 23 x Купава) х Мереке х 10/60 F5 N23 Купава 7 | 5R | 75 | 113 | 78 | 6 | 46 | 92 | 3 | 18 | 83 | 2 | 175 | 5 | 28,6 |
| 17 | 408 | Yr 5/ 6\* Avocet S х 20389-6 | 5R | 75 | 123 | 75 | 7 | 49 | 181 | 6 | 36 | 514 | 14 | 695 | 20 | 28,8 |
| 18 | 416 | Subtil х Алмалы | 10MS | 70 | 170 | 81 | 9 | 58 | 148 | 5 | 30 | 627 | 16 | 775 | 21 | 27,1 |

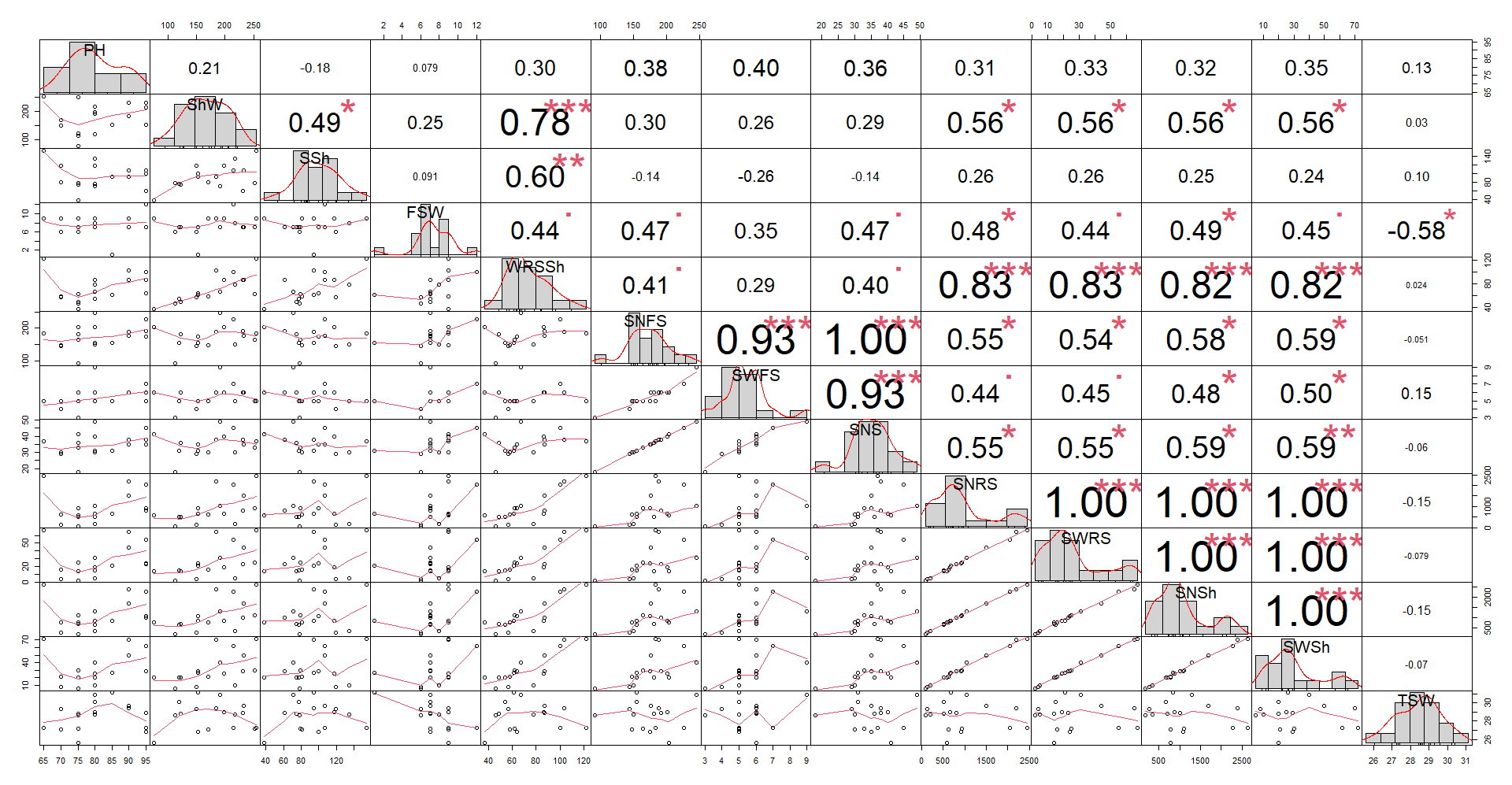
Сортүлгілерінің өнімділігін жақсы қалыптастыру үшін 2024 жылдың климат жағдайының үлесі жоғары болды. Барлық құнды белгілерге генотип пен қоршаған ортаның өзара әрекеттесуі (инфекциялық фон) айтарлықтай әсер етті, бұл генотиптердің өзгермелі климат жағдайына айтарлықтай реакциясын көрсетті. Егістік тәжірибеде үлгілердегі шаруашылық-құнды белгілер үшін жоғары өзгергіштік байқалды және вариация дәрежесі әртүрлі болды. Зерттелетін белгілердің орташа мәндері стандартты Богарная 56-мен салыстырғанда жоғары болды. Линияларда масақ дәнінің салыстырмалы жоғары мәндері анықталды: DH-Lines 1-1 x 20153-2 (45 дана); ID800994.W/KAUZ (40 дана); Dorade-5/3/Progr (41 дана); SG-V9157 x 22/20060-3 (49 дана) (16 сурет).

Сурет 16 – Төзімділік бойынша іріктелген линиялардағы коэффициент инфекциясы мен масақтың дән салу көрсеткішінің салыстырмалы динамикасы

Зерттеудегі күздік бидай будандары жоғары өнімділігімен, масақтағы дән салмағымен және сорттың өнімділігіне негізгі үлес қосатын 1000 дән салмағымен ерекшеленді. Ең жоғары 1000 дән салмағы көрсеткіші линиялар бойынша: SG-V9157 x 22/20060-3; Yr 15/ 6\* Avocet S x Sultan; Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) x Glassy 24 анықталды (17 сурет).

Сурет 17 – Төзімділік бойынша іріктелген линиялардағы коэффициент инфекциясы мен 1000 дәннің массасының салыстырмалы динамикасы

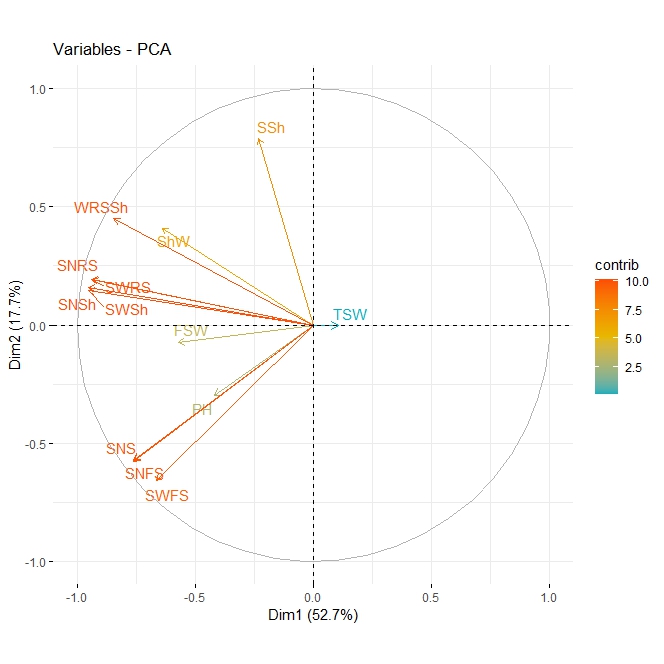
Татқа төзімділік үшін селекцияға жеке төзімді гермоплазмаларды қосу және іріктеу ерте ұрпақтарда орындалуы маңызды. Ұзақ төзімділік көздері, басқа шаруашылық-құнды белгілерін өзгертпестен, көптеген төзімді гермоплазманың интрогрессиясынан тұратын, күрделі генотиптер болып табылады. Зерттелген өнімділік элементтерінің ішінен келесі көрсеткіштер бойынша: өсімдік биіктігі (PH); сноп салмағы (ShW); сноптағы масақтардың саны (SSh); 5 негізгі масақтың салмағы (FSW); снопта қалған масақ массасы (WRSSh); 5 масақтағы дәндердің саны (SNFS); 5 масақтан алынған дәннің салмағы (SWFS); масақта орташа дән қалыптасуы (SNS); сноптағы қалған дәндердің саны (SNRS); қалған дәндердің массасы (SWRS); сноптағы жалпы дән саны (SNSh); сноптағы жалпы дән массасы (SWSh); 1000 дән массасы (TSW) қарқынды инфекция жағдайындағы, сортүлгілердегі корреляциялық байланыс анықталды (18 сурет).



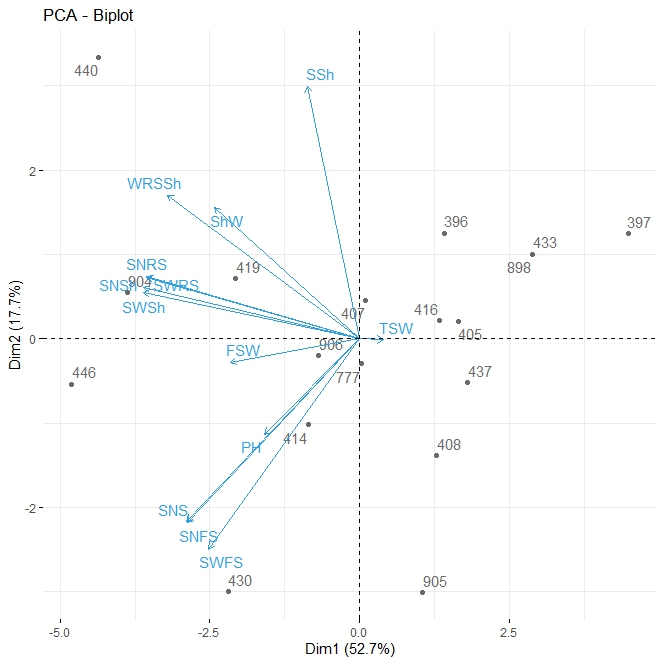
PH – plant height, ShW - Sheaf weight, SSh – spike numbers from the sheaf, FSW – Five spike’s weight, WRSSh – weight of the rest of spikes from the sheaf, SNFS – seed numbers from five spikes, SWFS – seed weight from five spikes, SNS –seed numbers per spike, SNRS – seed numbers from the rest spikes, SWRS – seed weight from the rest of spikes, SNSh – seed numbers from the sheaf, SWSh – seed weight from the sheaf, TSW – Thousand seed weight.

Сурет 18 – Күздік бидайдың сортүлгілерінің өнімділік көрсеткіштеріне корреляциялық талдау

Генотиптердің бір – бірімен өнімділік көрсеткіші бойынша байланысы биплот – талдауында салыстырылып, бағаланды (cурет 19).



A – Биплот талдауы мен cos2 бағалауының комбинациясы



Б – Линиялар мен өнімділік көрсеткіштерінің биплот талдауы

Сурет 19 – Линиялардағы өнімділік элементтерін биплот талдаулар арқылы бағалау

Мұның мақсаты әрбір көрсеткіштің зерттеудегі линиялардағы деңгейін анықтау болып табылады. Мұндай бейнелеу сапасы Cos2 деп аталады және квадрат косинусқа сәйкес келеді. Төмен мән элемент көрсеткішінің линияда толық дамымағанын білдіреді. Жоғары мән, өнімділік элемент көрсеткіштерінің линиялар бойынша жақсы көрінісін білдіреді.

Инфекция коэффициенті мен өнімділік көрсеткіштерін ескере отырып, құрылымдық талдау үшін таңдалған 17 линия иммунитетке бағытталған селекция үшін құнды болып табылады. Жүргізілген ғылыми зерттеулердің негізінде, ҒЗИ селекционерлеріне бастапқы материал ретінде төзімділік пен өнімділікті біріктіретін құнды генотиптер іріктелді.

**3.4 Генотиптеу. Күздік бидай будандарындағы тиімді *Yr* гендерін анықтау**

Климат жағдайына байланысты және өсімдіктің генетикалық құрылымына, патотиптердің өзгеруіне байланысты сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) қоздырғышының географиялық таралуы мен даму қарқындылығы кезеңді түрде өзгеріп отырады. Демек, селекцияға қатысты бұл мәселесі үшін төзімділік көздерін – бастапқы материал ретіндегі жаңа генотиптерді жүйелі түрде үздіксіз қалыптастырып отыру өте маңызды.

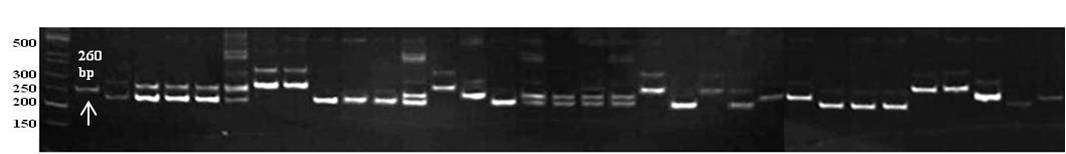
Зерттеудегі линиялар жұптық (реципрокты) және күрделі (сатылы) будандастыруды пайдалана отырып, төзімділіктің Yr гендерімен будандастыру арқылы алынған гибридтер. Іріктелген құнды гибридті линияларды генотиптеу төзімді Yr гендерін анықтауға мүмкіндік берді. ДНҚ маркерлерімен растау интрогрессия циклдарын талдауға мүмкіндік берді, бұл іріктеудің тиімділігін арттырады және кез келген генетикалық әртүрлілікті жақсарту бағдарламасының маңызды факторы болып табылады.

Зерттеудің соңғы өнімі ретінде зертханалық және егістік жағдайда тиімділігі дәлелденген, сары татқа төзімді Yr гендері бар құнды линиялар алынды. Жеке төзімділік гендері бар линиялар ASR және APR төзімділік гендерінің тиімді пирамидалануын толықтырады, бұл вирулентті патотиптерден ұзақ қорғауға әкеледі.

Генотиптер мен изогендік Yr – линиялар коллекциясынан төзімділік көздерімен будандастыру нәтижесінде алынған төзімділік көздері бар будандар, Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының иммунитет және өсімдік қорғау зертханасының тәжірибелік алаңында сары татқа төзімділігі бағаланды.

