

ТАТ АУРУЛАРЫНА ТӨЗІМДІЛІГІ БОЙЫНША КҮЗДІК БИДАЙ СОРТТАРЫНЫҢ ГЕНЕТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

Рсалиев Ш.С.^{1*}, биология ғылымдарының докторы, профессор
shynbolat63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6324-9565>

Гультяева Е.И.², биология ғылымдарының докторы
egultyayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7948-0307>

Баранова О.А.², биология ғылымдарының кандидаты
baranova_oa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9439-2102>

Абдикадырова А.К.¹, кіші ғылыми қызметкер
akbore81.kz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8747-4684>

Әбуғали Ғ.Р.^{1,3} ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
g_97.02@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1970-069X>

Серикбайқызы А.^{1,3} ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі
akerke.serikbaikyzy@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3886-6685>

¹Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

²Бүкілресейлік өсімдік қорғау институты, Санкт-Петербург, Ресей

³Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы күздік бидайдың сабақ, сары және жапырақ таттарына төзімділігін зерттеу нәтижелері келтірілген. Қазақстанның, Ресейдің, Өзбекстанның, Қырғызстанның, Францияның және СИММИТтің сорттары мен селекциялық линияларындағы тат ауруларының дамуы 2022-2024 жылдары Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ҒЗИ (Алматы) далалық және зертханалық жағдайларында бағаланды. Сонымен қатар, жекелеген расаларға төзімділікті анықтау және молекулалық-генетикалық зерттеулер Бүкілресейлік өсімдік қорғау институтында (Санкт-Петербург) жүргізілді. 2022, әсіресе 2024 жылғы қолайлы ауа-райы күздік бидайдың төзімсіз сорттарында тат ауруларының күшті дамуына ықпал етті. Далалық тәжірибелерінің нәтижесінде сыналған сорттар мен линиялардың 30% сабақ татына, 12% сары татқа және 49% жапырақ татына төзімді болды. Жекелеген расаларға төзімділікті одан әрі зерттеу барысында тат түрлеріне ересек және өскіндік төзімділікті көрсететін жекелеген сорттар мен линиялар анықталды. Молекулалық талдау тат ауруларына төзімді генотиптерде *Sr31*, *Sr57*, *Yr9*, *Yr18*, *Lr1*, *Lr3*, *Lr26*, *Lr34* гендері және 1AL.1RS транслокациясын бар екенін анықтауға мүмкіндік берді. Тат ауруларының табиғи популяциясына және жекелеген расаларына төзімді, сонда-ақ бірнеше төзімділік гендері бар Ахмат, Безостая 100 (Ресей), Әділет, КИЗ 90 сорттары және 18410-1, 21730-1, 22353K, 22372K (Қазақстан) селекциялық линиялары ең құнды болып табылады. Бұл жұмыс күздік бидайдың тат ауруларына төзімділігінің генетикалық табиғаты туралы құнды ақпарат береді және жаһандық азық-түлік қауіпсіздігін нығайта отырып, осы ауруларға төтеп бере алатын бидайдың жаңа сорттарын шығаруға ықпал етеді.

Тірек сөздер: күздік бидай, жапырақ таты, сары тат, сабақ таты, молекулалық маркерлер, төзімділік гендері.

Кіріспе. Қазақстанда бидай ауруларының арасында таттың үш түрі жиі кездеседі: сабақ таты (ауру қоздырғышы *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*), сары тат (*P. striiformis*) және жапырақ таты (*P. recondita* f.sp. *tritici*). Сабақ татының орасан зор эпидемия тудыратын Ug99 вирулентті расасының әлемде тез таралуы Орталық Азия аймағында, атап айтқанда Қазақстанда дәнді дақылдарға қауіп төндіруде [1,2]. Сары тат Қазақстанның оңтүстігінде және оңтүстік-шығысында күздік бидайдың негізгі аурулардың біріне айналды [3,4]. Еліміздің солтүстік, шығыс және батыс өңірлерінде жаздық және күздік бидайда жапырақ таты әруақытта басым болған. Бұл ауру дақылдарда жаппай дамумен сипатталады және қолайлы жылдары үлкен аумақтарды қамтып, астық өнімділігінің төмендеуіне әкеледі [5].

Қазіргі уақытта күздік бидай Қазақстанның оңтүстігінде және оңтүстік-шығысында негізгі дәнді дақыл болып табылады және Алматы, Жетісу, Жамбыл және Түркістан облыстарында егіледі. Соңғы жылдары әлемде және аймақта климаттың өзгеріп, жауын-

шашынның молайуы өсімдіктерде саңырауқұлақ ауруларының дамуына ықпал ететіні байқалуда. Мәселен, 2024 жылы Алматы облысында күздік бидайдың селекциялық тәлімбақтарында сары таттың бастапқы белгілері мамыр айының басында байқалды, ал маусым айында сезімтал сорттарда аурудың максималды дамуы орын алды. Маусымның ортасынан бастап сары татпен бірге жапырақ және сабақ таты біршама дамыды. Сонымен қатар, соңғы жылдары климаттың жылынуы Қазақстанның солтүстігінде күздік бидайды өсіру үшін оңтайлы жағдай туғызуда, мұнда үлкен аумақтарда тат түрлерінің, әсіресе сабақ пен жапырақ таттарының жаппай таралуы мүмкін.

Республикада фермерлер өндірістік жағдайда негізінен Алмалы, Богарная 56, Жетісу, Мереке 70, Сапалы, Стекловидная 24 және басқа да күздік бидайдың жергілікті сорттарын өсіреді. Бұл сорттар құрғақшылыққа төзімділігімен және әртүрлі агроэкотиптерде өсіруге бейімделуімен ерекшеленеді. Жекелеген сорттар тат түрлеріне далалық төзімділікке ие. Мысалы, Алмалы сортының генотипінде *Lr34/Yr18* [6], Богарная 56 құрамында *Lr3a*, *Lr13* [7], Жетісу – *Lr13* [7], Мереке 70 – *Yr10* және *Yr18/Lr34* [6] төзімділік гендері, Сапалы – *Lr3*, сонымен қатар ақ ұнтақ ауруының төзімділік гендері *Pm3c*, *pm8* [8], Стекловидная 24 – *Lr3*, *Lr13*, *Pm3c*, *pm8* [7,8] төзімділік гендері табылды. Алайда, *Lr34/Yr18* гендік кешенін және *Yr10* қоспағанда, отандық сорттарда кездесетін көптеген төзімділік гендерінің Қазақстанда және бүкіл әлемде тиімділігі төмен.

