

FTAMP: 62.99.39

С.Н. СЕЙІЛБЕК, М. ТОРТАЙ, Н.Р. АКМУХАНОВА*, Ф.К. САРСЕКЕЕВА,
Д.К. КИРБАЕВА, Н.Е. БИДАҒҰЛОВА, Н.А. АЛТЫБАЕВА, А.Б. ЕЛАМАНОВА
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

АҚДАЛА ЕГІС АЛҚАПТАРЫНЫҢ МИКРОБАЛДЫРЛАР БИОАЛУАНТҮРЛІЛІГІ ЖӘНЕ БАКТЕРИЯЛАРҒА ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІ БАР ЦИАНОБАКТЕРИЯЛАРДЫ БӨЛІП АЛУ

doi: 10.53729/MV-AS.2023.01.14

Түйін

Алматы облысындағы Ақдала алабының егістік алқаптарындағы цианобактериялар мен микробалдырлардың түрлік әртүрлілігі зерттелді. Микроорганизмдердің биоалуантүрлілігі болашағы мол жаңа микроб түрлерін табу үшін ең үлкен пайдаланылмаған резервуар болып табылады. Зерттеудің мақсаты микробалдырлар мен цианобактериялардың әртүрлілігін зерттеу және цианобактериялардың болашағы мол түрлерін бөліп алу болып саналады. Зерттеу нәтижелері бойынша Ақдала алабының егіс алқаптарының топырақ үлгілерінен микробалдырлар мен цианобактериялардың 48 түрі анықталды, оның ішінде 21 түрі - цианобактериялар. Цианобактериялар өкілдерінің негізгі үлесі гетероцисталы формалар болды. Цианобактериялардың анықталған түрлерінен 5 альгологиялық таза дақылдары бөлініп алынды, бірақ бактериологиялық таза дақыл ретінде антибиотиктермен өңдеуден кейін 4 дақылдар бөлініп алынады. Зерттеу нәтижелері бойынша бөлініп алынған төрт цианобактерия дақылдарының арасынан максималды бактерияға қарсы белсенділікті көрсеткен - *Oscillatoria SP S-3*, *Anabaena SP S-5* дақылдары болды. Аталған дақылдардың метанол сығындылары *E. coli* және *Staphylococcus aureus*, *B.subtilis* сынақ штаммдарының өсуін тежеудің ең үлкен аймақтарын көрсетті. Цианобактериялар әртүрлі биотехнологиялық маңызды қосылыстардың көп мөлшерін алу үшін орасан зор, бірақ әлі де аз зерттелген ресурс болып табылады, өйткені олар әртүрлі биологиялық белсенді заттарды синтездейді, олар саңырауқұлақтарға қарсы, бактерияларға қарсы, вирустарға қарсы белсенділікке ие. Цианобактериялардың жаңа түрлерін іздеу, оқшаулау және биологиялық белсенді заттарды өндірушілерді дұрыс таңдау агробиотехнологияда үлкен мүмкіндіктер ашады.

Кілтті сөздер: биоалуантүрлілік, микробалдырлар, цианобактериялар, альгологиялық таза дақылдар, бактерияларға қарсы белсенділік.

Топырақтың органикалық заттарының түзілуі микроорганизмдердің тікелей қатысуымен жүреді, олардың өсімдіктер мен жануарлардың қалдықтарына көпжақты әсері көптеген биохимиялық реакциялармен сипатталады. Жоғары сатыдағы өсімдіктерден бос кеңістіктерді толтыра отырып, цианобактериялар күн энергиясының ассимиляциясының факторы және қосымша биомасса көзі ретінде қызмет етеді [1]. Олар топырақтардың қалыптасуына қатысады, ал қалыптасқан топырақтардың физико-химиялық қасиеттеріне әсер етеді. Топырақтағы цианобактериялардың қызметі органикалық заттарды өндіру, атмосфералық азотты бекіту, фосфор мен басқа элементтердің қолжетімділігін арттыру, фитогормондар мен токсиндерді шығару, шырышты заттар мен жіп тәрізді талломдар арқылы эрозияға қарсы белсенділік көрсету қабілетімен анықталады [2]. Цианобактериялар өндіретін компоненттер антиоксиданттар мен пигменттер болып табылады. Соның ішінде фукоксантин, каротиноидтар, лютеин, β-каротин, астаксантин және фикобил белоктары), ұзын тізбекті полиқанықпаған май қышқылдары (FA-PUFAs) және ақуыздар (маңызды аминқышқылдары метионин, треонин және триптофан). Бұл екіншілік метаболиттер тамақ, жем, ауыл шаруашылығы және фармацевтика өнеркәсібінде кеңінен қолданылады [3].

Цианобактериялардың әртүрлі түрлері бактерияға қарсы және саңырауқұлаққа қарсы қасиеттері бар жасушаішілік және жасушадан тыс метаболиттерді шығаратыны белгілі [4]. Бактерияларға қарсы агенттер бактериялық инфекцияларды емдеуде кеңінен қолданылады,

бірақ бактериялар қолданыстағы дәрі-дәрмектерге төзімділікке ие болуы мүмкін. Осы себепті зерттеушілер бактерияға қарсы жаңа қосылыстарды анықтау үшін табиғи қосылыстарды іздей бастады [5]. Цианобактериялар осы саладағы болашағы мол биологиялық ресурс ретінде қарастырылады.

Цианобактериялар күріш алқаптарындағы микробтық қауымдастықтың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Ауылшаруашылық экожүйелерінің құнарлылығына ықпал етеді және жасушалық метаболизмге қажет емес қосылыстардың, яғни екінші реттік метаболиттердің әлеуетті көзі болып табылады [6]. Цианобактерияларды қолданудың кейбір ықтимал бағыттары фармацевтика өнеркәсібі мен ауылшаруашылық секторы үшін бактерияларға қарсы қосылыстарды биотыңайтқыштар мен биобақылау құралдары ретінде өндіру болып табылады. Бактерияларға қарсы заттар мен басқа да фармакологиялық белсенді қосылыстарды синтездеуге қабілетті цианобактерияларды бөліп алу және скрининг жасау жаңа агрохимиялық агенттердің әлеуетті көзі ретінде қызығушылықтың артуын тудырады [7]. Осыған байланысты біздің зерттеу жұмысымыздың мақсаты Алматы облысындағы Ақдала алқабының егіс алқаптарындағы цианобактериялар мен микробалдырлардың түрлік әртүрлілігін зерттеу және цианобактериялардың перспективті түрлерін бөліп алу болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысаны Іле өзенінің сағасында орналасқан Ақдала күріш егу алқабы болып табылады.

Топырақ сынамаларын алу конверт әдісі бойынша жүргізілді [8]. Барлығы 28 альгологиялық сынама жиналды. Жиналған барлық сынамалар мұқият таңбаланды. Жапсырмаларда сынама нөмірі, жинау уақыты мен орны және жинаушының тегі көрсетіледі. Зерттеу барысында альгологиялық тәжірибеде жалпы қабылданған әдістерді қолдана отырып, далалық жиындар мен зертханалық талдаулар жүргізілді. Цианобактериялардың сапалық құрамы шыныға бекініп өсу әдісімен талданды. Ол үшін топырақ сынамалары BG-11 ортасымен ылғалдандырылған Петри табақтарына салынады, және бетіне жабынды шынылар топырақпен толық байланыста болатындай етіп орналастырылды. Петри табақшалары табиғи жарықта және бөлме температурасында 30 тәулік инкубацияланған кейін, шыныларға бекініп өскен цианобактерияларға микроскопиялық бақылау жүргізілді. Цианобактериялар мен микробалдырлар 40, 100 есе үлкейткіш «Premere» және "MicrosAustria" жарық микроскоптарының көмегімен зерттелді. Өрбір су үлгісінен кем дегенде 10 препараттан шамамен 30-40 көру өрісі қаралды.

Алынған нәтижелер 1 мл судағы жасушалар саны ретінде көрсетілді. Цианобактериялар және микробалдырлардың саны 100 көру өрісін қайта есептеу кезінде жиілік шкаласы бойынша бағаланды [9]. Цианобактериялар мен микробалдырлардың түрлерін анықтау жасушалардың жаншылған тамшы және бекітілген препараттарда зерттелді. Фиксатор ретінде формальдегид пен йод ерітінділері пайдаланылды. Цианобактериялар мен микробалдырлардың түрлері анықтауыштарды қолдану арқылы анықталды [10, 11].

Цианобактериялардың жинақы дақылдарын алу дәстүрлі әдістеме бойынша жүргізілді. Альгологиялық таза дақылдарды оқшаулау үшін стандартты микробиологиялық әдістер қолданылды [12]. Цианобактериялар стерильді жағдайда 500 мл колбада өсірілді. Громов, Заррук, BG-11 минералды қоректік орталары қолданылды.

Цианобактериялардың сығындыларын алу үшін оқшауланған дақылдардың құрғақ биомассасы алынды. Кептірілген үлгілер залалсызданған ұнтағышпен ұнтақталды. Содан кейін 0,5 г ұсақталған үлгіні 10 мл еріткіштермен (метанол, этанол) араластырып, толық экстракция үшін айналмалы шайқауышта бөлме температурасында ұсталды. 4000 айн/мин 15 минут ішінде сығындылар центрифугаланып, төмен қысымда 50°C температурада концентрацияланды. Концентрацияны экстракциялау үшін пайдаланылған еріткішті

пайдаланып 1 мг/мл-ге дейін жеткізілді және бактерияға қарсы белсенділікке анықтау жүргізілді [13].

