

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ҰТИМР 68.37.31

А.С. Рсалиев¹, Ж.У. Пахратдинова¹, Н.Т. Амирханова¹,
Г.Ш. Ысқақова¹

¹Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты,
Гвардейский а., Қазақстан

ЖАПЫРАҚ ТАТЫНА БИДАЙ ТӘЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫҢ НЕГІЗГІ ТӘСІЛДЕРІ

Түйіндеме. Қоздырғышы *Puccinia triticina* Erikss болып табылатын бидай жапырақ таты өлемнің кептеген еліне экономикалық шығындар әкелетін аса қауіпті ауру. Бұл талдауда Қазақстанда бидай жапырақ татының эпидемиясы туралы ақпараттар көрсетілді. «Бидай – тат» патожүйесінің өзара әрекеттестігін зерттеуде қолданылатын дәстүрлі және заманауи әдістемелік тәсілдер сарапталды. Саңырауқұлақтың расалық құрамын анықтау әдістері, сонымен қатар *P. triticina* қоздырғышының расаларын зерттеу үшін ескі және жаңа жіктегіш-сорттар жиынтығы көрсетілді. Патоген расаларын жіктеуде және бидай жапырақ татының тезімділік гендеріне ие формаларды анықтауда қолданылатын молекулалық маркерлердің тиімділігі баяндалды. Қазақстанда патогеннің расалық құрамын зерттеу туралы тарихи және заманауи мәліметтер талданды. Қазақстанда заманауи жіктегіш-сорттар жиынтығын қолдана отырып, ауру қоздырғышы популяциясының түршілік құрылымын зерттеу, расалық құрамын анықтау және коммерциялық бидай сорттары үшін қауіпті жаңа расалардың пайда болу жолдарын табу бойынша зерттеулерді жалғастыру қажеттілігі көрсетілді.

Түйінді сөздер: бидай, жапырақ таты, тезімділік, раса, Lr-гендер, вируленттілік.

...

Аннотация. Листовая ржавчина пшеницы, вызываемая *Puccinia triticina* Erikss., опасное заболевание, наносящее серьезный экономический ущерб в большинстве стран мира. В данном обзоре приведены сведения об эпидемиях листовой ржавчины пшеницы в Казахстане. Проанализированы основные традиционные и современные методические подходы, используе-

Мақала Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігінің 2018-2020 жж. арналған гранттық қаржыландыру бағдарламасының (грант №AP05132236) және Қазақстан Республикасы ауылшаруашылық министрлігінің 2018-2020 жж. арналған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру (ЖТН BR06249329) аясында әзірленді.

мые при изучении взаимодействия патосистемы «пшеница – ржавчина». Представлены методы определения расового состава гриба, в том числе приведены старые и современные наборы сортов-дифференциаторов для определения расовой принадлежности *P. triticina*. Обсуждены эффективности использования молекулярных маркеров в изучении рас патогена и в определении носителей генов устойчивости пшеницы к листовой ржавчине. Обобщены исторические и современные данные по изучению расового состава патогена в Казахстане. Показано, что в Казахстане необходимо продолжить изучение внутривидовой структуры популяции возбудителя болезни с использованием современного набора сортов-дифференциаторов, определение расового состава и путей возникновения новых рас, потенциально опасных для коммерческих сортов пшеницы.

Ключевые слова: пшеница; листовая ржавчина; устойчивость; раса; Lr-гены; вирулентность.

• • •

Abstract. Wheat leaf rust, caused by *Puccinia triticina* Erikss, is a dangerous disease causing serious economic damage in the majority of the countries of the world. Data on epidemics of wheat leaf rust in Kazakhstan are presented in this review. The main traditional and up-to-date methodical approaches which are used for studying of pathosystem interaction «wheat – rust» are analyzed. Methods of determination of racial structure of fungus are presented, and old and up-to-date kits of varieties-differentiators for determination of race of *P. triticina* are presented. Efficiency of use of the molecular markers for studying of pathogen races and for definition of genes carriers of wheat resistance to leaf rust is discussed. Historical and modern data on studying race composition of the pathogen in Kazakhstan are summarized. It has been shown that there is a need to continue studies on intraspecies structure of the disease agent population in Kazakhstan with the use of the modern differential set, on determination of race composition and ways of emergence of new races potentially dangerous for commercial wheat varieties.

Key words: wheat, leaf rust, resistance, race, Lr-genes, virulence.

