

The spectrum and degree of spread and development of diseases occurring in the south-east of Kazakhstan have been determined, due to which ascochytosis, fusarium and root rot are the most common diseases of leguminous crops.

Resistance to a complex of diseases of grain and legume varieties was assessed, 79 pea specimens were found on a natural background in 2022. By the end of 2023, the number of samples increased even more, reaching 79 samples of pea samples. Artificial inoculation with spores of the pathogens of the above diseases was also performed and the resistance of pea varieties to them was evaluated. A number of highly resistant varieties were identified from 25 pea samples for subsequent breeding programs studied against an artificial infectious background, and a collection of highly resistant legume varieties was compiled.

**Keywords:** peas, molecular marker, infectious background, resistance, fusarium, ascochytosis, PCR.

ГТАХР 68.05.45

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2025/09>

А.П. Науанова\*<sup>1,2</sup>, Э.М. Баумбетова<sup>1</sup>, Г.Т. Максұтбекова<sup>1,2</sup>, Н.Ж. Шуменова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, [inkar\\_sulu\\_1@mail.ru](mailto:inkar_sulu_1@mail.ru), [nazym.shumenova@mail.ru](mailto:nazym.shumenova@mail.ru)

<sup>2</sup>«Био-КАТУ» Жауапкерлігі шектеулі серіктестік, Астана, Қазақстан [науанова@mail.ru](mailto:науанова@mail.ru)\*, [gulia\\_80-80@mail.ru](mailto:gulia_80-80@mail.ru)

## ТӨМЕН СҰРЫПТЫ КӨМІРДІҢ БЕТІНДЕ ТАРАЛҒАН МИКРОАҒЗАЛАРДЫҢ ФЕРМЕНТАТИВТІ БЕЛСЕНДІЛІГІ

### Аңдатпа

Мақалада Қарағанды облысы Бұқар жырау ауданының аумағында, Қарағанды қаласынан шығысқа қарай 35 шақырымдай тұзу сызықта орналасқан Күміскұдық және Кузнецк көмір кеніштерінің төмен сұрыпты қоңыр көмірінен бөлініп алынған *Microbacterium*, *Brevundimonas*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Bacillus* тектес микроағзалардың ферментативті белсенділігін зерттеу нәтижелері берілген.

Ферментативті белсенділікті зерттеу үшін NaCl әртүрлі концентрациясы бар селективті ортада өсуге бейім тұзға төзімді 10 штамм іріктеліп алынды. Қоңыр көмірден бөлініп алынған штамдардың көпшілігі целлюлаза, каталаза және пектиназаны түзуге қабілетті. Тұзға төзімді барлық штамдар №5 *Microbacterium ginsengiterrae* штамын қоспағанда, Гетчинсон ортасында жоғары целлюлазалық белсенділік көрсетті. Барлық зерттелген штамдар пектиназа өндіруге қабілетті, бұл топырақтағы өсімдік қалдықтарының ыдырау процесінде жаңа штамдарды қолдануда маңызы зор. *Microbacterium ginsengiterrae* №4, *Microbacterium ginsengiterrae* №5, *Brevundimonas vesicularis* №11, *Brevundimonas nasdae* №12, *Brevundimonas vesicularis* №19, *Pseudomonas mandelii* №25, *Streptomyces parvus* №26 штамдары жоғары каталазалық белсенділік көрсетсе, *Streptomyces parvus* №27 және *Brevundimonas vesicularis* №28 штамдарының каталазалық белсенділігі орташа болды.

Алынған нәтижелер тұзға төзімді микроағзалардан барлық сипаттамалары сортаң топырақтарда ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыру үшін қажет және тұзданған топырақтарды биоремедиациялауға, органикалық қалдықтар мен көмір қалдықтарын өндеуге бағытталған биотехнологиялық үрдістерде экологиялық маңызды микробиологиялық биопрепараттар құрастыруда құнды болып табылады.

**Кілт сөздер:** протеазалық белсенділік, каталазалық белсенділік, целлюлазалық белсенділік, ферменттер.

### *Kipicne*

Халықтың едәуір өсуіне және жаһандануға байланысты бүкіл әлемде жыл сайынғы қалдықтардың пайда болуы артып келеді. Дүниежүзілік Банктің статистикасына сәйкес, 2020 жылы қатты қалдықтар 2,24 миллиард тонна көлемінде жинақталған [1]. Қазіргі уақыттағы өзекті мәселелердің бірі қоршаған ортаның ластануы, яғни күнделікті ауыл шаруашылығы, ағаш кесу және ағаш өңдеу кәсіпорындары мен басқа да бірқатар өндірістердің қызметі нәтижесінде лигноцеллюлоза қалдықтарының мөлшерден артық жинақталуы, бұл тиімді қайта өңдеуді қажет етеді [2]. Өңдеудің химиялық түрі қатты тұрмыстық қалдықтардың кейбір түрлерін ыдырату үшін қолданылғанымен, белгілі бір дәрежеде қалдықтар массасының уыттылығын арттырып, экожүйедегі әртүрлі ағзаларға қауіп тудыруы мүмкін [3]. Сондай-ақ ағаш қалдықтарын химиялық өңдеу олардың жалпы санының 25-30% ғана жоя алады.