Бидайдың бір генотипінде бірнеше төзімділік гендерді біріктіру оның әртүрлі аурулардан қорғанысын айтарлықтай арттыруы мүмкін. Мысалы, *Sr2/Lr27/Yr30* және *Lr34/Yr18/Sr57* сияқты гендердің интеграциясы таттың барлық үш түріне төзімділікті арттыруға көмектеседі [9]. Селекциялық бағдарламаларда әр түрлі кіші *Sr*, *Yr*, *Lr* гендерінің тасымалдаушы көздерін пайдалану күздік бидайдың сабақ, сары және жапырақ таттарына төзімділігін арттырады. Біздің зерттеулеріміздің мақсаты Қазақстанның оңтүстік-шығысында күздік бидай сорттары мен линияларының ересек өсімдік сатысында және өскін кезінде таттың үш түріне төзімділігін бағалау, сондай-ақ ауруға төзімді өсімдік иелерінің генетикалық сипаттамасын жасау болды.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Дала жағдайында күздік бидайдың (*Triticum aestivum* L.) Қазақстаннан (35 генотип), Өзбекстаннан (7), Ресейден (5), Қырғызстаннан (3), Франциядан (1) және СИММИТтен (4) сорттар мен селекциялық линиялардың тат түрлеріне төзімділігін зерттелді, барлығы 55 генотип. Олардың ішінде өскіндердің расаларға төзімділігін анықтау үшін, сондай-ақ молекулалық зерттеулер үшін 20 генотип сұрыптап алынды. Тәжірибелер Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының (ҚазЕӨШҒЗИ) далалық тәлімбағында жүргізілді. Күздік бидайдың сорттары мен линияларының тұқымы стандартты әдіспен себілді (қатар арасындағы қашықтық 20 см болатын 1 метрлік телім). Сезімталдықтың индикаторы ретінде инфекцияның таралу ошақтары болып табылатын төзімсіз стандарт сорттар пайдаланылды (сабақ таты бойынша Бақытжан, сары тат бойынша Марокко, жапырақ таты бойынша Богарная 56 сорты). Зерттелетін генотиптерге инфекция жұқтыруға *P. graminis*, *P. striiformis* және *P. tritici* спораларының жергілікті популяциясы бір шаршы метрге 20 мг спора дозасында талькпен 1:100 қатынасында тозаң түрінде шашылды. Аурудың дамуын алғашқы бағалау оның пайда болуы кезінде, содан кейінгісі 10-12 күн аралықпен дәннің сүттеніп-балауызданып пісуіне дейін жүргізілді. Генотиптердің тат қоздырғыштарына төзімділігін бағалаудың негізгі фитопатологиялық параметрлері: Инфекция типі (ИТ) және Инфекцияның дамуы (ИД). Инфекция типі СИММИТ шкаласы арқылы анықталды: I (иммунды), R (төзімді), MR (орташа төзімді), MS (орташа төзімсіз), S (төзімсіз) [10]. Өсімдіктердегі инфекцияның дамуы (%) модификацияланған Кобб шкаласы арқылы анықталды [11].

Сабақ татының жекелеген расаларына төзімділікті анықтау үшін *Sr5*, *Sr21*, *Sr9e*, *Sr7b*, *Sr9a*, *Sr6*, *Sr8a*, *Sr9g*, *Sr36*, *Sr9b*, *Sr30*, *Sr17*, *Sr9a*, *Sr9d*, *Sr10*, *SrTmp*, *Sr24*, *Sr31*, *Sr38*, *SrMcN* изогендік линияларды қолдана отырып Roelfs және Martens [12] әдісі бойынша жіктелінген екі қазақстандық раса (Pg1K, Pg2K) және үш ресейлік раса (Pg1P, Pg2P, Pg3P) пайдаланылды. Сары татқа төзімділікті зерттеу үшін Johnson және басқалар әдісі [13] бойынша жіктелінген

екі қазақстандық раса (Pst1K, Pst2K) және екі ресейлік раса (Pst1P, Pst2P) пайдаланылды. Сондай-ақ жұмыста *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30* изогендік линияларды қолдана отырып, Солтүстік Америка номенклатура жүйесіне сәйкес [14] жіктелінген жапырақ татының қазақстандық екі раса (Pt1K, Pt2K) және ресейлік төрт раса (Pt1P, Pt2P, Pt3P, Pt4P) пайдаланылды. Өскіндердің сабақ татына төзімділігін бағалау инокуляциядан кейін екі аптадан соң Stakman, Levin [15], сары татқа – Gassner, Straib [16], жапырақ татына – Mains, Jackson [17] шкалалары бойынша жүргізілді.

Молекулалық-генетикалық зерттеулер үшін келесі гендердің маркерлері пайдаланылды: *Lr1*, *Lr3a*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41* (39), *Lr47*, *Lr51*, *Lr66* (*Asp*), *Lr19*, *Sr25*, *Lr20*, *Sr15*, *Lr24*, *Sr24*, *Lr26*, *Sr31*, *Yr9*, *Lr34*, *sr57*, *Yr18*, *Lr37*, *Sr38*, *Yr17*, *Lr_Yr6Agi2*, *Sr2*, *Sr28*, *Sr26*, *Sr36*. Жапырақ пен сары татты зерттеу кезінде ДНҚ Dorokhov, Cloquet [18] әдісі бойынша бөлініп алынды. ПТР термоциклердің көмегімен жүргізілді (C1000, BioRad, Hercules, Калифорния, АҚШ). ПТР қоспасы (20 мл) құрамында 100-150 нг геномдық ДНҚ, 2 тақ ДНҚ полимераза бірлігі, 1 ПТР буфері (10 мм Tris HCL), 2,5 мм MgCl₂, әр dNTP 100 мм және әр праймер 10 мм. Күшейту үшін ұсынылған ПТР протоколы қолданылды. Сабақ татын зерттеу кезінде BioMaster HS-Taq PCR-Color ПТР қоспасы ("БИОЛАБМИКС", Новосибирск, Ресей) және келесі күшейту шарттары қолданылды: 95° – 5 мин, 35 цикл (95° – 20 с, күйдіру температурасы – 30 с, 72° – 1 мин) және 72° – 5 мин қолданылды. Күйдіру температурасы әр праймер жұбы үшін жеке болды. *Sr2*, *csSr2* генінің маркерін анықтау үшін келесі ПТР қоспасы қолданылды: 20 мкл реакция қоспасы; бидистилденген H₂O – 17,6 мкл; dNTP қоспасы (25 мм) – 0,4 мкл; R праймері (10-15 пмоль) – 0,5 мкл; F праймері (10-15 пмоль) – 0,5 мкл; 10x буфер ПТР талдауы – 2,5 мкл; MgCl₂ (50 мм) – 1 мкл; Taq-полимераза (5 бірлік) – 0,5 мкл; және геномдық ДНҚ – 2 мкл. Күшейту шарттары келесідей болды: 94° – 4 мин 30 с, 45 цикл (94° – 1 мин, 60° – 1 мин, 72° – 2 мин), 72° – 10 мин. ПТР жүргізгеннен кейін күшейту өнімдері BspHI шектеу эндонуклеазасымен өңделді. ПТР өнімдері (гендік өнімнің мөлшеріне байланысты) және сандық гельді бейнелеу жүйесі (Geldocgo, BioRad, Hercules, Калифорния, АҚШ) арқылы ультракүлгін сәуледе бейнеленген 1,5-3,0% агарозды гелге бөлінді.