Оқшауланған цианобактерия дақылдарының бактерияларға қарсы белсенділігі әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биотехнология кафедрасының дақылдар коллекциясынан алынған микроорганизмдердің төрт түріне зерттелді: грамтеріс таяқшалар факультативті анаэробты *Escherichia coli* және аэробты *Pseudomonas aeruginosa*, аэробты грам-оң спора түзетін таяқшалар *Bacillus subtilis* және факультативті-анаэробты грам-оң коктар *Staphylococcus aureus*. Бактерияларға қарсы белсенділік агарға диффузия әдісін қолдану арқылы анықталды [14]. Зерттеу үшін ет-пептон агарында (ЕПА) 24 сағат бойы 37°C температурада алдын ала өсірілген микроорганизмдердің таза дақылдары қолданылды. Стандартты бактериялық суспензия стерильді 0,9% натрий хлориді ерітіндісінде дайындалды. Ол үшін бактериологиялық ілмек арқылы зерттелетін дақыл стерильді тұзды ерітіндісі бар стерильді пробиркаларға енгізіледі және микроорганизмдердің концентрациясын McFarland бойынша лайлану стандартының 0,5 бірлігіне дейін жеткізіледі. Балқытылған және 56°C дейін салқындатылған ЕПА ортасы Петри табақшаларына құйылады. Стерильді жағдайда пипетка көмегімен мұздатылған агарға 1,0 мл микроорганизмдердің тиісті суспензиясы Петри табақшаларына енгізіледі. Микроорганизмдерді агардың бүкіл бетіне біркелкі жайып еккеннен кейін, бөлме температурасында 15-20 минут инкубацияланады. Содан кейін микроорганизмдер егілген Петри табақшаларындағы агар бетіне диаметрі 6,0 мм жеті тесік жасалды. Содан кейін автоматты микропипетка көмегімен алты тесікке 20 мкл цианобактерия сығындылары енгізіледі. Сынамалар 37°C температурада 16 сағат бойы инкубацияланады. Нәтижелерді есепке алу саңылаулардың айналасында бактериялардың өсуінің болуы немесе болмауы, саңылаудың айналасындағы өсудің тежелу аймақтарының диаметрін миллиметрмен өлшеу арқылы алынады.

Антибиотикалық ампициллин (10 мкг) дискілері сезімталдықты анықтау үшін оң эталон ретінде пайдаланылды. Тәжірибе үш реттік қайталымда жүргізілді.

Зерттелген дақылдардың бактерияға қарсы индексі келесі формула бойынша анықталды:

Бактерияға қарсы индекс = (сығындының өсуді тежеу аймағы/антибиотиктердің өсуді тежеу аймағы) × 100.

Нәтижелер және оларды талқылау

Алматы облысындағы Ақдала алабының егіс алқаптарының альгофлорасы

Ақдала алқабында күріш астындағы суару негізінен тұздандудың әртүрлі дәрежелері бар такыр тәрізді топырақтар игерілген. Бұл топырақтардың тұздануы бұрынғы гидроморфты топырақ түзілу кезеңдерінен мұраға қалған реликті сипатқа ие [15]. Алқап әкімшілік жағынан Алматы облысының Балқаш ауданына жатады. Ақдала суару алқабында климат күрт континенталды, құрғақ, тәуліктік және жылдық температураның үлкен амплитудасы бар. Қысы суық, қар аз, жазы ыстық және құрғақ. Бақанас ауылындағы метеостанцияның мәліметі бойынша ауаның ең жоғары орташа айлық температурасы 24-26°C шілдеде, абсолюттік максимум 45°C, ең төменгі -14-16°C абсолютті қаңтарда байқалады, минимум -45°C. Орташа жылдық температура оң, шамамен 6,6-9,9°C. Аязсыз маусымның ұзақтығы 150-160 күн. Топырақтың қату тереңдігі әдетте 40-45 см-ден аспайды және қар аз жауатын қатты қыста ғана 1 м-ге жетеді. Көпжылдық циклде жауын-шашынның мөлшері 100-ден 360 мм-ге дейін өзгереді, бірақ орташа есеппен 180-240 мм құрайды [16].

Зерттеу нәтижелері бойынша топырақ сынамаларынан микробалдырлар мен цианобактериялардың 48 түрі анықталды. Бес түрі сары-жасыл, 21 түрі цианобактериялар, 8 түрі диатомдар және 14 түрі жасыл балдырлар. Ең жиі кездесетін түрлерге ие топ 5 түрден тұрады: *Phormidium autumnale*, *Nitzschia palea*, *Chlorella vulgaris* және *Nostoc linckia*, *Anabaena flos-aquae*. Жасыл балдырлардың арасында *Chlorophyceae* (*Chlamydomonadaceae* және *Chlorococcaceae*) екі класының түрлері анықталды *Bacillariophyta* бөліміне

Bacillariaceae және *Diadesmidaceae* тұқымдасының өкілдері кірді. Сары-жасыл *Botrydiopsidaceae* және *Eustigmataceae* тұқымдасынан болды.

Анықталған цианобактериялардың ішінде, түрлердің әртүрлілігі бойынша *Nostocaceae* тұқымдасы жетекші орынға ие, оның ішінде 4 тұқымдас (*Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aulosira* және *Nostoc*). Шыныға бекініп өскен цианобактериялар өкілдерінің негізгі үлесі *Anabaena cylindrica*, *A. oscillarioides*, *Nostoc commune* сияқты гетероцисталы формалардан тұрады. *Cyanophyta* бөлімінің сирек кездескен түрлері *Plectonema*, *Synechococcus* тұқымдасы ерекшеленді. Жіп тәрізді гетероцисталы (75%) цианобактериялар бір жасушалы колониялық (14%) және жіп тәрізді гетероцисталы емес (11%) формаларда айқын үстемдік көрсетті.

Цианобактериялардың альгологиялық және бактериологиялық таза дақылдарын бөліп алу

Таңдалған топырақ үлгілері негізінде жинақы дақылдар бөліп алу әдісінің көмегімен цианобактериялардың 5 альгологиялық таза дақылдары бөлініп алынды. Морфологиялық белгілерге сәйкес цианобактериялар негізінен жіп тәрізді немесе колониялар түзеді, тек S4 культурасы кокка тәрізді жасуша пішініне ие.

Келесі кезеңде алынған альгологиялық таза цианобактерия дақылдары ілеспелі бактериялардан тазартылды. Бактериологиялық талдау бойынша барлық дақылдарда ілеспелі микрофлора анықталды. Бөлінген цианобактериялардың ілеспе микрофлорасы негізінен грам-оң және грам-теріс бактериялардан, ашытқылардан және зең саңырауқұлақтарынан тұратыны анықталды. Оқшауланған дақылдарды ілеспелі микрофлорадан тазарту өте қиын уақытты қажет ететін процесс, өйткені цианобактериялар мен бактериялар арасында тығыз биоценодикалық байланыстар бар екені белгілі. Цианобактериялардың шырышты қабаттары микроорганизмдер үшін қорек көзі және тіршілік ортасы ретінде қызмет етеді. Мұндай тығыз байланыс мұндай қауымдастықтарды оқшауланған дақылдарға бөлудің қиындықтарын анықтайды.

Цианобактерияларды бактериологиялық тазалау үшін әртүрлі антибиотиктер қолданылды. Антибиотиктерді төмен концентрацияда қолданған кезде ілеспе микроорганизмдердің, ашытқылардың, зең саңырауқұлақтардың, грам-оң және грам-теріс бактериялардың өсуі әлі де байқалғаны анықталды. Ілеспе микрофлораның антибиотикке сезімталдығын талдау барысында кейбір бактериялардың кейбір антибиотиктерге, ал екіншісінің басқаларға сезімтал екендігі анықталды. Әрі қарай, ілеспелі микрофлора әр түрлі антибиотиктерге әр түрлі кері жауап бергендіктен тазарту үшін антибиотиктердің қоспалары таңдалды: әр түрлі концентрацияда грам-оң және грам-теріс бактерияларға қарсы кең спектрлі антибиотиктер және саңырауқұлаққа қарсы антибиотиктер. Саңырауқұлаққа қарсы антибиотик ретінде барлық нұсқаларда кең спектрлі фунгицидтік антибиотик нистатин таңдалды (кесте 1).

Кесте 1- Цианобактерияларды ілеспелі микрофлорадан бактериологиялық тазарту

Антибиотиктер қоспасы	Дақыл S-1		Дақыл S-2		Дақыл S-3		Дақыл S-4		Дақыл S-5	
	ім	Ц	ім	Ц	ім	Ц	ім	Ц	ім	Ц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гентамицин+ пенициллин+ тетрациклин+ нистатин	+	-	-	+	-	--	-	+	+	+
Неомицин+ ампициллин+ хлорамфеникол+ нистатин	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-

Кесте 1 жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Канамицин+пенициллин+ ванкомицин+ нистатин	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+
Пенициллин+ гентамицин+ канамицин+ нистатин	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+

Ескерту: ім-ілеспе микрофлораның өсуі, Ц-цианобактерия, - өсудің болмауы, + дақылдың өсуі.

Антибиотиктердің қоспасы көмегімен цианобактериялардың ілеспелі микроорганизмдерін жою әрекеті сыналған 5 цианобактериялық дақылдың төртеуінде сәтті болды. Антибиотиктердің қоспасын қолданғаннан кейін S-1 культурасы әлі де ілеспелі бактериялармен қатты зақымдалғаны анықталды. Антибиотиктердің концентрациясын арттыру ілеспелі бактерияларға да, цианобактериялар дақылына да бактерицидтік әсер етті.

Антибиотиктер қоспасымен өңдеу нәтижесінде бактериологиялық таза 4 цианобактерия дақылдары алынды. Цианобактериялардың өміршеңдігі екі әдіспен – микроскопиялық және дақылдық түрде тексерілді. Алынған цианобактериялардың 4 дақылы бактериологиялық таза деп танылды, өйткені культураларды бөлме температурасында 7 күн ұстағаннан кейін ілеспелі бактериялардың өсуі анықталмады.

Бактериологиялық таза цианобактериялардың морфологиясын зерттеу S-2 жасуша қабықшалары, жұқа, бозғылт көк-жасыл екенін көрсетті. трихомалар иілген, бір-бірімен өрілген, көлденең қалқалары бөлінбеген, ұштары жұқа емес және түзу, ашық көк-жасыл, ені 0,6-0,8 мкм жіпшелі цианобактериялар. Қынаптары түссіз, бір-біріне жабысады. Жасушалары цилиндр тәрізді, ұзындығы енінен 2-8 есе үлкен, көлденең қалқаларда түйіршіксіз. Жіптердің қалыңдығы бірдей, тек ең ұшы өте аздап тарылып, сәл бүгілген. Соңғы жасуша доғал конусты. Бөліну бір жазықтықта жүреді, бұл жасушалардың сызықтық орналасуына әкеледі. Түсі көк-жасыл, клеткалар түбіне ыдыс түбіне шөгіп қалмайды, тек ыдыс қабырғасында бекініп өседі. Қатты қоректік ортада нашар өседі, өсу дақылдаудың 8-10-шы тәулігі ғана бақылана бастайды. Заррука сұйық ортасында 22-30 °C ауа температурасында жақсы өседі (1-сурет). Морфологиялық белгілері бойынша - класс: *Oscillatoriothymonadeae*, қатар: *Oscillatoriales*, тұқымдас: *Phormidiaceae*, туыс: *Phormidium*, түр - *Phormidium* SP S-2 ретінде анықталады.