Бидай жапырақ татының Қазақстанда таралуы және зияндылығы. Жапырақ немесе қоңыр тат (қоздырғышы – *Puccinia triticina* Erikss. саңырауқұлағы) әлемде ең кең таралған бидай ауруларының бірі. Әдеби деректер бойынша жапырақ таты Қазақстанда алғаш рет Алматы облысы Іле ауданындағы жұмсақ бидайда тіркелген [1]. Қазіргі уақытта бұл патоген Қазақстанның барлық территориясында кездеседі, әсіресе солтүстік және шығыс аймақтарда жаздық бидайдың ылғалды егістіктерінде жиі байқалады [2-4]. Кейбір

деректер бойынша бұл ауру Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында да кеңінен тарала бастады, кеп жағдайда кеш пісетін күздік бидай сорттарында кездеседі [4,5]. Қазақстанда соңғы 17 жылда жапырақ татының жеке немесе септориозбен бірге эпифитотиялық дамуы жаздық бидайда 8 рет байқалды. Әсіресе Қостанай, Ақмола, Солтүстік Қазақстан және Шығыс Қазақстан облыстарында әрбір 2-3 жыл сайын ауру эпифитотиялық деңгейде дамиды. індеттің қарқынды дамуы әсерінен ендірісте қолданылатын жаздық бидай сорттарының басым бөлігі тезімділік қасиетін тез жоғалтады. Еліміздің табиғи климаттық жағдайларына сай аурудың эпифитотиялық дамуы туралы толыққанды ақпараттар М. Қойшыбаевтың кеп жылдық жүргізген мониторинг жұмыстарының нәтижесінде нақты көрсетілген [2-4]. Бұл ауру табиғатта кең тарала отырып, бидайды еніп шығу фазасынан бастап балауызданып пісу кезеңіне дейін, яғни есімдіктің барлық есу кезеңдерінде зақымдайды. Осы уақыт аралығында патоген есімдіктегі су режимін бұзады, мезгілсіз жапырақтың құрауына әсер етеді және дән түзілуін кемітеді. Сол себепті бидай енімінің жалпы салмағы мен сапалық қасиеттері төмендейді. Еліміздегі коммерциялық бидай сорттарының басым бөлігі жапырақ татына тезімсіз. Біздің жүргізген зерттеулерімізге сай, ендірісте кеңінен қолданылатын жаздық бидайдың Ақмола 2, Астана, Казахстанская 10, Карабалыкская 90, Карабалыкская 92, Карагандинская 70 және басқа сорттары жапырақ татымен қатты зақымданады. Бидай ауруы ерте және қарқынды дамыған жылдары 1,5–2,0 млн. га жерді зақымдайды және өнім түсімін 15-20% дейін кемітеді [2-4]. Бұл ез кезегінде ауылшаруашылық ендірістің тұрақты дамуына кері әсер етеді.

Әлемнің кептеген аймақтарының қазіргі ауыл шаруашылығы ғылымында жапырақ татымен күресудің басты стратегиялық бағыттарының бірі – тезімді сорттарды шығару. Тезімді бидай сорттарын шығару патогеннің расалық құрамын жүйелі талдаумен тікелей байланысты, сондай-ақ құрамында тиімді Lг тезімділік гендері бар сорттарды табу және оларды селекция мен ендіріске енгізу бидай жапырақтатымен күресудегі оңтайлы тәсіл болып табылады. Патогеннің жаңа расаларының үнемі өзгеріп отыруына байланысты «бидай - тат» патожүйесінің өзара әрекеттесуі талқыланып жүрген ең маңызды сұрақтардың бірі және бұған дүниежүзі фитопатологтары, генетиктері мен селекционерлері қызығушылық танытады. Бұл қызығушылықтың себебі ие-есімдік пен паразит эволюциясының түйінділігі – бір

жағынан галымдармен ауруға тезімді бидайдың жаңа сорттары шығарылады, екінші жағынан табиғатта осы сорттардың тезімділігін кемітетін вирулентті жаңа расалар пайда болады. Сондықтан, осы мақалада жапырақ таты расаларын жіктеу және бидай сорттарының ауруға генетикалық тезімділігін анықтау бағыттары бойынша әлемде жүргізілген зерттеу жұмыстарына сараптама жасалды.