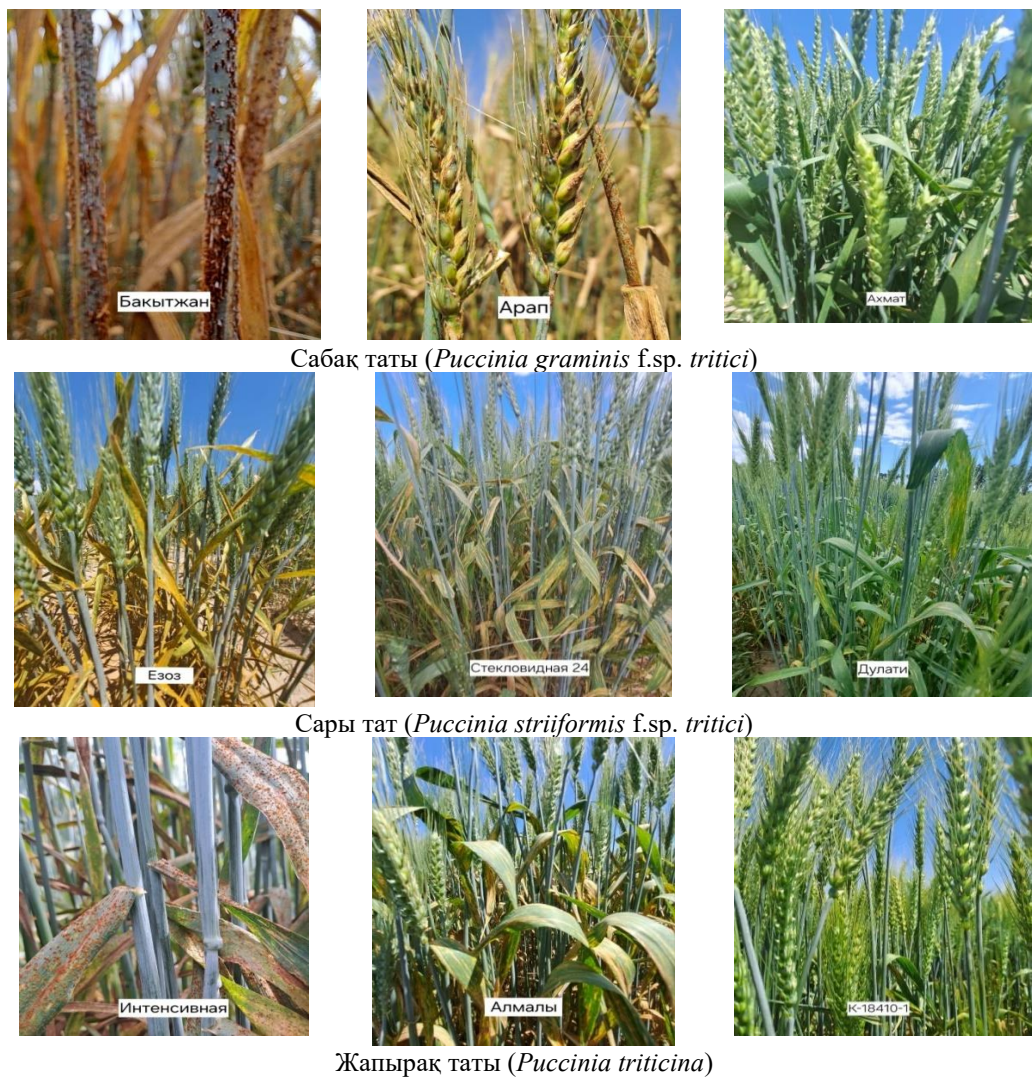
Нәтижелер. 2022 жылы Алматы облысында ауа райы жағдайлары тат ауруларының дамуы үшін орташа қолайлы болды. 2023 жылы мамыр айында (43,4 мм), әсіресе маусымда (4,3 мм) жауын-шашынның жеткіліксіз болуы бидай ауруларының депрессиясына әкелді. Ал 2024 жылы метеорологиялық жағдайлар таттың үш түрінің дамуына өте қолайлы болды. Сәуірде орташа айлық ауа температурасы 12,8 °C, жауын-шашынның жалпы мөлшері 111,3 мм болды. Мамыр айында ауаның орташа температурасы 17,6 °C, ал жауын-шашын мөлшері 121,2 мм болды, бұл көпжылдық көрсеткіштен 1,2 есе көп (1-кесте).

1-кесте – Алматы облысында 2022-2024 жылдардағы вегетациялық кезеңдегі ауа райы жағдайлары (ҚазЕОШҒЗИ метеостанциясының деректері)

Ауа райы жағдайлары	Айлар	2022 жыл	2023 жыл	2024 жыл	Орташа 3 жыл ішінде
Ауа температурасы, °C	Наурыз	5,8	8,4	5,4	6,5
	Сәуір	16,7	11,9	12,8	13,8
	Мамыр	19	17,2	17,6	17,9
	Маусым	24,3	24,6	24,5	24,5
	Шілде	26,5	27,1	25	26,2
Орташа наурыз – шілде ішінде, °C		18,5	17,8	17,1	17,8
Жауын-шашын мөлшері, мм.	Наурыз	168,6	61,2	135,5	121,8
	Сәуір	46,8	68,2	111,3	75,4
	Мамыр	145,4	43,4	121,2	103,3
	Маусым	35,9	4,3	19,7	20,0
	Шілде	15,1	33,6	85,2	44,6
Барлығы наурыз-шілде ішінде, мм		411,8	210,7	472,9	365,1

Күшті инфекциялық фонда күздік бидай сорттары тат түрлерінің дамуына әр түрлі әсер етті. Сабақ таты Бакытжан сортында қатты дамыды, Арап сортында орта дәрежеде болды, ал Ахмат сортында бұл ауруға жоғары төзімділік байқалды. Сары таттың күшті дамуы Езоз сортында анықталды, орташа және әлсіз даму сәйкесінше Стекловидная 24 және Дулати сорттарында байқалады.

Жапырақ таты Интенсивная сортында орташа деңгейден жоғары дамыды, Алмалы сортында орташа дәрежеде, ал 18410-1 линиясында осы аурудың іздері көрінді (1-сурет).



1-сурет – 2024 жылы Алматы облысында күздік бидай сорттарында тат ауруларының дамуы

Тат ауруларының үш түріне жоғары төзімділікті күздік бидайдың Алексейич, Ахмат, Безостая 100 (Ресей), Әділет, КИЗ 90 сорттары және 21730-1, 22372К (Қазақстан) линиялары көрсетті. Қазақстандық Алмалы, Дулати сорттары және 20197-17, 21266-3, 22180-1 линиялары орташа топтық төзімділік танытты. 20403-2, Д68СИММИТ линиялары сабақ және жапырақ татына, ал Гром (Ресей), Ильгор (Өзбекстан) сорттары сары және жапырақ таттарына төзімді болды. Таттың үш түріне толық иммунитеті бар генотиптер табылған жоқ (2-кесте).

Расалық төзімділікті зерттеу үшін 20 сорт пен линия алынды, олардың өскіндері оқшауланған жылыжай бокстарында 5 сабақ тат расасына, 4 сары тат расасына және 6 жапырақ тат расасына төзімділігі бойынша сыналды. *P. graminis* расаларының вируленттілігі *Sr7b*, *Sr8a*, *Sr9e*, *Sr9b*, *Sr11*, *Sr17*, *Sr24*, *Sr30*, *Sr36* және *SrTmp* сияқты бірнеше төзімділік гендеріне байланысты болды.