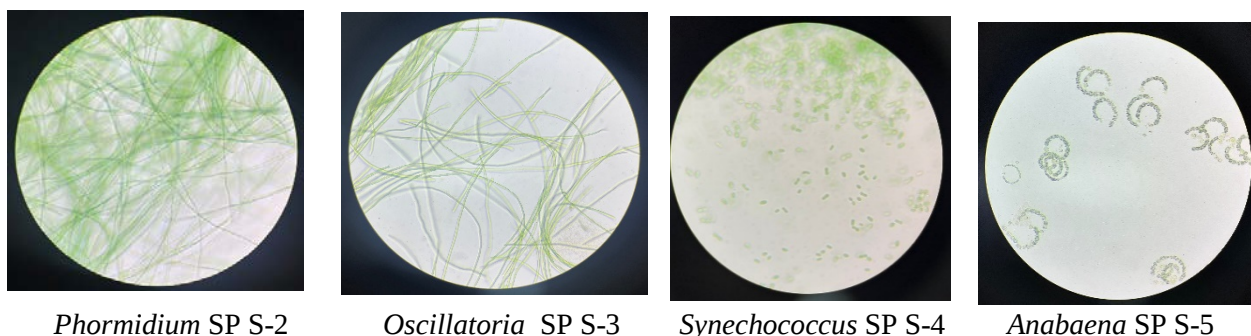
S3 дақылы - жіп тәрізді, айқын шырышты қабаты бар, трихомалар жалғыз, біртекті, қою көк-жасыл, жасуша өлшемдері 2,2 - 2,4-х 4,2-5, 9 мкм. Трихомалар салыстырмалы түрде параллель орналасқан жіптерді құрайды. Трихомалар түзу, көлденең бөлімдерде сәл иілген, ені 4-10 мкм, ашық көк-жасыл, кейде ұштарына сәл иілген болады. Жасушалардың ұзындығы 2,6-5 мкм, яғни енінен 2-3 есе қысқа. Көлденең бөлімдердегі түйіршіктеу көбінесе айқын көрінеді. Соңғы жасушалар азды-көпті айқын жарты шар тәрізді, кейде сәл қалыңдатылған қабығы бар. Бөліну бір жазықтықта жүреді, бұл жасушалардың сызықтық орналасуына әкеледі. Түсі көк-жасыл, жасушалар өсіру ыдыстарының түбіне тұнбаланбайды, ыдыс қабырғасында бекініп өседі. Қатты ортада нашар өседі. Штамм автотрофты. Громов сұйық қоректік орталарында 22-30 °C ауа температурасында жақсы өседі (сурет 1). Морфологиялық сипаттамалары бойынша - класс: *Oscillatoriothymonadeae*, қатар : *Oscillatoriales*, тұқымдас: *Oscillatoriaceae*, туыс: *Oscillatoria*, түр: *Oscillatoria* SP S-3 анықталды.

S-4 дақылы - олар сұйық ортада жақсы дамыды және қою жасыл түсті суспензия болды. Қатты қоректік орта бетінде дұрыс колониялар түзеді. Морфологиялық белгілерге сәйкес, овал пішінді жасушалар, кейде шеттері сәл қисық, ересек жасушалардың мөлшері 3,6-7,7 мкм құрайды. Жасушаның бөлінуі дұрыс, бөлінгеннен кейін еншілес жасушалар кейде екі - төрт жасушадан тұратын тізбектерге қосылады. Зарруктың сұйық ортасында 22-35° C температурада жақсы өседі (сурет 1). Морфологиялық сипаттамалары бойынша -

класс: *Synechococcophycideae*, қатар: *Synechococcales*, тұқымдас: *Synechococcaceae*, туыс: *Synechococcus*, түр: *Synechococcus* SP S-4. Анықталды.

S-5 дақылы- қою көк-жасыл түсті жасушалар. Трихомалар ұштары тарылмаған. Трихомалар жалғыз, түзу, сфералық жасушалардан тұрады, олардың арасында гетероцисталар және сирек акинеттер кездеседі. Гетероцисталар көп жағдайда интеркалярлы болады. Трихомалардың диаметрі 2-8 мкм аралығында. Бөліну бір жазықтықта жүреді. Сұйық ортада шыны қабырғасына бекініп өседі. Штамм автотрофты. BG-11 сұйық және қатты орталарында 22-30°C ауа температурасында жақсы өседі (сурет 1). Морфологиялық сипаттамалары бойынша - класс: *Nostocophycideae*, қатар: *Nostocales*, тұқымдасы: *Nostocaceae*, туыс: *Anabaena*, түр: *Anabaena* SP S-5 ретінде анықталды.

Зерттеу нәтижелері бойынша зерттелген топырақ үлгілерінен 5 альгологиялық таза цианобактерия дақылдары бөлініп алынып, антибиотиктермен өңдеуден кейін бактериологиялық және альгологиялық таза дақылдар ретінде 4 дақыл бөлініп алынды.



Сурет 1 - Цианобактериялардың бөлініп алынған альгологиялық және бактериологиялық таза дақылдары

Цианобактериялардың оқшауланған дақылдарының бактерияға қарсы белсенділігі

Цианобактериялар – әртүрлі биоактивті молекулалардың өндірушілері болып саналады және ол бұл организмдерге эволюциялық артықшылықтарды қамтамасыз етеді. Сигналдық метаболиттердің функцияларын орындайтын, сондай-ақ басқа организмдердің өсуі мен дамуына әсер ететін цианобактериялармен синтезделген аллелохимиялық сипаттағы заттар бактерияларға қарсы, зек саңырауқұлақтарына және вирустарға қарсы әсері әсер етуі мүмкін [17,18].

Ақдала күріш алқаптарынан бөлініп алынған цианобактерия дақылдарының бактерияға қарсы белсенділігін зерттеу үшін цианобактериялар биомассасы алынды. Цианобактерия дақылдарының биомассасынан әр түрлі еріткіштер көмегімен сығындылар алынды. Ампициллин антибиотигі оң бақылау ретінде пайдаланылды. Зерттеу нәтижесінде өсу аймағының тежелу диаметрі цианобактериялардың түріне, қолданылған еріткіш түріне және сыналған микроорганизмдердің түріне байланысты болатыны анықталды.

Зерттелген дақылдардың ішінде *Oscillatoria* SP S-3 және *Anabaena* SP S-5 дақылының метанол сығындылары бактерияға қарсы жоғары белсенділікті көрсетті. Зерттеу нәтижелері бойынша *Oscillatoria* SP S-3 культурасының метанол сығындысының бактерияға қарсы әсерін зерттеу кезінде тежелу аймағының диаметрі *E. Coli* - $12 \pm 0,02$ мм, *Staphylococcus aureus* - $11 \pm 0,01$ мм. *P. aeruginosa* және *B. subtilis* бактерияларында өсудің тежелу аймағы небәрі $9,2 \pm 0,03$ және $9,3 \pm 0,01$ мм болды (кесте 2).

Зерттеудегі ең жоғары бактерияға қарсы белсенділік *Anabaena* SP S-5 культурасының метанол сығындысының әсері *B. subtilis* - $12 \pm 0,05$ мм және *E. coli* - $10,8 \pm 0,01$ мм, содан кейін *Staphylococcus aureus* - $9,2 \pm 0,05$ мм және *P. aeruginosa* - $8,5 \pm 0,06$ мм (2-кесте) бақыланды.

Oscillatoria SP S3 дақылы, зерттелген микроорганизмдердің тест штамдарына орташа бактерияға қарсы белсенділікті көрсетті (кесте 2).

Бактериялардың зерттелген тест штамдары *Synechococcus SP S-4* дақылының метанол сығындысына тежелудің ең аз аймағын көрсетті. Өсудің тежелу аймағы 0,9-2,5 мм аралығында болды.

Кесте 2 - Бөлініп алынған цианобактерия дақылдарының әртүрлі сығындыларына тест микроорганизмдердің сезімталдығы (өсудің тежелу аймағы, мм).

Цианобактерия дақылдары	Микроорганизмдердің тест дақылдары	Оқшауланған цианобактерия дақылдарының экстракты	
		Метанол	Этанол
<i>Phormidium SP S-2</i>	<i>P. aeruginosa</i>	5,5±0,06	1,3±0,02
	<i>B. subtilis</i>	4,3±0,01	0,8±0,06
	<i>E. coli</i>	3,2±0,04	1,0±0,04
	<i>St. aureus</i>	3,5±0,02	1,2±0,02
<i>Oscillatoria SP S-3</i>	<i>P. aeruginosa</i>	9,2±0,03	5,6±0,04
	<i>B. subtilis</i>	9,3±0,01	4,3±0,05
	<i>E. coli</i>	12 ±0,02	6,6±0,04
	<i>St. aureus</i>	11±0,01	5,3±0,01
<i>Synechococcus SP S-4</i>	<i>P. aeruginosa</i>	2,5±0,01	0,5±0,02
	<i>B. subtilis</i>	1,3±0,03	0,2±0,01
	<i>E. coli</i>	1,2±0,01	0,3±0,02
	<i>St. aureus</i>	0,9±0,02	0,1±0,02
<i>Anabaena SP S-5</i>	<i>P. aeruginosa</i>	8,5±0,06	10,2±0,03
	<i>B. subtilis</i>	12 ±0,05	5,2±0,04
	<i>E. coli</i>	10,8±0,01	5,5±0,01
	<i>St. aureus</i>	9,2±0,05	4,6±0,02

Этанол сығындысы жағдайында бактерияға қарсы белсенділікті *Oscillatoria sp S3* және *Anabaena SP S5* дақылдары да көрсетті, бірақ метанол сығындысымен салыстырғанда онша айқын емес. *Oscillatoria SP S-3* культурасының этанол сығындысын пайдаланған кезде өсудің тежелу аймағы *E. coli* - 6,6±0,04 мм құрады, ал аталған дақылдың метанол сығындысында өсудің тежелу диаметрі 12 ±0,02 мм көрсетті. Бірақ өсудің белсенді тежелуі *P. aeruginosa* бактериясында *Anabaena SP S5* дақылының этанол сығындысын зерттеу кезінде байқалды және тежелу аймағы 10,2±0,03 мм болды, ал осы дақылдың метанол сығындысында тест дақылдың өсуінің тежелу аймағы 8,5±0,06 мм болды (кесте 2).

