

ӘОЖ: 575.633.11.

Ж.К. Жунусбаева*,
К.К. Шулембаева, Н.Ж. Омирбекова, С.Б. Даулетбаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

*E-mail: zhazi_05k@mail.ru

Жұмсақ бидайдың (*T.aestivum L.*) тұзға төзімділігінің генетикасы

Өсімдіктің тұзға төзімділік белгісін зерттеуде биохимиялық талдау әдісін қолдануды қажет ететіндіктен [МДГ-ГОАТ] ферментінің белсенділігі тест ретінде қолданылды. МДГ-ГОАТ ферменттік комплексінің белсенділігін анықтау арқылы «Надежда» сорты және тұзға жоғары төзімді, ал, «Казахстанская 126» – сезімтал сорт ретінде анықталды. «Надежда» және «Казахстанская 126» сорттарының сабағы мен тамыр жүйелеріндегі бұзылыстар 2% NaCl тұзының әсерінен болған фенотиптік өзгерістердің салдарынан туындайды. «Казахстанская 126» сортының тұзға сезімталдылығын анықтайтын ген 1В (9 мкМ/мл) хромосомада, ал «Надежда» сортының тұзға жоғары төзімділігі 7В (290,4 мкМ/мл), 6В (246,6 мкМ/мл) және 3В (230,5 мкМ/мл) хромосомаларда орналастырылды. Казахстанская 126 сортының негізінде шығарылған уникальды моносомды линиялардың сериясын пайдаланып, тұзға сезімтал бұл сортты Надежда сортының негізінде жақсартуға болады.

Түйін сөздер: бидай, сорт, тұзды толеранттылық, МДГ-ГОАТ ферменттік комплекс, белсенділік, геном, хромосома, локализация.

Zh.K. Zhunusbaeva, K.K. Shulembaeva, N.Zh. Omirbekova, S.B. Dauletbaeva

Genetics of resistance to salinity of soft wheat (*Tr.aestivum L.*)

On the basis of estimation of MDH-GOAT enzymatic complex activity Nadezhda variety is identified as highly tolerant to salinity, and Kazakhstanskaya 126 variety as susceptible. Phenotypic violation observed in stems and root system of Nadezhda and Kazakhstanskaya 126 varieties is associated with the action of 2% sodium chloride. Gene associated with Kazakhstanskaya 126 susceptibility to salinity is localized in chromosome 1B (9 $\mu\text{mol/ml}$), while high tolerance in Nadezhda variety is associated with genes localized in chromosomes 7B (290.4 $\mu\text{mol/ml}$), 6B (246.6 $\mu\text{mol/ml}$) and 3B (230.5 $\mu\text{mol/ml}$). The unique genetic material created on the basis of Kazakhstanskaya 126 variety in the form of monosomic lines series facilitates carrying out its genomic reconstruction, and same for the other perspective varieties of local selection originated from the highly tolerant to salinity Nadezhda variety.

Key words: wheat, sort, stability, tolerance to salinity, MDH-GOAT enzymatic complex, activity, genom, chromosoma, localization, identification.

Ж.К. Жунусбаева, К.К. Шулембаева, Н.Ж. Омирбекова, С.Б. Даулетбаева

Генетика устойчивости к засолению мягкой пшеницы (*T.aestivum L.*)

Сорт Надежда на основе определения активности комплекс ферментов МДГ-ГОАТ идентифицирован как высокоустойчивый к засолению, а сорт Казахстанская 126 – восприимчивый. Фенотипическое нарушение наблюдаемое на стеблях и корневой системе сортов Надежда и Казахстанская 126 связано действием 2% хлористого натрия. Ген, контролирующей восприимчивость к засолению сорта Казахстанская 126, локализован в хромосоме 1 В (9 мкМ/мл), а высокая устойчивость сорта Надежда в хромосомах 7 В (290,4 мкМ/мл), 6 В (246,6 мкМ/мл) и 3 В (230,5 мкМ/мл). Уникальный генетический материал, созданный на основе сорта Казахстанская 126 в виде серии моносомных линий, позволяет провести реконструкцию генома этого сорта, а также других перспективных сортов местной селекции на основе высокоустойчивого к засолению сорта Надежда.