2-кесте – 2022-2024 жылдары Алматы облысында күздік бидай сорттары мен линияларында тат ауруларының инфекция типі және инфекцияның дамуы

Сорттар және линиялар	Шығу тегі	Инфекция типі (ИТ) және инфекцияның дамуы (ИД)					
		<i>P. graminis</i>		<i>P. striiformis</i>		<i>P. triticina</i>	
		ИТ *	ИД, %**	ИТ *	ИД, %**	ИТ *	ИД, %**
1	2	3	4	5	6	7	8
Ажара	Қырғызстан	MR-MS	10-30	S	60-80	MR	20
Алексейич	Ресей	R	1-5	I-R	0-5	R	1-10
Алмалы	Қазақстан	MR	10-20	MR	20	MR	10-20
Аманат	Қазақстан	MS	20-30	S	40-60	MS	20-30
Арап	Қазақстан	S	40	MR-MS	20-30	MS	20-30
Асыл	Қырғызстан	MR-MS	20-30	MR-MS	10-30	MR	20
Ахмат	Ресей	R	1-5	R	1-5	I-R	0-1
Әділет	Қазақстан	R	5-10	MR	20	MR	20
Бакытжан	Қазақстан	S	40-60	MR-MS	20-30	MS	20-30
Безостая 100	Ресей	I	0	R	1-10	I-R	0-1
Бардош	Өзбекстан	MR-MS	10-30	MR	5-20	MS	20-30
Вавилов	Қазақстан	MR-MS	20-30	MR-MS	20-30	MS-S	30-40
Гром	Ресей	MS	20-30	MR	10-20	R	1-10
Гурт	Ресей	MR	10-20	S	60-80	MS	20-30
Димаш	Қазақстан	MS	20-30	MR	10-20	MS	20-30
Дулати	Қазақстан	MR	10-20	R-MR	5-10	MR	10-20
Евклид	Франция	MS	20-30	MS	20-30	MR	10-20
Егемен 20	Қазақстан	MS	20-30	MS-S	30-40	MS-S	30-40
Езоз	Өзбекстан	MR-MS	20-30	S	60-80	R	1-10
Жетысу	Қазақстан	MS	20-30	MS-S	30-40	MS-S	30-40
Ильгор	Өзбекстан	MR-MS	10-30	R	5-10	R	1-10
Интенсивная	Қырғызстан	MR-MS	10-30	MS-S	30-40	MS-S	30-60
Казахстанская 10	Қазақстан	MR-MS	20-30	MR-MS	20-30	MS-S	30-40
Кайрактош	Өзбекстан	MR-MS	10-30	MS-S	30-60	R	1-10
КИЗ 90	Қазақстан	I	0	I-R	0-5	I	0
Мереке 70	Қазақстан	MR-MS	20-30	R	5-10	R-MR	5-20
Момышулы	Қазақстан	MR-MS	20-30	MR-MS	20-30	MS	20-30
Несипхан	Қазақстан	MR-MS	20-30	MR	10-20	MS	20-30
ОК Марварид	Өзбекстан	MR-MS	20-30	MS-S	30-40	MS-S	30-40
Память 47	Қазақстан	MR-MS	20-30	S	60-80	MS	20-30
Пахлавон	Өзбекстан	MR-MS	20-30	MS-S	30-40	R-MR	5-20
Сапалы	Қазақстан	R-MR	5-10	MR-MS	10-30	MR-MS	20-30
Стекловидная 24	Қазақстан	MS	20-30	MS-S	30-40	MS-S	30-40
Талими 80	Қазақстан	MR	10-20	MR	10-20	MR-MS	20-30
Тезпишар	Өзбекстан	MR	10-20	S	60-80	MS	20-30
Фараби	Қазақстан	MS	20-30	MS	20-30	MS-S	30-40
18410-1	Қазақстан	R	1-5	R-MR	5-20	R-MR	5-20
18411-1	Қазақстан	R	5-10	MS-S	30-40	MS	20-30
20197-17	Қазақстан	R-MR	5-20	R-MR	5-20	R-MR	5-20
20403-2	Қазақстан	R	1-5	MR-MS	20-30	I	0
20521-1	Қазақстан	S	40	S	40	MS	30
20933-1	Қазақстан	R-MR	5-20	MR-MS	20-30	MS	20-30
20982-2	Қазақстан	MR	10-20	R-MR	5-10	MS	20-30
21144-4-1	Қазақстан	R-MR	5-10	MR-MS	20-30	R	5-10
21203-11-3	Қазақстан	S	40	S	40	MS	20-30
21266-3	Қазақстан	R-MR	5-10	MR	10-20	MR	10-20
21730-1	Қазақстан	I	0	I	0	R	5-10

1	2	3	4	5	6	7	8
22180-1	Қазақстан	MR	10-20	MR	10-20	MR	10-20
22315-1	Қазақстан	I-R	0-5	MR-MS	20-30	R	5-10
22353K	Қазақстан	R	1-10	MR	10-20	R-MR	1-20
22372K	Қазақстан	I	0	I	0	R	1-5
Д68СИММИТ	СИММИТ	R-MR	5-10	S	40	R	5-10
Д580СИММИТ	СИММИТ	MR	10-20	S	40	MS-S	30-60
Д952СИММИТ	СИММИТ	MS	20-30	S	40	MS	20-30
SWW 1/904	СИММИТ	MS	20-30	S	40	MS	20-30
Ст.1 – Бакытжан (<i>P.graminis</i> үшін)		S	40-60	-	-	-	-
Ст.2 – Марокко (для <i>P.striiformis</i> үшін)		-	-	S	40-80	-	-
Ст.3 – Богарная 56 (для <i>P.triticina</i> үшін)		-	-	-	-	S	60-80
* ИТ – Инфекция типі: I (иммунды), R (төзімді), MR (орташа төзімді), MS (орташа төзімсіз), S (төзімсіз);							
** ИД – инфекцияның дамуы, %.							

Сабақ татының расаларына жоғары (R) және орташа төзімділік (MR) үш қазақстандық генотипте (КИЗ 90, 21730-1, 22372K) және бір ресейлік сортта (Безостая 100) байқалды. Осы генотиптердің барлығы дала жағдайында сабақ татына төзімділікті көрсеткен. Сары таттың барлық расалары *Yr5*, *Yr10* және *YrSP* гендеріне авирулентті авирулентті болды, бірақ *Yr8* геніне вируленттілік көрсетті. Расалардың арасындағы негізгі айырмашылық олардың *Yr1*, *Yr7*, *Yr9* және *Yr24* (= *Yr26*) гендеріне вируленттілігі немесе авируленттілігінде болды. Тәжірибеде сары тат расаларына төзімді генотиптер айтарлықтай аз болды. Тек екі генотип (Ахмат сорты және 18410-1 линиясы) барлық *P. striiformis* изоляттарына төзімділікті көрсетті. Алайда, бұл үлгілердің дала жағдайында сары татқа төзімділігі орташа болды. Зерттеуде пайдаланылған жапырақ татының расалары *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr9*, *Lr15*, *Lr19* және *Lr26* сияқты бірнеше төзімділік гендеріне байланысты вируленттілігімен ерекшеленді. Үш генотип (Безостая 100, КИЗ 90 және 18410-1) *P. triticina* барлық алты изоляттарына төзімді болды және бұл генотиптердің барлығы дала жағдайында жапырақ татына төзімділікті көрсетті. Бір ерекшелігі, зерттелген үлгілердің көпшілігі *P. triticina* ресейлік расаларымен салыстырғанда қазақстандық расаларға төзімді болды (3-кесте).