Ферменттер қатты қалдықтарды басқаруда өте маңызды рөл атқарады, олар қалдықтардың ыдырауын жеделдетіп нәтижесінде органикалық заттардың түзілуін тездетеді. Ферменттер-химиялық реакциялардың әртүрлі физика-химиялық жағдайларда жүруін белсендіретін биологиялық катализаторлар болып табылады. Барлық ферменттер табиғаты бойынша өз қыметтері бар белоктар [4]. Бүгінгі таңда ферменттердің өнеркәсіптік технологиясы бактериялар мен ашытқылар сияқты микробтық көздерге негізделген. Аталмыш микроағзалар топтары көміртегі көзі ретінде пектинді қолданатын биотехнологиялық үрдістерде қолданылатын пектиназа ферменттерін өндіруде көптеп қолданылады [5].

Пектин-жасуша қабырғасының және өсімдіктердің ортаңғы пластинкасының, сондай-ақ жас жасушаларды байланыстыратын өте жұқа жасушадан тыс қабаттың құрамдас бөлігі. Әлемдік азық-түлік және өнеркәсіптік нарығының 25% құрайтын пектиназа ферментін, пектин тәрізді заттарды микроағзалар арқылы ыдыратып алады және олардың ауқымы күннен-күнге өсуде [6]. Пектиназа жасуша қабырғасының метаболизміне, сондай-ақ жасушаның өсуіне, қартаюына, жемістердің пісіп жетілуіне, түсу үрдісіне және сақтау кезінде тіндерді жұмсартуға көмектеседі және өсімдік қалдықтарының ыдырауы мен қайта өңделуін жылдамдатады. Пектиназалар 1970 жылдардан бастап микроағзалардан, әсіресе саңырауқұлақтардан коммерциялық түрде дайындалады.

Микробтық целлюлолитикалық ферменттердің де маңызы зор, микроағзалар, соның ішінде саңырауқұлақтар мен бактериялар целлюлоза субстраттарында дамуының әртүрлі фазаларында индукцияланған биокатализатор целлюлазаларды түзеді, целлюлаза ферменті болса, биоотын өндірісі, тоқыма бұйымдарын тегістеу мен әрлеу, қағаз бен целлюлоза өндірісі және ауыл шаруашылығы сияқты көптеген маңызды салаларда перспективті катализатор [7] қызметін атқарады.

Топыраққа түскен кез-келген органикалық қалдықтарды ыдыратуда микроағзалардың қызметі зор. Өздерінің ерекше ферменттері көмегімен, қалдықтарды ыдыратып, топырақтың ерекше түзіндісі қарашіріндіге айналдырады. Қарашірік - ол микроағзалар әсерінен топырақтың жоғарғы қабатында түзілген, топырақты өзге денелерден айрықшалайдыратын, органикалық қалдықтардың ыдырауы мен гумификациялануынан пайда болатын, ерекше құрылымды топырақтың органикалық бөлігі. Қышқылды болуы құрамындағы гумин қышқылы мен фульво қышқылынан тұратындығына байланысты, топырақтың су тұтқырлық қасиетін арттыратын, өсімдіктерді азот, фосфор т.б. маңызды макро және микроэлементтермен қоректенуін қамтамасыз етеді [8].

Зерттеу мақсаты топырақ құнарлылығын жақсарту және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттырушы биопрепарат құрастыру үшін, қоңыр көмірден бөлініп алынған микроағза штамдарының биохимиялық қасиеттерін зертханалық жағдайда анықтау болып табылады.

Көмірдің төменгі сұрыпынан бөлінген тұзға төзімді микроағзалар штамдарының биохимиялық қасиеттері - пектиназалық, целлюлазалық және каталазалық қасиеттері зертханалық жағдайда зерттелді.

### **Материалдар мен әдістер**

Зерттеу нысаны Қарағанды облысының Күмісқұдық және Кузнецк кен орындарының төмен сұрыпты көмірінен сұйылту әдісімен бөліп алынған микроағзалардың *Bacillus firmus* №2, *Microbacterium ginsengiterrae* №4, *Microbacterium ginsengiterrae* №5, *Brevundimonas vesicularis* №11, *Brevundimonas nasdae* №12, *Brevundimonas vesicularis* №19, *Pseudomonas mandelii* №25, *Streptomyces parvus* №26, *Streptomyces parvus* №27, және *Brevundimonas vesicularis* №28 штамдары болып табылады. Зерттеулер “БИО-КАТУ” жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің микроағзалар биотехнологиясы зертханасында жүргізілді.

Ферментативті белсенділік ферменттің (пектиназа, целлюлаза, каталаза) әр түріне тән қоректік ортада микроағзаларды өсіру арқылы зерттелді.

Культуралардың пектиназалық қасиетін зерттеу үшін көмірден бөлінген микроағза штамдарын 5-10 тәулік бойы картоп қайнатпасында 25°C температурада өсіріліп, сонан соң 20-25 мл культуралды сүзіндіні Петри табақшаларына құйып, картоптың жұқалап кесілген түйнектері салынды. Әр картоп түйнегіне ине шаншып, 40°C температурадағы термостатқа 6 сағатқа қойылды. Картоп түйнегіндегі иненің құлауына қарап, микроағзалардың пектиназалық белсенділіктері туралы қорытынды жасалды.