Оң бақылауда (ампициллин) зерттелген тест микроорганизмдердің өсуінің тежелу аймақтары айқын көрінді, және тежелу диаметрі 18-ден 20 мм аралығында болды.

Бөлініп алынған цианобактерия дақылдарының сығындыларының бактерияға қарсы әсері коммерциялық ампициллин антибиотиктерімен салыстырылды және бұл салыстырудың нәтижелері бактерияға қарсы индекс ретінде (кесте 3) келтірілген. Индекс деректеріне сәйкес, *Oscillatoria SP S-3* және *Anabaena SP S-5* дақылынан алынған метанол сығындыларының тиімділігі, әсіресе *E. coli*-ге қатысты, 66,6% және 60% ампициллин антибиотигінің тиімділігіне жақын. Сондай-ақ *Oscillatoria SP S-3* культурасы *St aureus* - 55% бактериясына қарсы оң белсенділік көрсетті. *Anabaena SP S5* дақылы тест дақылдардың өсуін тежеуге қатысты айтарлықтай белсенділік көрсетті және бактерияға қарсы индекс метанол сығындысымен *E.coli* -60% және этанол сығындысымен *P. aeruginosa* -51% құрады.

Кесте 3 - Бөлініп алынған цианобактерия дақылдарының сығындыларының бактерияға қарсы индексі %.

Цианобактерия дақылдары	Микроорганизмдердің тест дақылдары	Оқшаланған цианобактерия дақылдарының экстракты	
		Метанол	Этанол
<i>Phormidium</i> SP S-2	<i>P. aeruginosa</i>	27,5	6,5
	<i>B. subtilis</i>	22,6	4,2
	<i>E. coli</i>	17,7	5,5
	<i>St. aureus</i>	17,5	6
<i>Oscillatoria</i> SP S-3	<i>P. aeruginosa</i>	46	28
	<i>B. subtilis</i>	48,9	22,6
	<i>E. coli</i>	66,6	36,6
	<i>St. aureus</i>	55	26,5
<i>Synechococcus</i> SP S-4	<i>P. aeruginosa</i>	12,5	2,5
	<i>B. subtilis</i>	6,8	1,0
	<i>E. coli</i>	6,6	1,6
	<i>St. aureus</i>	4,5	0,5
<i>Anabaena</i> SP S-5	<i>P. aeruginosa</i>	42,5	51
	<i>B. subtilis</i>	63,1	27,3
	<i>E. coli</i>	60	30,5
	<i>St. aureus</i>	46	23

Зерттеу нәтижелері бойынша цианобактериялардың барлық бөлініп алынған дақылдарының ішінде *Oscillatoria* SP S-3, *Anabaena* SP S-5 дақылдары тест штамдарының өсуінің тежелуінің ең үлкен аймақтарын көрсетіп, максимальды бактерияға қарсы белсенділікті көрсеткенін атап өтуге болады. *Phormidium* SP S-2, *Synechococcus* SP S-4 дақылдарында зерттелген тест дақылдар қатынасында төменгі бактерияға қарсы белсенділік бақыланды. Кең спектрлі антибиотик ампициллин барлық тест бактериялардың өсуін тежеп, айқын өсу зонасының тежелуі анықталды.

Қорытынды

Цианобактериялар жаңа препараттарды әзірлеу үшін ықтимал бактерияларға қарсы белсенділігі бар табиғи өнімдердің ең перспективалы, бірақ пайдаланылмаған көздерінің бірі болып саналады. Оңтайлы жарық, су, температура, ылғалдылық және қоректік заттардың қол жетімділігі бар күріш алқаптарының экожүйелері цианобактериялардың жаппай өсуі үшін қолайлы ортаны қамтамасыз етеді. Зерттеу нәтижелері бойынша Ақдала массивінің егіс алқаптарының топырағынан микробалдырлар мен цианобактериялардың 48 түрі, оның ішінде 21 түрі - цианобактериялар анықталды. Цианобактериялар өкілдерінің негізгі үлесі гетероцисталы формалар болды. Жіп тәрізді гетероцисталы формалардың басқа формаларға (бір жасушалы және жіп тәрізді гетероцисталы емес) үстемдігі күріш алқаптарының басқа топырақтарында да тіркелді [19]. Цианобактериялар табиғатта кең таралғанымен, гетероцисталы популяциясының көпшілігі батпақты күріш алқаптарында өсетіні әдеби мәліметтерде келтірілген, өйткені күріш алқаптары азотты бекітетін цианобактериялардың мол өсуіне өте қолайлы орта болып саналады [20].

Анықталған цианобактериялардан 5 альгологиялық таза цианобактерия дақылдары бөлініп алынды, бірақ оның тек төрт дақылы бактериологиялық таза дақыл ретінде бөлініп алынды.

Соңғы онжылдықтарда скринингтік бағдарламалар цианобактериялардың медицина мен фармация үшін жаңа белсенді заттардың әлеуетті көзі екенін көрсетті және көптеген белсенді қосылыстар бөлініп алынды [21]. Эволюция процесінде цианобактериялар басқа организмдердің өліміне әкелетін заттарды детоксикациялаудың әртүрлі механизмдерін жасады [22]. Топырақ цианобактерияларының бәсекеге қабілеттілігі, атап айтқанда,

олардың басқа микроорганизмдердің көбеюін тежейтін биологиялық белсенді заттардың синтезі сияқты қабілетіне негізделген.

Зерттеу нәтижелері бойынша бактериологиялық таза дақыл ретінде бөлініп алынған цианобактериялардың арасынан *Oscillatoria SP S-3*, *Anabaena SP S-5* дақылдарының метанол ерітіндісінде *E. coli* және *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis* өсуінің тежелуінің ең үлкен аудандарын көрсетете отырып максималды бактерияға қарсы белсенділікті көрсетті. Бұл нәтижелер Osman R. K. et al мәліметтеріне сәйкес келеді (2015), цианобактериялардың 14 түрін селективті іріктеу нәтижелері бойынша *Fisherella sp.*, *Oscillatoria sp.* және *Anabaena sp.* дақылдары грамтеріс бактериялар *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimuri* грам-оң бактериялар *S. aureus*, *B. cereus* қарсы антагонистік белсенділікке ие болды [23].

Әртүрлі еріткіштерді қолдану арқылы алынған цианобактериялардың әртүрлі түрлерінің сығындылары патогендер қатынасында бактерияларға қарсы белсенділіктің әртүрлі дәрежесі көптеген әдеби мәліметтерде келтірілген. Tiwari & Sharma зерттеулерінде *Anabaena variabilis* және *Synechococcus* цианобактериялық сығындылары *Enterococcus sp.*, *Klebsiella sp.* және *E. coli* қарсы айтарлықтай бактерияға қарсы белсенділікті көрсетті [24]. Басқа авторлар *B. subtilis* және *P. aeruginosa*-ға қарсы хлороформ мен метанолдан алынған *Anabaena variabilis* дақылының сығындылары айтарлықтай бактерияға қарсы белсенділігін байқады [25].

Бактерияларға қарсы агенттер ретінде цианобактериялардан хлореллин туындылары, акрил қышқылы, алифатты қосылыстар, терпендер, күкірт бар гетерофильді қосылыстар, фенол ингибиторлары және т. б. сияқты көптеген заттар анықталды [26].

Олар әртүрлі биотехнологиялық маңызды қосылыстардың көп мөлшерін алу үшін орасан зор, бірақ әлі де аз пайдаланылған ресурс болып табылады, өйткені олар әртүрлі әсер ететін биологиялық белсенді заттарды синтездейді, соның ішінде саңырауқұлаққа қарсы, бактерияға қарсы және вирусқа қарсы белсенділік. Ал цианобактериялардың жаңа түрлерін іздестіру және оқшаулау және биологиялық белсенді заттардың продуценттерін дұрыс таңдау ауыл шаруашылығы биотехнологиясында үлкен мүмкіндіктер мен перспективалар ашады. Табиғи тектес қосылыстар синтетикалық қосылыстармен салыстырғанда оңай биологиялық ыдырайды және қоршаған ортаға қауіпсіз қосылыстар болып саналады [27].

Қаржыландыру

Бұл жұмыс ИРН AP14870201 «Ауыл шаруашылығы биотехнологиясында пайдалану үшін цианобактериялардың болашағы мол жаңа екінші реттік метаболиттерін іздеу және зерттеу», AP13068051 «Ауыл шаруашылығы өсімдіктерінің өнімділігін арттыру үшін микробалдырлар мен цианобактериялар штамдары негізінде биопрепараттар алу технологиясын әзірлеу» есебінен орындалды.

Әдебиеттер:

- 1 Abed R.M., Dobretsov S., Sudesh K. Applications of cyanobacteria in biotechnology. *Journal of Applied Microbiology*, 2009, 106: 1–12.
- 2 Prasanna R., Sood A., Ratha S.K., Singh P.K., Naveen K. Sharma, Ashwani K. Rai and Lucas J. Sta (eds.). Cyanobacteria as a “green” option for sustainable agriculture. *Cyanobacteria: an economic perspective*, 2014, 9: 145-166.
- 3 Thajuddin, N., Subramanian, G. Cyanobacterial biodiversity and potential applications in biotechnology. *Current Science*, 2005, 89 (1): 47-57.
- 4 Kreitlow, S., Mundt, S. & Lindequist, U. Cyanobacteria - a potential source of new biologically active substances. *Progress in Industrial Microbiology*, 1999, 35: 61-63.
- 5 Taskin E., Ozturk M., Taskin, E. & Kurt O. Antibacterial activities of some marine algae from the Aegean Sea (Turkey). *African Journal of Biotechnology*, 2007, 6(24): 2746-2751.