Молекулалық маркерлерді қолдана отырып, сабақ, сары және жапырақ таттарына бірнеше төзімділік гендері анықталды. Ең жиі анықталатын төзімділік гендері жеке және комбинация түрінде кездесетін *Lr34*, *Yr18* және *Sr57* болды, алар сегіз генотипте анықталды. *Lr3* гені бес генотипте, ал *Lr1* гені төрт генотипте анықталды. *Lr26*, *Yr9* және *Sr31* гендерін тасымалдайтын қара бидай 1BL.1RS транслокациясы төрт генотипте табылды.

3-кесте – Күздік бидай өскіндерінің сабақ, сары және жапырақ таттарының жекелеген расаларына реакциясы

Сортар мен линиялар	Тат расаларына өскіндердің реакция типтері*															
	Сабақ таты					Сары тат					Жапырақ таты					
	Pg1K	Pg2K	Pg1P	Pg2P	Pg3P	Pst1K	Pst2K	Pst1P	Pst2P	Pt1K	Pt2K	Pt1P	Pt2P	Pt3P	Pt4P	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Алмалы	3	3	4	3	3-	4	4	3	3	4	3	3-4	3-4	3-4	3-4	
Аманат	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2+	3-4	3-4	3-4	3-4	
Ахмат	3	2	4	4	3	2	2	0-1;	2	1+	1	0-2	0-1	3-4	3-4	
Әділет	2	2	3+	3	4	2	3	3	3	1+	0;1	3-4	3-4	3-4	3-4	
Безостая 100	2+	2+	2	1-2	1-2	0	0	3	3	0	0	0-1	0-1	0-1	0-1	
Дулати	3	4	3-	4	4	3	3	3	2-3	3	3	3-4	3-4	3-4	3-4	
Евклид	3	2	3-	3	3-	2	0	2-3	3	2	1+	3-4	3-4	3-4	3-4	
Егемен 20	3	3	4+	3	4	2+	2	3	3	2	3	3-4	3-4	3-4	3-4	
КИЗ 90	0;1	2-	2	1-2	2	2	0	3	3	0;1	2	0-1	0;	0;	0;	
Стекловид- Ная 24	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4	3-4	3-4	3-4	3-4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Д952СИММИТ	4	3+	4	4	4	0	0	3	3	2	2	3-4	3-4	3-4	3-4
SWW1-904	3	2+	4	4	4	3	2	0-1;	3	0;1	0	3-4	3-4	3-4	3-4
18410-1	0;1	1	3	3-	3	1	1	0;	0	0;1	1+	0;	0-1;	0-1;	0-1;+
20197-17	3	3+	4	3	4	1	2	2-3	3	2	2	3-4	3-4	3-4	3-4
20521-1	2	2	4+	3+	4	2	4	3	3	0	2	3-4	3-4	3-4	3-4
21203-11-3	2	2	4	4	3	0	2	3	3	3	2	3-4	3-4	3-4	3-4
21730-1	0	0;1	2	2+	1-2	0	3	3	3	1	0	0-1	0-1	3-4	3-4
22180-1	2+	3	3	4	4	0	0	3	3	2	2	3-4	3-4	3-4	3-4
22353K	2	2	4	3+	4	2	0	3	3	2	1+	3-4	3-4	3-4	3-4
22372K	1	2	2-	1-2	2-	0	0	3	3	1+	1+,2	0-1	0-1	3-4	3-4
* Өскіндердің реакция типтері: 0,0; 1,2 – төзімділік реакциялары; 3,4 – төзімсіздік реакциялары; «;» – гиперсезімталдық дақтар; «+, -» – сорт бойынша орташа реакцияның жоғары және төмен болуы.															

Ал қара бидай 1AL.1RS транслокациясы Ахмат сортында анықталды (4-кесте).

4-кесте – Анықталған төзімділік гендері бар күздік бидайдың сорттары мен линиялары

Сорттар мен линиялар	Молекулалық маркерлер (Аллель мөлшері, б.н.)	Анықталған төзімділік гендері
Алмалы	csLV34 (150)	<i>Lr34, Yr18, Sr57</i>
Ахмат	WR003 F/R (760), SCM9 (228)	<i>Lr1, 1AL.1RS</i>
Әділет	Xmwig798 (365), csLV34 (150)	<i>Lr3, Lr34, Yr18, Sr57</i>
Безостая 100	SCM9 (207), csLV34 (150)	<i>Lr26, Sr31, Yr9, Lr34, Yr18, Sr57</i>
Дулати	csLV34 (150)	<i>Lr34, Yr18, Sr57</i>
Евклид	WR003 F/R (760)	<i>Lr1</i>
КИЗ 90	WR003 F/R (760), Xmwig798 (365), SCM9 (207)	<i>Lr1, Lr3, Lr26, Sr31, Yr9</i>
18410-1	csLV34 (150)	<i>Lr34, Yr18, Sr57</i>
20197-17	csLV34 (150)	<i>Lr34, Yr18, Sr57</i>
21203-11-3	Xmwig798 (365)	<i>Lr3</i>
21730-1	Xmwig798 (365), SCM9 (207)	<i>Lr3, Lr26, Sr31, Yr9</i>
22180-1	csLV34 (150)	<i>Lr34, Yr18, Sr57</i>
22353K	WR003 F/R (760), Xmwig798 (365), csLV34 (150)	<i>Lr1, Lr3, Lr34, Yr18, Sr57</i>
22372K	Xmwig798 (365), SCM9 (207)	<i>Lr3, Lr26, Sr31, Yr9</i>

Талқылау. 2022 және 2024 жылғы қолайлы ауа райы жағдайлары күздік бидай егістігінде тат ауруларының дамуына ықпал етті. Зерттелген сорттар арасында әсіресе сары тат ауруы ерекше қатты дамыды, бұл оның Қазақстанның оңтүстік-шығысында және бүкіл Орталық Азияда жапырақ және сабақ татымен салыстырғанда өзектілігін көрсетеді [3,4,19-21]. Күздік бидайдың төзімділігін бағалау кезінде тат түрлеріне төзімділігі бойынша бірнеше сорттар мен линиялар ерекшеленді, таттың барлық үш түріне КИЗ 90 (Қазақстан), Алексеевич, Ахмат, Безостая 100 (Ресей) сорттары және 21730-1, 22372K селекциялық линиялары ең төзімді болып шықты. Төрт генотип (Әділет, 18410-1, 20197-17, 22180-1) таттың үш түріне орташа қарсылық көрсетті. Алайда, таттың барлық үш түріне толық иммунитеті бар үлгілер табылған жоқ. Безостая 100, КИЗ 90, 21730-1, 22372K генотиптері далалық ауру популяциясына және жылыжайда жеке расаларға иммунды болды.