Ключевые слова: пшеница, сорт, толерантность к засолению, ферментный комплекс МДГ-ГОАТ, активность, геном, хромосома, локализация.

Тұздану әсерінен өсімдіктердің дамуы, метаболизмі мен фотосинтетикалық белсенділігі, сонымен қатар тыныс алу мен фотосинтез процесінің қалыпты жүруі бұзылады. Өсімдіктегі ассимилянттардың тасымалдануы, белок синтезі, гормондық баланс, азот пен күкірттің сіңірілуі тежеледі, көмірсу, фосфор және нуклеин алмасуы бұзылады. Сонымен қатар, мембрана және органелланың қызметі мен өткізгіштігі нашарлайды [1-7].

Қазіргі заманғы ауылшаруашылық дақылдарының тұзға төзімділік белгілерінің көрінуін, олардың шығу тегінің жабайы галофиттермен байланысты болуымен түсіндіруге болады. Мұндағы қант қызылшасының (*Betta vulgaris* L.) тұзға төзімділігін, оның ата тегінің жабайы екендігін және оны тұзға төзімді генотиптерінің сақталуымен байланыстыруға мүмкіндік береді.

Өсімдікте тұздың көп жиналуы осмостық стресс туғызып, нәтижесінде клеткадағы тургор шығымына әкеледі. Осмостық реттелу (Na^+ , K^+ және т.б.) ионның компартиментализациясы немесе өсімдіктердегі судың тасымалдануын тұрақтандыруға қажетті осмотикалық белсенді органикалық және осмотикалық заттардың түзілуімен іске асуы мүмкін [8].

Дәнді дақылды өсімдіктердің орташа тұздануы жағдайында сабақ саны аз түзіліп, масақтағы масақшалар саны, дәні мен салмағы азаяды. Соған байланысты тұзға төзімділікті биологиялық және агрономиялық деп екіге бөлуге болады. Биологиялық тұзға төзімділік бұл – өсімдіктің жоғары сортаңданған жағдайда қарқынды жиналған органикалық заттың төмен мөлшерімен даму циклінің толық іске асуы. Мұндай өсімдіктерде өнімділік төмендеп, өсу және даму тежеледі. «Биологиялық тұзға төзімділік» түсінігі фенотиптік көрінісі бойынша тар мағыналы «тұзды толеранттылық» анықтамасына жақын келеді. «Тұзды толеранттылық» термині жоғары деңгейде сортаңды жерлерде өсімдік клеткасының тіршілік қабілеттілігінің сақталуы немесе тіршілік етуі деген мағынаны береді. Ауылшаруашылық практикасы үшін ең маңыздысы, шаруашылыққа құнды дәнді дақылдардың сортаңданған топырақтардағы жоғары өнімділігі – агрономиялық тұзға төзімділік деп атайды [9]. Физиолог Б.П. Строгоновтың жұмысында көрсетілгендей тұз әсерінен өсімдіктерде азот алмасуы бұзылып, нәтижесінде белоктың қарқынды ыдырауы жүреді. Бұл жағдайда өсімдікке токсиндік әсер ететін аммиак және т.б. улы өнімдер сияқты зат алмасудың аралық өнімдері жинақталады [10].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Алғашқы материал ретінде селекция тәжірибесінде кең қолданылатын сорттар мен бидай үлгілерінің ішінен тұзға жоғары төзімділігімен сипатталатын Надежда және сезімтал Қазақстанская 126 сорттарына терең генетикалық талдау жүргізіп, осы белгілерге жауапты генді немесе гендерді хромосомада орналастыру үшін Қазақстанская 126 сортының моносомды линиялары пайдаланылды.

Моносомалық талдау. Қарастырып отырған белгінің генетикалық табиғатын зерттеу үшін сол белгінің қалыптасуына жауапты ген немесе гендердің эффектісін анықтайтын сортты аналық өсімдік ретінде 21 моносомалық линиялардың әрбіреуімен будандастырылады. F_1 ұрпағының дисомды және моносомды популяцияларынан цитологиялық талдау арқылы моносомды өсімдік іріктеліп, өздігінен будандастыру арқылы F_2 ұрпақтары алынды. Бұл моносомды өсімдіктің унивалентті хромосомасы аталық – донор сортынан ауысады. Доминантты генді белгілі хромосомада орналастыру үшін F_2 ұрпақтағы ажырау үрдісіне талдау жүргізу қажет. Егер, белгі бір доминантты генмен бақыланатын болса, F_2 ұрпақта ажырау 3:1 қатынасын көрсетеді. Белгінің шығуына екі ген жауапты болған жағдайда 9:7 (9:3:3:1, 13:3 немесе 15:1) қатынасы бойынша ажырау байқалады. Үш немесе одан артық гендерді талдау үшін әрбір моносомды линиялармен шағылыстырулардың F_2 дараларының санын арттыру керек.