- 6 Kim J.D. Screening of Cyanobacteria (Blue-Green algae) from Rice Paddy Soil for Antifungal Activity against Plant Pathogenic Fungi. *Microbiology*, 2006, 34(3):138-42 (doi: 10.4489/MYCO.2006.34.3.138).
- 7 Derikvand P., Llewellyn C.A., Purton S. Cyanobacterial metabolites as a source of sunscreens and moisturizers: A comparison with current synthetic compounds. *European Journal of Phycology*, 2017, 52:43-56. (doi: 10.1080/09670262.2016.1214882).
- 8 Mallavarapu, M. Healthy levels of soil algae lift plant growth, CISRO land and water farming ahead, 2001, 120:21.
- 9 Bowman J.P., Rea S.M., McCammon S.A. et al. Diversity and community structure within anoxic sediment from marine salinity meromictic lakes and a coastal meromictic marine basin, Vestfold Hills, Eastern Antarctica. *Environmental Microbiology*, 2000, 2: 227-237.
- 10 Голлербах М. М., Полянский В. Н. *Пресноводные водоросли их изучение*. Изд-во «Сов. наука», 2001. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. М.: Изд-во «Сов. наука», 1953.
- 11 А. М. Музафаров, А. Э. Эргашев, С. Халилов. *Определитель синезеленых водорослей Средней Азии*, АН УзССР, Ин-т ботаники, Ташкент, 1987.
- 12 Temraleeva A.D., Dronova S.A., Moskalenko S. V., Didovich S.V. Modern methods for isolation, purification, and cultivation of soil cyanobacteria. *Microbiology*, 2016, 85: 389–399.
- 13 Malathi, T., Ramesh Babu, M., Mounika, T., Snehalatha, D. & Digamber Rao Screening of cyanobacterial strains for antibacterial activity. *Phykos: Journal of the Phycological Society*, 2014, 44(2): 6-11.
- 14 Perez, C., Pauli, M. & Bazerque, P. An antibiotic assay by agar-well diffusion method. *Acta Biologiae et Medecine Experimentalis*, 1990, 15: 113-115.
- 15 Poshanov M.N., Otarov A., Duisekov S.N., Elantseva N.V., Smanov Z.M., Suleimenova A.I. Calculation of water flow in using various methods of rice irrigation (drip irrigation and pressing). *Soil Science and Agrichemistry*, 2018, 4: 40-47.
- 16 Кулагин В.В., Шакибаев И.И., Муртазин Е.Ж. *Методические указания по проведению мониторинга орошаемых земель Республики Казахстан*. Астана, 1998.
- 17 Кокшарова О.А. Применение методов молекулярной генетики и микробиологии в экологии и биотехнологии цианобактерий. *Микробиология*, 2010, 79(6): 734-747.
- 18 Singh R., Parihar P., Singh M., Bajguz A., Kumar J., Singh S., Singh V. P., Prasad S. M. Uncovering Potential Applications of Cyanobacteria and Algal Metabolites in Biology, Agriculture and Medicine: Current Status and Future Prospects. *Frontiers Microbiology*, 2017, 8: 515.
- 19 Abinandan S., Subashchandrabose SR., Venkateswarlu K., Megharaj M. Soil microalgae and cyanobacteria: the biotechnological potential in the maintenance of soil fertility and health. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2019, 39(8): 981–998.
- 20 Bharadwaj N., Baruah P.P. Diversity and abundance of N₂-fixing cyanobacterial population in rice field soil crusts of Lower Brahmaputra Valley agro-climatic zone. *Journal Algal Biomass Utilization*, 4:23–33.
- 21 Chunleuchanon S., Sooksawang A., Teaumroong N., Boonkerd N. Diversity of nitrogen-fixing cyanobacteria under various ecosystems of Thailand: population dynamics as affected by environmental factors. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2003, 19(2): 167–173.
- 22 Kumar B.N.P., Manaboobi S., Satyam S. Cyanobacteria: a potential natural source for drug discovery and bioremediation. *Journal of Industrial Pollution Control*, 2016, 32 (2): 508–517.
- 23 Osman R.K., Goda H.A., Higazy A.M. Evalution of some extra- and intracellular cyanobacterial extracts as antimicrobial agents. *International Journal of Advanced Research*, 2015, 5: 852–864.
- 24 Tiwari, A. & Sharma, D. Antibacterial activity of bloom farming Cyanobacteria against clinically isolated human pathogenic microbes. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 2013, 4 (1): 83-89.
- 25 Malathi, T., Ramesh Babu, M., Mounika, T., Snehalatha, D. & Digamber Rao, Screening of cyanobacterial strains for antibacterial activity. *Phykos: Journal of the Phycological Society*, 2014, 44(2): 6-11.

26 Lavanya R., Veerappan V. Antibacterial potential of six seaweeds collected from Gulf of Mannar of southeast coast of India. *Advances in Biological Research*, 2011, 5(1): 38-44.

27 Oz Demir G., Karabay N.U., Dalay M.C., Pazarbasi B. Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina platensis*. *Phytother Res*, 2004, 18: 754-757.

С.Н. СЕЙІЛБЕК, М. ТОРТАЙ, Н.Р. АКМУХАНОВА*, Ф.К. САРСЕКЕЕВА,
Д.К. КИРБАЕВА, Н.Е. БИДАҒҰЛОВА, Н.А. АЛТЫБАЕВА, А.Б. ЕЛАМАНОВА
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ АКДАЛИНСКОГО МАССИВА И ВЫДЕЛЕНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Аннотация

Изучено видовое разнообразие цианобактерий и микроводорослей посевных площадей Акдалинского массива Алматинской области. Биоразнообразие микроорганизмов представляет собой крупнейший неиспользованный резервуар для потенциального открытия новых перспективных видов микроорганизмов. Целью исследований было изучение видового разнообразия микроводорослей и цианобактерий и выделение перспективных видов цианобактерий. По результатам исследований из почв посевных площадей Акдалинского массива были выделены 48 видов микроводорослей и цианобактерий, из них 21 вид - цианобактерии. Основную долю представителей цианобактерий составляли гетероцистные формы. Из определенных видов цианобактерий выделено 5 альгологически чистых культур, но при получении бактериологически чистых культур после обработки с антибиотиками 4 культуры цианобактерий получены в чистом виде. По результатам исследований из выделенных четырех видов цианобактерий максимальную антибактериальную активность проявляли культуры *Oscillatoria* SP S-3, *Anabaena* SP S-5, показывая наибольшие площади угнетения роста тест-культур *E. coli* и *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis* с экстрактами метанола. Цианобактерии представляют собой огромный, но еще малоиспользуемый, ресурс для получения большого количества различных биотехнологически важных соединений, обладающих антифунгальной, антибактериальной и антивирусной активностью. Поиск и выделение новых видов цианобактерий и правильный выбор продуцентов биологически активных веществ открывает большие возможности и перспективы в агробиотехнологии.

Ключевые слова: биоразнообразие, микроводоросли, цианобактерии, альгологически чистые культуры, антибактериальная активность.

IRSTI: 62.99.39

S.N. SEILBEK, M. TORTAY, N.R. AKMUKHANOVA*, F.K. SARSEKEEVA,
D.K. KIRBAEVA, N.E. BIDAGULOVA, N.A. ALTYBAEVA,
A.B. ELAMANOVA

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

BIODIVERSITY OF MICROALGAE OF ACREAGE OF THE AKDALA VALLEY AND ISOLATION OF CYANOBACTERIA WITH ANTIBACTERIAL ACTIVITY

doi: 10.53729/MV-AS.2023.01.14

Abstract

The species diversity of cyanobacteria and microalgae of the acreage of the Akdala valley in the Almaty region has been studied. Microbial biodiversity represents the largest untapped reservoir for the potential discovery of new promising species of microorganisms. The aim of the research was to study the species diversity of microalgae and cyanobacteria and identify promising species of cyanobacteria. According to the results of the research, 48 species of microalgae and cyanobacteria were identified from the soils of the acreage of the Akdala valley, where 21 species were cyanobacteria. The main proportion of representatives of cyanobacteria were heterocystic forms. 5 algological pure cyanobacteria cultures were isolated from certain types of cyanobacteria, but when obtaining bacteriologically pure cultures after treatment with antibiotics, 4 cyanobacteria cultures were obtained in pure form. According to the results of the research, the cultures of *Oscillatoria* SP S-3, *Anabaena* SP S-5 showed the maximum antibacterial activity from the isolated four species of cyanobacteria, also showing the largest areas of growth inhibition of the test strains of *E. coli* and *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis* with methanol extracts. Cyanobacteria are a huge, but still small-used resource for obtaining a large number of various biotechnologically important compounds, because they synthesize various biologically active substances, which have antifungal, antibacterial, anti-virus activity. The search and isolation of new species of cyanobacteria and the right choice of producers of biologically active substances opens up great opportunities and prospects in agrobiotechnology.

Keywords: biodiversity, microalgae, cyanobacteria, algologically pure cultures, antibacterial activity.

The emergence of soil organic matter occurs with the direct participation of microorganisms, whose multilateral action on plant and animal residues is described by a variety of biochemical reactions. Filling the spaces unoccupied by higher plants, Cyanobacteria serve as a factor of additional assimilation of solar energy and a source of additional biomass [1]. They participate in the formation of soils and affect the physicochemical properties of the formed soils. The functions of cyanobacteria in soils are determined by the ability to produce organic matter, fix atmospheric nitrogen, increase the availability of phosphorus and other elements, release phytohormones and toxins and also provide anti-erosion activity due to mucous substances and filamentous thallomas [2]. The components producing cyanobacteria are antioxidants and pigments (including fucoxanthin, carotenoids, lutein, b-carotene, astaxanthin and phycobilliproteins), long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) and proteins (essential amino acids methionine, threonine and tryptophan). These secondary metabolites are widely used in the food, feed, agricultural and pharmaceutical industries [3].

It is also known that various types of cyanobacteria produce intracellular and extracellular metabolites with antibacterial and antifungal properties [4]. Antimicrobials are widely used in the treatment of bacterial infections, but bacteria can become resistant to existing drugs. For this reason, researchers began searching for natural compounds to discover new antibacterial compounds [5]. Cyanobacteria are considered as promising biological resources in this area.

Cyanobacteria are the main component of the microbial community in rice fields, contribute

to the fertility of agricultural ecosystems and potential source of biologically active secondary metabolites, which are compounds that are not necessary for cellular metabolism [6]. Some potential applications of cyanobacteria that should be considered are the production of antibacterial compounds for the pharmaceutical industry and the agricultural sector as biofertilizers and biocontrol agents. Isolation and screening of cyanobacteria for the presence of antibacterial substances and other pharmacologically active compounds is for increasing interest as a potential source of new agrochemical agents [7]. In this regard, the purpose of our research work is to study the species diversity of cyanobacteria and microalgae of the acreage of the Akdala valley in the Almaty region and identify promising species of cyanobacteria.

Materials and methods

The object of research is the rice systems of the Akdala rice-growing valley, located on the delta of the Ile River.