Біздің зерттеулерімізде төзімділікке айтарлықтай әсер ететін негізгі гендерге ғана емес, сонымен қатар кіші гендерге, әсіресе таттың бірнеше түріне төзімділікті қамтамасыз ететіндерге назар аудардық. Әр түрлі қорғаныс механизмдеріне қатысатын бірнеше төзімділік гендерінің интеграциясы таттың екі-үш түріне төзімділікті арттырады. Мысалы, *Lr34/Yr18/Sr57* гендер комбинациясы таттың барлық үш түріне төзімділікті айтарлықтай арттырады [9]. Күздік бидайдың 20 генотипін молекулалық-генетикалық зерттеулерге 18 *Lr* генін, 3 *Yr* генін және 10 *Sr* генін идентификациялау үшін және 1AL.1RS транслокациясын анықтау үшін молекулалық маркерлер пайдаланылды. Зерттеу нәтижелері күздік бидайдың

сегіз генотипінде таттың үш түріне төзімділігі *Lr34*, *Yr18* және *Sr57* гендерінің комбинациясына байланысты екенін көрсетті.

Тағы бір маңызды гендік кешен *Lr26*, *Yr9* және *Sr31* бидай селекциясының бағдарламаларында кеңінен қолданылады. Бұл гендік кешен бидай геномына бидай-қара бидай транслокациялық хромосомалары арқылы енгізілген [22]. Молекулалық маркерлерді пайдалана отырып, біз бұл гендерді Безостая 100 және КИЗ 90 сорттарының генотиптерінде және 21730-1, 22372К селекциялық линияларда анықтадық. *Sr31* төзімділік гені Ug99 расасы кең таралған аймақтарда тиімділігін жоғалтқанымен, бұл генді тасымалдайтын сорттар әлі де көптеген елдерде сабақ төтына төзімділікті көрсетеді [1,23]. Біз сондай-ақ тат ауруларына төзімді Ахмат сортынан қара бидай 1AL.1RS транслокациясын таптық.

Қорытынды. Қазақстанның оңтүстік-шығысында 2022 және 2024 жылғы қолайлы ауа-райында күздік бидайдың зерттелген сорттары мен линиялары сабақ, сары және жапырақ таттарына төзімділіктің әртүрлі реакцияларын көрсетті. Таттың екі-үш түріне төзімді 20 сорт пен линия бөлініп алынды. Қазақстан мен Ресейдің жекелеген вирулентті расаларын қолдана отырып, бидайдың өскін кезеңінде 12 генотиптің төзімділігі расталды. Молекулалық әдістер арқылы *Lr34*, *Yr18* және *Sr57* гендерін тасымалдайтын сегіз генотип, *Lr26*, *Yr9* және *Sr31* гендері бар төрт генотип, сонда-ақ *Lr1*, *Lr3* және 1AL.1RS транслокациясы бар генотиптер анықтады. Негізгі және кіші төзімділік гендері бар күздік бидай сорттарын (Алмалы, Ахмат, Әділет, Безостая 100, Дулати, КИЗ 90) және селекциялық линияларды (18410-1, 20197-17, 21730-1, 22180-1, 22353К, 22372К) пайдалану тат түрлеріне ішінара және ұзақ мерзімді төзімділікті қамтамасыз ету үшін маңызды болып табылады.

Қаржыландыру. Ғылыми жұмыс 2024-2026 жылдары аралығында атқарылып жатқан Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігінің мақсатты қаржыландыру бағдарламасының BR24892821 «Қазақстанның әртүрлі топырақ-климаттық аймақтарында өнімділік, сапа және стресске төзімділік әлеуетін арттыру үшін дәнді дақылдар селекциясы және бастапқы тұқым шаруашылығы» тақырыбы аясында орындалды

Әдебиет:

- [1] **Pretorius, Z.A.**, Singh R.P., Wagoire W.W., Payne T.S. Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* in Uganda. *Plant Dis.* 2000, 84, 202-203. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.2.203B>
- [2] **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(4), 275-284. <https://doi.org/10.17221/85/2020-PPS>
- [3] **Sharma, R.C.**, Nazari K., Amanov A., Ziyaev Z., Jalilov A.U. Reduction of Winter Wheat Yield Losses Caused by Stripe Rust through Fungicide Management. *J. Phytopathol.* 2016, 164, 671-677. <https://doi.org/10.1111/jph.12490>
- [4] **Kokhmetova, A.**, Sharma R., Rsaliyev S., Galymbek K., Baymagambetova K., Ziyaev Z., Morgounov A. Evaluation of Central Asian wheat germplasm for stripe rust resistance. *Plant Genet. Res. Charac. Util.* 2018, 16(2), 178-184. <https://doi.org/10.1017/S1479262117000132>
- [5] **Kokhmetova, A.**, Rsaliyev S., Atishova M., Kumarbayeva M., Malysheva A., Keishilov Z., Zhanuzak D., Bolatbekova A. Evaluation of Wheat Germplasm for Resistance to Leaf Rust (*Puccinia triticina*) and Identification of the Sources of *Lr* Resistance Genes Using Molecular Markers. *Plants* 2021, 10, 1484. <https://doi.org/10.3390/plants10071484>
- [6] **Kokhmetova, A.M.**, Sapakhova Z.B., Madenova A.K., Yessenbekova G.T. Identification of carriers of yellow *Yr5*, *Yr10*, *Yr15* and leaf *Lr26*, *Lr34* resistance genes under molecular screening of wheat entries. *Biotech. Theor. Prac.* 2014, 1, 71-78. <https://doi.org/10.11134/btp.1.2014.10>
- [7] **Nazari, K.**, Wellings C.R., Park R.F. Characterization of seedling resistance to rust diseases in wheat cultivars from Central Asia and the Caucasus. *Int. J. Plant Breed.* 2008, 2, 52-63. www.globalsciencebooks.info
- [8] **Singrun, C.**, Rauch P., Morgounov A., Hsam S., Zeller F. Identification of powdery mildew and leaf rust resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum*). Wheat varieties from the Caucasus, Central and Inner Asia. *Genet. Res. Crop Evol.* 2004, 51, 355-370. <https://doi.org/10.1023/B:GRES.0000023455.48325.9e>