Каталазаны анықтау [9] пробиркаға тәуліктік сорпадағы зерттеу дақылынан 1-2 мл және бірнеше тамшы 3% сутегі қос тотығын тамызу арқылы, сондай-ақ каталазалық белсенділікті анықтау үшін *in vitro* диагностика (Becton, Dickinson and company packaged in Mexico) анықтағыш тест қолданылды.

Микроағзалардың целлюлазалық белсенділігі Гетчинсонның сұйық қоректік ортасында сүзгі қағазының ыдырау деңгейіне қарай анықталады. Өсірудің 7 тәулігінде микроағзалардың целлюлозаны белсенділігі жөнінде қорытынды жасалды. *Гетчинсон қоректік* ортасын дайындау үшін дистильденген 1000 мл суға  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 1 г;  $\text{CaCl}_2$  – 0,1 г;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,3 г;  $\text{NaCl}$  – 0,1 г;  $\text{FeCl}_2$  – 0,01 г;  $\text{NaNO}_3$  – 2,5 г қосылады. Целлюлоза көзі ретінде сүзгі қағазы пайдаланылды.

### **Зерттеу нәтижелері мен талқылау**

Микроағзалардың басты құндылығы олардың биохимиялық қасиеттерімен байланысты, ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыратын және топырақтың құнарлығын жоғарылатын органикалық тыңайтқыштар алуда, басты қағида қалдықтарды қордалаған кезеңде пектин, лигнин, целлюлоза секілді жоғары молекулалы көмірсуларды полимерлерді ыдырататын пектиназа, целлюлаза және каталаза сынды ферменттерінің болуы.

Біздің зерттеуге алған көмірдің төмен сұрыпынан бөлінген тұзға төзімді микроағза штамдарының барлығы өте жоғары пектиназалық белсенділік танытты. Пектиназаның өсімдік ұлпаларына әсер етуі олардың жұмсаруы, немесе бөлек жасушаларға ыдырауы түрінде байқалды. Көмірден бөлініп алынған микроағза культуралды сүзінділерінің пектиназалық ферменттер орта пластинканың пектинін және біріншілік жасуша қабақтарының пектатын бұзып, физикалық-химиялық қасиеттерінің бұзылуына алып келді (кесте 1).

**Кесте 1** - Төмен сұрыпты көмірдің бетінен оқшауланған микроағзалардың пектиназалық белсенділігі

Штамм	Пектиназа	Штамм	Пектиназа
<i>Bacillus firmus</i> №2	+++	<i>Brevundimonas vesicularis</i> №19	+++
<i>Microbacterium ginsengiterrae</i> №4	+++	<i>Pseudomonas mandelii</i> №25	+++
<i>Microbacterium ginsengiterrae</i> №5	+++	<i>Streptomyces parvus</i> №26	+++
<i>Brevundimonas vesicularis</i> №11	+++	<i>Streptomyces parvus</i> №27	+++
<i>Brevundimonas nasdae</i> №12	+++	<i>Brevundimonas vesicularis</i> №28	+++
Ескерту: +++ – жоғары белсенділік, ++ – орташа, +- – нашар, --- – жоқ			

Бұл зерттеуге алған көмірдің төмен сұрыпынан бөлінген тұзға төзімді штамдарды биопрепарат құрастыруда, қордаланатын ауыл шаруашылық қалдықтар құрамындағы күрделі пектин тектес қосылыстарды арнайы пектиназа сынды экзоферменттерімен қарапайым заттарға дейін ыдырата алатынын көрсетеді.

Өсімдіктердің жапырақтары мен сабақтарында көп кездесетін целлюлоза негізінен целлюлаза түзетін целлюлолитикалық микроағзалармен биодеградацияға ұшырайды. Бұл үрдіс әсіресе өсімдік жасушаларының қабырғаларында кристалды целлюлозаны ыдырату үшін маңызды. Табиғи жағдайда целлюлозаның тиімді деградациясы шынайы целлюлолитикалық бактерияларды дәл анықтауға байланысты. Лигноцеллюлоза биомассасының гидролизі гемицеллюлазаларды, лигнолитикалық ферменттерді және целлюлазаларды қамтитын ферменттік кешен арқылы жүзеге асырылады [10].

Көмірдің төмен сұрыпынан бөлініп алынға, тұзға төзімді микроағза штамдарының целлюлазалық белсенділігі Гетчинсон сұйық қоректік ортасында сүзгі қағазының ыдырау деңгейіне қарай анықталды (кесте 2). Бөлме температурасында өсірудің 7 тәулігінде микромицеттердің барлық штамдарының сүзгі қағазы бойымен өсуі, олардың көміртегі көзі ретінде целлюлозаны пайдаланатынын дәлелді. Зерттеуге алынған микроағза штамдарының целлюлазалық белсенділігі тек *Microbacterium ginsengiterrae* №5 штамында орташа болса, өзге штамдарда өте қарқынды болды.