Бидай жапырақ таты расаларын жіктеу. Бидай жапырық таты популяциясының физиологиялық расалардан тұратынын алғаш рет E.B. Mains және H.S. Jackson [6] мәлімдеді. Саңырауқұлақ изоляттары бидайдың Kanred және Malakof сорттарын зақымдау қабілеті бойынша іріктеліп алынды. Кейіннен осы авторлар 11 жіктегіш-сортты пайдалана отырып, жапырақ татының 12 физиологиялық расасын анықтады. Патоген расаларын жіктеу үшін Malakof, Hussar, Democrat, Webster, Norka, Turkey 47, Mediterranean, Carina, Brevit, Similis және Loros сорттары қолданылды. Жіктегіш-сорттардың изолятпен зақымдануы 0, 1 және 2 балды керсетсе тезімді болып есептелді, ал 3 және 4 балл оның қабылдағыштығын байқатты. Яғни, физиологиялық расалар ие-есімдіктің тезімді немесе тезімсіздігін білдіретін сапалық реакциялар кемегімен анықталды.

Жоғарыда аталған жіктегіш-сорттар жиынтығынан C.O. Johnston және E.B. Mains [7] Turkey 47, Norka және Similis сорттарын алып тастады. Қалған сегіз жіктегіш-сорт P. tritici физиологиялық расаларының Халықаралық тізімін жасау үшін негізгі болып табылды. Осы жиынтық арқылы 1966 жылға дейін жапырақ татының 228 физиологиялық расасы анықталып, Халықаралық тізімге енді [8]. Сегіз жіктегіш-сорттың арасында Carina, Brevit және Hussar сорттары температураның тұрақсыздығына ете сезімтал болып, бағалау үшін қиындық тугызды. Осыдан кейін R. Basile [9] аталмыш үш сортты жиынтықтан алып тастауды және Халықаралық стандартты расаларды қосып, оларды біріңғайлауды ұсынды.

Жапырақ татына тезімді жекелеген гендерді анықтау үшін генетикалық зерттеулер жүргізілді. Тезімділік гендерін Lr-линиялардың кемегімен анықтауды 1946 жылы E.R. Ausemus және басқа галымдар бастады [10,11]. Одан кейін бидай жапырақ таты қоздырғышының популяциялық құрылымын зерттеу үшін P.L. Dusk және D.J. Samborski [1968] Thatcher сортының негізінде изогенді линияларды шығарды. Линиялар селекциялық қайыра будандастыру әдісі арқылы алынды, яғни олар бір-бірінен тек бір тезімділік гені бойынша ажыратылады. D.J.

Samborski [12, 13] жеке-дара төзімділік гендері бар Thatcher линияларын пайдалана отырып, ұзақ жылдар бойы *P. tritici* қоздырғышын Канадада зерттеп, популяциялар әртүрлі фенотиперден тұратынын анықтады.

Бұрынғы Кеңестер Одағында жапырақ таты қоздырғышының расаларын жіктеу үшін E.V. Mains және H.S. Jackson [6] ұсынған стандартты жіктегіш-сорттар жиынтығы пайдаланылды. Дақылдың фенотип вируленттілігі – төзімділік гендері белгілі бидай сорттары реакцияларына және Thatcher изогендік линияларының реакцияларына сәйкес анықталды. Қосымша жиынтық ретінде келесі сорттар қолданылды: Transfer (Lr9), Agatha (Lr19), Norka (Lr20), Gabo (Lr10, Lr23), Agent (Lr24), Transac (Lr25), Кавказ (Lr3, Lr26), Gatcher (Lr27, Lr31) [14]. Қазіргі кезге дейін кейбір елдерде осы әдіс жапырақ таты расаларын жіктеу үшін пайдаланылып келеді.

Соңғы уақыттары Халықаралық жіктегіш-сорттар көмегімен тат расаларын зерттеу жүйесі індет популяциясының өзгеру сипатын айқындап бере алмайды және бидай иммунитеті селекциясының талаптарын толық қанағаттандырмайды [5, 15]. Себебі, физиологиялық расаларды анықтайтын бұрынғы жіктегіш-сорттар жиынтығындағы Lr-гендердің көпшілігі өздерінің тиімділігін қазіргі уақытта жоғалтқан. Соның әсерінен жаңадан табылған расалардың вируленттілігі жан-жақты айқындалмайды. Яғни, расаларды бұл жолмен анықтау патоген эволюциясы және оның генетикалық сипаты туралы толық мағлұмат бермейді. Тат ауруын расаға жіктеудің қарапайым, жалпыға бірдей жүйесінің жоқтығы фитопатологиялық және генетикалық зерттеулерді шектейді [16].