- [9] **Randhawa, M.S.**, Lan C., Basnet B.R., Bhavani S., Huerta Espino J., Forrest K., Hayden M., Singh R.P. Interactions among genes *Sr2/Yr30*, *Lr34/Yr18/Sr57* and *Lr68* confer enhanced adult plant resistance to rust diseases in common wheat (*Triticum aestivum* L.) line 'Arula'. *Aus. J. Crop Sci.* 2018, 12(6), 1023-1033. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.pne1305>
- [10] Rust scoring guide (Handbook). Mexico, D.F.: CIMMYT 1986. <http://hdl.handle.net/10883/1109>
- [11] **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.* 1948, 26, 496-500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- [12] **Roelfs, A.P.**, Martens J.W. An international system of nomenclature for *Puccinia graminis* f.sp. tritici. *Phytopathology* 1988, 78, 526-533.
- [13] **Johnson, R.**, Stubbs R.W., Fuchs E., Chamberlain N.H. Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. *Transac. Brit. Mycol. Soci.* 1972, 58(3), 475-480. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(72\)80096-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(72)80096-2)
- [14] **Long, D.L.**, Kolmer J.A. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. tritici. *Phytopathology* 1989, 79, 525-529. <https://doi.org/10.1094/phyto-79-525>
- [15] **Stakman, E.C.**, Levin M.N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. *Un. Minn. Agr. Exp. St. Tech. Bull.* 1922, 8, 38-41.
- [16] Gassner G., Straib W. Über Mutationen in einer biologischen Rasse von *Puccinia glumarum* tritici (Schmidt) Erikss. und Henn. *Z. Vererbungslehre* 1933, 63, 154-180. <https://doi.org/10.1007/BF01849086>
- [17] **Mains, E.B.**, Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology* 1926, 16(2), 89-120.
- [18] **Dorokhov, D.**, Cloquet E. Rapid and economic technique for RAPD analysis of plant genomes Fast and economical technology of RAPD analysis of plant genomes. *Russ. J. Genet.* 1997, 33, 358-365.
- [19] **Рсалиев, Ш.С.**, Уразалиев Р.А., Дубекова С.Б., Ибадуллаева Р.К., Мелдешов А.Б. Отбор болезнестойчивых сортов и линий озимой пшеницы на юго-востоке Казахстана. *Вестник Кызылординского ун-ва им. Коркыт Ата* 2023, №2(65), 27-38. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2023.v65.i2.034>
- [20] **Рсалиев, Ш.С.**, Серікбайқызы А. Бидайдың екі-үш тат түрлеріне төзімді сорттары мен үлгілерін сұрыптап алу. *Ізденістер, Нәтижелер (Исследования, Результаты)*, 2024, 2-1, 276-284. <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/565>
- [21] **Rsaliyev, S.**, Rsaliyev A., Urazaliev R., Dubekova S., Serikbaykyzy A. Population composition and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. tritici in Kazakhstan. *Plant. Protect. Sci.* 2025, 61. <https://doi.org/10.17221/16/2024-PPS>
- [22] **Mago, R.**, Miah H., Lawrence G.J., Wellings C.R., Spielmeier W., Bariana H.S., McIntosh R.A., Pryor A.J., Ellis J.G. High-resolution mapping and mutation analysis separate the rust resistance genes *Sr31*, *Lr26* and *Yr9* on the short arm of rye chromosome 1. *Theor. Appl. Genet.* 2005, 112(1), 41-50. <http://doi.org/10.1007/s00122-005-0098-9>
- [23] **Plotnikova, L.**, Pozherukova V., Knaub V., Kashuba Y. What Was the Reason for the Durable Effect of *SR31* Against Wheat Stem Rust? *Agriculture* 2022, 12, 2116. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122116>

References:

- [1] **Pretorius, Z.A.**, Singh R.P., Wagoire W.W., Payne T.S. Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f.sp. tritici in Uganda. *Plant Dis.* 2000, 84, 202-203. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.2.203B>
- [2] **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(4), 275-284. <https://doi.org/10.17221/85/2020-PPS>
- [3] **Sharma, R.C.**, Nazari K., Amanov A., Ziyaev Z., Jalilov A.U. Reduction of Winter Wheat Yield Losses Caused by Stripe Rust through Fungicide Management. *J. Phytopathol.* 2016, 164, 671-677. <https://doi.org/10.1111/jph.12490>
- [4] **Kokhmetova, A.**, Sharma R., Rsaliyev S., Galymbek K., Baymagambetova K., Ziyaev Z., Morgounov A. Evaluation of Central Asian wheat germplasm for stripe rust resistance. *Plant Genet. Res. Charac. Util.* 2018, 16(2), 178-184. <https://doi.org/10.1017/S1479262117000132>

- [5] **Kokhmetova, A.**, Rsaliyev S., Atishova M., Kumarbayeva M., Malysheva A., Keishilov Z., Zhanuzak D., Bolatbekova A. Evaluation of Wheat Germplasm for Resistance to Leaf Rust (*Puccinia triticina*) and Identification of the Sources of Lr Resistance Genes Using Molecular Markers. *Plants* 2021, 10, 1484. <https://doi.org/10.3390/plants10071484>
- [6] **Kokhmetova, A.M.**, Sapakhova Z.B., Madenova A.K., Yessenbekova G.T. Identification of carriers of yellow Yr5, Yr10, Yr15 and leaf Lr26, Lr34 resistance genes under molecular screening of wheat entries. *Biotech. Theor. Prac.* 2014, 1, 71-78. <https://doi.org/10.11134/btp.1.2014.10>
- [7] **Nazari, K.**, Wellings C.R., Park R.F. Characterization of seedling resistance to rust diseases in wheat cultivars from Central Asia and the Caucasus. *Int. J. Plant Breed.* 2008, 2, 52-63. www.globalsciencebooks.info
- [8] **Singrun, C.**, Rauch P., Morgounov A., Hsam S., Zeller F. Identification of powdery mildew and leaf rust resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum*). Wheat varieties from the Caucasus, Central and Inner Asia. *Genet. Res. Crop Evol.* 2004, 51, 355-370. <https://doi.org/10.1023/B:GRES.0000023455.48325.9e>
- [9] **Randhawa, M.S.**, Lan C., Basnet B.R., Bhavani S., Huerta Espino J., Forrest K., Hayden M., Singh R.P. Interactions among genes *Sr2/Yr30*, *Lr34/Yr18/Sr57* and *Lr68* confer enhanced adult plant resistance to rust diseases in common wheat (*Triticum aestivum* L.) line 'Arula'. *Aus. J. Crop Sci.* 2018, 12(6), 1023-1033. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.pne1305>
- [10] Rust scoring guide (Handbook). Mexico, D.F.: CIMMYT 1986. <http://hdl.handle.net/10883/1109>
- [11] **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.* 1948, 26, 496-500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- [12] **Roelfs, A.P.**, Martens J.W. An international system of nomenclature for *Puccinia graminis* f.sp. tritici. *Phytopathology* 1988, 78, 526-533.
- [13] **Johnson, R.**, Stubbs R.W., Fuchs E., Chamberlain N.H. Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. *Transac. Brit. Mycol. Soci.* 1972, 58(3), 475-480. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(72\)80096-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(72)80096-2)
- [14] **Long, D.L.**, Kolmer J.A. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. tritici. *Phytopathology* 1989, 79, 525-529. <https://doi.org/10.1094/phyto-79-525>
- [15] **Stakman, E.C.**, Levin M.N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. *Un. Minn. Agr. Exp. St. Tech. Bull.* 1922, 8, 38-41.
- [16] **Gassner, G.**, Straib W. Über Mutationen in einer biologischen Rasse von *Puccinia glumarum* tritici (Schmidt) Erikss. und Henn. *Z. Vererbungslehre* 1933, 63, 154-180. <https://doi.org/10.1007/BF01849086>
- [17] **Mains, E.B.**, Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology* 1926, 16(2), 89-120.
- [18] **Dorokhov, D.**, Cloquet E. Rapid and economic technique for RAPD analysis of plant genomes Fast and economical technology of RAPD analysis of plant genomes. *Russ. J. Genet.* 1997, 33, 358-365.
- [19] **Rsaliyev, Sh.S.**, Urazaliev R.A., Dubekova S.B., Ibadullaeva R.K., Meldeshov A.B. Otbor bolezneustojchivyyh sortov i liniy ozimoy pshenicy na jugo-vostoke Kazahstana. Vestnik Kyzylordinskogo univ. im. Korkyt Ata 2023, №2(65), 27-38. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2023.v65.i2.034> [In Russian]
- [20] **Rsaliyev, Sh.S.**, Serikbaykyzy A. Bidajdyñ eki-ysh tat tyrlerine tözimdi sorttary men ylgilerin syryptap alu (Otbor sortov i obrazcov pshenicy, ustojchivyyh k dvum-trem vidam rzhavchiny). Izdenister, Nötizheler (Issledovanija, Rezul'taty), 2024, 2-1, 276-284. <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/565> [In Kazakh]
- [21] **Rsaliyev, S.**, Rsaliyev A., Urazaliev R., Dubekova S., Serikbaykyzy A. Population composition and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. tritici in Kazakhstan. *Plant. Protect. Sci.* 2025, 61. <https://doi.org/10.17221/16/2024-PPS>
- [22] **Mago, R.**, Miah H., Lawrence G.J., Wellings C.R., Spielmeier W., Bariana H.S., McIntosh R.A., Pryor A.J., Ellis J.G. High-resolution mapping and mutation analysis separate the rust resistance genes *Sr31*, *Lr26* and *Yr9* on the short arm of rye chromosome 1. *Theor. Appl. Genet.* 2005, 112(1), 41-50. <http://doi.org/10.1007/s00122-005-0098-9>
- [23] **Plotnikova, L.**, Pozherukova V., Knaub V., Kashuba Y. What Was the Reason for the Durable Effect of *SR31* Against Wheat Stem Rust? *Agriculture* 2022, 12, 2116. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122116>