**Кесте 2** - Төмен сұрыпты көмірдің бетінде таралған микроағзалардың целлюлазалық белсенділігі

№ штамма	Целлюлаза	№ штамма	Целлюлаза
<i>Bacillus firmus</i> №2	+++	<i>Brevundimonas vesicularis</i> №19	+++
<i>Microbacterium ginsengiterrae</i> №4	+++	<i>Pseudomonas mandelii</i> №25	+++
<i>Microbacterium ginsengiterrae</i> №5	++-	<i>Streptomyces parvus</i> №26	+++
<i>Brevundimonas vesicularis</i> №11	+++	<i>Streptomyces parvus</i> №27	+++
<i>Brevundimonas nasdae</i> №12	+++	<i>Brevundimonas vesicularis</i> №28	+++
Ескерту: +++ – жоғары белсенділік, ++ - – орташа, +- – әлсіз, --- – байқалмайды			

Топырақ құнарлығын жоғарылатып, ауыл шаруашылығы дақылдарының сапасы мен өнімділігін жоғарылататын, қоңыр көмірден іріктелген микробтар қауымдастығының целлюлазалық белсенділігінің жоғары болуы, биопрепарат құрастыруда маңызды рөл атқарады.

Ферменттер арасында ең жақсы зерттелгендер-оксиредуктазалар мен гидролазаларға қатысты ферменттер. Олар топырақты қарашірінділендірудің негізгі үрдістеріне қатысады, сондықтан олардың белсенділігі топырақтың мәдениленуінің жақсы көрсеткіші болып табылады. Қазіргі уақытта 500-ден астам оксиредуктаза табылған. Бұл класқа каталаза, пероксидаза және полифенолоксидаза және т.б. негізгі рөл – тотығу-тотықсыздану реакциясына қатысу. Каталаза тірі ағзалардың тыныс алу үрдісінде және су мен молекулалық оттегіге басқа биохимиялық реакцияларда пайда болатын сутегі асқын тотығын ыдыратады [11]. Аэробты және факультативті анаэробты бактерияларда каталаза активтілігі жоғары. Бұл фермент сутегінің қос тотығын оттегі мен суға ыдыратады.  $H_2O_2$  – улы қосылыс, бактериальды торшаның тыныс алу тізбегінде оттегі тотыққанда флавопротеид түзеді. Облигатты анаэробтарда каталаза ферменті жоқ, сондықтан  $H_2O_2$  жиналады және торшаға кері әсерін тигізеді. Каталаза болғанда  $O_2$  газы көпіршіктер түрінде бөлінеді, реакция оң болады, көпіршік болмағанда теріс. Фермент  $H_2O_2$  ыдыратады және оттегінің түзілуін тудырады.

Біздің зерттеуге алынған көмірдің төмен сұрыпынан іріктелген тұзға төзімді микроағзалар штамдардың каталазалық белсенділігі әртүрлі болды (кесте 3).

**Кесте 3** - Азотты бекітуші микроағзалардың каталазалық белсенділігі

Штамм	Каталаза	Штамм	Каталаза
<i>Bacillus firmus</i> №2	---	<i>Brevundimonas vesicularis</i> №19	+++
<i>Microbacterium ginsengiterrae</i> №4	+++	<i>Pseudomonas mandelii</i> №25	+++
<i>Microbacterium ginsengiterrae</i> №5	+++	<i>Streptomyces parvus</i> №26	+++
<i>Brevundimonas vesicularis</i> №11	+++	<i>Streptomyces parvus</i> №27	++-
<i>Brevundimonas nasdae</i> №12	+++	<i>Brevundimonas vesicularis</i> №28	++ -
Ескерту: +++ – жоғары белсенділік, ++ - – орташа, +- – әлсіз, --- – байқалмайды			

*Microbacterium ginsengiterrae* №4, *Microbacterium ginsengiterrae* №5, *Brevundimonas vesicularis* №11, *Brevundimonas nasdae* №12, *Brevundimonas vesicularis* №19, *Pseudomonas mandelii* №25, *Streptomyces parvus* №26 штамдарының сутегі асқын тотығын су мен оттегіге ыдыратуы өте қарқынды жүрсе, 2 штамның *Streptomyces parvus* №27 мен *Brevundimonas vesicularis* №28 каталазалық белсенділігі орташа, ал *Bacillus firmus* №2 штамында каталаза ферменті түзілмеуін рН ортасының бейтарап болуына байланыстыруға болады. Басқа ғалымдардың зерттеулерінде керісінше *B. firmus* OF4 штамы рН ортасы 10,5 болғанда рН-7,5 нұсқасынан екі есе артық каталаза ферментін бөлген [12] дәлелденген.

Жоғарыда көрсетілген микроағза штамдарының биохимиялық қасиеттерін тұжырымдай келе, іріктелген штамдар күрделі көмірсулар қосылыстарын (пектин, целлюлоза мен лигнин) сынды күрделі қосылыстарды ыдыратып, ағзаға оңай сіңетін көмірсулардың мөлшерін молайтып, өсімдік қоректенуін оңтайландырады.