Сары татқа төзімділікке, фенотиптік белгілерге іріктеу екі жыл бойы жүргізілді. Үшінші жылдан бастап будандардың көпшілігі тұрақтылық көрсете бастады. Гибрид линияларындағы сары татқа төзімділік гендерін идентификациялау үшін ПТР талдаулары жүргізілді. Ол үшін құрамында Yr10 гені бар SSR маркері Xpsp3000, Yr15 гені үшін SSR маркері Xbarc8, Yr18 гені үшін csLV34v STS маркері қолданылды. 20-суретте Yr10 ген идентификациясының ПТР талдауы көрсетілген, күтілген 260 bp. көлеміндегі амплификация өнімі 8 линияда анықталды (20 сурет).

***Yr10***

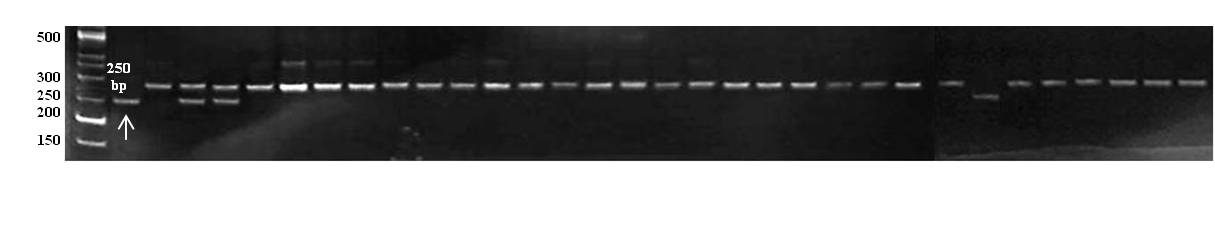


**M Yr10** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **11** 12 **13** 14 **15 16 17 18** 19 20 21 22 **23 24** 25 26 27 28 29 30 31 K

Сурет 20 – *Xpsp3000* локусында праймерлер қолданып*, Yr10* геніне тіркелген күздік бидай линияларының ДНҚ үлгілерінің амплификация өнімі

21 – суретте Yr15 ген идентификациясының ПТР талдауы көрсетілген, күтілген 250 bp. көлеміндегі амплификация өнімі 3 линияда анықталды (21 сурет).

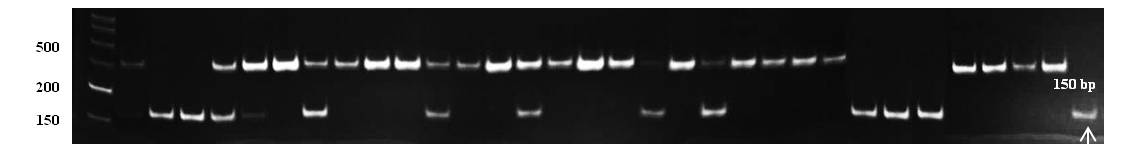
***Yr15***

 **M Yr15** 1 **2 3** 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 **25** 26 27 28 29 30 31

Сурет 21 – *Xbarc8* локусында праймерлер қолданып*, Yr15* геніне тіркелген күздік бидай линияларының ДНҚ үлгілерінің амплификация өнімі

22 – суретте Yr18 ген идентификациясының ПТР талдауы көрсетілген, күтілген 150 bp. көлеміндегі амплификация өнімі 11 линияда анықталды (22 сурет).

***Yr18***



**M 1 2 3 4 5** 6 **7** 8 9 10 **11** 12 13 **14** 15 16 17 **18**  19 **20** 21 22 23 24 **25 26 27** 28 29 30 31**Yr18**

Сурет 22 – *csLV34v* локусында праймерлер қолданып*, Yr18* геніне тіркелген күздік бидай линияларының ДНҚ үлгілерінің амплификация өнімі

ПТР талдау зерттеудегі 31 линияның 19-да сары татқа тиімді Yr10, Yr15, Yr18 гендерінің бар екенін көрсетті. Бұл факт селекция үшін бастапқы материалдың қалыптасқан блогының иммунологиялық құндылығын белгілейді. Зерттелетін будандар үшін жоғары өнімділік көрсеткіштерімен үйлесетін төзімділік көздерінің болуы, генетикалық материалдың агрономиялық көрсеткіштерінің тұрақтылығына оң әсер ететіндігін болжауға мүмкіндік береді. Yr10, Yr15, Yr18 гендері табылмаған, бірақ қарқынды инфекция аясында төзімділік танытқан гибридті популяциялар: F5 № 23 x Купава/10 x 35/20060-2; Yr15/6\*Avocet S x 20389-6; MV-Menuett x 13/д 3 ген; F5 № 23 х Купала/10 х Мамыр; DH- Lines 1-1 x 20153-2, басқа тиімді Yr гендерінің болуын болжайды (15 кесте).

Кесте 15 – Зерттелетін линиялардағы сары татқа төзімділік гендерін анықтау және олардың қоздырғышқа реакциясы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **№дел. 2024** | **Линия** | **Yr10** | **Yr15** | **Yr18** | **Төзімділік деңгейі (%/IT)** |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 362 | 4/2109 х Yr 5/ 6\* Avocet S | - | - | +/-гетер | 10MR |
|  | 372 | Yr 15/ 6\* Avocet S х 13/д 3 ген | - | +/-гетер | + | 20MS |
|  | 385 | Yr 15/ 6\* Avocet S х 13/д 3 генх Yr 15/ 6\* Avocet S | - | +/- гетер | + | 15MS |
|  | 391 | Карасай х Московская 56 х Clement (W;Yr9+Yr2+?) | - | - | +/-гетер | 20MS |
|  | 395 | Yr 5/ 6\* Avocet S х 16/12 х Triticum spelta (Inter,Yr5) | - | - | +/-гетер | 0 |
|  | 396 | F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2 | - | - | - | 0 |
|  | 397 | д.1010 (д.93 F3(N 23 x Купава) х Мереке х 10/60 F5 N23 Купава 7 | - | - | +/-гетер | 5R |
|  | 398 | SO1-249-3\*R х 7/19251-2 | - | - | - | 5MS |
|  | 400 | Московская 56 х 32/20232-14 | - | - | - | 15MS |
|  | 403 | 19670-1 х SO1-249-3\*R | - | - | - | 15MS |
|  | 405 | Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) х Стекловидная 24 | + | - | +/-гетер | 5R |
|  | 407 | Yr 15/ 6\* Avocet S х 20389-6 | - | - | - | 0 |
|  | 408 | Yr 5/ 6\* Avocet S х 20389-6 | + | - | - | 5R |
|  | 409 | Yr 5/ 6\* Avocet S х SWW 1/904 | - | - | +/-гетер | 25MS |
|  | 410 | Yr SP / 6\* Avocet S х Стекловидная 24 | + | - | - | 40MS |
|  | 414 | Yr 10/ 6\* Avocet S х 38/20389-3 | + | - | - | 5MS |
|  | 416 | Subtil х Алмалы | + | - | - | 10MS |
|  | 419 | F5 № 23 х Купава/5 х 37/20948-8 | + | - | +/-гетер | 5R |
|  | 420 | MV-Menuett х 13/д 3 ген | - | - | - | 5R |
|  | 422 | Yr 15/ 6\* Avocet S х Мереке 70 | - | - | +/-гетер | 20MS |
|  | 428 | F5 № 23 х Купава/1 х 4/19059-21 | - | - | - | 30MS |
|  | 429 | F5 № 23 х Купава/1 х 23/20061-12 | - | - | - | 25MS |
|  | 430 | SG-V9157 х 22/20060-3 | + | - | - | 5R |
|  | 433 | CH-111.14098 х OR2080111H | + | - | - | 0 |
|  | 436 | Yr 10/ 6\* Avocet S хСултан - 2 | - | + | + | 20MS |
|  | 437 | Yr 15/ 6\* Avocet S хСултан | - | - | + | 0 |

15 кесте жалғасы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 431 | SWW1-135 х F2 гибр.лаб. (F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6) | - | - | + | 30MS |
|  | 440 | F5 № 23 х Купава/10х Мамыр | - | - | - | 5R |
|  | 441 | F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6 | - | - | - | 15MR |
|  | 443 | SO1-249-14\*R х 57/21190-1 | - | - | - | 20MR |
|  | 446 | DH-Lines 1-1 х 20153-2 | - | - | - | 5R |
|  | Yr10 |  | + |  |  | 0 |
|  | Yr15 |  |  | + |  | 0 |
|  | Yr18 |  |  |  | + | MR |

Татқа төзімділікке бағытталған селекцияны бастапқы кезеңде жеке тиімді гендерді енгізу және төзімділік генотиптерін іріктеу арқылы жүргізуге болады. Бұл ғылыми жұмыста ауруға төзімді және орташа төзімді реакция түрін көрсеткен және идентификацияланған тиімді гендердің болуымен ерекшеленетін, перспективалы гибридті линиялар үлкен қызығушылық тудырады.

**3.5 Иммунитетке бағытталған селекция үшін, күздік бидайдың сары тат ауруына төзімді бастапқы материалының питомнигін қалыптастыру**

Ғылыми – зерттеу жұмыстарының нәтижесінде, оның ішінде ересек өсімдіктер мен өскіндердің төзімділігін фитопатологиялық скрининг, сары татқа төзімді тиімді гендерге идентификациялауда ПТР талдау, сондай-ақ агрономиялық белгілерді зерттеу және өнімділік элементтерінің толық құрылымдық талдауы негізінде перспективті күздік бидай генотиптері мен линияларының коллекциясы құрылды.

Бастапқы материал ретінде барлығы 68 құнды үлгілер (жалпы зерттеудегі үлгінің 20%) анықталды, олар қоздырғышқа төзімді және орташа төзімді реакция түрін көрсетті және сары татқа төзімділік тиімді гендерінің болуымен сипатталады. Бұл ғылыми зерттеудің нәтижелері сары татқа төзімділік бойынша, бидайдың селекциялық бағдарламаларына үлкен қызығушылық тудырады.

Осылайша, жан – жақты зерттеулер нәтижесінде сары татқа төзімділікті біріктіретін өнімділігі жоғары, күздік бидай коллекциясының 51 генотипі және гибрид популяциясының 17 линиясы қамтитын жаңа бастапқы материал коллекциясы қалыптастырылды. Иммунологиялық сипатталып, іріктеліп алынған үлгілер жаңа бидай сорттарын шығаруға, бастапқы материал ретінде селекция процесіне енгізіледі (16 кесте).

Кесте 16 – Иммунитетке бағытталған, күздік бидай селекциясы үшін бастапқы материал – сары татқа төзімді коллекциялық және гибридтік сортүлгілер

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Географиялық аймақ** | **Селекцияға бастапқы материал** | | **Белгі** |
| Қазақстанның оңтүстік – шығыс аумағы | **коллекциялық** | **гибридтік** | Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici)* қоздырғышына төзімділік |
| Alatau; Alikhan; Akdan; Aliya; Anara; Batyr; Bayandy; Botagoz; Derbes; Zhadyra; Kokbiday; Koksy; Konditerskaya; Krasnovodopod 210; Mayra; Manshyk; Mereke 70; Nureke; Ramin; Krasnovodopadskaya 90; Yubileynaya 75; 4/2109; 9/7/128 ген; 10/60 F5 N23 Купава 7; образцы из зарубежной селекции: Andijan 1; Durdona; Jayhun; Jasmina; Jasmina; Ezoz; Yaksart; Turkiston; Azibrosh; Topper; Kasiet; Alex; Ayvina; Kamol; Sipar; Yusufi; Pamyat; Gratsia; Moskovskaya 39; Petr; Vostorg; Kroshka; Nacibey; Adajio; Axe/Tosunbey; Dorade-5/3/Progr. | F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2; д.1010 (д.93 F3(N 23 x Купава) х Мереке х 10/60 F5 N23 Купава 7; Mv-Menuett х 13/д 3 ген; F5 № 23 х Купава/5 х 37/20948-8; SWW1-135 х F2 гибр.лаб. (F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6); SG-V9157 х 23/20061-12; CH-111.14098 х OR2080111H; Yr 10/ 6\* Avocet S х Султан – 2; Yr 15/ 6\* Avocet S х Султан; F5 № 23 х Купава/10 х Мамыр; F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6; Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) х Стекловидная 24; Yr 15/ 6\* Avocet S х 20389-6; Yr SP / 6\* Avocet S х Стекловидная 24; Yr 5/ 6\* Avocet S х 16/12; Yr 15/ 6\* Avocet S х 13/д 3 ген; SG-V9157 х 22/20060-3. |

Генетикалық коллекцияны жүйелі түрде жаңарту және зерттеу, иммунды және төзімді үлгілерді анықтау, негізгі қоздырғыштарға төзімділіктің жаңа көздерін қалыптастыру, сондай-ақ жаңа және перспективалы бидай үлгілерінің стресс факторларына төзімділігін бағалау, осы ғылыми жұмыстың маңыздылығын айқындайтын селекциялық жұмыстың құрамдас бөлігі болып табылады (23 сурет).

|  |  |
| --- | --- |
| **C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\fb6dc8be-0f15-4664-a7c8-6ca0a6d65f9d.jpg**  а | **C:\Users\emachaine\Desktop\фото сертификат\9da0ceca-78f1-431b-a03d-03a1f148692a.jpg**  в  **Ауруға төзімсіз (S) стандарт** |
| **C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\9020653e-71dd-45f8-a63c-73cadd38890b.jpg**  б | **C:\Users\emachaine\Desktop\фото диссер\113234bf-3d7f-4d90-97da-ffc1e7c73a90.jpg**  г  **Ауруға төзімді (R) іріктелген линия** |

Сурет 23 – Иммунологиялық зерттеулер: а – CIMMYT өкілімен дәнді дақылдардың тат ауруын зерттеуге арналған арнайы тәжірибе учаскесіндегі жиналыс, 2023; б – ҚазЕжӨШҒЗИ арнайы ғылыми тәжірибелерді бақылау, 2024; в – сары тат (*P. striiformis*) ауруына төзімсіз стандарт сортүлгі; г – сары тат (*P. striiformis*) ауруына төзімділігі бойынша іріктеліп алынған күздік бидай линиялары

**3.6 Экономикалық тиімділік**

Ауыл шаруашылығының ең маңызды міндеті – ел халқын азық – түлікпен қамтамасыз ету. Нарықтық экономика жағдайында бұл мәселені ауыл шаруашылығы өндірісінің экономикалық тиімділігін арттыру арқылы ғана шешуге болады. Экономикалық тиімділікке әртүрлі факторлар әсер етеді, оларды сыртқы және ішкі деп бөлуге болады. Сыртқы факторлар өндірушілердің өздерінің экономикалық белсенділігіне – салық салуға, несиелеуге, инфляцияға, баға белгілеуге, субсидияларға және т.б. тәуелді емес. Ішкі факторлар басшылардың, мамандардың біліктілігіне орындаушылардың экономикалық белсенділігіне, ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігіне, өндіріс шығындарына, өндірістің технологиясы және ұйымдастырылуы т.б. тікелей байланысты [222, 223].