Soil sampling was carried out using the envelope method [8]. A total of 28 algological samples were collected. All collected samples were carefully labelled. The labels indicated the sample number, the time and place of collection and the name of the collector. In the course of the study, field collections and laboratory analyses were carried out using methods generally accepted in algological practice. The qualitative composition of cyanobacteria was analyzed by the fouling glass method. To do this, the soil samples were placed in Petri dishes, soaked with BG-11 medium and cover glasses were placed on the surface so that they were in full contact with the soil.

The cups were incubated in natural light and at room temperature, and after 30 days the glasses were examined for the presence of fouling. Cyanobacteria and microalgae were researched using «Premere» and «MicrosAustria» light microscopes with magnification from 40 to 100 times. About 30-40 visual fields were viewed from each water sample on at least 5 preparations. The results obtained were shown as the number of cells in 1 ml of water. The number of cyanobacteria and microalgae was estimated on a frequency scale when recalculated by 100 visual fields [9]. The types of cyanobacteria and microalgae were determined in the native and fixed preparations of cells. At the same time, formaldehyde and iodine solutions were used as a fixative. The types of cyanobacteria and microalgae were determined using determinants [10, 11].

The accumulation culture of cyanobacteria was obtained according to the traditional method, standard microbiological methods were used to isolate an algologically pure culture from the accumulation cultures [12]. Cyanobacteria were grown in 500 ml flasks under sterile conditions. The mineral medium of Gromov, Zarruk, IP-11 were used.

To obtain extracts of cyanobacteria, dry biomass of isolated cultures was obtained. Dried samples were crushed using a sterile mortar and pestle. Then 0.5 g of the crushed sample was mixed with 10 ml of the solvents used (methanol, ethanol) and kept overnight at room temperature in a rotating shaker for complete extraction. At 4000 rpm for 15 minutes, the extracts were centrifuged and concentrated at 50°C at reduced pressure. The concentration was adjusted to 1 mg/ml using the same solvent used for extraction and analyzed for antibacterial activity [13].

The antibacterial activity of isolated cyanobacteria cultures was studied on four types of microorganisms from the culture collection of the Biotechnology faculty of Al-Farabi Kazakh National University: gram-negative cocci facultative anaerobes *Escherichia coli* and aerobic *Pseudomonas aeruginosa*, aerobic gram-positive spore-forming cocci *Bacillus subtilis* and facultative anaerobic gram-positive cocci *Staphylococcus aureus*. Antibacterial activity was determined using the agar diffusion method [14]. For the study, pure cultures of microorganisms pre-grown on meat-peptone agar (MPA) at a temperature of 37°C for 24 hours were used. The standard bacterial suspension was prepared on a sterile 0.9% sodium chloride solution. To do this, the culture was introduced into a sterile vial with sterile saline with a bacteriological loop and the concentration of microorganisms was brought to a value of 0.5 units of the McFarland turbidity standard. Melted and cooled until 56°C MPA was poured into Petri dishes. 1.0 ml of the corresponding suspension of microorganisms was added to the frozen agar using an automatic pipette under sterile conditions in Petri dishes. After the uniform distribution of microorganisms

over the entire surface of the agar, the cups were incubated at room temperature for 15-20 minutes. Then seven holes with a diameter of 6.0 mm were made on a cup with microorganisms. Then, with the help of an automatic micropipette, cyanobacteria extracts were introduced into six wells by 20 µl. The samples were incubated at a temperature of 37 °C for 16 hours. The results were taken into account by the presence or absence of bacterial growth around the wells with extraction by measuring the diameter of the zone around the well in millimeters.

Discs with the antibiotic ampicillin (10 micrograms) were used as a positive reference standard for determining sensitivity. The experiment was carried out in a triple repetition.

The antibacterial index of the researched cultures was determined by the formula:

Antibacterial index = (extract inhibition zone/antibiotic inhibition zone) × 100.

Results and discussion

Algoflora of acreage of the Akdala valley in the Almaty region

In the Akdala Valley, irrigation under rice is mainly developed takyr-like soils with different degrees of salinization. The salinization of these soils has a relict character, inherited from earlier hydromorphic soil formation periods [15]. The valley administratively belongs to the Balkhash district of the Almaty region. On the Akdala irrigation valley, the climate is sharply continental, arid with a large amplitude of daily and annual temperatures. Winter is cold, with little snow, summer is hot and dry. According to the meteorological station in the village of Bakanas, the highest monthly average air temperature values 24-26°C are observed in July, with an absolute maximum of 45°C, the lowest minus 14-16°C in January, with an absolute minimum of minus 45°C. The average annual temperature is positive, about 6.6-9.9°C. The duration of the frost-free season is 150-160 days. The depth of freezing of the soil usually does not exceed 40-45 cm and only in severe winters with little snow reaches 1 m. The amount of precipitation in the long-term cycle varies from 100 to 360 mm, but on average is 180-240 mm [16].

According to the results of the research, 48 species of microalgae and cyanobacteria were identified from selected soil samples. Five species are yellow-green, 21 species are cyanobacteria, 8 species are diatoms and 14 species are green. The group that has the most common species is represented by 5 species: *Phormidium autumnale*, *Nitzschia palea*, *Chlorella vulgaris* and *Nostoc linckia*, *Anabaena flos-aquae*. Two classes of *Chlorophyll* species (*Chlamydomonadaceae* and *Chlorococcaceae*) have been identified among green algae. The *Bacillariophyta* division included representatives of the *Bacillariaceae* and *Diadesmidaceae* families. From the yellow-green family *Botrydiopsidae* and *Eustigmataceae*.

Of the certain species of cyanobacteria, the leading position in species diversity is occupied by the family *Nostocaceae*, headed by 4 genera (*Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aulosira* and *Nostoc*). The main part of representatives of cyanobacteria that grew up attached to glass is *Anabaena cylindrica*, *A. oscillarioides*, *Nostoc commune*, composed of heterocystic forms. The genera *Plectonema*, *Synechococcus* differ in a smaller number of the *Cyanophyta* species. *Filamentous heterocystic* (75%) cyanobacteria demonstrated clear dominance over unicellular colonial (14%) and filamentous non-heterocystic (11%) forms.

Isolation of algologically and bacteriologically pure Cyanobacteria cultures

Using the method of accumulative cultures based on selected soil samples, 5 algologically pure cyanobacteria cultures were isolated. According to morphological features, cyanobacteria are mostly filamentous or form colonies, only the S-4 culture has a coccoid cell shape.

At the next stage, the obtained algologically pure cyanobacteria cultures were purified from satellite bacteria. According to the estimates of bacteriological analysis, concomitant microflora was present in all cultures. It was revealed that the accompanying microflora of isolated cyanobacteria mainly consists of gram-positive and gram-negative bacteria, yeast and mold. The purification of isolated cultures from bacteria is a very complex and time-consuming process, since it is known that there are dense biocenotic connections between cyanobacteria and bacteria. The mucous membranes of cyanobacteria serve as a source of nutrition and shelters for

microorganisms. This close relationship determines the difficulties of dividing such communities into isolated cultures: cyanobacteria and bacteria.

Different antibiotics were used for bacteriological purification of cyanobacteria. It was determined that when using antibiotics in lower concentrations, the growth of associated microorganisms, yeast, mold, gram-positive and gram-negative bacteria was still observed. During the analysis of the antibiotic sensitivity of the associated microflora, it was found that some bacteria are sensitive to some antibiotics, and the latter to others. Further, mixtures of antibiotics were selected for purification: broad-spectrum antibiotics, against gram-positive and gram-negative bacteria, and antifungal antibiotics in various concentrations, since the accompanying microflora reacted differently to different antibiotics. A broad-spectrum fungicidal antibiotic nystatin was selected as an antifungal antibiotic in all variants (Table 1).

Table 1 - Bacteriological purification of cyanobacteria from accompanying microflora

A mixture of antibiotics	Culture S-1		Culture S-2		Culture S-3		Culture S-4		Culture S-5	
	cm	C	cm	C	cm	C	cm	C	cm	C
Gentamicin+ penicillin+ tetracycline+nystatin	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+
Neomycin+ ampicillin +chloramphenicol+ nystatin	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
Kanamycin+ penicillin+ lincomycin+ nystatin	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+
Penicillin+ gentamicin+ kanamycin+ nystatin	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+

Note: cm - concomitant microflora, C-cyanobacteria, - lack of growth, + culture growth.

These attempts to eliminate the accompanying microflora of cyanobacteria using a mixture of antibiotics were successful for 4 out of 5 tested cyanobacteria cultures. It was found that after using a mixture of antibiotics, the S-1 culture was still heavily infected with satellite bacteria. An increase in the concentration of antibiotics had a bactericidal effect on both satellite bacteria and cyanobacteria culture.

As a result of treatment with a mixture of antibiotics, 4 cultures of cyanobacteria were obtained bacteriologically pure. The viability of cyanobacteria was tested in two ways - microscopically and culturally. The 4 cyanobacteria cultures obtained were recognized as bacteriologically pure, since the growth of "dormant" satellite bacteria after holding the cultures at room temperature for 7 days was not detected.

The study of the morphology of bacteriologically pure cyanobacteria showed that the culture of S-2 turf is leathery, thin, pale blue-green, trichomes are curved, intertwined, laced at the transverse partitions, not thin and straight at the ends, bright blue-green, 0.6-0.8 microns wide. The vaginas are colorless, glued together. The cells are cylindrical, their length is 2-8 times greater than the width, at the transverse partitions without granulations. The threads are the same thickness throughout, only the very end of it is very slightly narrowed and slightly bent. The terminal cell is obtusely conical. Division occurs in one plane, which leads to a linear arrangement of cells. The color is blue-green, the cells do not settle to the bottom, growing only by forming fouling on the vessel wall. It grows poorly on a solid medium, growth appears only on 8-10 days of cultivation. It grows well at an air temperature of 22-30°C on the liquid medium of Zaruk (Fig.1). According to morphological characteristics, it is identified as - class: *Oscillatoriothyracaceae* Order: *Oscillatoriales*, Family: *Phormidiaceae*, a genus of *Phormidium*, species *Phormidium* SP S-2.

Culture S-3 is filamentous, with a well-defined mucous membrane, single-row trichomes, dark blue-green, cell sizes 2.2- 2.4-x 4,2-5.9 microns. Trichomes form strands that are located relatively parallel. The trichomes are straight, slightly laced at the transverse partitions, 4-10 microns wide, bright blue-green, sometimes slightly curved towards the ends. The length of the

cells is 2.6-5 microns, i.e. 2-3 times shorter than the width. Granulation at the transverse partitions is mostly clearly noticeable. The terminal cells are more or less clearly hemispherical, sometimes with a slightly thickened shell. Division occurs in one plane, which leads to a linear arrangement of cells. The color is blue-green, the cells do not settle to the bottom, growing only by forming fouling on the vessel wall. It grows poorly on a solid medium, growth appears only on 8-10 days of cultivation. The strain is autotrophic. It grows well at an air temperature of 22-30°C on liquid and agarized Gromov medium (Fig.1).