Жүргізілген зерттеуде құрғақшылыққа байланысты тұздану қауіпі бар топырақтардың құнарлығын жақсартатын, ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін жақсартушы төмен сұрыпты көмірден бөлінген микроағза штамдарының биохимиялық қасиеті зерттелді. Зерттеуге алынған штамдардың биохимиялық қасиеті өте жоғары болуы, экстремалды тіршілік ету ортасы саналатын көмір шахталары/дренаждарда қорек заттарының төмен қолжетімділігі, жоғары температура мен жоғары қышқылды орта секілді сыртқы орта факторларына машықтанған, резиденттік микроағзалардың биотехнологиялық үрдістерді жүргізудегі ерекшелігімен түсіндіріледі [13]. Көмірден бөлінген *Pseudomonas sp.*, *Streptomyces sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Bacillus sp.* және *Escherichia sp.* сынды бірқатар бактериялар көмір үлгілерін ерітіп гумификацияланған органикалық заттар өндіріруде кең қолданылады [14]. Микроағзалардың биохимиялық қасиеттері биологиялық белсенді заттар, ферменттер, амин қышқылдары және тағы да басқа биологиялық синтездерді түзуін анықтау үшін қажет. Актиномицеттер ерекше ферменттер бөлу арқасында антагонистік, инсектицидтік, гербицидтік метаболиттер өндіруде өсімдіктерге, сондай-ақ, адамдар мен жануарларды емдеу үшін де қолданылады. Сәулелі саңырауқұлақтар саналатын актиномицеттерден микробқа қарсы 7000-нан астам метаболиттер синтезделсе, олардың 80% - *Streptomyces* тұқымдасының өкілдеріне тиесілі [15]. Сондай-ақ биоремедиация – қоршаған ортаны ластаушы заттарды жоюда актиномицеттер қолданылады [16]. Актиномицеттерде протеазалар, амилаза, липаза, пектиназа, целлюлаза, ксиланаза, глутаминаза және аспарагиназа сияқты әртүрлі ферменттерге бай [17].

Зерттеуде қолданылған микроағзалардың бірі *Bacillus firmus* бактериясы, жалпы қолдану аясы кең, сілтілі протеаза өндіру арқылы жуу құралдары өндірісінде [18], антагонистік қасиетін арқасында зертхана және жылыжайларда көкөністердің галлдық тамыр жұмырқұртына (*Meloidogyne chitwoodi*) қарсы биопрепарат ретінде [19], ауылшаруашылығында өсімдіктер өсуін ынталандыратын, абиотикалық тұзды стрессті азайту мен өсімдіктерді түрлі паразиттік нематодтардан қорғайды.

Зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылық қалдықтардан биопрепарат құрастыру үшін іріктелетін микроағза штамдарының биохимиялық қасиеттері ферменттер бөлу қабілеті анықталды. Ферменттер-биологиялық катализатор ретінде жұмыс істейтін ақуыздар, яғни олар биохимиялық реакциялардың жылдамдығын тездетеді. Барлық тірі заттар, соның ішінде бактериялар, өсімдіктер мен жануарлар метаболизмі және басқа биохимиялық үрдістердің жүруі үшін ферменттер қызметі аса маңызды. Өнеркәсіптік масштабта әртүрлі тауарларды үнемді синтездеу үшін белгілі бір биокатализаторларды коммерциялық пайдалану ерекше қызығушылық тудырады. Олар экологиялық таза, энергияны аз тұтынатын және экономикалық тиімділігіне байланысты химиялық аналогтарына қарағанда көптеген процестер үшін тамаша таңдау болып табылады, сондай-ақ целлюлит микроағзалары құрамында лигноцеллюлоза бар өсімдік полимерлерін қарашіріндінің құрамдас бөліктеріне тиімдірек түрлендіру үшін топырақты жақсартатын биологиялық өнімдердің негізі ретінде көбірек қолданылып жүр.

### **Қорытынды**

Қорытындылай келе көмірдің төмен сұрыпынан іріктелген тұзға төзімді микроағзалар штамдарының барлығы пектиназа және целлюлаза мен каталаза ферменттерін қарқынды бөлетіні анықталды. Зерттеуге алынған микроағза штамдарының барлығы дерлік пектиназаларды өндіру үшін пектиндік заттарды қарқынды ыдыратушылар болып табылады. Целлюлазалық белсенділік *Microbacterium ginsengiterrae* №5 орташа, өзгесінің барлығында өте қарқынды болуы Гетчинсон қоректік ортасында, сүзгі қағазының қарқынды ыдыратуынан көрінді. Каталазалық фермент *Microbacterium ginsengiterrae* №4, *Microbacterium ginsengiterrae* №5, *Brevundimonas vesicularis* №11, *Brevundimonas nasdae* №12, *Brevundimonas vesicularis* №19, *Pseudomonas mandelii* №25, *Streptomyces parvus* №26 штамдарының сутегі асқын тотығын су мен оттегіге ыдыратуы өте қарқынды жүрсе, 2 штамның *Streptomyces parvus* №27 мен *Brevundimonas vesicularis* №28 каталазалық белсенділігі орташа, ал *Bacillus firmus* №27 штамында каталаза фермент бөлмейтіндігі қоректік ортаның сілітілендірудің жеткіліксіздігінің нәтижесі болып табылады.