Алған мәліметтерді теориялық күтіліммен салыстыру үшін хи-квадрат (χ^2) әдісі мен Стьюдент критерийі (t) қолданылды [11].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

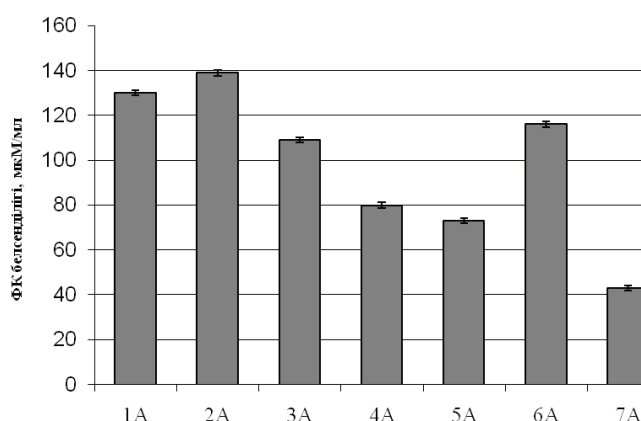
Қазақстанская 126 сортының тұзға сезімталдығы. Өсімдіктің тұзға төзімділік белгісін зерттеу басқа сапалы белгілерге қарағанда биохимиялық талдау әдісін қолдануды қажет ететіндіктен [МДГ-ГОАТ] ферментінің белсенділігі тест ретінде қолданылды [12].

Қазақстанская 126 сорты мен оның 21 хромосомадан моносомды линиялардың ферменттік комплекс белсенділігінің көрсеткіштері салыстырылды. Нәтижесінде, Қазақстанская 126 сортының 7A (43,8 мкМ/мл), 1B (9 мкМ/мл), 2B (34,8 мкМ/мл) және 7D (22,5 мкМ/мл) хромосомаларынан МДГ-ГОАТ ферменттік комплексінің белсенділігі бақылау сортымен (145 мкМ/мл) салыстырғанда төмен болды. Керісінше,

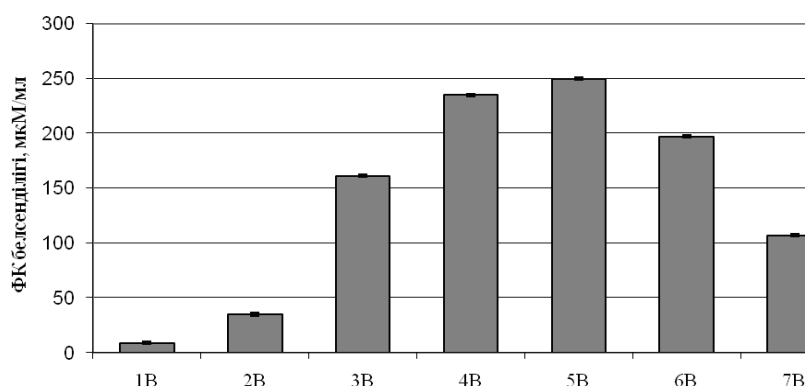
3В (161,8 мкМ/мл), 4В (135,5 мкМ/мл) және 5В (150,0 мкМ/мл) хромосомаларынан моносомды линиялардың ферменттік комплекс белсенділігі бақылау сортымен бірдей (1 сурет).