Бұл зерттеуде дәнді дақылдардың іріктелген құнды генотиптеріне экономикалық баға беру, олардың көрсеткіштерін эталонмен салыстыруға негізделген. Селекцияның тиімділігін неғұрлым егжей – тегжейлі зерттеп, өндіріс процесіне олардың ең үнемділерін қосу үшін, әрбір линияның және жеке будандардың артықшылықтарын анықтау қажет. Дәнді дақылдардың селекциялық процесін бағалау үшін, өзіндік құнды және табиғи көрсеткіштер жүйесі қажет. Экономикалық әсердің көлемі, жаңа және эталон нұсқалардағы таза табыс арасындағы айырмашылық болып табылады. Өз кезегінде таза табыс мөлшері жалпы өнім құны мен өндіріс шығындарының айырмасы ретінде анықталады.

Экономикалық тиімділік алынған нәтижені, пайдаланылған ресурстармен немесе шығындармен салыстыру арқылы анықталады. Генотиптердің – төзімділік көздерінің жаңа блогының тиімділігін анықтау үшін, өнімділік көрсеткіштері салыстырылды. Нақты нәтижелерді бағалау және оларды эталон нұсқасымен салыстыру, іріктелген дәнді дақылдардың тиімділігін және жұмсалған шығындардың орнын толтыруды анықтауға мүмкіндік береді. Анықталған перспективті генотиптердің экономикалық тиімділігіне талдау 2024 жылы жүргізіліп, бақылау ретінде күздік бидайдың Богарная 56 сорты пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелерінің экономикалық тиімділігі нақты шығындар негізінде, күздік бидай өсірудің технологиялық картасы бойынша бағаланып, анықталды. Егін жинау кезінде 3 репродукциялық күздік бидайдың 1 центнер өзіндік құны 6000 теңге болды. Таза табыс – бидайдың өсіруге кеткен шығынынан, жалпы өнім құнынан шегеруге тең. Рентабельділік деңгейі – бұл бидай өсіру шығындарына бөлінген және 100%-ға көбейтілген таза табыс (17 кесте).

Кесте 17 – Күздік бидай сортүлгілерін өсірудің экономикалық тиімділігі, 2024ж

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Сорт/линия** | **Биологиялық өнімділік, ц/га** | **Өнімнің эталоннан айырмашылығы, ц/га** | **1 ц өнімнің құны, тенге** | **Жалпы өнім құны, тенге** | **1 га өсіруге кеткен шығын, тенге** | **Таза табыс, тенге** | **Рентабельділік деңгейі, %** |
| Bogarnaya 56 | 46,9 | - | 6000 | 281400 | 163200 | 118200 | 72,4 |
| SG-V9157 х 22/20060-3 | 53,8 | 6,9 | 6000 | 322800 | 163200 | 159600 | 97,8 |
| F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2 | 58,1 | 11,2 | 6000 | 348600 | 163200 | 185400 | 113,6 |
| F5 № 23 х Купава/5 х 37/20948-8 | 55,6 | 8,7 | 6000 | 333600 | 163200 | 170400 | 104,4 |
| Bez1//PBW343\*2/.. | 50,6 | 3,7 | 6000 | 303600 | 163200 | 140400 | 86 |
| Nikifor//Kroshka | 52,5 | 5,6 | 6000 | 315000 | 163200 | 151800 | 93 |

Ауру қоздырғышына сезімтал және иммунологиялық көрсеткіштері жоғары генотиптерінің экономикалық тімділігін бағалау, өндіріс орындары мен өсімдік шаруашылығы өнімдеріне ағымдағы бағаларды ескере отырып, 2024 жылғы баға бойынша, инфекцияның қарқынды дамуы жағдайында, төзімді сортүлгілерін пайдалану тиімділігі жоғары екенін көрсетеді. Олардың егісінен алынған өнімділік, эталон сортпен салыстырғанда, линия бойынша 7,7-ден 11,2 ц/га құрады. Тәжірибелік нұсқада кеткен шығындардың өтелуі келесі линиялар бойынша: SG-V9157 x 22/20060-3 – 0,9 есе; F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2 - 1,1 есе; F5 № 23 x Купава/5 x 37/20948-8 – 1 есе; Bez1//PBW343\*2/.. – 0,8 есе; Nikifor//Kroshka – 0,9 есе, ал Богарная 56 эталон нұсқада – 0,7 есе болды. Тәжірибелік нұсқалардағы өнімділіктің айтарлықтай өсуіне байланысты, шығынның қайтарымы эталон нұсқамен салыстырғанда жоғары болды. Қарқынды инфекция, төзімді сортүлгілердің өнімділігі мен рентабельділігі қоздырғышқа сезімтал стандартқа қарағанда жоғары болды. Өткізілген экономикалық бағалау ауруға төзімді сорттарды қолдануды кеңейту, ауыл шаруашылығы дақылдарының шығынын азайтудың ең үнемді және экологиялық таза әдісі болып табылатындығын, агроценоздарда төзімді генотиптердің ұтымды орналастыру қажеттілігін көрсетеді.

Осылайша, экономикалық критерийлері айтарлықтай дәрежеде өндіріс құралдары мен ауыл шаруашылығы өнімдері бағасының құбылмалдылығына байланысты. Демек, ағымдағы экономикалық ақпарат және ғылыми зерттеу деректері негізінде, ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру технологияларына жедел экономикалық баға беруді талап етеді. Қоздырғыштарға сезімтал сорттар үшін, аурудың эпифитотиялы дамуы кезінде, фунгицидтерді қолданғанда рентабельділік айтарлықтай төмендейді. Дегенмен, төзімді үлгілердегі өнімділік жоғары болып қалады.

**Қорытынды**

Әлемдік ғылыми – техникалық ақпарат, жетекші елдердегі селекцияның негізгі бағыттары, ерекше қауіпті фитопатогендерге төзімділікке арналғанын көрсетеді. Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми – зерттеу институтында жүргізетін жыл сайынғы иммунологиялық зерттеулер, заманауи үрдістерді ескере отырып, жаңа төзімді формаларды анықтау және іріктеп алу, кейіннен селекция процесінде қолданудан тұрады. Үнемі төзімділкті зерттеу және құнды генотиптерді өндіріске енгізу, әлемнің барлық елдері үшін басты және күрделі міндет болып табылады, өйткені патогендердің жаңадан пайда болған агрессивті нәсілдері төзімділікті тез жояды.

Жасанды инфекциялық фон жағдайында барлығы 410 сортүлгілер зерттелді, оның ішінде: Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты Гендік қор коллекциясынан алынған күздік бидайдың әртүрлі географиялық экотиптерінің коллекциясы және селекциялық линиялар (Конкурстық сортсынау); изогендік линиялар мен сорттар (CIMMYT Халықаралық ұйымының материалы: ІYRTN; YR – DIF SET); күздік бидайдың F1 – F5 будандары. Күздік бидай сортүлгілерінің иммунологиялық сипаттамаларын зерттеп, төзімді генотиптерді іріктеу бойынша жүргізілген ғылыми – зерттеу жұмыстары нәтижесінде, 2021 – 2024 жылдарға арналған жаңа ғылыми негізделген деректер алынды:

1) Күздік бидайдың коллекциялық (Орталық Азия: Қазақстан, Өзбекстан, Қырғызстан, Тәжікстан; Ресей, Түркия және CIMMYT халықаралық ұйымының материалы) және селекциялық материалының (Конкурстық сортсынау питомнигі) иммунологиялық сипаттамалары алынды. Жалпы, зерттелген коллекциялық және селекциялық материалдың ішінен, 68 генотип (20%) төзімділік көрсетті, қалған үлгілер сезімталдықпен сипатталды. Селекцияға арналған күздік бидайдың бастапқы материал питомнигі қалыптастырылды: коллекциялық – 51 генотип және гибридтік – 17 линия. Зерттелген генотиптердің иммунологиялық сипаттамалары бар, құнды мәліметтер базасы құрылды;

2) Сары татқа төзімділік көздері болып табылатын *Yr* гендерінің тиімділігі анықталды, Халықаралық сары тат питомнигі (ІYRTN) және Халықаралық сары тат дифференциатор питомнигін (YR – DIF SET) қолдану аясында, аймақтағы сары тат популяциясына гендердің тиімділігін нақтылау үшін, изогенді *Yr* – линия/дифференциатор питомниктерінде бағалау жүргізілді. Yr5; Yr10 Yr15; YrSp гендерінің тиімділігі нақтыланды;

3) Сары тат (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) популяциясының құрылымы зерттелді, Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағындағы *Pst* нәсілдік құрамы және олардың вируленттілігінің динамикасы анықталды. Сары тат қоздырғышының (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) зерттелген популяциясы популяцияішілік көптүрлілігімен ерекшеленді. Қазақстандағы *Pst* популяциясының негізгі үстем патотиптері: 31Е158; 7Е159 нәсілдері болып нақтыланды. Зерттеу жылдарында сортүлгілерде төзімділік типінің жиі өзгеруі, осы аймақта *Pst* популяциясының қарқынды гендік ағынын көрсетеді;

4) *Yr* төзімділік көздерімен будандастыру (гибридизация) арқылы алынған, күздік бидайдың жаңа гибридті популяциясы, ДНҚ молекулалық маркерлері арқылы генотиптелді. Егістік жағдайында иммунологиялық бағалау және зертханалық жағдайда ПТР талдауы арқылы үлгілерді генотиптеу нәтижелері, біздің гибридті линияларымызда тиімді төзімділік гендерінің бар екендігі анықталды. ДНҚ молекулалық маркерлерін қолданып генотиптеу нәтижесінде алынған гибридті линияларда Yr10, Yr15 және Yr18 тиімді гендері бар екені расталды;

5) Зерттеудегі күздік бидай материалының өнімділік көрсеткіштері талданып, сары татқа төзімділігімен қоса өнімділігі жоғары генотиптер анықталды;

6) Бағалы иммунологиялық сипаттамалары бар генотиптер іріктелді және Қазақстанның оңтүстік-шығыс жағдайында сары татқа төзімді күздік бидай селекциясына бастапқы материалдың жаңа питомнигі қалыптасты;

7) Ғылыми зерттеу нәтижесінде, иммунологиялық құнды, сары тат ауруына төзімді күздік бидайдың жаңа гибридтік линиялары қабылдау және тапсыру Актісімен расталып, Селекцияға бастапқы материал ретінде және ҚазЕжӨШҒЗИ Гендік қор бөліміне дәнді дақылдардың генотип қорын кеңейту үшін, мақсатты түрде тапсырылды.

**Өндіріске ұсыныстар**

1. Селекциялық тәжірибеде сары татқа төзімді бидай сорттарын дамыту үшін, иммунологиялық сипаттамамалары бар, іріктелген коллекциялық бастапқы материал генотиптері ұсынылады: Akdan; Aliya; Anara; Batyr; Botagoz; Alatau; Alikhan; Derbes; Bayandy; Zhadyra; Kokbiday; Konditerskaya; Krasnovodopod 210; Mayra; Manshyk; Koksy; Ramin; Krasnovodopadskaya 90; Yubileynaya 75; 4/2109; 9/7/128 ген; 10/60 F5 №23 Купава 7; Andijan 1; Durdona; Jayhun; Jasmina; Jasmina; Ezoz; Yaksart; Turkiston; Azibrosh; Topper; Kasiet; Alex; Ayvina; Kamol; Sipar; Yusufi; Pamyat; Gratsia; Moskovskaya 39; Petr; Vostorg; Kroshka; Nacibey; Adajio; Axe/Tosunbey; Dorade-5/3/Progr.
2. Селекцияда сары татқа төзімділік донорлары – изогенді Yr-линияларымен будандастыру арқылы алынған, жаңа гибридтік бастапқы материал линиялары ұсынылады: F5 № 23 х Купава/10 х 35/20060-2; д.1010 (д.93 F3(N 23 x Купава) х Мереке х 10/60 F5 N23 Купава 7; Mv-Menuett х 13/д 3 ген; F5 № 23 х Купава/5 х 37/20948-8; SWW1-135 х F2 гибр.лаб. (F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6); SG-V9157 х 23/20061-12; CH-111.14098 х OR2080111H; Yr 10/ 6\* Avocet S х Султан – 2; Yr 15/ 6\* Avocet S х Султан; F5 № 23 х Купава/10 х Мамыр; F5 № 23 х Купава/1 х 48/12121-6; Alpu/VR5053(WA#FM/201/23\*2/GS50A) х Стекловидная 24; Yr 15/ 6\* Avocet S х 20389-6; Yr SP / 6\* Avocet S х Стекловидная 24; Yr 5/ 6\* Avocet S х 16/12; Yr15/ 6\* Avocet S х 13/д 3 ген; SG-V9157 х 22/20060-3.