Жоғарыда көрсетілген факторларға байланысты жапырақ таты расаларының вируленттілігін толық анықтау үшін Солтүстік Американың жапырақ татын зерттеу комитеті 1989 жылы D.L. Long және J.A. Kolmer [8] жасаған номенклатуралық жүйені ұсынды. Осы жүйе бойынша изогенді 16 Lr-линия іріктеліп алынды, олар: Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3, Lr9, Lr16, Lr24, Lr26, Lr3ka, Lr11, Lr17, Lr30, Lr19, Lr20, Lr25 және Lr29. Жапырақ татының жіктегіш-сорттар жиынтығына кіретін изогенді Lr-линиялар төрт-төрттен төрт топқа реттеліп қойылады. Соңғы (IV) топқа жататын Lr19, Lr20, Lr25 және Lr29 изогенді линиялары жапырақ таты расаларын анықтау үшін Қазақстандық қосымша топ болып аталады. Жіктегіш-сорттарға індет изолятын жұқтырғаннан 12-14 тәулік өткеннен кейін, изогенді Lr-линиялардың төзімділігі бағаланады. Зақымдану типі 0, 0₁, 1 және 2 балды көрсеткендер – R (resistant –

тезімді), ал 3 және 4 балмен зақымданғандар – S (susceptible – төзімсіз) болып есептеледі. Изогенді Lr-линиялардың тезімділік реакциялары қосындысына сәйкес жіктегіш-сорттар құрамындағы әрбір топқа әріппен код беріледі. Расаны белгілеу немесе жазу барысында негізгі топтың (I-III) коды мен қосымша топтың коды арасына белшек (/) белгісі қойылды. Нәтижесінде, жаңа раса ағылшын алфавитіндегі В-дан Т-ға дейінгі төрт дауыссыз әріптен тұратын индекс түрінде сипатталды. Жаңа расаның индексін белгілеу немесе жазу үшін 1-ші кестеде көрсетілген анықтауыш пайдаланылады. Осы көрсетілген анықтауыш бойынша жапырақ татының ТКТ/Н патотипі Lr – 1, 2a, 2c, 16, 24, 26, 3ка, 11, 17, 30, 20, 29 линияларына вирулентті, ал Lr9, Lr19 және Lr25 гендеріне авирулентті болады.

Кесте 1 – Бидай жапырақ татының расаларын анықтауға және белгілеуге арналған кілт

Топтар	Изогенді линиялар			
I-топ	Lr1	Lr2a	Lr2c	Lr3
II-топ	Lr9	Lr16	Lr24	Lr26
III-топ	Lr3ка	Lr11	Lr17	Lr30
IV-топ (қосымша)	Lr19	Lr20	Lr25	Lr29
Код	Изогенді линиялардың тип реакциясы			
B	R	R	R	R
C	R	R	R	S
D	R	R	S	R
F	R	R	S	S
G	R	S	R	R
H	R	S	R	S
J	R	S	S	R
K	R	S	S	S
L	S	R	R	R
M	S	R	R	S
N	S	R	S	R
P	S	R	S	S
Q	S	S	R	R
R	S	S	R	S
S	S	S	S	R
T	S	S	S	S

Қазіргі таңда әлемнің көптеген елдерінде жапырақ татының популяциялық құрамын зерттеу немесе індет қоздырғышын расаға жіктеу үшін жоғарыда ұсынылған жүйені кеңінен қолданып келеді. Бұл жүйе бойынша анықталған жаңа раса құрамына жапырақ татының көптеген ескі расалары кіреді. Мысалы, жаңа раса ВВВ 4 ескі расаны (1, 16, 63, 123) біріктіреді, ал ТLГ болып жазылған жаңа раса 18 стандартты ескі расаны (21, 42, 77, 80, 89, 94, 101, 104, 112, 115, 116, 130, 145, 149, 150, 186, 196, 210) топтастырады. Қазақстанда жиі кездесетін бұрынғы ескі расалар 15 және 25 жаңа әдіс бойынша СВМ, 77 раса – ТGL, 122 раса – ТСВ және ТНВ болып белгіленеді. Жапырақ татының расаларын аталмыш жіктеу жүйесі егілетін бидай сорттары үшін қауіпті, вирулентті расаларды табуға мүмкіндік әкеледі. Бірақ, селекция үшін бұл әдіс жіктегіш-сорттар жиынтығының құрамында сол аймақта тиімді төзімділік гендері болған жағдайда ғана пайдалы болып табылады [16].