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ВИДАМ РЖАВЧИНЫ

Рсалиев Ш.С.^{1*}, доктор биологических наук, профессор
Гультяева Е.И.², доктор биологических наук
Баранова О.А.², кандидат биологических наук
Абдикадырова А.К.¹, младший научный сотрудник
Абугали Г.Р.^{1,3}, магистр сельскохозяйственных наук
Серикбайкызы А.^{1,3}, магистр сельскохозяйственных наук

¹*Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Алматы, Казахстан*

²*Всероссийский институт защиты растений, Санкт Петербург, Россия*

³*Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан*

Аннотация: В статье представлены результаты изучения устойчивости озимой пшеницы к стеблевой, желтой и листовой ржавчинам в условиях юго-востока Казахстана. Оценка развития болезней на сортах и селекционных линиях из Казахстана, России, Узбекистана, Кыргызстана, Франции и СИММИТ проводилась в полевых и лабораторных условиях Казахского НИИ земледелия и растениеводства (Алматы) в 2022-2024 годы. Оценка устойчивости к отдельным расам и молекулярно-генетические исследования выполнялись во Всероссийском институте защиты растений (Санкт-Петербург). Благоприятные погодные условия 2022, особенно 2024 года способствовали сильному развитию видов ржавчины на восприимчивых сортах озимой пшеницы. В результате полевых опытов из числа испытанных сортов и линий 30% проявили устойчивость к стеблевой ржавчине, 12% – к желтой ржавчине и 49% – к листовой ржавчине. В ходе дальнейшего изучения устойчивости к отдельным расам выявлены отдельные сорта и линии проявляющие возрастную и ювенильную устойчивость к видам ржавчины. Молекулярный анализ выявил присутствие ключевых генов устойчивости, включая *Sr31*, *Sr57*, *Yr9*, *Yr18*, *Lr1*, *Lr3*, *Lr26*, *Lr34* и транслокацию 1AL.1RS. Наиболее ценными являются сорта Ахмат, Безостая 100 (Россия), Эділет, КИЗ 90 и селекционные линии 18410-1, 21730-1, 22353К, 22372К (Казахстан), сочетающие различные типы устойчивости к природной популяции и к отдельным расам ржавчины, обладающие несколькими генами устойчивости. Данная работа дает ценную информацию о генетической природе устойчивости озимой пшеницы к видам ржавчины и способствует выведению новых сортов пшеницы, способных противостоять этим заболеваниям, укрепляя глобальную продовольственную безопасность.

Ключевые слова: озимая пшеница, листовая ржавчина, желтая ржавчина, стеблевая ржавчина, молекулярные маркеры, гены устойчивости.

GENETIC CHARACTERISTICS OF WINTER WHEAT VARIETIES FOR RESISTANCE TO RUST GENETIC CHARACTERISTICS OF WINTER WHEAT VARIETIES FOR RESISTANCE TO RUST SPECIES

Rsaliev S.S.^{1*}, Doctor of Biological Sciences, Professor
Gulyaeva E.I.², Doctor of Biological Sciences
Baranova O.A.², Candidate of Biological Sciences
Abdikadyrova A.K.¹, Junior Researcher
Abugali G.R.^{1,3}, Master of Agricultural Sciences
Serikbaykyzy A.^{1,3}, Master of Agricultural Sciences

¹*Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan*

²*All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia*

³*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*

Annotation. The article presents the results of studying the resistance of winter wheat to stem, yellow and leaf rust in the conditions of the south-east of Kazakhstan. The assessment of disease development on varieties and breeding lines from Kazakhstan, Russia, Uzbekistan, Kyrgyzstan, France, and CIMMYT was carried out under field and laboratory conditions at the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing (Almaty) from 2022 to 2024.

Additionally, the evaluation of resistance to specific races and molecular genetic studies were conducted at the All-Russian Institute of Plant Protection in Saint Petersburg. Favorable weather conditions in 2022, especially in 2024, contributed to the strong development of rust species on susceptible winter wheat varieties. As a result of field experiments, 30% of the tested varieties and lines showed resistance to stem rust, 12% to yellow rust and 49% to leaf rust. In the course of a further study of resistance to individual races, individual varieties and lines have been identified that exhibit age-related and juvenile resistance to rust species. Molecular analysis revealed the presence of key resistance genes, including *Sr31*, *Sr57*, *Yr9*, *Yr18*, *Lr1*, *Lr3*, *Lr26*, *Lr34*, and the 1AL.1RS translocation. The most valuable varieties are Akhmat, Bezostaya 100 (Russia), Adilet, KIZ 90 and breeding lines 18410-1, 21730-1, 22353K, 22372K (Kazakhstan), combining various types of resistance to the natural population and to certain races of rust, possessing several resistance genes. This work provides valuable information about the genetic nature of winter wheat's resistance to rust and promotes the development of new wheat varieties capable of resisting these diseases, strengthening global food security.

Keywords: winter wheat, leaf rust, yellow rust, stem rust, molecular markers, resistance genes