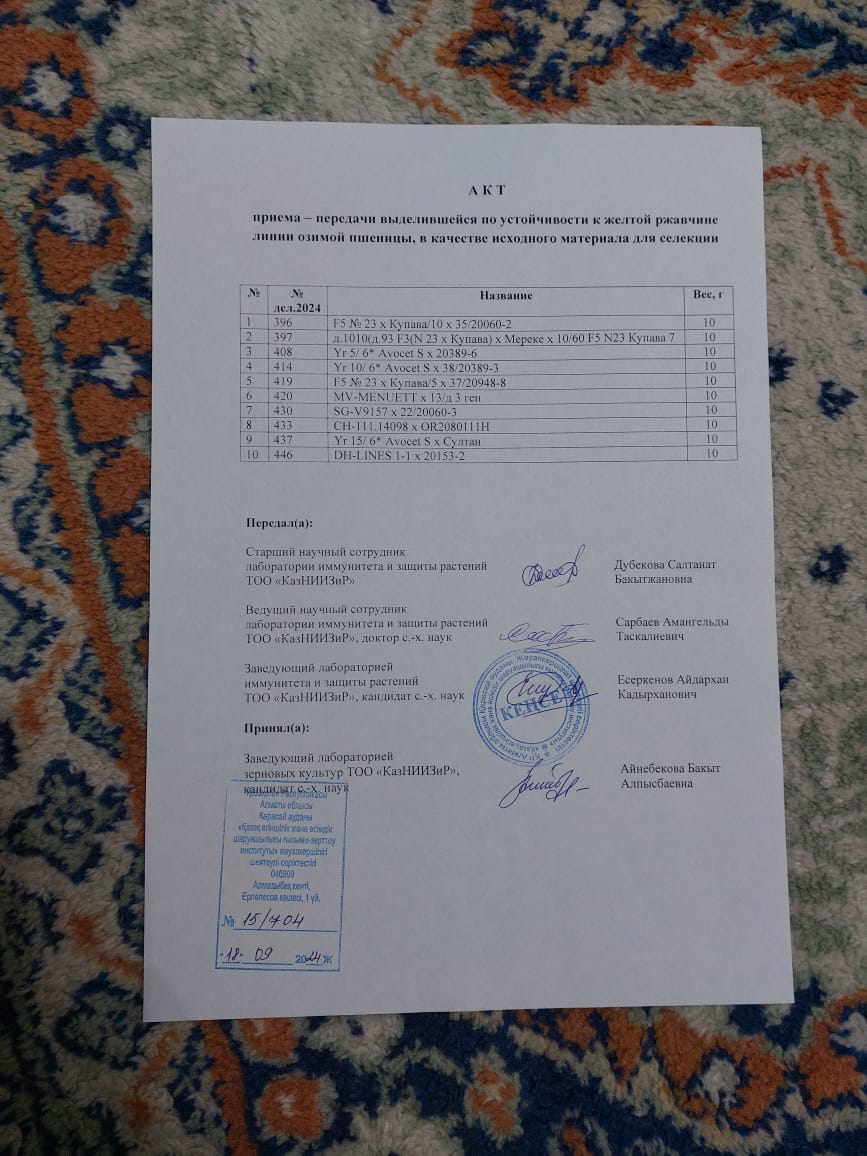
3. Алынған ғылыми негізделген мәліметтерге сәйкес, климаттың өзгеруі және өсімдік – паразит жүйесіндегі популяцияішілік өзгергіштік жағдайында, сары татқа төзімділік көздері – нақтыланған тиімді гендер: Yr5, Yr10, Yr15, YrSp, Yr26, Yr37 ұсынылады.

**Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**

1. Койшыбаев М. Болезни пшеницы. – Анкара, 2018. – 365 с.
2. Koishibayev M., Rsaliev Sh., Kolmer I. Occurrence, development of wheat rust species in Kazakhstan // Abstracts the 1st Central Asian Wheat Conference. – Almaty, – 2003. – P. 623.
3. Yahyaoui A., Bouhssini El., Lamari L., Parker B., Koishibayev M. Cereal diseases, insect pests in Central Asia: occurrence and distribution // Abstracts the 1st Central Asian Wheat Conference. – Almaty, – 2003. – P. 637-638.
4. Дубекова С.Б., Сарбаев А.Т., Рсалиев Ш.С., Ыдырыс А.А. Резистентность сортов озимой пшеницы к грибным болезням в условиях юго-востока Казахстана // Матер. междунар. научн. конф. «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». – Большие Вяземы, Московской области, 2017. – С. 23-28.
5. Chen X.M. Epidemiology and control of stripe rust [Puccinia striiformis f. sp. tritici] on wheat // Can. J. Plant Pathol. – 2005. Vol. 27. – Р. 314-317. <https://doi.org/10.1080/07060660509507230>
6. Lyon B., Broders K. Impact of climate change and race evolution on the epidemiology and ecology of stripe rust in central and eastern USA and Canada // Can. J. Plant Pathol. – 2017 Vol. 39, № 4. – Р. 385-392. <https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1368713>
7. Hovmoller M.S. New races caused epidemics of yellow rust in Europe, East Africa and Central Asia in 2016. <http://www.fao.org/news/story/ru/item/410357/>
8. Solh M., Nazari K., Tadesse W. and Wellings C.R. The growing threat of stripe rust worldwide Borlaug Global Rust Initiative // Technical Workshop «Proceedings. global rust. org.» – Beijing, China, 2012. – Р. 1-10. <https://globalrust.org/sites/default/files/posters/solh_2012.pdf>
9. Hovmøller M.S., Algaba J. R., Thach T., Justesen A.F., Hansen J.G. Report for Puccinia striiformis race analyses and molecular genotyping 2017 // Global Rust Reference Center (GRRC), Aarhus University, Flakkebjerg. – Denmark, 2017. <https://agro.au.dk/fileadmin/Summary_of_Puccinia_striiformis_race_analysis_2017.pdf>
10. Mogens Støvring Hovmøller, Mehran Patpour, Julian Rodriguez-Algaba, Tine Thach, Chris K. Sørensen, Annemarie Fejer Justesen & Jens Grønbech Hansen. GRRC report of yellow and stem rust races 2022: GRRC, Aarhus University, Denmark. [www.wheatrust.org](http://www.wheatrust.org)16.05.2023.
11. Борьба с формами ржавчины пшеницы: укрупление национального потенциала и международного сотрудничества // Информационные брошюры. – 2017. – №2. <http://www.fao.org/3/b-i6918r.pdf>
12. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C. and Xia X.C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement. <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>
13. Park R., Fetch T., Hodson D. JinY., Nazari K., Prashar M., Pretoriuset Z. International surveillance of wheat rust pathogens: progress and challenges // Euphytica. – 2011. Vol. 179, № 1. – P. 109-117. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0375-4>
14. Санин С.С. Защита пшеницы от бурой ржавчины // Защита и карантин растений. – 2007. №11. – С. 58-68.
15. Singh, R., Huerta-Espino, J., Bhavani, S., Njau, P., Autrique, E., Govindan, V., Hao, Y. Breeding durable adult plant resistance to stem rust in spring wheat-progress made in a decade since the launch of Borlaug Global Rust Initiative (BGRI, 2015).<https://globalrust.org/content/breeding-durable-adult-plant-resistance-stem-rust-spring-wheat-progress-made-decade-launch>
16. Roelfs A. P., Bushnell W. R. The Cereal Rusts, volume II: Diseases, distribution, epidemiology, and control //Acad. Press. INC, Orlando, Florida. – 1985. – С. 592. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-10449-7>
17. Hovmoller, M. S., Sorensen, C. K., Walter, S., & Justesen, A. F. Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses // Annual Review of Phytopathology. – 2011, № 49. – P. 197-217. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910095230>
18. Muleta, K. T., Bulli, P., Rynearson, S., Chen, X., & Pumphrey, M. Loci associated with resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in a core collection of spring wheat (*Triticum aestivum*) // PloS one. – 2017, № 12(6), – P. 112-125 . <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179087>
19. Sorensen, C. K., Hovmoller, M. S., Leconte, M., Dedryver, F., & de Vallavieille-Pope, C. New races of *Puccinia striiformis* found in Europe reveal race specificity of long-term effective adult plant resistance in wheat // Phytopathology. – 2014, № 104 (10). – P. 1042-1051. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-13-0337-R>
20. Ali, S., Gladieux, P., Leconte, M., Gautier, A., Justesen, A. F., Hovmoller, M. S., de Vallavieille-Pope, C. Origin, migration routes and worldwide population genetic structure of the wheat yellow rust pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. // PLoS Pathogen. – 2014, № 10(1). – P. 151-178.
21. Manickavelu, A., Joukhadar, R., Jighly,A., Lan, C., Huerta-Espino, J., Stanikzai, A. S., & Ban, T. Genome wide association mapping of stripe rust resistance in Afghan wheat landraces // Plant Science. – 2016, №252. – P. 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.07.018>
22. Mumtaz, S., Khan, I. A., Ali, S., Zeb, B., Iqbal, A., Shah, Z., & Swati, Z. A. Development of RAPD based markers for wheat rust resistance gene cluster (Lr37-Sr38-Yr17) derived from *Triticum ventricosum* L // African Journal of Biotechnology. – 2009,№ 8(7). – P. 144-165.
23. Mains, E.B. Studies concerning heteroecious rusts // Mycologia. – 1933, №25. – Р. 407- 417.
24. Emge, R.G. Growth of the sporulating zone of *Puccinia striiformis* and its relationship to Stripe Rust epiphytology // Phytopathology. – 1975. – Vol.65. – Р. 679-81.
25. Cheng, P. Grass hosts harbor more diverse isolates of *Puccinia striiformis* than cereal crops // Population Biology. – 2015. –Vol. 106. – P. 362-371.
26. Wellings, C.R. *Puccinia striiformis* in Australia: a review of the incursion, evolution, and adaptation of stripe rust in the period 1979-2006 // Australian Journal of Agricultural Research. – 2007, № 58. – Р. 567-575.
27. Wellings, C.R., Kandel K.R. Pathogen dynamics associated with historic stripe (yellow) rust epidemics in Australia in 2002 and 2003 // In Proceedings of the «11th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference». – 2004. <http://www.crpmb.org/icrpmc11/abstracts.htm>
28. Койшибаев М., Пономарева Л.А. Вредоносность болезней яровой пшеницы с воздушно-капельной инфекцией // Вестник сельскохозяйственной науки. – 2008, №8. – С. 15-19.
29. Brar G.S., Kutcher R.H. Race Characterization of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, the cause of wheat stripe rust, in Saskatchewan and Southern Alberta, Canada and virulence comparison with races from the United States // Plant Disease. – 2016. – P. 1744-1753. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1410-RE>
30. Babayants L. T., Babayants O. V., Vasilyev A. A. Yellow rust *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the south of Ukraine, it race composition and varietal resistance of wheat // Мateriale Conferentei Nationale (julilata) cu Participare «Internationale Probleme Actuale ale Geneticii. Biotechnology ici si Amenorarli» – Chisinau, 2005. – Р. 216-217.
31. Санин С.С., Назарова Л.Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991-2008 гг.) // Защита и карантин растений. – 2010, № 2. – С. 69-80.
32. Волкова Г.В., Шуляковская Л.Н., Кудинова О.А., Матвеева И.П. Желтая ржавчина пшеницы на Кубани // Защита и карантин растений. – 2018, №4. – С. 22.
33. Койшибаев М., Яхьяуи А., Оспанбаев Ж. Желтая ржавчина зерновых культур в Центральной Азии // Защита и карантин растений. – 2005. № 10. – С. 13-15.
34. O’Brian L., Brown J. S., Young R. M., Pascoe I. Occurrence and distribution of wheat stripe rust in Victoria and susceptibility of commercial wheat cultivars. Australasian Plant Pathology. – 1980. № 9. – Р. 14-20. <https://doi.org/10.1071/APP9800014>
35. Line R. F. Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review // Annual Reviews of Phytopathology. – 2002. № 40. – Р. 75-118. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.020102.111645>
36. Jin Y. Role of *Berbаris* spp. аs alternate hosts in generating new races of *Puccinia graminis* and *P. striiformis* // BGRI, Technical Workshop. – 2010. – Р. 138-145.
37. Jin Y., Szado L. J., Carson M. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of *Berberis* as an alternate host // Phytopathology.– 2010. № 100(5). – Р. 432-435. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-5-0432>
38. Wang M. N., Wan A. M., Chen X. M. Barberry as alternate host is important for *Puccinia graminis* f. sp*. tritici* but not for *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the U.S. Pacific Northwest // Plant Desease. – 2015. № 99(11). – Р. 1507-1516. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-14-1279-RE>
39. Duweiller E., Singh P. K., Mezza-lama M., Singh R. P., Dababat A. Wheat diseases and pests: A guide for field identification (2nd Edition) // CIMMYT. Mexico: D.F. – 2018. – Р. 160 .
40. Park, R. Durable rust resistance: from gene, to paddock continent and beyond // Global Rust Initiative (BGRI). Agenda. – 2015. <https://globalrust.org/page/bgri-2015-agenda>
41. Villareal-Lorus, M. M. A., Lannou, C., Vallavieilli-Pope, C., Neema, C. Genetic variability in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* populations sampled on a local scale during natural epidemics // Applied and Environmental Microbiology. – 2002, № 68(12). – Р. 6138-6145. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.12.6138-6145.2002>
42. Rizwan S., Iftikhar A., Ashraf M., Ghulam M. S., Mujeeb-Kazi A. New sources of wheat yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) seedling resistance // Pakistan Journal of Botany. – 2007, № 39(2). – Р. 595-602.
43. Ma L., Qiao J., Kong X., Zou Y., Xu X., Chen X., Hu Х. Effect of low temperature and wheat winter hardiness on survival of *Puccinia striiformis* f. sp*. tritici* under controlled conditions // PLoS ONE. – 2015. № 10(6). – Р. 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130691>
44. Zhivotkov L. A., Biryukov S. V., Stepanenko O. Ya. Wheat. – Kyiv, 1989. – 320 p.
45. Allison C., Isenbeck K. Biologische specialisierung von *Puccinia glumarum tritici* Erikss. und Henn // Phytopathologische Zeitschrift. – 1930. № 2. – Р. 87-98.
46. Gladders P., Langton S. D., Barrie I. A., Hardwick N. V., Taylor M. C., Paveley N. D. The importance of weather and agronomic factors for the over winter survival of yellow rust (*Puccinia striiformis*) and subsequent disease risk in commercial wheat crops in England // Annals of Applied Biology. – 2007. № 150, 371-382. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00131.x>
47. Johnson, R., Taylor, A. J. Yellow rust of wheat.Plant Breeding Institute, Cambridge // Annual Report. – 1976. – Р. 106-109.
48. Wellings C. R. Global status of stripe rust: A review of historical and current threats // Euphytica. – 2011. № 179 (1). – Р. 129-141. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0360-y>
49. Kumar K., Holtz M. D., Xi K., Turkington T. K. Virulence of *Puccinia striiformis* on wheat and barley in central Alberta // Canadian Journal of Plant Pathology. – 2012. № 34 (4). – Р. 551-561. <https://doi.org/10.1080/07060661.2012.722130>
50. Bueno-Sancho V., Persoons A., Hubbard A., Cabrera-Quio L. E., Lewis C. M., Corredor-Moreno P., Saunders D. G. O. Pathogenomic analysis of wheat yellow rust lineages detects seasonal variation and host specificity // Genome Biology and Evolution. – 2017. № 9(12). – Р. 3282-3296. <https://doi.org/10.1093/gbe/evx241>
51. Shahinnia F., Geyer M., Schürmann F., Rudolphi S., Holzapfel J., Kempf H., Hartl L. Genome-wide association study and genomic prediction of resistance to stripe rust in current Central and Northern European winter wheat germplasm // Theoretical and Applied Genetics. – 2022. № 135(10), – Р. 3583-3595. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04202-z>
52. Hovmøller M. S., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Justesen A. F., Hansen J. G. Report for *Puccinia striiformis* race analyses and molecular genotyping 2016. Global Rust Reference Center (GRRC) // Aarhus University. – 2017. <https://agro.au.dk/fileadmin/Summary_of_Puccinia_striiformis_race_analysis_2016.pdf>
53. Hovmøller M. S., Patpour M., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Sørensen C. K., Justesen A. F., Hansen J. G. GRRC report of yellow and stem rust genotyping and race analyses 2021. Global Rust Reference Center (GRRC) // Aarhus University. – 2022.<https://agro.au.dk/fileadmin/www.grcc.au.dk/International_Services/Pathotype_YR_results/GRRC_Annual_Report2021.pdf>
54. Motsny I. I., Molodchenkova O. O., Smertenko A. P., Lytvynenko M. A., Golub E. A., Mishchenko L. T. Creation of introgressive lines of soft winter wheat with signs of resistance to phytopathogens // Bulletin of Odessa National University. Biology. – 2020, – Vol. 25. № 2(47). – Р. 59-82. <https://doi.org/10.18524/2077-1746.2020.2(47).218058>
55. Ziyaev Z. M., Sharma R. C., Nazari K., Morgounov A. I., Amanov A. A., Ziyadullaev Z. F., Khalikulov Z. I., Alikulov S. M. Improving wheat stripe rust resistance in Central Asia and the Caucasus // Euphytica. – 2011. № 179. – Р. 197-207. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0305-x>
56. Wang M. N., Chen X. M. First report of Oregon grape (*Mahonia aquifolium*) as an alternate host for thewheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) under artificial inoculation // Plant Disease. – 2013. № 97(6). – Р. 839. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-12-0864-PDN>
57. Wellings C. R., McIntosh R. A. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Australasia: pathogenic changes during the first 10 years // Plant Pathology. – 1990. № 39(2). – Р. 316-325. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1990.tb02509.x>
58. Sharma-Poudyal D., Chen X. M., Rupp R. A. Potential over summering and overwintering regions for the wheat stripe rust pathogen in the contiguous United States // International Journal of Biometeorology. – 2014. № 58(5). – Р. 987-997. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0683-6>
59. Plant pests and diseases in the context of climate change and climate variability, food security and biodiversity risks 41st session of the European Commission on Agriculture (1—2 Oktober 2019, Budapest, Hungary). – 2019. – 16 p. <https://www.fao.org/3/nb088ru/nb088ru.pdf>
60. Zadoks J.C. Epidemiology of wheat rusts in Europe // FAO Plant Protection Bulletin. – 1965, № 13. –Р. 1-12.
61. Manners J.C. Studies of the physiologic specialization of yellow rust ((*Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. and Henn.) in Great Britain // Ann. Appl. Biol. – 1950, № 37. – P. 187-214.
62. Knott D.R. Introduction. In Knot, D.R. ed., The wheat rusts // Breeding for Resistance: monograph on Theoretical and Applied Genetics 12. – Berlin: Springer- Verlag, 1989. – Р. 1-3.
63. Shaner G.E., Powelson R.L. The oversumering and dispersal of inoculum of *Puccinia striiformis* in Oregon // Phytopathology. – 1973. – № 63. –Р. 13-17.
64. Chen W., Wellings C., Chen X., Zhengsheng K. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici* // Molecular Plant Pathology. – 2014. - №15 (5). –Р. 433-446. <https://doi.org/10.1111/mpp.12116>
65. Johnson R. A new nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis /* R. Johnson // Proc. of the Europ. and Mediter // Cereal Rusts Conference. – Praha. – 1972. – P. 147-150.
66. Rapilly F. Yellow rust epidemiology // Annu. Rev. Phytopathol. – 1979. – № 17. – P. 59-73.
67. Lu S.I., Fan K.F., Shia S.M., Mu W.T., Kong S.L., Yang T.M., Wang K.N., Lee S.P. Studies on stripe rust of wheat. 1. Physiologic specialization of *Puccinia glumarum* (Schmidt) Erikss. & Henn // Chin. J. Plant Pathol. – 1956. – № 2. – P. 153-166.
68. Cheng P. Virulence and molecular analyses support asexual reproduction of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the U.S. Pacific Northwest // Phytopathology. – 2014. – Vol. 104, № 11. – Р.1210-1220.
69. Бойко Ю.И. Особенности перезимовки возбудителя желтой ржавчины пшеницы в условиях лесостепи Украине // Научные труды Украинской сельскохозяйственной академии. – 1979. – № 230. – С. 64-67.
70. Sharma-Poudyal, D. Models for predicting potential yield loss of wheat caused by stripe rust in the US Pacific Northwest // Phytopathology. – 2011. – № 101. – Р. 544-554. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-10-0215PMID:21190424>
71. Boshoff W.H.P., Pretorius Z.A., Van Niekerk B.D. Establishment, distribution, and pathogenicity of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in South Africa // Plant Dis. – 2002. – № 86. – P. 485-492.
72. Vechet L. Interakce rez psenicna (*Puccinia recondite var. tritici*) – Psenice ozima ve smesi odrud // Ochr. rostl. – 1996. – Vol. 32, №2. – P. 145-152.
73. Zhao J., Wang L., Wang Z., Chen X., Zhang H., Yao J., Zhan G., Chen W., Huang L., Kang Zhensheng. Identification of eighteen *Berberis* specises as alternate hosts of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* and virulence variation in the pathogen isolates from natural infection of barberry plants in China // Phytopathology. – 2013. – № 103. – Р. 927-934.
74. Cook N.M., Chng S., Woodman T.L., Warren R., Oliver R.P., Saunders D.G. High frequency of fungicide resistance-associated mutations in the wheat yellow rust pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici //* Pest Manag. Sci. – 2021. – № 77. – Р. 3358-3371.
75. Schwessinger B., Chen Y.J., Tien R., Vogt J.K., Sperschneider J., Nagar R., McMullan M., Sicheritz-Ponten T., Sorensen C.K., Hovmoller M.S. et al. Distinct life histories impact dikaryotic genome evolution in the rust fungus *Puccinia striiformis* causing stripe rust in wheat // Genome Biol. Evol. – 2020. – № 12. – Р. 597-617.
76. Gad M.A., Li H., Alam M.A., Sajjad M., Li M. Geographical distribution and virulence phenotypes of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* from wheat in Yunnan // China. Sci. Asia. – 2019. – № 45. – Р. 572-580.
77. Tahir S., Zia I., Dilshad I., Fayyaz M., Noureen N., Farrakh S. Identification of stripe rust resistant genes and their validation in seedling and adult plant glass house tests // Genet. Resour. Crop Evol. – 2020. – № 67. – Р. 1025-1036.
78. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции. – М.: Нау­ка, 1987. – 511 с.
79. [Faostat@fao.org](mailto:Faostat@fao.org)
80. Кондратенко Е.П., Пинчук Л.Г. Роль сортовых особенно­стей, климатических условий и природной зоны возделывания в накоплении протеина и клейковины в зерне яровой пшеницы // Зерновое хозяйство. – 2007. № 3–4. – С. 23-24.
81. Rosewarne Garry, Singh Ravi, Huerta-Espino Jesus, Herrera-Foessel Sybil, Forrest K., Hayden Matthew, Rebetzke Greg. Analysis of leaf and stripe rust severities reveals pathotype changes and multiple minor QTLs associated with resistance in an Avocet 3 Pastor wheat population // Theoretical and Applied Genetics. – 2012. – № 124 (7). – Р.1283-1294.
82. Davydova N.V., Kazachenko A.O. Osobennosti podbora iskhodnogo materiala dlya selektsii yarovoy my-agkoy pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.Bulletin of Altai State Agricultural University. – 2013. – № 5. – Р. 5-9. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19012020>
83. Dubekova S, Sarbaev A, Yessimbekova M, Morgounov A, Yesserkenov A Winter wheat resistance to yellow rust in Southeast Kazakhstan. SABRAO J. Breed. Genet. – 2023. – №55(6). – Р.1910-1919. <http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.5>
84. Saltanat Bakytzhanovna Dubekova, Amangeldy Taskalievich Sarbaev, Aikerim Asylbekkyzy Ydyrys, Aidarkhan Kadyrkhanovich Eserkenov and Sholpan Orazovna Bastaubaeva. Immunological Characteristics of Winter Wheat Lines with Resistance to Rust Diseases in Kazakhstan // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – № 21 (4). – Р. 356-365 <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2021.356.365>
85. Рсалиев Ш.С., Уразалиев Р..А., Дубекова С.Б.,Ибадуллаева Р.К., Мелдешов А.Б. Отбор болезнеустойчивых сортов и линий озимой пшеницы на юге-востоке Казахстана // Ауыл шаруашылығы ғылымдары. Қорқыт ата атындағы Қызылорда университетінің хабаршысы. – 2023. – № 2(65), – С. 27-38. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2023.v65.i2.0834>
86. Malysheva A.A., Kokhmetova A.M., Kumarbayeva M.K., Zhanuzak D.K., Bolatbekova A.A., KeishilovZh.S., Tsygankov V., Dutbayev Y.B., Dubekova S.B. Identification of carriers of *Puccinia striiformis* resistance genes in the population of recombinant inbred wheat lines //International Journal of Biology and Chemistry. – 2022.  – № 15 (1). – Р. 4-10. <https://doi.org/10.26577/ijbch.2022.v15.i1.01>
87. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1972. – 399 с.
88. Дробыш А. В. Таранухо А. В. Результаты использования межсортовой гибридизации в селекции яровой пшеницы // Вестник БГСХА. – 2016. – №3. – С. 82-85.
89. Вьюшков А. А., Мальчиков П. Н., Сюков В. В., Шевченко С. Н. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы // 2-е изд. Самара: Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – 536 с.
90. Давоян Р. О., Бебякина И. В., Давоян О. Р., Зинченко А. Н., Давоян Э. Р., Кравченко А. М., Зубанова Ю. С. Синтетические формы как основа для сохранения и использования генофонда диких сородичей мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 44-51.
91. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко О. А., Каменева А. С., Дерова Т. Г. Методы создания исходного материала в селекции озимой твердой пшеницы и их результативность // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 2(68). – С. 54-60. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60>
92. Гуляев Г. В., Дубинин А. II. Селекция и семеноводство полевых культур с основами генетики. – М.: Колос, 1980. – 375 с.
93. Гасанова Г.М., Рустамов Х.Н. Влияние жёлтой ржавчины на показатели качества зерна пшеницы мягкой (*T. aestivum* L.) // Аграрная наука. – 2019. – № 1. – С. 158-161 <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-158-161>
94. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генетические основы селекции растений // Частная генетика растений. – Минск: Беларус навука, 2010. – 579 с.
95. Nazarov B. Assessment of the disease resistance of hybrid progenies and selection of the resistant species // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5, №7. – С. 122-127. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/44/15>
96. Fetch T. Surveillance of Ug99 stem rust and the search for new resistance genes. – 2014. <http://www.globalrust.org/presentations-2014-rust-surveillance-workshop-brazil>
97. Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Шаманин В.П., Волкова Г.В., Гайнуллин Н.Р., Анисимова А.В., Галингер Д.Н., Лазарева Е.Н., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф. Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), в том числе и к расе Ug99, в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – № 20(3). – С. 320-328. <https://doi.org/10.18699/VJ16.167>
98. Robbins M. Backcrossing, Backcross (BC) Populations, and Backcross Breeding. – 2012.
99. Nabi S., Devendra K. Breeding for Disease Resistance // Division of plant pathology IARI New Delhi. – 2015. – № 14(06). – Р. 83-84.
100. Summersa R.W., Brown JK. M. Constraints on breeding for disease resistance in commercially competitive wheat cultivars // Plant Pathology. – 2013. – № 62 (51). – Р. 115-121.
101. Gadisa Alemu. Wheat Breeding for Disease Resistance: Review // J Microbiol Biotechnol. – 2019. – № 4(2). – Р. 142. <https://doi.org/10.23880/oajmb-16000142>
102. Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Трущенко А.Ю., Кузьмина С.П., Кротова Л.А. Селекционная оценка гибридных популяций казахстанского питомника челночной селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 8 (70). – C.26-34.
103. Третован Р., Моргунов А., Зеленский Ю., Лаге Я. Челночная селекция между Мексикой и Казахстаном: результаты, подробности и перспективы // Агромередиан. – 2006. – № 2 (3). – С. 23-27.
104. Сейтхожаев А.И. Устойчивость пшеницы к трем видам ржавчины // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллин. – 2015. – №1 (84). – C.25-30.
105. Одинцова И.Г. Генетика устойчыивости пшеницы к бурой ржавчине и стратегия селекции: автореф. доктор биол. наук. 1988. – 32 с.
106. Валуевич Е.А., Палилова А.Н., Силкова Т.А. Ядерно-цитоплазматические эффекты устойчивости аллоплазматических линий мягкой пшеницы к возбудителю бурой ржавчины. Влияние цитоплазмы диких родичей пшеницы на проявление резистентности к Puccina triticina Erikss в ранних фазах онтогенеза растений // Цитология и генетика. – 1989. – Т. 23. – № 2. – С 30-34.
107. Chudinov V.A., Savin T.V., Kozhakhmetov K., Abugalieva A.I. Sustainable diseases for double haploid and introgressive wheat lines for organic farming // Book of proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation and Schools of Young Scientists «Mechanisms of resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental». – 2018. <https://doi.org/10.31255/978-5-94797-319-8-1008-1011>
108. Kumar S., Bhardwaj S.C., Gangwar O.P., Sharma A., Qureshi N., Kumaran V.V., Khan H., Prasad P., Miah H., Singh G.P. and Sharma K. Lr80: A new and widely effective source of leaf rust resistance of wheat for enhancing diversity of resistance among modern cultivars // Theoretical and Applied Genetics. – 2021. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03735-5>
109. Oliver RPA. Reassessment of the risk of rust fungi developing resistance to fungicides // Pest Management Science. –2014. – № 70(11). – Р.1641-1645.
110. Bhardwaj S.C. *Puccinia - Triticum* interaction: an update // Indian Phytopathology. – 2013. – № 66(1). – Р.14-19.