According to morphological characteristics, it is identified as a - Class: *Oscillatoriophyceae* Order: *Oscillatoriales*, Family: *Oscillatoriaceae*, a genus of *Oscillatoria*, species *Oscillatoria* SP S-3.

Culture S-4 - They developed well in a liquid medium and was a suspension of dark green color. On the agarized solid nutrient medium, the correct colonies are formed. Morphologically, the cells are oval in shape with rounded ends, sometimes slightly curved, the size of adult cells is 3.6-7.7 microns in length. Cell division is correct, after division, daughter cells sometimes remain connected in chains of two or four cells. It grows well at an air temperature of 22-35°C on the liquid medium of Zaruka (Fig.1). According to morphological characteristics, it is identified as a - class: *Synechococcophyceae*, Order: *Synechococcales*, Family: *Synechococcaceae*, a genus of *Synechococcus*, species *Synechococcus* SP S-4.

Culture S-5- The turf is dark blue-green. Trichomes are not narrowed at the ends and have pronounced constrictions in the places of the partitions. Trichomes are single, straight, and consist of spherical cells, among which heterocysts and, less often, akinets were found. Heterocysts are intercalary in most cases. The diameter of the trichomes is within 2-8 microns. The division takes place in one plane. On a liquid medium, it grows forming fouling on the vessel wall. The strain is autotrophic. It grows well at an air temperature of 22-30°C on liquid and agarized media BG-11 (Figure 1). According to morphological characteristics, it is identified as a - class: *Nostocophyceae*, Order: *Nostocales*, Family: *Nostocaceae*, a genus of *Anabaena*, species *Anabaena* SP S-5.

According to the results of the research, 5 algologically pure cyanobacteria cultures were isolated from the researched soil sample, but when obtaining bacteriologically pure cultures after treatment with antibiotics, 4 cyanobacteria cultures were obtained in pure form.

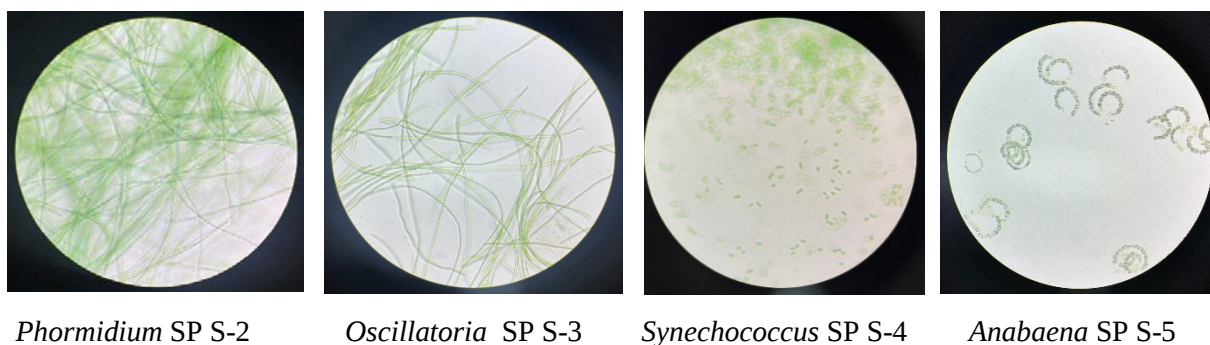


Figure 1 - Isolated algologically and bacteriologically pure cyanobacteria cultures

Antibacterial activity of isolated cyanobacteria cultures

Cyanobacteria are producers of various bioactive molecules, the production of which has provided these organisms with evolutionary advantages. Allelochemical substances synthesized by cyanobacteria that perform the functions of signaling metabolites, as well as affecting the growth and development of other organisms, can have a toxic effect. In addition to toxins, cyanobacteria metabolites are rich in other active compounds with antibacterial, antifungicidal and antiviral effects [17, 18].

To study the antibacterial activity of the isolated strains of cyanobacteria, the biomass of cyanobacteria was obtained. Extracts with different solvents were obtained from the biomass of

cyanobacteria strains. The antibiotic ampicillin was used as a positive control. Obviously, the diameter of the inhibition zone depends on the type of cyanobacteria, the type of solvent used and the microorganisms tested.

Of the investigated cultures, the best antibacterial activity was shown by methanol extracts of *Oscillatoria* SP S-3 and *Anabaena* SP S-5 cultures. According to the results of the research, the diameter of the inhibition zone when searching the antibacterial effect of the methanol extract of the *Oscillatoria* SP S-3 culture was *E. coli* – 12 ± 0.02 mm, *Staphylococcus aureus* - 11 ± 0.01 mm. In *P. aeruginosa* and *B. subtilis* bacteria, the growth inhibition zone was only 9.2 ± 0.03 and 9.3 ± 0.01 mm, respectively (Table 2).

The highest antibacterial activity when studying the effect of methanol extract of *Anabaena* SP S-5 culture was measured against *B. subtilis* - 12 ± 0.05 mm and *E. coli* - 10.8 ± 0.01 mm, followed by *Staphylococcus aureus* - 9.2 ± 0.05 mm and *P. aeruginosa* - 8.5 ± 0.06 mm (Table 2).

Culture *Oscillatoria* SP S-3, showed moderate antibacterial activity against the studied test cultures of microorganisms (Table 2).

The bacterial strains searched by the test showed the least inhibition zones when studying the methanol extract of the *Synechococcus* SP S-4 culture. And the zone of no growth ranged from 0.9 to 2.5 mm.

Table 2 - Sensitivity (no growth zone, mm) of test microorganisms to various extracts of isolated cyanobacteria cultures

Cyanobacteria culture	Test culture of microorganisms	Extracts of isolated Cyanobacteria cultures	
		Methanol	Ethanol
<i>Phormidium</i> SP S-2	<i>P. aeruginosa</i>	$5,5 \pm 0,06$	$1,3 \pm 0,02$
	<i>B. subtilis</i>	$4,3 \pm 0,01$	$0,8 \pm 0,06$
	<i>E. coli</i>	$3,2 \pm 0,04$	$1,0 \pm 0,04$
	<i>St. aureus</i>	$3,5 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,02$
<i>Oscillatoria</i> SP S-3	<i>P. aeruginosa</i>	$9,2 \pm 0,03$	$5,6 \pm 0,04$
	<i>B. subtilis</i>	$9,3 \pm 0,01$	$4,3 \pm 0,05$
	<i>E. coli</i>	$12 \pm 0,02$	$6,6 \pm 0,04$
	<i>St. aureus</i>	$11 \pm 0,01$	$5,3 \pm 0,01$
<i>Synechococcus</i> SP S-4	<i>P. aeruginosa</i>	$2,5 \pm 0,01$	$0,5 \pm 0,02$
	<i>B. subtilis</i>	$1,3 \pm 0,03$	$0,2 \pm 0,01$
	<i>E. coli</i>	$1,2 \pm 0,01$	$0,3 \pm 0,02$
	<i>St. aureus</i>	$0,9 \pm 0,02$	$0,1 \pm 0,02$
<i>Anabaena</i> SP S-5	<i>P. aeruginosa</i>	$8,5 \pm 0,06$	$10,2 \pm 0,03$
	<i>B. subtilis</i>	$12 \pm 0,05$	$5,2 \pm 0,04$
	<i>E. coli</i>	$10,8 \pm 0,01$	$5,5 \pm 0,01$
	<i>St. aureus</i>	$9,2 \pm 0,05$	$4,6 \pm 0,02$

In the case of ethanol extract, the cultures *Oscillatoria* SP S-3 and *Anabaena* SP S-5 also showed antibacterial activity, but less pronounced compared to methanol extract. The zone of no growth of the *E. coli* bacterium was 6.6 ± 0.04 mm when using the ethanol extract of the *Oscillatoria* SP S-3 culture, while the methanol extract of this culture showed an inhibition diameter of 12 ± 0.02 mm. But active suppression of growth was noted in the bacterium *P. aeruginosa* in the study of ethanol extract of *Anabaena* SP S5 culture and the inhibition zone was 10.2 ± 0.03 mm, while the absence zone of the test culture of methanol extract of the same culture was 8.5 ± 0.06 mm (Table 2).

Positive control (ampicillin) showed pronounced zones of absence of growth of the microorganisms investigated by the test and the inhibition diameter ranged from 18 to 20 mm.

The antibacterial effects of extracts of isolated cyanobacteria cultures were compared with commercial ampicillin antibiotics, and the results of this comparison are given in (Table 3) as an antibacterial index. According to the index data, the effectiveness of methanol extracts obtained from the culture of *Oscillatoria* SP S-3 and *Anabaena* SP S-5, especially against *E. coli*, was 66.6%

and 60% close to the effectiveness of the antibiotic ampicillin. Also, the culture of *Oscillatoria* SP S-3 has positive antibacterial activity to *St. aureus* -55%. *Anabaena* SP S5 culture also showed significant activity in inhibiting the growth of the culture and the antibacterial index was *E. coli* - 60% with methanol extract and *P. aeruginosa* -51% with ethanol extract.

Table 3 – Antibacterial index of extracts of isolated cyanobacteria cultures in %

Cyanobacteria culture	Test culture of microorganisms	Extracts of isolated Cyanobacteria cultures	
		Methanol	Ethanol
<i>Phormidium</i> SP S-2	<i>P. aeruginosa</i>	27,5	6,5
	<i>B. subtilis</i>	22,6	4,2
	<i>E. coli</i>	17,7	5,5
	<i>St. aureus</i>	17,5	6
<i>Oscillatoria</i> SP S-3	<i>P. aeruginosa</i>	46	28
	<i>B. subtilis</i>	48,9	22,6
	<i>E. coli</i>	66,6	36,6
	<i>St. aureus</i>	55	26,5
<i>Synechococcus</i> SP S-4	<i>P. aeruginosa</i>	12,5	2,5
	<i>B. subtilis</i>	6,8	1,0
	<i>E. coli</i>	6,6	1,6
	<i>St. aureus</i>	4,5	0,5
<i>Anabaena</i> SP S-5	<i>P. aeruginosa</i>	42,5	51
	<i>B. subtilis</i>	63,1	27,3
	<i>E. coli</i>	60	30,5
	<i>St. aureus</i>	46	23

Thus, according to the results of the research, it can be noted that of all the isolated strains of cyanobacteria, the cultures *Oscillatoria* SP S-3, *Anabaena* SP S-5 showed the maximum antibacterial activity, showing the largest areas of inhibition of the growth of test bacterial strains. Cultures of *Phormidium* SP S-2, *Synechococcus* SP S-4 showed low antibacterial activity against the studied strains of microorganisms. Ampicillin, a broad-spectrum antibiotic, inhibited the growth of all bacteria and there was a pronounced absence of a growth zone of all bacteria.