Өсімдіктердің моносомды жағдайындағы ферменттік комплексінің төмен көрсеткіші Қазақстанская 126 сортының тұзға төзімсіздігін бақылайтын гендердің 7А, 1В, 2В және 7D хромосомаларда орналасқандығын көрсетеді [258]. Алайда, осы хромосомалардың, 1В хромосомадан моносомды линияның ферменттік комплекс белсенділігі өте төмен болды. Төмендегі 1-3 суреттерден

және 1-ші кестеден алған мәліметтер, жергілікті селекцияда кең таралған тұзға сезімтал Қазақстанская 126 сорты мен тұзға тұрақты Надежда сортының осы белгіден зерттелген генетикалық табиғатын сипаттайды. Қазақстанская 126 сортының 1В хромосомасында [МДГ-ГОАТ] ферменттік комплекс белсенділігінің күрт төмендеуі, осы сорттың тұзға сезімталдылығына жауап беретін негізгі геннің орналасқандығын дәлелдейді. 1-3 суреттерде Қазақстанская 126 сортының А, В және D геномдарының хромосомаларынан ферменттік комплекс белсенділігі айқын көрінеді.



1-сурет – «Қазақстанская 126» сортының А геномы бойынша моносомды линияларының ферменттік комплекс белсенділігі



2-сурет – «Қазақстанская 126» сортының В геномы бойынша моносомды линияларының ферменттік комплекс белсенділігі

Қорыта келгенде, Қазақстанская 126 сортының тұзға сезімталдылығы бірқатар хромосомаларда орналасқан гендермен, яғни полигенді тұқым қуалайтындығы байқалады. Алынған мәліметтерге сүйене отырып, Қазақстанская 126 сортының тұзға сезімталдығы 1В, 7А, 2В және

7D хромосомаларда орналасқан әртүрлі аллельді емес гендердің әсерінен тұқым қуалайтындығы анықталды.

Надежда сортының тұзға төзімділігі. Надежда сортының басқа сорттармен салыстырғанда тұзға жоғары төзімділігі туралы мәліметтер

алдыңғы мақалаларда сипатталған. Сондықтан, бұл сорттың осы құнды белгісіне жауапты генді белгілі хромосомада орналастыру, селекция тәжірибесі үшін маңызды.

Казахстанская 126 сортының анеуплоидты линияларының белгілі бір 21 хромосомаларынан цитологиялық талдау арқылы бөлініп алынған моносомды өсімдіктер Надежда сортымен будандастырылып, F₁ ұрпағы алынды.

Бірінші ұрпақтан цитологиялық талдау көмегімен бөліп алған моносомды және дисомды өсімдіктерге моносомалық талдау жүргізу үшін, егістік жағдайында, олардың жалау жапырақтарынан алынған кесінділерден [МДГ-ГОАТ] ферменттік комплексі белсенділігі анықталды. Бақылау сортының (195,0 мкМ/мл) ферменттік комплекс белсенділігінің көрсеткіші, Надежда сортының моносомды хромосомалары негізінде салыстырылды (1- кесте).

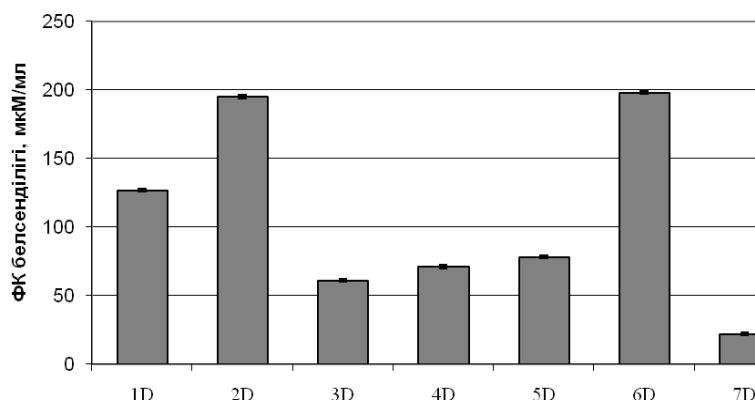
Надежда сортының моносомды өсімдіктерінің ФК көрсеткіштерін бақылау сортынан алынған мәліметтермен салыстырғанда, ең жоғары белсенділік В геномы бойынша, 7В (290,4 мкМ/мл), 6В (246,6 мкМ/мл) және 3В (230,5 мкМ/мл) хромосомаларында байқалды (1 кесте).