111. Ragab Kh.E., Shahin A.A., Abdelkhalik S.A.M. Efficiency of yellow rust resistance genes Yr5, Yr10, Yr15 and YrSp in improving the two egyptian bread wheat cultivars Sids 12 and Gemmeiza 11 // Egypt. J. Agron. – 2020. – Vol. 42. – № 3, – Р. 249-261. <https://doi.org/10.21608/agro.2020.39840.1225>
112. Khanfri S., Boulif M., Lahlali R. Yellow rust (*Puccinia striiformis*): A serious threat to wheat production worldwide // Not. Sci. Biol. – 2018. – № 10, – Р. 410-423.
113. Chen X. Pathogens which threaten food security: *Puccinia striiformis*, the wheat stripe rust pathogen // Food Secur. – 2020. – № 12. – Р. 239-251.
114. Bai Q., Wan A., Wang M., See D.R., Chen X. Molecular characterization of wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) collections from nine countries // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – № 22. – Р. 57-94.
115. Hubbard A., Lewis C.M., Yoshida K., Ramirez-Gonzalez R.H., de Vallavieille-Pope C., Thomas J., Kamoun S., Bayles R., Uauy C., Saunders D.G. Field pathogenomics reveals the emergence of a diverse wheat yellow rust population // Genome Biol. – 2015, – № 16. – Р. 23.
116. Bouvet L., Holdgate S., James L., Thomas J., Mackay I.J., Cockram J. The evolving battle between yellow rust and wheat: Implications for global food security // Theor. Appl. Genet. – 2022. – № 135. – Р. 741-753.
117. Chen W., Wellings C., Chen X., Kang Z., Liu T. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici //* Mol. Plant Pathol. – 2014. – № 15. – Р. 433-446.
118. Ali S., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Sorensen C. K., Hansen J. G., Lassen P., Hovmoller M. S. Yellow rust epidemics worldwide were caused by pathogen races from divergent genetic lineages // Frontiers in Plant Science. – 2017. – № 8. – Р.1057. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01057>
119. Gassner G., Straib W. Untersuchunger Über das Auftreten biologischer Rassen des Weizengelbrostes in Jahre 1932 // Arb. Biol. Reichsanst. – 1934. – № 21. – P. 59-72.
120. Fuchs E. Physiologysche Rassen bei Gelbrost (*Puccinia glumarum* / Schm./ Erikss. and Henn.) auf Weizen // Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschut. – 1960. – № 4. – P. 49-63.
121. Gassner G., Straib W. Die Bestimmung der biologischen Rasses des Weizengelbrostes (*Puccinia glumarum* f.sp. *tritici* (Schm.) Erikss. and Henn.) // Arb. Biol. Reichsanst. – 1932. – № 21. – P. 141-164.
122. Zadoks J.C. Yellow rust on wheat studies in the epidemiology and physiology specialization // Tijdsehr. Planteziekten. – 1961. – № 67. – P. 69-256.
123. Kajiwara T., Ueda I., Iwata I. Unter suchunden Über die physiologische Spezialisierung des weisengelbrostes *P.striiformis* West. f.sp. *tritici* Erikss. and Henn. in Japan // Phytopat. Zeitschrift. – 1964. – Vol. 51, № 1. – P. 19-28.
124. Гусева Н.Н. Надзор за расами и генами вирулентности ржавчинных и мучносторосяных грибов на пшенице // Микология и фитопатология. – 1978. – Т. 12. – С. 182.
125. Flor H.H. The complimentary genetic systems in flax and flax rust // Advanc. Genet. – 1956. – № 8. – P. 29-54.
126. Wang K.N., Hong X.W., Si Q.M., Wang J.X., Shen J.P. Studies of the physiological specialization of stripe rust of wheat in China // J. Plant Prot. – 1963. – № 2. – P. 23-35.
127. Van der Plank, J.E. Plant diseases: epidemics and control. New York: Academic Press, 1963. – 349 p.
128. Hodson D.P. Shifting boundaries: challenges for rust monitoring // Euphytica. – 2011. – № 179. – P. 93-104.
129. Line, R.F. Sharp E.L., Powelson R.L. A system for differentiating races of *Puccinia striiformis* in the United States // Plant Dis. Rep. – 1970. – № 54. – P. 992-994.
130. Line R.F. Qayoum A. Virulence, aggressiveness, evolution, and distribution of races of *Puccinia striiformis* (the cause of stripe rust of wheat) in North America, 1968– 87 // U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin. – 1992. – № 1788. – 44 p.
131. Chris Khadgi Sоrensen. Infection biology and aggressiveness of *Puccinia striiformis* on resistant and susceptible wheat. –Aarhus, 2012. – 139 p.
132. Fuchs E. Der stand der Rassen spezialisie rung beim Gelbrost *P. glumarum* (Schm.) Erikss. et. Henn. in Europe // Nachrich ten blatt des Deutschen Pflanzenschut. – 1956. – № 8. – P. 87-93.
133. Воронкова А.А. Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине. – М.: Колос, 1980. – 190 с.
134. Rodriguez-Algaba J., Sørensen C.K., Labouriau R., Justesen A.F., Hovmøller M.S. Genetic diversity within and among aecia of the wheat rust fungus *Puccinia striiformis* on the alternate host *Berberis vulgaris* // Fungal Biology. – 2017. – №121(6-7). – Р. 541-549. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2017.03.003>.
135. Chen X. High-temperature adult-plant resistance, key for sustainable control of stripe rust // American Journal of Plant Sciences. – 2013. – № 4 (03), – Р. 608. <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.43080>
136. Burdon J. J., Barrett L. G., Rebetzke G., & Thrall P. H. Guiding deployment of resistance in cereals using evolutionary principles // Evolutionary Applications. – 2014. – № 7 (6). – Р. 609-624. <https://doi.org/10.1111/eva.12175>
137. Ellis J. G., Lagudah E. S., Spielmeyer W., & Dodds P. N. The past, present and future of breeding rust resistant wheat // Frontiers in Plant Science. – 2014. – №5, – Р. 641. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00641>
138. Hulbert S., & Pumphrey M. A time for more booms and fewer busts? Unraveling cereal–rust interactions // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2014. – №27(3). – Р. 207-214. <https://doi.org/10.1094/MPMI-09-13-0295-FI>
139. Steele K. A., Humphreys E., Wellings C. R., & Dickinson M. J. Support for a stepwise mutation model for pathogen evolution in Australasian *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* by use of molecular markers // Plant Pathology. – 2001. – № 50(2), – Р. 174-180. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00558.x>
140. Hovmoller M. S., Walter S., Bayles R. A., Hubbard A., Flath K., Sommerfeldt N., & Hansen J. G. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. Plant Pathology. – 2016. – № 65(3), – Р. 402-411. <https://doi.org/10.1111/ppa.12433>
141. Tadesse W., Ogbonnaya F. C., Jighly A., Nazari K., Rajaram S., & Baum M. Association mapping of resistance to yellow rust in winter wheat cultivars and elite genotypes // Crop Science. – 2014. – № 54(2). – Р. 607-616. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.05.0289>
142. Mert Z., Nazari K., Karagoz E., Akan K., Ozturk İ., & Tulek A. First incursion of the warrior race of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) to Turkey in 2014 // Plant Diseases. – 2016. – № 100(2), – Р. 528. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-15-0827-PDN>
143. Rahmatov M. Genetic characterisation of novel resistance alleles to stem rust and stripe rust in wheat-alien introgression lines // Department of Plant Breeding, Swedish University of Agricultural Sciences. – 2016.
144. Singh R. P., Huerta-Espino J., & Rajaram S. Achieving near immunity to leaf and stripe rusts in wheat by combining slow rusting resistance genes // Acta phytopathologica et entomologica hungarica. – 2000. – № 35(1/4). – Р.133-139.
145. Bentley A. R., Scutari M., Gosman N., Faure S., Bedford F., Howell P., Horsnell R. Applying association mapping and genomic selection to the dissection of key traits in elite European wheat // Theoretical and Applied Genetics. – 2014. – № 127(12). – Р. 2619-2633. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2403-y>
146. Singh R. P., Huerta-Espino J. U. L. I. O., & William H. M. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. – 2005. – № 29(2). – Р.121-127.
147. McIntosh R.A., Wellings C.R., Park R.F. Wheat rusts: an atlas of resistance genes // Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia and Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. – 1995.
148. Hovmøller M.S., Yahyaoui A.H., Milus E.A., Justesen A.F., Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus // Molecular Ecology. – 2008. – № 17. – Р. 3818-3826.
149. Singh R.P., William H.M., Huerta-Espino J., Rosewarne G. Wheat rust in Asia: meeting the challenges with old and new technologies // Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. – 2004. <http://www.cropscience.org.au/icsc2004/symposia/3/7/141_singhrp.htm>
150. Gassner G., Straib W., Uber Mutationen in einer biologischen Rasse von *Puccinia glumarum tritici* (Schmidt) Erikss. und Henn // Zeits chrift fu¨ r Induktive Abstammungs -und Vererbungslehre. – 1932. – № 63, – Р. 154-80.
151. Hovmøller M.S., Justesen A.F. Rates of evolution of avirulence phenotypes and DNA markers in a northwest European population of *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici* // Molecular Ecology. – 2007. – № 16, – Р. 4637-4647.
152. Singh R.P. Genetic association of leaf rust resistance gene *Lr34* with adult-plant resistance to stripe rust in bread wheat // Phytopathology. – 1992. – № 82. – P. 835-838.
153. Van der Plank J.E. Plant diseases: epidemics and control. New York: Academic Press, 1963. – 349 p.
154. Markell S.G., Milus E.A. Emergence of a novel population of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Eastern United States // Phytopathology. – 2008. – № 98(6). – Р. 632-639. [https://doi.org/10.1093/PHYTO- 98-6-0632](https://doi.org/10.1093/PHYTO-%2098-6-0632)
155. Milus E.A., Lee K.D., Brown-Guedira G. Characterization of stripe rust resistance in wheat lines with resistance gene *Yr17* and implications for evaluating resistance and virulence // Phytopathol. – 2015. – № 105. – Р.1123-1130.
156. Hovmøller M.S., Walter S., Bayles R.A., Hubbard A., Flath K., Sommerfeldt N., de Vallavieille-Pope C. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region // Plant Pathology. – 2016. – № 65 (3). – Р.402-411. <https://doi.org/10.1111/ppa.12433>
157. Hungerford, C.W. Owens C.E. Specialized varieties of *Puccinia glumarum* and hosts for variety *tritici* // J. Agric. Res. – 1923. – № 25. – P. 363-401.
158. Madariaga R. Mellado M., Becerra V. Significance of wheat yellow rust (Yr) genes in Chile // Proceedings of the 11th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference. – 2005. <http://www.crpmb.org/icrpmc11/abstracts.htm>
159. Hovmøller M.S. Rodriguez-Algaba J., Thach T. Sørensen C.K. Race typing of *Puccinia striiformis* on wheat. Wheat rust diseases // Methods Mol. Biol. – 2017; – № 1659. – Р. 29–40. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7249-4>
160. Huerta-Espino J., Singh R., Crespo-Herrera L.A., Villaseñor-Mir H.E., Rodriguez-Garcia M.F., Dreisigacker S., Barcenas- Santana D., Lagudah E. Adult plant slow rusting genes confer high levels of resistance to rusts in bread wheat cultivars from Mexico // Front. Plant Sci. – 2020. – № 11, – Р. 824.
161. Liu Y., Qie Y., Li X., Wang M., Chen X. Genome-wide mapping of quantitative trait loci conferring all-stage and high - temperature adult-plant resistance to stripe rust in spring wheat landrace PI 181410 // Int. J. Mol. Sci. – 2020. – № 21, – Р. 478.
162. Milus E.A., Moon D.E., Lee K.D., Mason R.E. Race-specific adult-plant resistance in winter wheat to stripe rust and characterization of pathogen virulence patterns // Phytopathology. – 2015. – № 105, – Р. 1114-1122.
163. Chen X., Wang M., Wan A., Bai Q., Li, M., López P.F., Maccaferri M., Mastrangelo A.M., Barnes C.W., Cruz D.F.C. Virulence characterization of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* collections from six countries in 2013 to 2020 // Can. J. Plant Pathol. – 2021. – № 43. – Р. 308-322.
164. Hu Y., Tao F., Su C., Zhang Y., Li, J., Wang J., Xu X., Chen X., Shang H., Hu X. NBS-LRR Gene TaRPS2 is Positively Associated with the High-Temperature Seedling Plant Resistance of Wheat Against *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici* // Phytopathology. – 2021. – № 111. – Р. 1449-1458.
165. Bouvet L., Percival-Alwyn L., Berry S., Fenwick P., Mantello C.C., Sharma R., Holdgate S., Mackay I.J., Cockram J. Wheat genetic loci conferring resistance to stripe rust in the face of genetically diverse races of the fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici* // Theor. Appl. Genet. – 2022. – № 135, – Р. 301-319.
166. Omar G.E., Mazrou Y.S.A., EL-Kazzaz M.K., Ghoniem K.E., Ashmawy M.A., Emeran A.A., Mabrouk O.I., Nehela Y. Durability of adult plant resistance gene Yr18 in partial resistance behavior of wheat (*Triticum aestivum*) genotypes with different degrees of tolerance to stripe rust disease, caused by *Puccinia striiformis* f. sp*. tritici*: a five-year stud // Plants. – 2021, – № 10, – Р. 22-62.
167. Rehman A.U.M, Khan S.H., Ahmad N. Prospects of wheat breeding for durable resistance against brown, yellow and black rust fungi // International journal of agriculture & biology. – 2013. – № 15(6). – Р. 45-59.
168. Rane J., Pannu R.K., Sohu V.S., Saini R.S., Mishra B., et al. Performance of yield and stability of advanced wheat genotypes under heat stress environments of the Indo-Gangetic Plains // Crop Sci*.* – 2007. – № 47(4). – Р. 1561-1573.
169. Singh R.P., David P., Hodson, Jin Y., Espino J. Current status, likely migration and strategiesto mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen //Plant pathology. – 2006. – № 1(54). – Р. 1-13.
170. Bolton M.D., Kolmer J.A., Garvin D.F. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* // Mol Plant Pathol. – 2008. – № 9(5). – Р. 563-575.
171. Priyamvada M.S., Saharan, Tiwari R. Durable resistance in wheat // International Journal of Genetics and Molecular Biology. – 2011. – № 3(8). – Р. 108-114.
172. Xavier Ribeiro do vale F.X., Parlevliet J.E., Zambolim L. Concepts in plant disease resistance // Fitopatologia Brasileira. – 2001. – № 26. – Р. 577-589.
173. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C. and Xia X.C. Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2017 Supplement. Komugi-Integrated Wheat Science Database, 2017 <http://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>
174. Catalogue of Gene Symbols for Wheat. Database, 2021. <https://wheat.pw.usda.gov/GG3/wgc>
175. Gangwar O.P., Kumar S., Bhardwaj S.C., Kashyap P.L., Prasad P. and Khan H. Characterization of three new *Yr9*-virulences and identification of sources of resistance among recently developed Indian bread wheat germplasm // Journal of Plant Pathology. –2019. – № 101(4). – Р. 955-963. <http://doi.org/10.1007/s42161-019-00302-w>
176. Kaur G., Srivastava P., Sharma A., Bains N.S. and Sohu V.S. Development of wheat lines carrying stripe rust resistance genes *Yr10* and *Yr15* in productive genetic backgrounds // Journal of Wheat Research. – 2016. – № 8(2). – Р. 26-30.
177. Khan H., Bhardwaj S.C., Gangwar O.P., Prasad P., Kashyap P.L., Savadi S., Kumar S. and Rathore R. Identifying some additional rust resistance genes in Indian wheat varieties using robust markers // Cereal Research Communications. – 2017. – № 45(4). – Р. 633-646.
178. Riaz A., Periyannan S., Aitken E. A rapid phenotyping method for adult plant resistance to leaf rust in wheat // Plant Methods. *–* 2016. – № 12. – Р. 17 <https://doi.org/10.1186/s13007-016-0117-7>
179. Hadi Bux, Muhammad Ashraf, Xianming Chen, Abdul Samad Mumtaz. Effective genes for resistance to stripe rust and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Pakistan // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 10 (28), – Р. 5489-5495. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2247>
180. Grover A., Sharma P. Development and use of molecular markers: Past and present // Crit. Rev. Biotechnol. – 2016. – № 36. – Р. 290-302.
181. Cao J., Xu Z., Fan X., Zhou Q., Ji G., Wang F., Feng B., Wang T. Genetic mapping and utilization analysis of stripe rust resistance genes in a Tibetan wheat (*Triticum aestivum* L.) landrace Qubaichun // Genet. Resour. Crop Evol. – 2020. – № 67. – Р. 1765-1775.
182. Liu R., Lu J., Zhou M., Zheng S., Liu Z., Zhang C., Du M., Wang M., Li Y., Wu Y. Developing stripe rust resistant wheat (*Triticum aestivum* L.) lines with gene pyramiding strategy and marker-assisted selection // Genet. Resour. Crop Evol. – 2020. – № 67. – Р. 381-391.
183. Long L., Yao F., Yu C., Ye X., Cheng Y., Wang Y., Wu Y., Li J., Wang J., Jiang Q. Genome-wide association study for adult-plant resistance to stripe rust in Chinese wheat landraces (*Triticum aestivum* L.) from the yellow and huai river valleys // Front. Plant Sci. – 2019. – № 10. – Р. 596.
184. Saeed M., Ibrahim M., Ahmad W., Tayyab M., Attacha S., Khan M.N., Jadoon S.A., Shah S.J., Zeb S., Shah L. Molecular characterization of diverse wheat genetic resources for resistance to yellow rust pathogen (*Puccinia striiformis*) // Agronomy. – 2022. – № 12. – Р. 29-51. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122951>
185. Yao E., Blake V.C., Cooper L., Wight C.P., Michel S., Cagirici H.B., Lazo G.R., Birkett C.L., Waring D.J., Jannink J.L. Grain Genes: A data-rich repository for small grains genetics and genomics. Database, 2022.
186. Kokhmetova A.A., Chen X.M., Rsaliyev S. Identification of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, characterization of wheat cultivars for resistance, and inheritance of resistance to stripe rust in Kazakhstan wheat cultivars. Ssian Australas // J. Plant Sci. Biotechnol. – 2010, – № 4. – Р. 64-70.
187. Кумарбаева М.Т., Кохметова А.М., Кеишилов Ж.С., Малышева А.А., Болатбекова А.А. Идентификация источников устойчивости к желтой ржавчине (*Puccinia striiformis West end* f. sp. *tritici*) пшеницы в коллекции озимых образцов // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. – 2023. – №2 (98). <https://doi.org/10.37884/2-2023/09>
188. Endresen F., Terje D., Street K., Mackay M., Bari A., & De Pauw E. Predictive association between biotic stress traits and eco-geographic data for wheat and barley landraces // Crop Science. – 2011. – №51(5). – Р. 2036-2055. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.12.0717>
189. Bulli P., Zhang J., Chao S., Chen X., & Pumphrey M. Genetic architecture of resistance to stripe rust in a global winter wheat germplasm collection // G3: Genes, Genomes, Genetics. – 2016. – № 6(8). – Р. 2237-2253. <https://doi.org/10.1534/g3.116.028407>
190. Gurung S., Mamidi S., Bonman J. M., Xiong M., Brown-Guedira G., & Adhikari T. B. Genome-wide association study reveals novel quantitative trait loci associated with resistance to multiple leaf spot diseases of spring wheat // PLoS One. – 2014. – № 9(9). – Р. 108-179. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108179>
191. Kertho A., Mamidi S., Bonman J. M., McClean P. E., & Acevedo M. Genome-wide association mapping for resistance to leaf and stripe rust in winter-habit hexaploid wheat landraces // PLoS One. – 2015. – № 10(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129580>
192. Maccaferri M., Zhang J., Bulli P., Abate Z., Chao S., Cantu D., & Dubcovsky J. A genome-wide association study of resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in a worldwide collection of hexaploid spring wheat (*Triticum aestivum* L.) // G3: Genes, Genomes, Genetics. – 2015. – № 5(3). – Р. 449-465. <https://doi.org/10.1534/g3.114.014563>
193. Manickavelu A., Joukhadar R., Jighly A., Lan C., Huerta-Espino J., Stanikzai A. S., & Ban T. Genome wide association mapping of stripe rust resistance in Afghan wheat landraces // Plant Science. – 2016. – № 252. – Р. 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.07.018>
194. Kokhmetova A., Rsaliyev A., Malysheva A., Atishova M., Kumarbayeva M., Keishilov Z. Identification of stripe rust resistance genes in common wheat cultivars and breeding lines from Kazakhstan // Plants. – 2021. – № 10(11). – Р. 1011-2303. <https://doi.org/10.3390/plants10112303>
195. Shahin A.A. Effective Genes for Resistance to Wheat Yellow Rust and Virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Egypt // Egypt. Acad. J. Biolog. Sci. – 2017. – № 8(2). – Р. 1-10 <https://doi.org/10.21608/eajbsh.2017.16762>
196. Basnet B. R., Singh R. P., Herrera-Foessel S. A., Ibrahim A. M. Huerta-Espino H., Calvo-Salazar J., and Rudd J. C. Genetic analysis of adult plant resistance to yellow rust and leaf rust in common spring wheat Quaiu 3 // Plant Disease. – 2013. – Vol. 97, № 6. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-02-12-0141-RE>
197. Zeleneva Y.V., Shaydayuk E.L. Resistance of winter soft wheat varieties to leaf and yellow rust in the conditions of the Central Chernozem region of Russia. E3S Web of Conferences FARBA, 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401017>
198. Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства. Алма-Атинская область, Кайнар. – 1978. – 46 с.
199. Roelfs A. P., Singh R. P., and Saari E. E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. Mexico, D.F.: CIMMYT, 1992. – 81 р. <http://hdl.handle.net/10883/1153>
200. Rust scoring guide. CIMMYT, 1986. <http://hdl.handle.net/10883/1109>
201. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals // Can. J. Res. Sect. – 1948. – V. 26. – P. 496-500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
202. Stubbs R. W., Prescott J. M., Saari E. E., and Dubin H. J. Cereal Disease Methodology Manual. México: Centro Internacional de Mejoramento de Maiz y Trigo (CIMMYT). – 1986. – P. 1-46.
203. Chu Ch.D. Lu L., Zhang T. Sensitivity of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to seasonal and Interannual climate conditions in the Lhasa area // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. – 2007. – Vol. 79, №4 (39). – P. 635-641.
204. Rsaliyev A.S., Rsaliyev Sh.S. Principal approaches and achievements in study­ing race composition of wheat stem rust // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – № 22(8). – P. 967-977.
205. Rsaliyev A., Yskakova G., Maulenbay A., Zakarya K., Rsaliyev S. Virulence and race structure of *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* in Kazakhstan // Plant Prot. Sci. – 2020. – № 56. – P. 275-284. <https://doi.org/10.17221/85/2020-PPS>
206. Мауленбай А.Д., Ыскакова Г.Ш., Рсалиев А.С. Вирулентность и расовый состав *Puccinia triticina* в Казахстане в 2018 г. // Вестник науки КазАТУ им. С.Сейфуллина. – 2020. – № 3(106). – P.25-35.
207. Рсалиев Ш.С., Тилеубаева Ж.С., Рсалиев А.С., Агабаева А.Ч., Мамадалиев С.М. Способ дифференциации рас (патотипов) желтой ржавчины пшеницы (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*). Инновационный патент на изобретение KAZ 22702. – 2008.
208. Gassner G., Straib W. Experimentelle Untersuchungen uber das Verhaltender Weizensorten gegen *Puccinia glumarum* // Phytopathology Zeitschrift. – 1929. – Vol.1, № 3. – P. 215-275.
209. Long D.L., Kolmer J.A. A North American System of Nomenclature for *Puccinia triticina* // Phytopathology. – 1989. – Vol.79. – P.525-529.
210. Пересыпкин В.Ф. Сельскохозяйственная фитопатология 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1989. - 480 с.
211. Баталова Г.А., Лисицын Е.М., Шешегова Т.К., Щенникова И.Н., Уткина Е.И. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве // Материалы V Международной научно практической конференции. – Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. – 328 с.
212. Dellaporta S.L., Wood J., Hicks J.B. A plant DNA mini preparation: Version II. Plant //Mol. Biol. Rep. – 1983. – № 1. – P. 19-21. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02712670>
213. Wang L., Ma J., Zhou R., Wang X., Jia J. Molecular tagging of the yellow rust resistance gene Yr10 in common wheat, PI 178383 (*Triticum aestivum* L.) // Euphytica. – 2002. – № 124. – P. 71-73.
214. Chen X. M., Line R. F., Leung H. Genome scanning for resistance-gene analogs in rice, barley, and wheat by high-resolution electrophoresis // Theoretical and Applied Genetics. – 1998. – № 97. – P. 345-355.
215. Helguera M., Khan I. A., Kolmer J., Lijavetzky D., Zhong‐Qi L., Dubcovsky J. PCR assays for the Lr37‐Yr17‐Sr38 cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines // Crop science. – 2003. – № 43(5). – P. 1839-1847.
216. Роберт Кабаков.R в действии = R in Action. ДМК-Пресс, 2014. – 588 с.
217. Хэдли Уикем, Гарретт Гроулмунд.Язык R в задачах науки о данных: импорт, подготовка, обработка, визуализация и моделирование данных = R for Data Science: Visualize, Model, Transform, Tidy, and Import Data. – Вильямс, 2017. – 592 с.
218. Kolmer J.A. Virulence in Puccinia recondite f. sp. tritici isolates from Canada to genes for adult plant resistance to wheat leaf rust. // Plant dis. [St. Paul, Minn., American Phytopathological Society]. – 1997. – V. 81 (3), – P. 267-271.<https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.3.267>
219. Shah S. J. A., Hussain S., Ahmad M., Farhatullah and Ibrahim M. Characterization of slow rusting resistance against Puccinia striiformis f. sp. tritici in candidate and released bread wheat cultivars of Pakistan // J.Plant Pathol. and Microbiol. – 2014. – № 5. – P. 1-9. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000223>
220. Dehghani H. and Moghaddam M. Genetic analysis of latent period of stripe rust in wheat seedlings // J. Phytopathol. – 2004. – № 152. – P. 325-30. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2004.00848.x>
221. Zheng S. Li Y. Lu L. Liu Z. Zhang C. Ao D. Li L. Zhang C. Liu R. Luo C. Wu Y. (&)Zhang L. Evaluating the contribution of Yr genes to stripe rust resistance breeding through marker-assisted detection in wheat // Euphytica. – 2017. – № 213. – P. 50. <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1828-6>
222. Санду И. С., Свободина В. А., Нечаев В. И. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации). – М.: ФГБНУ «Росинформ агротех», 2013. – 228 с.
223. Гончаров Н.Р.Методические подходы к экономической оценке эффективности мероприятий по защите растений в условиях отдельного эксперимента // Вестник защиты растений. – 2017. – № 3(93). – С. 44-54.