**Алғыс айту.** Бұл мақала Қазақстан Республикасы Жоғары Білім және Ғылым министрлігінің 2024-2026 жылдарға арналған ЖТН №BR24992961 «Топырақтың құнарлылығы мен дақылдардың өнімділігін арттыру үшін биожүйелерді органикалық минералды тыңайтқыштарға қолдана отырып көмір қалдықтарын өңдеудің жаңа технологияларын әзірлеу» мақсатты қаржыландыру бағдарламасы аясында шығарылды. Келесі зерттеу жұмыстарында тұзға төзімді өсімдіктер ризосферасының микрофлорасынан бөліп алынған штамдар ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыру үшін кешенді тыңайтқыш әзірлеуге ұсынылатын болады.

### **Пайдаланылған әдебиеттер**

1. World Bank. Urban Mobility in African Cities: Developing National Urban Mobility Policy and Delivering at the City Level-Summary Report. – 2022.
2. Furkan H.I., Remzi B.C. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers // Polymer Chemistry. - 2015. - 6. - P. 4497–4559. doi: 10.1039/C5PY00263J.
3. Takunda S., Steven J. Medical solid waste management status in Zimbabwe // J. Material of Cycles Waste Managment. - 2023. V.25. - P. 717-732. 10.1007/s10163-022-01578-4.
4. Masi C., Gemechu G., Tafesse M. Isolation, screening, characterization, and identification of alkaline protease-producing bacteria from leather industry effluent // Annals of Microbiology. - 2021. – V. 71. <https://doi.org/10.1186/s13213-021-01631-x>.
5. Gemechu G., Masi C., Tafesse M., Kebede G. A review on the bacterial alkaline proteases // J Xidian University. - 2020. - V.14(11). - P. 264-274.
6. Oumer O.J., Abate D. Screening and molecular identification of pectinase producing microbes from coffee pulp // BioMed Research International. - 2018. - V.1. 2961767. <https://doi.org/10.1155/2018/2961767>, 2-s2.0-85045759257.
7. Priya S., Sachchida N., Rai S.S., Rachana Ch.AK., Gupta S., Kumar S., Paromita B. Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases // International Journal of Biological Macromolecules. - 2024. - V. 264(1), 130639. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130639>.
8. Nitin V., Ankita S., Chetna G., Raja H., Raj Narayan K. Properties of Humic Acid Substances and Their Effect in Soil Quality and Plant Health // Humus and Humic Substances - Recent Advances. Reviewed: - 2022. 10 June 2022.
9. Свириденко Ю.Я., Свириденко Г.М., Перфильев Г.Д., Захарова М.Б., Матевосян Л.С., Мяконосов Д.С., Шатрова О.А., Оносовская Н.Н., Сёмова Е.Г. Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов) МР 2.3.2.2327-08. - 2008.
10. Sukumaran R.K., Singhanian R.R., Pandey A. Microbial cellulases-production, applications and challenges // Journal of Scientific and Industrial Research. - 2005. -V.64(11), 832–844.

11. Поволоцкая Ю.С. Общее представление о почвенных ферментах // International Journal of Humanities and Natural Sciences. - 2020. - V.1-1 (40). - С. 21-24. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10005.
12. Jun O., Woro Triarsi S., Qing-Shan L., Hiromi T., Sheng-Xue X., Kenji K., Tokuji I., Sakayu Sh. Two extracellular proteins with alkaline peroxidase activity, a novel cytochrome *c* and a catalase-peroxidase, from *Bacillus* sp. No.13 // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics. -2004. - V. 1699, I. 1–2. - P. 65-75.
13. Akimbekov N.S., Digel I., Tastambek T.K., Marat A.K., Turaliyeva M.A., Kaiyrmanova G.K. Biotechnology of Microorganisms from Coal Environments: From Environmental Remediation to Energy Production // Biology. - 2022. - V. 11(9), 1306. <https://doi.org/10.3390/biology11091306>.
14. Egamberdieva D., Wirth S., Bellingrath-Kimura S.D., Mishra J., Arora N.K. Salt-Tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Enhancing Crop Productivity of Saline Soils // Front. Microbiol. - 2019. - V.10. 2791.
15. Ekundayo F.O., Oyeniran K.A., Adedokun A.D. Antimicrobial activities of some *Streptomyces* isolated from garden soil samples and fish pond water in Futa // Journal of Bio-Science. - 2014. - V. 22. DOI:10.3329/jbs.v22i0.30005.
16. Науанова А.П., Жеделбаева А.С., Алгожина А.Ш., Жакипова А.А. Актиномицеттердің өсуі мен дамуына пестицидтердің әсер ету сипаты //Ізденістер, нәтижелер. – 2024. - №3. – С. 205-213.
17. Al-Dhabi N.A., Esmail G.A., Mohammed Ghilan A.K., Arasu M.V. Isolation and screening of *Streptomyces* sp. Al-Dhabi-49 from the environment of Saudi Arabia with concomitant production of lipase and protease in submerged fermentation // Saudi Journal of Biological Sciences. - 2020. - V.27(1). - P. 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.11.011>, 31889873.
18. Moon S.H., Satish J.P. Recombinant protein synthesis and plasmid instability in continuous // Biotechnology and Bioengineering. - 1993. - V.41. I.1. - P. 43-54.
19. Terefe M., Tefera T., Sakhuja P.K. Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery // Journal of Invertebrate Pathology. - 2009. - V.100. - I. 2. - P. 94-99.