Өсімдіктердің осы хромосомалардан моносомды жағдайындағы ферменттік комплексінің

жоғары көрсеткіштері Надежда сортының тұзға төзімділігіне әсер ететін геннің 7В, 6В және 3В хромосомаларында орналасқандығын көрсетеді. Қалған 18 хромосомадан F₁ моносомды өсімдіктердің ФК белсенділігі бақылау буданымен және критикалық хромосомалармен салыстырғанда едәуір төмен. Өсімдікте ФК белсенділігі жоғарылаған сайын, оның тұзға төзімділігі артады.

Сонымен, Надежда сортының тұзға төзімділігі В геномының 7В (290,4±1,39***), 6В (246,6±0,56***) және 3В (230,5±0,93***) хромосомаларында орналастырылып, бір геномның хромосомаларын қамтыған кумулятивті гендердің әсерінен тұқым қуалайтындығы анықталды.

Тұзға төзімді, құнды генотиптердің гендік қорын ұлғайту селекция үшін өзекті мәселелердің бірі болып табылатындықтан, Надежда сортының 7В, 6В және 3В хромосомалары бойынша моносомды линияларын пайдаланып, жергілікті селекцияның құнды, аудандастырылған сорттарын тұзға төзімділік қасиеті бойынша жақсартуға болады. Казахстанская 126 сортының негізінде шығарылған уникальды моносомды линиялардың сериясын пайдаланып, тұзға сезімтал бұл сортты Надежда сортының негізінде жақсартуға болады.



3-сурет – «Казахстанская 126» сортының D геномы бойынша моносомды линияларының ферменттік комплекс белсенділігі

1-кесте – 1 моно Каз 126 x Надежда сортының F₁ ұрпағының ферменттік комплекс [МДГ-ГОАТ] белсенділігін анықтау

| Варианттар | Зерттелген өсімдіктер саны | Протеин мөлшері, мг | МДГ-ГОАТ мкМ/мл |
|----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------|
| Моно 1А Каз. 126 x Надежда | 4 | 2,1 | 150,5±0,96 |
| 2А | 4 | 3,3 | 141,2±0,72 |
| 3А | 4 | 2,7 | 151,9±0,49 |

I-кестенің жалғасы

| | | | |
|--------------------------------------|----|------|---------------|
| 4A | 4 | 2,6 | 195,0±0,68 |
| 5A | 4 | 2,7 | 160,9±0,64 |
| 6A | 4 | 4,9 | 186,8±0,81 |
| 7A | 4 | 2,3 | 176,5±1,01 |
| 1B | 4 | 1,9 | 163,9±0,52 |
| 2B | 4 | 2,0 | 189,6±0,54 |
| 3B | 4 | 1,15 | 230,5±0,93*** |
| 4B | 4 | 1,4 | 123,6±0,89 |
| 5B | 4 | 1,6 | 179,7±0,81 |
| 6B | 4 | 2,6 | 246,6±0,56*** |
| 7B | 4 | 1,8 | 290,4±1,39*** |
| 1D | 4 | 2,3 | 187,3±0,49 |
| 2D | 4 | 2,2 | 163,0±0,65 |
| 3D | 4 | 1,5 | 193,8±0,68 |
| 4D | 4 | 1,5 | 165,5±0,60 |
| 5D | 4 | 2,4 | 205,6±0,56 |
| 6D | 4 | 3,6 | 178,4±0,33 |
| 7D | 4 | 2,6 | 165,4±0,54 |
| Каз.126 F ₁ x Надежда | 10 | 1,55 | 195,0±0,44 |
| Ескерту – * P <0,05; *** – P <0,001. | | | |