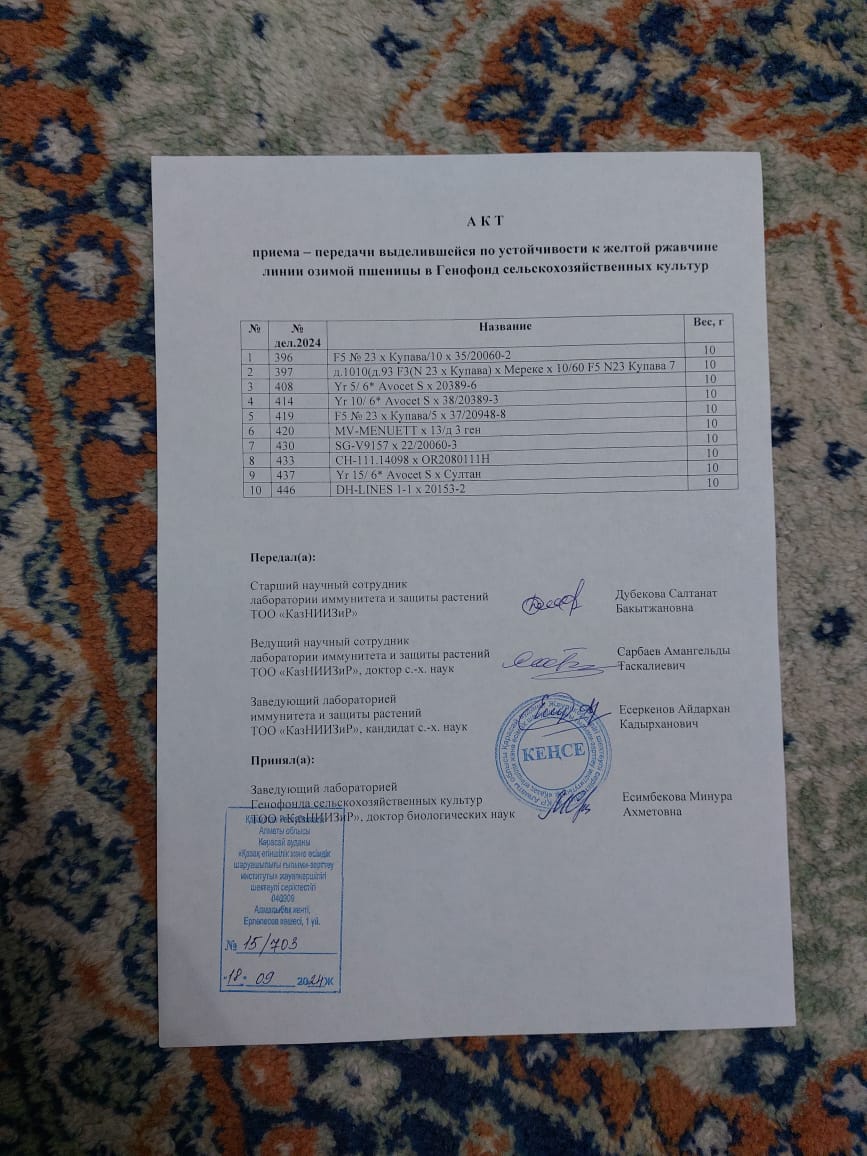
**ҚОСЫМША А**

Сары татқа төзімді күздік бидай линияларын селекцияға бастапқы материал ретінде тапсыру – қабылдау Актісі