Қазақстанда бидай жапырақ татының расалық құрамы және олардың вируленттілігі Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институтында ұзақ жылдар бойы зерттеліп келеді. Зерттеу нәтижелері әртүрлі ғылыми басылымдарда жарияланды [5,16,17]. Республиканың бидай өсіретін барлық аймақтарында 1991-2005 жылдары патогеннің 77 расасы үстемдік етті, оның кездесу жиілігі 1991-1995 жылдары 62,9% құраса, ал 2001-2005 жылдары бұл көрсеткіш 95% жетті. Сонымен қатар, Қазақстанда, Қырғызстанда және Батыс Сібір аймақтарында жапырақ татының басқа да расаларының (1, 25, 62, 122, 142, 192) таралғаны анықталды, алайда олардың кездесу жиілігі өте аз болды. Қазақстан территориясында 2006-2010 жылдар аралығында патоген популяциясында Lr1, Lr2a, Lr2c, Lr3ка, Lr16 және Lr29 гендеріне вирулентті расалардың жиі кездесетіні айқындалды. Иммунитетке бағытталған бидай селекциясында мейлінше Lr9, Lr19 және Lr25 төзімділік гендеріне ие сорттарды жиі қолдану ұсынылды [5,17]. Алайда, соңғы уақыттары елімізде жапырақ таты популяциясының түрішілік құрылымын зерттеу, расалық құрамын анықтау және коммерциялық бидай сорттары үшін қауіпті жаңа расалардың пайда болу жолдарын табу бойынша жүйелі зерттеулер жүргізілмей келеді. Теориялық тұрғыда патогеннің популяциялық құрылымының өзгергіштігін бақылау, практикалық тұрғыда – құрамында ауруларға төзімді гендері бар жаңа сорттарды шығарумен тең екенін ескере отырып, жапырақ татының расалық құрамына және олардың вируленттігіне үнемі мониторинг жүргізуді қажет етеді.

Әлемде 1990 жылдан бастап бидай жапырақ таты популяциясының өзгерістігі молекулалық маркерлер кемеімен зерттеліп келеді. Молекулалық маркерлерді қолдану патоген популяциясының эволюциясын анықтауға және генетикалық өгерістерді дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Бастапқыда саңырауқұлақ популяциясын зерттейтінең танымал маркерлерге мыналар жататын: RFLP (*Restriction fragment lengths polymorphisms* – рестрикти фрагменттердің ұзындығы бойынша полиморфизмі), RAPD (*Randomly amplified polymorphic DNA* – кездейсоқ амплифицирленген полиморфты ДНҚ), AFLP (*Amplified fragment length polymorphism* – амплифицирленген фрагменттердің ұзындығы бойынша полиморфизм). Ал, қазіргі кезде *P. triticina* изоляттарын генотиптеу үшін іріктемелі-бейтарап SSR (*simple sequence repeats* – қарапайым қайталанатын тізбектер) және SNP (*single nucleotide polymorphisms* – бір тізбекті полиморфизм) маркерлер әзірленді. Молекулалық маркерлерді пайдалана отырып, жапырақ таты популяциясын зерттеудің тиімділігі мен кемшілігі туралы мәліметтер Г.И. Гультяева, И.А. Казарцевтің [18] мақаласында жан-жақты баяндалды. Аталған авторлардың пікірі бойынша патогеннің қауіпті жаңа расаларын табу және Lr төзімділік гендерінің тиімділігін зерттеу үшін толыққанды ақпарат вируленттілік белгіні пайдалану арқылы ғана анықталады. Ал, молекулалық маркерлер іргелі зерттеулерде біршама өзекті болып табылады.

Бидай мен аурудың генетикалық езара байланысы. Ауру қоздырғышы мен ие-өсімдік арасындағы бірлескен эволюция механизмдері және олардың генетикалық қарым-қатынасы 1942 жылға дейін түсініксіз болып келді. Оларды түсіну үшін өсімдіктің төзімділік генетикасы мен індеттің вируленттілік генетикасын зерттеу жұмыстарын біріктіру қажет болды. Осы талаптарға сай келетін алғашқы нәтижелер Н.Н. Flor зерттеулерінде кездесті. Автор езінің зерттеулері негізінде «генге қарсы ген» гипотезасын – «ие-өсімдіктің әрбір төзімділік геніне індеттің вирулентті генінің комплементарлы сәйкес келуін» ұсынды [19-21]. Осыдан кейін өсімдіктің ауруга төзімділігі туралы кептеген зерттеу жұмыстары Н.Н. Flor ұсынған гипотезаға сүйеніп жүргізілді. Яғни, ол төзімділік генетикасы, фитопатология және иммунитет селекциясын зерттеу жұмыстарының дамуына үлкен әсер етті [22].