Conclusion

Cyanobacteria are considered one of the most promising but unused sources of natural products with potential antibacterial activity for the development of new drugs. Rice field ecosystems with their optimal levels of light, water, temperature, humidity and nutrient availability provide a favorable environment for the mass growth of cyanobacteria. According to the results of the research, 48 species of microalgae and cyanobacteria were identified from the soils of the acreage of the Akdala valley, of which 21 species were cyanobacteria. The main proportion of representatives of cyanobacteria were heterocystic forms. The dominance of filamentous heterocystic forms over other forms (unicellular and filamentous non-heterocystic) was also recorded on other soils of rice fields [19]. Although Cyanobacteria are ubiquitous in nature, it is reported that their greater number, which makes up more than half of the heterocystic population, grows in swampy rice fields, since rice fields provide very favorable conditions for the abundant growth of nitrogen-fixing cyanobacteria [20].

5 algological pure cyanobacteria cultures were isolated from certain types of cyanobacteria, but when obtaining bacteriologically pure cultures after treatment with antibiotics, 4 cyanobacteria cultures were obtained in pure form.

In recent decades, screening programs have shown that cyanobacteria are a potential source of new active substances for medicine and pharmacy, and numerous active compounds have been isolated [21]. In the course of evolution, cyanobacteria have developed various mechanisms of detoxification of substances capable of causing the death of other organisms [22]. The competitiveness of soil cyanobacteria is based, in particular, on their ability to synthesize

biologically active substances that suppress the reproduction of other microorganisms.

According to the results of the research, the cultures of *Oscillatoria* SP S-3, *Anabaena* SP S-5 showed the maximum antibacterial activity from the isolated four species of cyanobacteria, showing the largest areas of growth inhibition of the test strains of *E. coli* and *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis* with methanol extracts. These results are consistent with the data of Osman R.K. et al. (2015), according to their results of selective selection of 14 species of cyanobacteria showed that *Fisherella* sp., *Oscillatoria* sp. and *Anabaena* sp. have antagonistic activity against gram-negative bacteria *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimuri* and gram-positive bacteria *S. aureus*, *B. segei* [23].

Extracts of various types of cyanobacteria obtained using various solvents showed different degrees of antibacterial activity against pathogenic microorganisms and were researched by different researchers. In a research conducted by Tiwari & Sharma cyanobacterial extracts of *Anabaena variabilis* and *Synechococcus elongates* have shown significant antibacterial activity against *Enterococcus* sp., *Klebsiella* sp. and *E.coli* [24]. Other authors have observed significant antibacterial activity of *Anabaena variabilis* in crude extracts from chloroform and methanol against *B. subtilis* and *P. Aeruginosa* [25].

Numerous substances have been identified as antibacterial agents from cyanobacteria, such as chlorellin derivatives, acrylic acid, aliphatic compounds, terpenes, sulfur-containing heterophilic compounds, phenolic inhibitors, etc. [26]. They represent a huge, but still little-used resource for obtaining a large number of various biotechnologically important compounds, since they synthesize a variety of biologically active substances with different effects, including antifungal, antibacterial, and antiviral activity. And the search and isolation of new species of cyanobacteria and the right choice of producers of biologically active substances opens up great opportunities and prospects in agrobiotechnology. At the same time, compounds of natural origin, in comparison with synthetic ones, are easily biodegradable and are safe for the environment [27].

Funding

The work was carried out within the framework of the IRN AP14870201 project "Search and study of new secondary metabolites of cyanobacteria promising for use in agricultural biotechnology", AP13068051 «Development of technology for obtaining biological products based on strains of microalgae and cyanobacteria to increase the productivity of agricultural plants».

References:

- 1 Abed R.M., Dobretsov S., Sudesh K. Applications of cyanobacteria in biotechnology. *Journal of Applied Microbiology*, 2009, 106: 1–12.
- 2 Prasanna R., Sood A., Ratha S.K., Singh P.K., Naveen K. Sharma, Ashwani K. Rai and Lucas J. Sta (eds.). Cyanobacteria as a “green” option for sustainable agriculture. *Cyanobacteria: an economic perspective*, 2014, 9: 145-166.
- 3 Thajuddin, N., Subramanian, G. Cyanobacterial biodiversity and potential applications in biotechnology. *Current Science*, 2005, 89 (1): 47-57.
- 4 Kreitlow, S., Mundt, S. & Lindequist, U. Cyanobacteria - a potential source of new biologically active substances. *Progress in Industrial Microbiology*, 1999, 35: 61-63.
- 5 Taskin E., Ozturk M., Taskin, E. & Kurt O. Antibacterial activities of some marine algae from the Aegean Sea (Turkey). *African Journal of Biotechnology*, 2007, 6(24): 2746-2751.
- 6 Kim J.D. Screening of Cyanobacteria (Blue-Green algae) from Rice Paddy Soil for Antifungal Activity against Plant Pathogenic Fungi. *Microbiology*, 2006, 34(3):138-42 (doi: 10.4489/MYCO.2006.34.3.138).
- 7 Derikvand P., Llewellyn C.A., Purton S. Cyanobacterial metabolites as a source of sunscreens and moisturizers: A comparison with current synthetic compounds. *European Journal of Phycology*, 2017, 52:43-56. (doi: 10.1080/09670262.2016.1214882).
- 8 Mallavarapu, M. Healthy levels of soil algae lift plant growth, CISRO land and water farming ahead, 2001, 120:21.

9 Bowman J.P., Rea S.M., McCammon S.A. et al. Diversity and community structure within anoxic sediment from marine salinity meromictic lakes and a coastal meromictic marine basin, Vestfold Hills, Eastern Antarctica. *Environmental Microbiology*, 2000, 2: 227-237.

10 Gollerbah M. M., Poljanckij V. N. Precnovodnye vodorocli ih izuchenie. Izd-vo «Cov. nauka», 2001. Opredelitel' precnovodnyh vodoroclej CCCR. Vyp. 2. Cinezelenye vodorocli. M.: Izd-vo «Cov. nauka», 1953.

11 A M. Muzafarov, A. Je. Jergashev, S. Halilov. Opredelitel' sinezelenyh vodoroslej Srednej Azii, AN UzSSR, In-t botaniki, Tashkent, 1987.

12 Temraleeva A.D., Dronova S.A., Moskalenko S. V., Didovich S.V. Modern methods for isolation, purification, and cultivation of soil cyanobacteria. *Microbiology*, 2016, 85: 389–399.

13 Malathi, T., Ramesh Babu, M., Mounika, T., Snehalatha, D. & Digamber Rao Screening of cyanobacterial strains for antibacterial activity. *Phykos: Journal of the Phycological Society*, 2014, 44(2): 6-11.

14 Perez, C., Pauli, M. & Bazerque, P. An antibiotic assay by agar-well diffusion method. *Acta Biologiae et Medecine Experimentalis*, 1990, 15: 113-115.

15 Poshanov M.N., Otarov A., Duisekov S.N., Elantseva N.V., Smanov Z.M., Suleimenova A.I. Calculation of water flow in using various methods of rice irrigation (drip irrigation and pressing). *Soil Science and Agrichemistry*, 2018, 4: 40-47.

16 Kulagin V.V., Shakibaev I.I., Murtazin E.Zh. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju monitoringa oroshaemyh zemel' Respubliki Kazahstan. Astana, 1998.

17 Koksharova O.A. Primenenie metodov molekuljarnoj genetiki i mikrobiologii v jekologii i biotehnologii cianobakterij. *Mikrobiologija*, 2010, 79(6): 734-747.

18 Singh R., Parihar P., Singh M., Bajguz A., Kumar J., Singh S., Singh V. P., Prasad S. M. Uncovering Potential Applications of Cyanobacteria and Algal Metabolites in Biology, Agriculture and Medicine: Current Status and Future Prospects. *Frontiers Microbiology*, 2017, 8: 515.

19 Abinandan S., Subashchandrabose SR., Venkateswarlu K., Megharaj M. Soil microalgae and cyanobacteria: the biotechnological potential in the maintenance of soil fertility and health. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2019, 39(8): 981–998.

20 Bharadwaj N., Baruah P.P. Diversity and abundance of N₂-fixing cyanobacterial population in rice field soil crusts of Lower Brahmaputra Valley agro-climatic zone. *Journal Algal Biomass Utilization*, 4:23–33.

21 Chunleuchanon S., Sooksawang A., Teaumroong N., Boonkerd N. Diversity of nitrogen-fixing cyanobacteria under various ecosystems of Thailand: population dynamics as affected by environmental factors. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2003, 19(2): 167–173.

22 Kumar B.N.P., Manaboobi S., Satyam S. Cyanobacteria: a potential natural source for drug discovery and bioremediation. *Journal of Industrial Pollution Control*, 2016, 32 (2): 508–517.

23 Osman R.K., Goda H.A., Higazy A.M. Evalution of some extra- and intracellular cyanobacterial extracts as antimicrobial agents. *International Journal of Advanced Research*, 2015, 5: 852–864.

24 Tiwari, A. & Sharma, D. Antibacterial activity of bloom forming Cyanobacteria against clinically isolated human pathogenic microbes. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 2013, 4 (1): 83-89.

25 Malathi, T., Ramesh Babu, M., Mounika, T., Snehalatha, D. & Digamber Rao, Screening of cyanobacterial strains for antibacterial activity. *Phykos: Journal of the Phycological Society*, 2014, 44(2): 6-11.

26 Lavanya R., Veerappan V. Antibacterial potential of six seaweeds collected from Gulf of Mannar of southeast coast of India. *Advances in Biological Research*, 2011, 5(1): 38-44.

27 Ozdemir G., Karabay N.U., Dalay M.C., Pazarbasi B. Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina platensis*. *Phytother Res*, 2004, 18: 754-757.