## References

1. World Bank. Urban Mobility in African Cities: Developing National Urban Mobility Policy and Delivering at the City Level-Summary Report. – 2022.
2. Furkan H.I., Remzi B.C. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers // Polymer Chemistry. - 2015. - 6. - P. 4497–4559. doi: 10.1039/C5PY00263J.
3. Takunda S., Steven J. Medical solid waste management status in Zimbabwe // J. Material of Cycles Waste Managment. - 2023. V.25. - P. 717-732. 10.1007/s10163-022-01578-4.
4. Masi C., Gemechu G., Tafesse M. Isolation, screening, characterization, and identification of alkaline protease-producing bacteria from leather industry effluent // Annals of Microbiology. - 2021. – V. 71. <https://doi.org/10.1186/s13213-021-01631-x>.
5. Gemechu G., Masi C., Tafesse M., Kebede G. A review on the bacterial alkaline proteases // J Xidian University. - 2020. - V.14(11). - P. 264-274.
6. Oumer O.J., Abate D. Screening and molecular identification of pectinase producing microbes from coffee pulp // BioMed Research International. - 2018. - V.1. 2961767. <https://doi.org/10.1155/2018/2961767>, 2-s2.0-85045759257.
7. Priya S., Sachchida N., Rai S.S., Rachana Ch.AK., Gupta S., Kumar S., Paromita B. Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases // International Journal of Biological Macromolecules. - 2024. - V. 264(1), 130639. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130639>.
8. Nitin V., Ankita S., Chetna G., Raja H., Raj Narayan K. Properties of Humic Acid Substances and Their Effect in Soil Quality and Plant Health // Humus and Humic Substances - Recent Advances. Reviewed: - 2022. 10 June 2022.

9. Sviridenko YU.YA., Sviridenko G.M., Perfil'ev G.D., Zakharova M.B., Matevosyan L.S., Myagkonosov D.S., SHatrova O.A., Onosovskaya N.N., Syomova E.G. Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii proizvodstvennogo mikrobiologicheskogo kontrolya na predpriyatiyakh molochnoj promyshlennosti (s atlasom znachimykh mikroorganizmov) MR 2.3.2.2327-08. - 2008.

10. Sukumaran R.K., Singhanian R.R., Pandey A. Microbial cellulases-production, applications and challenges // Journal of Scientific and Industrial Research. - 2005. - V.64(11), 832–844.

11. Povolotskaya YU.S. Obshhee predstavlenie o pochvennykh fermentakh // International Journal of Humanities and Natural Sciences. - 2020. - V.1-1 (40). - С. 21-24. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10005.

12. Jun O., Woro Triarsi S., Qing-Shan L., Hiromi T., Sheng-Xue X., Kenji K., Tokuji I., Sakayu Sh. Two extracellular proteins with alkaline peroxidase activity, a novel cytochrome *c* and a catalase-peroxidase, from *Bacillus* sp. No.13 // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics. -2004. - V. 1699, I. 1–2. - P. 65-75.

13. Akimbekov N.S., Digel I., Tastambek T.K., Marat A.K., Turaliyeva M.A., Kaiyrmanova G.K. Biotechnology of Microorganisms from Coal Environments: From Environmental Remediation to Energy Production // Biology. - 2022. - V. 11(9), 1306. <https://doi.org/10.3390/biology11091306>.

14. Egamberdieva D.; Wirth S.; Bellingrath-Kimura S.D.; Mishra J., Arora N.K. Salt-Tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Enhancing Crop Productivity of Saline Soils // Front. Microbiol. - 2019. - V.10. 2791.

15. Ekundayo F.O., Oyeniran K.A., Adedokun A.D. Antimicrobial activities of some Streptomyces isolated from garden soil samples and fish pond water in Futa // Journal of Bio-Science. - 2014. - V. 22. DOI:10.3329/jbs.v22i0.30005.

16. Nauanova. A.P., Zhedelbaeva A.S., Algozhina A.S., Zhakipova A.A. The nature of the impact of pesticides on the growth and development of actinomycetes // Izdenister, nәtizheler. – 2024. - №3. – С. 205-213.

17. Al-Dhabi N.A., Esmail G.A., Mohammed Ghilan A.K., Arasu M.V. Isolation and screening of *Streptomyces* sp. Al-Dhabi-49 from the environment of Saudi Arabia with concomitant production of lipase and protease in submerged fermentation // Saudi Journal of Biological Sciences. - 2020. - V.27(1). - P. 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.11.011>, 31889873.

18. Moon S.H., Satish J.P. Recombinant protein synthesis and plasmid instability in continuous // Biotechnology and Bioengineering. - 1993. - V.41. I.1. - P. 43-54.

19. Terefe M., Tefera T., Sakhuja P.K. Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery // Journal of Invertebrate Pathology. - 2009. - V.100. - I. 2. - P. 94-99.