Бидайдың ауруларға төзімділігін әр түрлі белгілеріне байланысты бірнеше түрге белуге болады. Мысалы, Н.И. Вавилов [23] әсер ету механизмдеріне сәйкес, физиологиялық және

морфологиялық тезімділік деп екіге белді. Функционалдық қатынаста індеттің бір расасына қарсылық танытатын және басқаларына тиімсіз болғандарды – спецификалық тезімділік, сондай-ақ барлық расаларға бірдей әсер ететіндер – жалпы тезімділік болып белінді. Тезімділік түрлері генетикалық бақылау әдістеріне сәйкес үшке белінеді: олигогенді, полигогенді және цитоплазматикалық [24]. Кернекті фитопатолог Ван дер Планк «тік тезімділік» және «көлденең тезімділік» терминдерін фитопатология ғылымына ендіре отырып, қолданылып жүрген әдіс түрлерін интегралдауға әрекет жасады. Яғни, тік тезімділік – моно және олигогендермен, ал көлденең тезімділік – полигогендермен тұрақты бақыланады деп есептелді [25]. Кейбір тік тезімділікті немесе олигогенді сорттар кеңістікте уақытша гана тұрақты тезімділікті қамтамасыз етеді, яғни табиғатта патогеннің вируленттілігі жоғары расалары пайда болғанда тезімділігін тез арада жоғалтуы мүмкін деген пікір қалыптасты [26]. Ал, кейбір галымдар есімдік иммунитетінің генетикасын зерттеу барысында, кез-келген фитопатогенге олигогенмен бақыланатын сорттардың ауруға тезімділігін тұрақты сақтай алатынын теріске шығармады. Яғни, індеттің үдеуін тежеуде тік тезімділік гендерінің релі туралы және олардың ұзақ уақыт тұрақты тезімділікпен қамтамасыз ететін жекелеген комбинациялары туралы жаңалықтар бар [27]. Тезімділіктің тұрақтылығы, гендер санына байланысты емес, белгілі қоршаған ортадағы індет расаларының вируленттілігіне және ие-өсімдіктің тезімділік гендері арасындағы спецификалық қарым-қатынасына байланысты деген болжамдар ұсынылды [28].

Жалпы бидай сорт-үлгілерінің даму фазаларына байланысты фитопатогенді саңырауқұлақтарға тезімділік гендерінің екі түрі болады: ескіндік немесе тік (расаға тән) және онтогенездің соңғы фазаларында білінетін ересек есімдік немесе көлденең (жалпы) [29]. Бидай сорттарындағы тат ауруларының тезімділік гендерін анықтаудың әр түрлі әдістері мен жолдары бар: гендерді постулаттау әдісінің негізінде фитопатологиялық тест жүргізу, гибридологиялық талдау және молекулалық маркерлерді қолдану әдісі. Тат ауруларына фитопатологиялық тест немесе гендерді постулаттау әдісін алғаш рет W.Q. Loegering, R.A. McIntosh, C.H. Burton [30] ұсынды. Фитопатолог J.A. Kolmer [31] бидайдың жапырақ татына ескіндік фазадағы тезімділік гендерін анықтау үшін ең қолайлысы постулаттау әдісі деп есептейді. Бұл әдісте сыналатын сорттар мен тезімділік гендеріне жұқтырылған изолят вируленттілігінің кездесу жиілігі тең болуы тиіс. Егер тезімділік гендерін

анықтау үшін сирек кездесетін авирулентл изоляттар пайдаланылатын болса, зерттелелн сорт қабылдагыш болуы тиіс. Төзімділік гендерін анықтауда бұл жағдайлар сақталмаса қателікке ұрындырады [31]. Кептеген елдің зерттеушілері бидай сорттарындағы тат ауруларының өскіндік төзімділік гендерін анықтау үшін осы әдісті қолданып келеді.