Қосымша А жалғасы

Сары татқа төзімді күздік бидай линияларын селекцияға бастапқы материал ретінде тапсыру – қабылдау Актісі



**ҚОСЫМША Б**

Отандық және шетелдік Халықаралық семинар шеңберінде атқарылған ғылыми зерттеу жұмыстары

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\ФОТО-ВИДЕО\фото2022\55a1b460-bb62-4169-b99a-e625b853de34.jpg | C:\Users\emachaine\Desktop\Новая папка\6a0979bf-ff87-49de-9977-ad06ab4b2932.jpg |
| Қазақстан атынан баяндама презентацияланды: *«Status of wheat rusts and the work on their management in Kazakhstan».* Халықаралық семинар шеңберінде: «Орталық Азия мен Кавказдағы дәнді дақылдардың тат ауруларының мониторингі, нәсілдік талдау және бидайдың тат ауруларымен күресу». Түркия – ICARDA. Regional Cereal Rust Research Center (RCRRC). Izmir, Turkey. 2022-2023 | Қазақстан атынан баяндама презентацияланды: *«Plant health system and emerging plant pest and disease of Kazakhstan».* Халықаралық семинары: «Орталық Азия және Кавказ аймағындағы өсімдіктер популяциясын сақтаудың басымдықтары мен стратегияларын әзірлеу (ОАК+)». FAO, TAGEM. Ankara – Turkiye. 2024 |
| C:\Users\emachaine\Desktop\фото сертификат\a9018820-5d5a-477a-a2aa-eea1c985577e.jpg | C:\Users\emachaine\Desktop\фото сертификат\35201c9c-2527-4ab0-9157-4f07cfbda87b.jpg |
| Халықаралық Жас Ғалымдар жобасында, Ғылыми жұмысы бойынша І – ші дәрежелі диплом және төсбелгі табысталды («Лучший молодой учёный - 2022 Содружества Независимых Государств» (удост/№052). Ғылыми жұмыс тақырыбы: Резистентность генотипов озимой пшеницы, к казахстанской популяции желтой ржавчины (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici ).* VI Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств «Лучший молодой ученый - 2022» IX Том. Астана, 2022 | |

Қосымша Б жалғасы

Отандық және шетелдік Халықаралық семинар шеңберінде атқарылған ғылыми зерттеу жұмыстары

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Users\emachaine\Desktop\Новая папка\1920413a-2806-4064-8161-733af0fdbc2b.jpg | **C:\Users\emachaine\Desktop\Новая папка\bf67aa3d-a389-421b-9627-071797f50340.jpg** | **C:\Users\emachaine\Desktop\ФОТО-ВИДЕО\фото 2024_новые\f372c3ce-a63d-4a00-8689-135e5ef97673.jpg** |
| Иммунологиялық бағалау. Молекулалық-генетикалық зерттеулер үшін үлгілерді таңдау  (ҚазЕжӨШҒЗИ. Шілде, 2024 ж.) | | |
| C:\Users\emachaine\Desktop\dd3583bb-7cde-42b2-95f3-0f136fa3d120.jpg | | |
| Сары таттың аралық (промежуточный) иесі – бөріқарақат (*Berberis* spp.), Қазақстанның оңтүстік-шығысында | | |
| *C:\Users\emachaine\Desktop\ФОТО-ВИДЕО\Фото_гость из Турции_ 05.07.2024\PXL_20240705_050841248.jpg* | *C:\Users\emachaine\Desktop\Новая папка\c16268f0-1569-42b3-9ddd-7394c8625adc.jpg* | |
| Анкара Орталық Ауылшаруашылық дақылдар Ғылыми Зерттеу Институтымен коллаборация. Анкара, Түркия. | | |

**ҚОСЫМША В**

Кесте В.1 – Күздік бидай сортүлгілерінің өнімділік элементтеріне құрылымдық талдау

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **№ дел. 2024ж** | **Өсімдік биіктігі, см** | **Сноптағы сабақ саны, шт** | **Сноп салмағы, г** | **Тамырсыз сноп салмағы, г** | **Сноптағы масақтардың саны, шт** | **5 негізгі масақтың салмағы, г** | **Снопта қалған масақ массасы, г** | **Қайталау (масақ)** | **Масақ ұзындығы, см** | **Масақтағы масақша саны, шт** | **5 масақтағы дәндердің саны, шт** | **5 масақтан алынған дәннің салмағы, г** | **Масақта орташа дән қалыптасуы, шт** | **Сноптағы қалған дәндердің саны, шт** | **Қалған дәндердің массасы, г** | **сноптағы жалпы дән саны, шт** | **сноптағы жалпы дән массасы, г** | **1000 дән массасы, г** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 777 | 95 | 113 | 234 | 153 | 100 | 7 | 64 | 1 | 8 | 15 | 175 | 5 | 35 | 906 | 24 | 1081 | 29 | 26,8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 9,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 8,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 898 | 70 | 119 | 213 | 150 | 119 | 6 | 57 | 1 | 7,5 | 13 | 144 | 4 | 29 | 129 | 4 | 273 | 8 | 29,3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 7,5 | 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 9 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 8 | 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 906 | 80 | 129 | 319 | 198 | 118 | 9 | 86 | 1 | 9 | 19 | 202 | 6 | 40 | 661 | 19 | 863 | 25 | 29 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 9,5 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |

кесте В.1 жалғасы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 905 | 75 | 38 | 107 | 76 | 38 | 9 | 37 | 1 | 8 | 17 | 204 | 6 | 41 | 578 | 14 | 782 | 20 | 25,6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 8,5 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 8,5 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 904 | 90 | 96 | 285 | 184 | 94 | 9 | 103 | 1 | 7,5 | 16 | 188 | 6 | 38 | 2196 | 65 | 2384 | 70 | 29,4 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 9,5 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 419 | 90 | 109 | 410 | 232 | 107 | 7 | 87 | 1 | 10 | 17 | 177 | 6 | 35 | 1504 | 44 | 1681 | 50 | 29,7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 10,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 8 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 9 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 10,5 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 446 | 95 | 107 | 420 | 214 | 107 | 12 | 100 | 1 | 9,5 | 21 | 227 | 7 | 45 | 2041 | 55 | 2268 | 62 | 27,3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9,5 | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9 | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 10,5 | 22 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 9 | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 405 | 85 | 103 | 222 | 153 | 94 | 1 | 61 | 1 | 8,5 | 16 | 155 | 5 | 31 | 680 | 21 | 835 | 26 | 31,1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 8 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 7 | 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 414 | 95 | 74 | 446 | 231 | 61 | 7 | 87 | 1 | 9 | 18 | 192 | 6 | 38 | 812 | 23 | 1004 | 29 | 28,9 |

кесте В.1 жалғасы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 7,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 7,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 440 | 65 | 156 | 402 | 254 | 154 | 9 | 122 | 1 | 7,5 | 16 | 184 | 5 | 37 | 2449 | 67 | 2633 | 72 | 27,3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 430 | 80 | 76 | 330 | 191 | 71 | 7 | 67 | 1 | 9 | 18 | 246 | 9 | 49 | 1048 | 31 | 1294 | 40 | 30,9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9,5 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 11 | 23 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 10 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 396 | 80 | 136 | 320 | 217 | 135 | 8 | 78 | 1 | 8,5 | 16 | 151 | 5 | 30 | 198 | 5 | 349 | 10 | 28,7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 9 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8,5 | 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 10 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 437 | 80 | 81 | 206 | 120 | 77 | 7 | 54 | 1 | 8 | 16 | 155 | 5 | 31 | 510 | 15 | 665 | 20 | 30,1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 7 | 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 7,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 433 | 70 | 119 | 213 | 150 | 119 | 6 | 57 | 1 | 8 | 13 | 144 | 4 | 29 | 129 | 4 | 273 | 8 | 29,3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 7 | 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 8,5 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |

кесте В.1 жалғасы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 9,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 8 | 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 407 | 75 | 91 | 396 | 251 | 79 | 7 | 62 | 1 | 9,5 | 17 | 165 | 5 | 33 | 937 | 25 | 1102 | 30 | 27,2 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 10,5 | 21 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 10 | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 9,5 | 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 9 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 397 | 75 | 79 | 213 | 113 | 78 | 6 | 46 | 1 | 8,5 | 16 | 92 | 3 | 18 | 83 | 2 | 175 | 5 | 28,6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 9 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 8,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 8 | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 8 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 408 | 75 | 84 | 213 | 123 | 75 | 7 | 49 | 1 | 10,5 | 18 | 181 | 6 | 36 | 514 | 14 | 695 | 20 | 28,8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 7 | 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 10,5 | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 9,5 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 416 | 70 | 90 | 360 | 170 | 81 | 9 | 58 | 1 | 7 | 18 | 148 | 5 | 30 | 627 | 16 | 775 | 21 | 27,1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | 7,5 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 | 7 | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5 | 6,5 | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Қосымша В жалғасы

Күздік бидай сортүлгілерінің өнімділік элементтеріне құрылымдық талдау

>summary(Agranomic)

PH ShW SSh FSW WRSSh SNFS SWFS

Min. :65.00 Min. : 76.0 Min. : 38.00 Min. : 1.000 Min. : 37.00 Min. : 92.0 Min. :3.000

1st Qu.:75.00 1st Qu.:150.0 1st Qu.: 77.25 1st Qu.: 7.000 1st Qu.: 57.00 1st Qu.:152.0 1st Qu.:5.000

Median :80.00 Median :177.0 Median : 94.00 Median : 7.000 Median : 63.00 Median :176.0 Median :5.000

Mean :80.28 Mean :176.7 Mean : 94.83 Mean : 7.389 Mean : 70.83 Mean :173.9 Mean :5.444

3rd Qu.:88.75 3rd Qu.:216.2 3rd Qu.:115.25 3rd Qu.: 9.000 3rd Qu.: 86.75 3rd Qu.:191.0 3rd Qu.:6.000

Max. :95.00 Max. :254.0 Max. :154.00 Max. :12.000 Max. :122.00 Max. :246.0 Max. :9.000

SNS SNRS SWRS SNSh SWSh TSW

Min. :18.00 Min. : 83.0 Min. : 2.00 Min. : 175.0 Min. : 5.00 Min. :25.60

1st Qu.:30.25 1st Qu.: 511.0 1st Qu.:14.00 1st Qu.: 672.5 1st Qu.:20.00 1st Qu.:27.30

Median :35.00 Median : 670.5 Median :20.00 Median : 849.0 Median :25.50 Median :28.85

Mean :34.72 Mean : 889.0 Mean :24.89 Mean :1062.9 Mean :30.28 Mean :28.62

3rd Qu.:38.00 3rd Qu.:1020.2 3rd Qu.:29.50 3rd Qu.:1246.0 3rd Qu.:37.50 3rd Qu.:29.38

Max. :49.00 Max. :2449.0 Max. :67.00 Max. :2633.0 Max. :72.00 Max. :31.10

PH – plant height, ShW - Sheaf weight, SSh – spike numbers from the sheaf, FSW – Five spike’s weight, WRSSh – weight of the rest of spikes from the sheaf, SNFS – seed numbers from five spikes, SWFS – seed weight from five spikes, SNS –seed numbers per spike, SNRS – seed numbers from the rest spikes, SWRS – seed weight from the rest of spikes, SNSh – seed numbers from the sheaf, SWSh – seed weight from the sheaf, TSW – Thousand seed weight.

Құрылымдық элемент көрсеткіштері: PH – өсімдік биіктігі, ShW – сноп салмағы, SSh – сноптағы масақтардың саны, FSW – 5 негізгі масақтың салмағы, WRSSh – снопта қалған масақ массасы, SNFS – 5 масақтағы дәндердің саны, SWFS – 5 масақтан алынған дәннің салмағы, SNS – масақта орташа дән қалыптасуы, SNRS – сноптағы қалған дәндердің саны, SWRS – қалған дәндердің массасы, SNSh – сноптағы жалпы дән саны, SWSh – сноптағы жалпы дән массасы, TSW – 1000 дән массасы.

**ҚОСЫМША Г**

Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар



Қосымша Г жалғасы

Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар



Қосымша Г жалғасы

Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар



Қосымша Г жалғасы

Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар

**

Қосымша Г жалғасы

Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар

**

Қосымша Г жалғасы

Біліктілігін арттыру бойынша құжаттар

**