Әдебиеттер

- 1 Строгонов Б.П. и др. Структура и функции клеток растений при засолении. – М.: Наука, 1970. – С.380.
- 2 Hasegawa P.M., Bressan R.A. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2000. – Vol. 51. – P.463-499.
- 3 Apse M.P., Blumwald E. Engineering Salt Tolerance in Plants // Curr. Opin. Biotechnol. – 2002. – Vol. 13. – P.146-150.
- 4 Tester M., Davenport R. Na⁺ Transport in Higher Plants // Ann. Bot. (London). – 2003. – Vol. 91. – P.503-527.
- 5 Мишра А.Н., Латовски Д., Стржалка К. Активность ксантофиллового цикла в листьях фасоли и капусты при солевом стрессе // Физиология растений. – 2006. – Т. 53, №1. – С.113-121.
- 6 Kong-Ngern K., Daduang S., Wongkham C.H., Bunnag S., Kosittrakun M., Theerakulpisut Protein Profiles in Response to Salt Stress in Leaf Sheaths of Rice Seedlings // Sci. Asia. – 2005. – Vol. 31. – P. 403-408.
- 7 Амини Ф., Эсанпур А.А., Хоанг К.Т., Шин Дж. III. Изменения в составе белков растений томата при солевом стрессе // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 4. – С.526-533.
- 8 Парамонова Н.В., Шевякова Н.И., Шорина М.В., Стеценко Л.А. Рацитин В.Ю., Кузнецов В.Л. Влияние путресцина на ультраструктуру апопласта мезофилла листьев *Mesembryanthemum crystallinum L.* // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – С.661-673.
- 9 Строгонов Б. П. Метаболизм растений в условиях засоления // 33-е Тимирязевское чтение. – М., 1973. – С.51.
- 10 Полевой В. В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – С.428-430.
- 11 Плохинский Н.А. Математические методы в биологии. – М.: Колос, 1970. – С.102-115.
- 12 Бекбаева Л.К., Кудиярова Ж.С., Рахметова Ж., Рсалиев Ш.С., Баймагамбетова К.К., Гильманов М.К. Активность ферментного комплекса МДГ-ГОАТ как маркерный признак в устойчивости сортов яровой пшеницы к ржавчинным болезням // Вестник КазНУ. Серия биол. – 2006. – № 3 (29). – С.174-177.

References

- 1 Strogonov B.P. i dr. Struktura i funkcii kletok rastenij pri zasolenii. – М.: Nauka, 1970. – S.380.
- 2 Hasegawa P.M., Bressan R.A. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2000. – Vol. 51. – P.463-499.
- 3 Apse M.P., Blumwald E. Engineering Salt Tolerance in Plants // Curr. Opin. Biotechnol. – 2002. – Vol. 13. – P.146-150.
- 4 Tester M., Davenport R. Na⁺ Transport in Higher Plants // Ann. Bot. (London). – 2003. – Vol. 91. – P.503-527.

- 5 Mishra A.N., Latovski D., Strzhalka K. Aktivnost' ksantofilovogo cikla v list'jah fasoli i kapusty pri solevom stresse // Fiziologija rastenij. – 2006. – T. 53, №1. – S.113-121.
- 6 Kong-Ngern K., Daduang S., Wongkham C.H., Bunnag S., Kosittrakun M., Theerakulpisut Protein Profiles in Response to Salt Stress in Leaf Sheaths of Rice Seedings // Sci. Asia. – 2005. – Vol. 31. – P. 403-408.
- 7 Amini F., Jesanpur A.A., Hoang K.T., Shin Dzh. Sh. Izmenenija v sostave belkov rastenij tomata pri solevom stresse // Fiziologija rastenij. – 2007. – T. 54, № 4. – S.526-533.
- 8 Paramonova N.V., Shevjakova N.I., Shorina M.V., Stecenko L.A. Rakitin V.Ju., Kuznecov V.L. Vlijanie putrescina na ul'trastrukturu apoplasta mezofilla list'ev Mesembryan themum crystallinum L. // Fiziologija rastenij. – 2003. – T. 50. – S.661-673.
- 9 Strogonov B. P. Metabolizm rastenij v uslovijah zasolenija // 33-e Timirjazevskoe chtenie. – M., 1973. – S.51.
- 10 Polevoj V. V. Fiziologija rastenij: Ucheb. dlja biol. spec. vuzov. – M.: Vyssh. shk., 1989. – S.428-430.
- 11 Plohinskij N.A. Matematicheskie metody v biologii. – M.: Kolos, 1970. – S.102-115.
- 12 Bekbaeva L.K., Kudijarova Zh.S., Rahmetova Zh., Rsaliev Sh.S., Bajmagambetova K.K., Gil'manov M.K. Aktivnost' fermentnogo kompleksa MDG-GOAT kak markernyj priznak v ustojchivosti sortov jarovoj pshenicy k rzhavchinnym boleznjam // Vestnik KazNU. Serija biol. – 2006. – № 3 (29). – S.174-177.