Қазіргі кезде дүние жүзіндегі заманауи селекциялық-генетикалық бағдарламалар жаңа тиімді құралдарды және геномдық технологияларды қолдануға негізделген. Кеп жағдайда бидай сорт-үлгілерінің құрамында жапырақ татына төзімділікті қамтамасыз ететін жауапты гендерді анықтау үшін Lr гендерге тіркескен молекулалық маркерлерлер қолданылады. Қазіргі уақытқа дейін бидай жапырақ татының 80 төзімділік гені белгілі [32], олардың 50% ДНК-маркерлер әзірленді және оның 15%-на гана молекулалық селекция жүйесінде қолдану үшін валидация жасалған [33]. Ең қолайлы маркерлерге функционалды маркерлерді жатқызуға болады. Себебі, олар зерттелетін геннің нуклейн тізбегі негізінде әзірленген. Тиісінше, бұл маркерлер бидай сортындағы осы тізбекті тауып қана қоймай, оның аллелдік вариантын да анықтауға мүмкіндік береді [34]. Басқа маркерлердің әртүрлі факторларға байланысты баламалау құндылығы өзгеріп отырады, сондықтан олардың кейбір бөлігі нақты бір бидай популяциясындағы гендерді анықтауға пайдаланылады. Батыс Еуропаның жекелеген зертханалары изогенді линияларды және құрамында Lr гендері бар сорттарды пайдалана отырып, жапырақ татының төзімділік гендеріне тіркескен маркерлердің тиімділігін зерттеді. Нәтижесінде кейбір маркерлер селекциялық бағдарламаларда бидай коллекциясына скрининг жүргізуге жарамсыз екенін көрсетті [35-37]. Осыған орай, бидай сорттарының ауруға генетикалық төзімділігін зерттеу үшін мейлінше алдын-ала валидация жасалған және кез-келген сорттан Lr төзімділік гендерінің бар немесе жоқ екенін анықтауға қабілетті ДНК-маркерлерін пайдаланған дұрыс. Сондай-ақ, молекулалық және фитопатологиялық әдістерді кешенді пайдалану арқылы гана бидай сорттарының жапырақ татына генетикалық төзімділігін толыққанды сипаттауға болады.

Қорытынды. Әдеби деректерді қорытындылай келе қазір дүние жүзінде «бидай-жапырақ таты» жүйесінің өзара әрекеттесуін зерттеу бойынша өте құнды нәтижелердің алынғанын байқаймыз. Сонымен қатар, бидайдың жапырақ татына төзімділігін арттыру үшін фитопатологиялық және молекулалық-генетикалық әдістерді қолдана отырып, патоген расаларын жіктеу, ауру қоздырғышы мен ие-өсімдік

арасындағы бірлескен эволюция механизмдерін зерттеу, құрамында Lr тезімдік гендері бар бидай сорттарын селекцияға және ендіріске енгізу қажет екенін көрсетеді.

Әдебиеттер

1 *Неводовский Г.С.* Флора споровых растений (Ржавчинные грибы). – Алма-Ата: АН КазССР, 1960. – 359 с.

2 *Койшыбаев М.К.* Болезни зерновых культур. – Алматы: Бастау, 2002. – 366 с.

3 *Койшыбаев М.* Риск распространения бурой, стеблевой и желтой ржавчины, септориоза и желтой пятнистости на зерновых культурах РК. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. – Алматы, 2010. – С. 206 -208.

4 *Койшыбаев М.* Болезни пшеницы. Анкара: ФАО. – 2018. – 365.

5 *Рсалиев Ш.С.* Иммунологические основы дифференциации и использования возбудителей ржавчины пшеницы в селекции. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Алматы: Казахский НИИ земледелия и растениеводства. 30.06.2010. – 280 с.

6 *Mains E.B., Jackson H.S.* Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticiana* Erikss // *Phytopathology*. 1926. Vol.16. №2. – P.89-120.

7 *Johnston C.O., Mains E.B.* Studies on physiologic specialization in *Puccinia triticiana*. // *Tech. Bull. U.S. Dep. Agric.* 1932. №313. – 22 pp.

8 *Long D.L., Kolmer J.A.* A North American System of Nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. // *Phytopathology*. 1989. Vol. 79. № 5. – P.525-529.

9 *Basile R.* A diagnostic key for the identification of physiologic races of *Puccinia rubigo-vera tritici* grouped according to a unified numeration scheme. // *Plant Dis. Rep.* 1957. 41. – P.508-511.

10 *Ausemus E.R., Harrington J.B., Reitz L.P., Worzella W.W.* A summary of genetic studies in hexaploid and tetraploid wheats. // *Agron.J.* 1946. Vol. 38. – P.1082-1099.

11 *Dyck P.L., Samborski D.J.* Genetics of resistance to leaf rust (*Puccinia recondite*) in the common wheat varieties Webster, Loros, Brevit, Carina, Malakoff and Centario // *Can. J. Genet. Cytol.* 1968. Vol. 10. – P.7-17.

12 *Samborski D.J.* Leaf rust in Canada in 1972. // *Canad.Plant Disease Surv.* 1972. Vol. 52. – P.168-170.

13 *Samborski D.J.* Occurrence and virulence of *Puccinia recondita* in Canada in 1983. // *Ibid.* 1984. Vol. 6. – P.238-242.