**А.П. Науанова<sup>\*1,2</sup>, Э.М. Баимбетова<sup>1</sup>, Г.Т. Максумбекова<sup>1,2</sup>, Н.Ж. Шуменова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, [inkar\\_sulu\\_1@mail.ru](mailto:inkar_sulu_1@mail.ru), [nazym.shumenova@mail.ru](mailto:nazym.shumenova@mail.ru)

<sup>2</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «Био-КАТУ», Астана, Казахстан, [nauanova@mail.ru](mailto:nauanova@mail.ru)\*, [gulia\\_80-80@mail.ru](mailto:gulia_80-80@mail.ru)

## **ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ РАСПРОСТРАНЕННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ НИЗКОСОРТНОГО УГЛЯ**

### **Аннотация**

В статье приведены результаты исследования ферментативной активности микроорганизмов родов *Microbacterium*, *Brevundimonas*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* *Bacillus*, выделенных из низкосортного бурого угля Кумыскудукского и Кузнецкого угольных разрезов. Месторождение расположено на территории Бухар-Жырауского района Карагандинской области, приблизительно в 35 километрах по прямой к востоку от города Караганды.

Для изучения ферментативной активности в ранних исследованиях среди выделенных штаммов на селективной среде с различными концентрациями NaCl были отобраны 10 солеустойчивых штаммов.



Большинство исследуемых штаммов, выделенных из бурых углей, способны синтезировать целлюлазу, каталазу и пектиназу. У всех солеустойчивых штаммов выявлена высокая целлюлазная активность на среде Гетчинсона, кроме штамма *Microbacterium ginsengiterrae* №5. Все изучаемые штаммы спрособны продуцировать пектиназу, что немаловажное значение имеет в использовании новых штаммов в процессе разложения растительных остатков в почве. Отмечена высокая каталазная активность штаммов *Microbacterium ginsengiterrae* №4, *Microbacterium ginsengiterrae* №5, *Brevundimonas vesicularis* №11, *Brevundimonas nasdae* №12, *Brevundimonas vesicularis* №19, *Pseudomonas mandelii* №25, *Streptomyces parvus* №26. Установлено, что штаммы *Streptomyces parvus* №27 и *Brevundimonas vesicularis* №28 обладают средней каталазной активностью, у штамма *Bacillus firmus* №2 данный вид фермента не обнаружен.

Полученные результаты подчеркивают, что все перечисленные характеристики солеустойчивых микроорганизмов делают их перспективными для создания микробиологических биопрепаратов, необходимых для повышения урожайности сельскохозяйственных культур на засоленных почвах и имеют экологическую значимость в биотехнологических процессах, направленных на биоремедиацию засоленных почв, переработку органических остатков и углеотходов.

**Ключевые слова:** протеазная активность, каталазная активность, целлюлазная активность, ферменты.

*A.P. Nauanova*<sup>\*1,2</sup>, *E.M. Baimbetova*<sup>1</sup>, *G.T. Maxutbekova*<sup>1,2</sup>, *N.Zh. Shumenova*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan,*

*inkar\_sulu\_1@mail.ru, nazym.shumenova@mail.ru*

<sup>2</sup>*Limited Liability Partnership «Буо-KATU», Astana, Kazakhstan, nauanova@mail.ru\*, gulia\_80-80@mail.ru*

## ENZYMATIC ACTIVITY OF DISTRIBUTED MICROORGANISMS ON LOW-GRADE COAL SURFACES

### **Abstract**

The article presents the results of a study on the enzymatic activity of microorganisms of the genera *Microbacterium*, *Brevundimonas*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, and *Bacillus*, isolated from low-grade brown coal from the Kumiskuduk and Kuznetsk coal mines. These mines are located in the Bukhar-Zhyrau district of the Karaganda region, approximately 35 kilometers east of the city of Karaganda.

To study the enzymatic activity, 10 salt-tolerant strains were selected from the strains isolated on a selective medium with varying concentrations of NaCl. Most of the studied strains isolated from brown coal were capable of synthesizing cellulase, catalase, and pectinase. All salt-tolerant strains, except for strain *Microbacterium ginsengiterrae* №5, showed high cellulase activity on Hutchinson's medium. All studied strains were capable of producing pectinase, which is important for the decomposition of plant residues in the soil. High catalase activity was observed in strains *Microbacterium ginsengiterrae* №4, *Microbacterium ginsengiterrae* №5, *Brevundimonas vesicularis* №11, *Brevundimonas nasdae* №12, *Brevundimonas vesicularis* №19, *Pseudomonas mandelii* №25, *Streptomyces parvus* №26, *Streptomyces parvus* №27, and *Brevundimonas vesicularis* №28. It was found that strains *Streptomyces parvus* №27 and *Brevundimonas vesicularis* №28 had moderate catalase activity, while strain *Bacillus firmus* №2 did not exhibit this enzyme.

The obtained results highlight that all the listed characteristics of salt-tolerant microorganisms make them promising for the creation of microbiological biological products necessary for increasing the productivity of agricultural crops on saline soils. They also have ecological significance in biotechnological processes aimed at the bioremediation of saline soils and the processing of organic residues and coal waste.

**Key words:** protease activity, catalase activity, cellulase activity, enzymes.