14 *Смирнова Л.А., Захряпина Т.Д.* Каталог коллекционных культур возбудителей ржавчины хлебных злаков, имеющих в центральном банке патотипов ржавчинных грибов. – Москва: ВНИИФ, 1988. – 46 с.

15 *Воронкова А.А.* Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине. Москва: Колос, 1980. – 192 с.

16 *Рсалиев Ш.С.* Возможность дифференциации рас бурой ржавчины пшеницы по Североамериканской номенклатурной системе. // *Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству.* – 2003, №1(4). – С.100-105.

17 *Агабаева А.Ч., Рсалиев Ш.С.* Патогенные свойства возбудителя листовой ржавчины пшеницы (*Puccinia triticiana* Eriks.) в Казахстане // *Новости науки Казахстана.* 2013. №1. – С.66-74.

18 *Гультияева Е.И., Казарцев И.А.* Молекулярно-генетические подходы в изучении популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы. // *Вестник защиты растений.* 2018. 2(96). – С.5-12.

19 *Flor H.H.* Inheritance of pathogen city in *Melampsora lini*. // *Phytopathology.* 1942. Vol. 32, № 6. – P.653-669.

20 *Flor H.H.* The complementary genik systems in flax rusts. // *Adv. Genet.* 1956. Vol.8. – P.29-54.

21 *Flor H.H.* The inheritance of X-ray induced mutation to virulence in a uredospore culture of race I of *Melampsora lini*. // *Phytopathology.* 1960. Vol. 50, № 5. – P.603-605.

22 *Одинцова И.Г.* Генетика устойчивости к фитопатогенам // *Сб. тр.: Усп. совр. генет.* – Москва: Наука, 1994. Вып. 19. – С.119-132.

23 *Вавилов Н.И.* Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям. – Москва: Наука, 1986. – С.133-314.

24 *Day P.R.* Genetic host-parasite interaction. – San Francisco, 1974. – 238 pp.

25 *Ван Дер Планк.* Устойчивость растений к болезням. – Москва: Колос, 1972. – 254 с.

26 *Hooker A.L.* A plant pathologist's view of germplasm evaluation and utilization. // *Crop Sci.* 1977. Vol. 17, № 5. – P.689-694.

27 Reddy M.S.S. Gene groupa for total resistance to wheat leaf rust in India. // Curr. Sci. – India, 1979. Vol.48. № 2. – P.73.

28 Одинцова И.Г. Проблемы селекции на горизонтальную устойчивость. // Тез.докл.: Генетические ресурсы и селекция растений на устойчивость (I симпозиум. Устойчивость растений к болезням). – Ленинград, 1980. – С.76.

29 Одинцова И.Г. Методы оценки общей и специфической устойчивости. // Генетические основы устойчивости растений к болезням. 1977. – С.129-139.

30 Loegering W.Q., McIntosh R.A., Burton C.H. Computer analysis of disease data to derive hypothetical genotypes for reaction of host varieties to pathogens. // Can. J.Genet.Cytol. 1971. Vol. 13. – P.742-748.

31 Kolmer J.A. Genetics of resistance to wheat leaf rust. // Ann. Rev. Phytopathol. 1996. Vol .34. – P.435-455.

32 McIntosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J. et al. Catalogue of Gene Symbols for Wheat. 2010. Suppl. 2011, 2012. Available at <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/>.

33 Леонова И.Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013, том 17, № 2. – С.314-325.

34 Liu Y., He Z., Appels R., Xia X. Functional markers in wheat: current status and future prospects // Theor. Appl. Genet. 2012. V.125. – P.1-10.

35 Chelkowski J., Golka L., Stepień L. Application of STS markers for leaf rust resistance genes in near-isogenic lines of spring wheat cv. Thatcher // J. Appl. Genet. 2003. V.44. – P.323-338.

36 Blaszczyk L., Chelkowski J., Korzun V. Verification of STS markers for leaf rust resistance genes of wheat by seven European laboratories. // Cell Mol. Biol. Lett. 2004. V.9. – P.805-817.

37 Vida G., Gal M., Uhrin A. Molecular markers for the identification of resistance genes and marker-assisted selection in breeding wheat for leaf rust resistance. // Euphytica. 2009. V.170. – P.67-76.

Рсалиев А.С. - ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты

Пахратдинова Ж.У. - магистр

Амирханова Н.Т. - биология ғылымдарының кандидаты

Ысқақова Г.Ш. - PhD докторант